লিয়ানা বুকস

নমুনা অধ্যায় · বিনামূল্যে

শব্দ (Sound)

লিয়ানা বিসিএস বিজ্ঞান

মোঃ নাইমুর রহমান

পুরো বইটি প্রি-অর্ডার করুন

~~৳৫০০~~ **প্রি-অর্ডারে ৳৩৫০** + ডেলিভারি ফ্রি

QR স্ক্যান করুন বা যান: **lyannabooks.com/preorder**

বই হাতে পাবেন ৩০ ডিসেম্বর ২০২৬-এর মধ্যে

© ২০২৬ লিয়ানা বুকস। সর্বস্বত্ব সংরক্ষিত।

এই নমুনা অধ্যায়টি শুধু ব্যক্তিগত পড়ার জন্য বিনামূল্যে দেওয়া হলো। লেখক ও প্রকাশকের লিখিত অনুমতি ছাড়া এর কোনো অংশ পুনর্মুদ্রণ, বিক্রি, অন্য নামে প্রকাশ বা কোচিং-নোট হিসেবে ব্যবহার করা যাবে না। কাউকে দিতে চাইলে lyannabooks.com-এর লিংকটি শেয়ার করুন।

অধ্যায় ২

শব্দ (Sound)

গাঢ় লেখা: বিসিএসসহ বিভিন্ন পরীক্ষায় এসেছে এমন তথ্য।
[৪৫ লিখিত], [২৮ প্রিলি]: কোন বিসিএসে এই তথ্য থেকে প্রশ্ন এসেছিল।

এক নজরে এই অধ্যায়

সবচেয়ে বেশি আসা টপিক (১০ম থেকে ৫০তম বিসিএস):

- লিখিতে শব্দদূষণ ও ডেসিবেল এসেছে ১০ বার, প্রতিধ্বনি ৫ বার, ডপলার প্রভাব ৪ বার, মাইক্রোফোন, লাউডস্পিকার ও টেপ রেকর্ডার ৪ বার, আর শ্রবণ প্রক্রিয়া ৩ বার।
- প্রিলিতে শব্দের বেগ ও মাধ্যম এসেছে ৬ বার, প্রতিধ্বনি ৪ বার, আর শব্দোত্তর তরঙ্গ ও শব্দযন্ত্র ২ বার করে।

যে তথ্যগুলো অবশ্যই মনে রাখতে হবে:

1. শব্দ এক ধরনের লম্বিক যান্ত্রিক তরঙ্গ। শূন্য মাধ্যমে শব্দ চলে না, আর লোহায় সবচেয়ে দ্রুত চলে (অনুচ্ছেদ ২.১, ২.৪)।
2. তরঙ্গবেগ, কম্পাঙ্ক আর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সম্পর্ক $v = f\lambda$ (অনুচ্ছেদ ২.৩)।
3. ০° সেলসিয়াসে বাতাসে শব্দের বেগ প্রায় ৩৩২ মিটার/সেকেন্ড, আর প্রতি ১° সেলসিয়াসে তা প্রায় ০.৬ মিটার/সেকেন্ড বাড়ে (অনুচ্ছেদ ২.৪)।
4. মানুষের শ্রাব্যতার সীমা ২০ থেকে ২০,০০০ হার্জ (অনুচ্ছেদ ২.৫)।
5. শব্দানুভূতি থাকে ০.১ সেকেন্ড, তাই প্রতিধ্বনির জন্য প্রতিফলক অন্তত ১৬.৬ মিটার দূরে থাকতে হয়। কূপের গভীরতা $h = vt/2$ (অনুচ্ছেদ ২.৮)।
6. ডপলার প্রভাবে উৎস কাছে এলে শব্দ চড়া আর দূরে গেলে মোটা শোনায় (অনুচ্ছেদ ২.১১)।
7. প্রতি সেকেন্ডে বিটের সংখ্যা দুই কম্পাঙ্কের পার্থক্যের সমান (অনুচ্ছেদ ২.১২)।
8. শব্দের তীব্রতা মাপা হয় ডেসিবেলে। নীরব এলাকায় দিনে ৫০ আর রাতে ৪০ ডেসিবেল অনুমোদিত (অনুচ্ছেদ ২.১৪, ২.১৫)।
9. মাইক্রোফোন শব্দকে তড়িতে বদলায়, আর লাউডস্পিকার তড়িৎকে শব্দে বদলায় (অনুচ্ছেদ ২.১৬)।

যে চিত্রগুলো আঁকা শিখতেই হবে:
কানের গঠন (চিত্র ২.৩), শ্রবণের ধাপের প্রবাহচিত্র (চিত্র ২.৪), প্রতিধ্বনিতে কূপের গভীরতা (চিত্র ২.৫) আর ডপলার প্রভাব (চিত্র ২.৬)।

- ২.১ শব্দ কী ও কীভাবে তৈরি হয়?
- ২.২ আড় তরঙ্গ ও লম্বিক তরঙ্গ
- ২.৩ তরঙ্গদৈর্ঘ্য, কম্পাঙ্ক ও তরঙ্গবেগ
- ২.৪ শব্দের বেগ
- ২.৫ শ্রাব্যতার সীমা
- ২.৬ সুরযুক্ত শব্দ ও তার তিন বৈশিষ্ট্য
- ২.৭ শ্রবণ প্রক্রিয়া: আমরা কীভাবে শুনি?
- ২.৮ প্রতিধ্বনি
- ২.৯ শব্দের শোষণ ও অনুরণন
- ২.১০ শব্দোত্তর তরঙ্গের ব্যবহার
- ২.১১ ডপলার প্রভাব
- ২.১২ স্বরকম্প বা বিট
- ২.১৩ অনুনাদ
- ২.১৪ শব্দের তীব্রতা ও ডেসিবেল
- ২.১৫ শব্দদূষণ
- ২.১৬ মাইক্রোফোন, লাউডস্পিকার ও টেপ রেকর্ডার
- অধ্যায়ের শেষে: রিভিশন, পার্থক্য, লিখিত কাঠামো, সম্ভাব্য প্রশ্ন, অনলাইন পরীক্ষার QR

২.১ শব্দ (Sound) কী ও কীভাবে তৈরি হয়? ★★

গিটারের তার টেনে ছেড়ে দিলে আমরা শব্দ শুনি, আর আঙুল দিয়ে তারটা চেপে ধরলেই শব্দ থেমে যায়। এর মানে শব্দের পেছনে আছে কম্পন। **মানবদেহে এই কম্পন তৈরির কাজ করে স্বরযন্ত্র (Larynx)।** স্বরযন্ত্রের ভেতরে দুটি পাতলা পর্দা থাকে, যাদের নাম স্বররজ্জু (Vocal cord)। ফুসফুস থেকে আসা বাতাসে স্বররজ্জু দুটি কাঁপে, আর সেই কম্পনের ফলেই আমরা কথা বলতে পারি।

কোনো বস্তু কাঁপলে তার চারপাশের বাতাসও কাঁপতে থাকে। এই কম্পন তরঙ্গ হয়ে চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে, আর আমাদের কানে পৌঁছালে আমরা শব্দ শুনি।

শব্দ (Sound): বস্তুর কম্পনে তৈরি যে শক্তি তরঙ্গ আকারে মাধ্যমের ভেতর দিয়ে চলে এবং কানে পৌঁছে শোনার অনুভূতি জাগায়, তাকে শব্দ বলে।

যান্ত্রিক তরঙ্গ (Mechanical wave): যে তরঙ্গ চলতে কঠিন, তরল বা বায়বীয় মাধ্যমের কণার কম্পন লাগে, তাকে যান্ত্রিক তরঙ্গ বলে।

শব্দ একটি যান্ত্রিক তরঙ্গ। অন্যদিকে আলো ও বেতার তরঙ্গ হলো তড়িৎচৌম্বক তরঙ্গ (Electromagnetic wave), তাই এদের চলতে কোনো মাধ্যম লাগে না।

শব্দ তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য [৪৫ লিখিত]:

- শব্দ তরঙ্গ এক জায়গা থেকে আরেক জায়গায় শক্তি বয়ে নিয়ে যায়, কিন্তু মাধ্যমের কণাকে সঙ্গে নেয় না। **তরঙ্গ শক্তি সঞ্চালন করে, বস্তু নয়।**
- মাধ্যমের কণাগুলো নিজের জায়গায় থেকেই সামনে-পেছনে কাঁপে, কণাগুলো শব্দের সঙ্গে সামনে এগিয়ে যায় না।
- শব্দ চলতে কঠিন, তরল বা বায়বীয় মাধ্যম লাগে। **তাই শূন্য মাধ্যমে শব্দের বেগ শূন্য** [৩৭ প্রিলি]।
- **চাঁদে বায়ুমণ্ডল নেই, তাই সেখানে পাশাপাশি দাঁড়িয়েও কেউ কারও কথা শুনতে পায় না** [১৬ প্রিলি]।
- একই কারণে **চাঁদে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ ঘটলেও পৃথিবী থেকে তার শব্দ কখনো শোনা যাবে না**, কারণ চাঁদ আর পৃথিবীর মাঝের মহাশূন্যে শব্দ বয়ে নেওয়ার মতো মাধ্যম নেই।
- আলোর মতো শব্দেরও প্রতিফলন, প্রতিসরণ ও শোষণ হয়। শব্দের প্রতিফলনেই প্রতিধ্বনি তৈরি হয় (অনুচ্ছেদ ২.৮)।

২.২ আড় তরঙ্গ (Transverse Wave) ও লম্বিক তরঙ্গ (Longitudinal Wave)

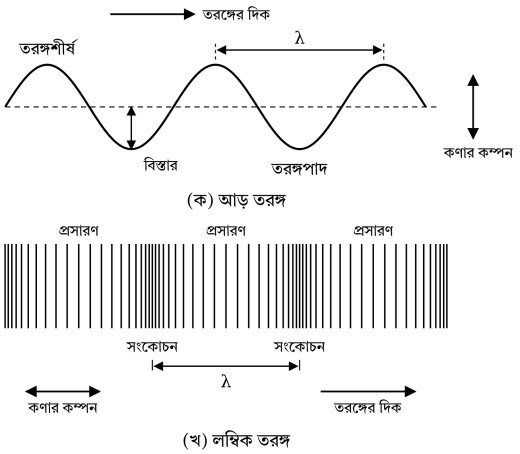
পুকুরে ঢিল ছুড়লে ঢেউ চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে। কিন্তু পুকুরের পানিতে একটি পাতা ভাসতে থাকলে দেখা যায়, পাতাটি ঢেউয়ের সঙ্গে দূরে সরে যায় না, একই জায়গায় শুধু ওপরে-নিচে ওঠানামা করে। এর মানে ঢেউয়ের সঙ্গে পানি এগোয় না, এগোয় শুধু কম্পন।

তরঙ্গ (Wave): মাধ্যমের কণাগুলোর পর্যায়ক্রমিক কম্পনে যে আলোড়ন এক জায়গা থেকে আরেক জায়গায় এগিয়ে যায়, তাকে তরঙ্গ বলে।

কণাগুলো কোন দিকে কাঁপে, তা দেখে তরঙ্গকে দুই ভাগে ভাগ করা হয়: আড় তরঙ্গ আর লম্বিক তরঙ্গ।

আড় তরঙ্গ (Transverse wave): যে তরঙ্গে মাধ্যমের কণাগুলো তরঙ্গ চলার দিকের সঙ্গে লম্বভাবে, অর্থাৎ ওপর-নিচে কাঁপে, তাকে আড় তরঙ্গ বলে।

- আড় তরঙ্গের উঁচু অংশকে তরঙ্গশীর্ষ (Crest) আর নিচু অংশকে তরঙ্গপাদ (Trough) বলে।
- উদাহরণ: পানির ঢেউ, টানা তারের কম্পন, আলো। আলো অবশ্য তড়িৎচৌম্বক আড় তরঙ্গ।



চিত্র ২.১: আড় তরঙ্গ ও লম্বিক তরঙ্গ

লম্বিক তরঙ্গ (Longitudinal wave): যে তরঙ্গে মাধ্যমের কণাগুলো তরঙ্গ চলার দিক বরাবর সামনে-পেছনে কাঁপে, তাকে লম্বিক বা অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ বলে।

- লম্বিক তরঙ্গে কণাগুলো কোথাও কাছাকাছি এসে সংকোচন (Compression) তৈরি করে, আবার কোথাও দূরে সরে গিয়ে প্রসারণ (Rarefaction) তৈরি করে।
- উদাহরণ: বাতাসে শব্দ, স্প্রিংয়ের এক মাথায় ধাক্কা দিলে তৈরি হওয়া তরঙ্গ।
- **বাতাস ও তরলের ভেতর দিয়ে শব্দ লম্বিক তরঙ্গ হিসেবে চলে, তাই শব্দ এক ধরনের অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ।**

২.৩ তরঙ্গদৈর্ঘ্য (Wavelength), কম্পাঙ্ক (Frequency) ও তরঙ্গবেগ (Wave Velocity) ★★★

একটা তরঙ্গকে চিনতে হলে আমাদের জানতে হবে সেটি কতটা দীর্ঘ, কতটা দ্রুত কাঁপে আর কত দ্রুত এগিয়ে যায়। প্রথমটি তরঙ্গদৈর্ঘ্য, দ্বিতীয়টি কম্পাঙ্ক আর তৃতীয়টি তরঙ্গবেগ। এদের সঙ্গে আরও দুটি রাশি জানা দরকার, পর্যায়কাল আর বিস্তার।

- **কম্পাঙ্ক (Frequency, f):** কম্পমান কণা এক সেকেন্ডে যতগুলো পূর্ণ কম্পন দেয়, তা-ই কম্পাঙ্ক। **কম্পাঙ্কের এসআই একক হার্জ (Hz)।**
- **পর্যায়কাল (Time period, T):** একটি পূর্ণ কম্পন শেষ করতে কণার যে সময় লাগে, তা-ই পর্যায়কাল। পর্যায়কাল কম্পাঙ্কের উল্টো, অর্থাৎ $T = 1/f$।
- **বিস্তার (Amplitude):** স্থির অবস্থান থেকে কণা সবচেয়ে বেশি যতটা দূরে সরে যায়, সেই দূরত্বই বিস্তার।
- **তরঙ্গদৈর্ঘ্য (Wavelength, λ):** একটি পূর্ণ কম্পনের সময়ে তরঙ্গ যতটা পথ এগিয়ে যায়, তা-ই তরঙ্গদৈর্ঘ্য। সহজ কথায়, পাশাপাশি দুটি তরঙ্গশীর্ষ বা দুটি সংকোচনের মাঝের দূরত্বই তরঙ্গদৈর্ঘ্য।
- **তরঙ্গবেগ (Wave velocity, v):** তরঙ্গ এক সেকেন্ডে যতটা পথ এগিয়ে যায়, তা-ই তরঙ্গবেগ।

বিস্তার যত বেশি হয়, শব্দ তত জোরালো হয়। আবার কম্পাঙ্ক যত বেশি হয়, শব্দ তত চড়া শোনায় (অনুচ্ছেদ ২.৬)।

তরঙ্গবেগ, কম্পাঙ্ক ও তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সম্পর্ক [৩৮ লিখিত]:

একটি পূর্ণ কম্পনের সময়ে (T) তরঙ্গ এক তরঙ্গদৈর্ঘ্য (λ) পথ এগোয়। তাহলে এক সেকেন্ডে তরঙ্গ এগোবে λ/T পথ, আর এটাই তরঙ্গবেগ। যেহেতু $1/T = f$, তাই

$$v = f\lambda$$

এখানে v = তরঙ্গবেগ ($m\ s^{-1}$), f = কম্পাঙ্ক (Hz), λ = তরঙ্গদৈর্ঘ্য (m)। এর মানে, একই মাধ্যমে শব্দের বেগ নির্দিষ্ট থাকে, তাই কম্পাঙ্ক বাড়লে তরঙ্গদৈর্ঘ্য কমে যায়।

প্রিলির জন্য মনে রাখুন:

- **দুটি শব্দের কম্পাঙ্কের অনুপাত ৫ : ৬ হলে তাদের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অনুপাত হয় ৬ : ৫।**
- শব্দ বাতাস থেকে পানিতে ঢুকলে কম্পাঙ্ক বদলায় না, বদলায় বেগ আর তরঙ্গদৈর্ঘ্য।
- বেতার তরঙ্গ আলোর বেগে ($3 \times 10^8\ m\ s^{-1}$) চলে। তাই ৩০০ মিটার তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বেতার তরঙ্গের কম্পাঙ্ক $f = (3 \times 10^8) / 300 = 10^6$ Hz, অর্থাৎ ১ মেগাহার্জ। **একইভাবে ১৫০ মিটারের বেতার তরঙ্গের কম্পাঙ্ক ২ মেগাহার্জ।**

২.৪ শব্দের বেগ (Speed of Sound) ★★★

বর্ষার রাতে আকাশে বিদ্যুৎ চমকানোর কয়েক মুহূর্ত পরে গুড়গুড় করে মেঘ ডাকে। অথচ চমক আর গর্জন তৈরি হয় একই সঙ্গে। দেরি হয় কারণ আলো প্রায় সঙ্গে সঙ্গে আমাদের চোখে পৌঁছে যায়, কিন্তু শব্দ সেই পথ পাড়ি দেয় অনেক ধীরে।

শব্দের বেগ (Speed of sound): শব্দ তরঙ্গ এক সেকেন্ডে যতটা দূরত্ব অতিক্রম করে, তাকে শব্দের বেগ বলে।

বিভিন্ন মাধ্যমে শব্দের বেগ:

মাধ্যম	শব্দের বেগ (প্রায়)	বাতাসের তুলনায়
শুষ্ক বাতাস (০° সেলসিয়াস)	৩৩২ মিটার/সেকেন্ড	১ গুণ
পানি	১৪৫০ মিটার/সেকেন্ড	প্রায় সাড়ে ৪ গুণ
লোহা	৫১৩০ মিটার/সেকেন্ড	প্রায় ১৫ গুণ

শব্দের বেগ যেসব বিষয়ের ওপর নির্ভর করে:

- মাধ্যমের প্রকৃতি: মাধ্যম যত দৃঢ় ও স্থিতিস্থাপক, তার কণাগুলো তত দ্রুত কম্পন একে অপরের কাছে পৌঁছে দিতে পারে। **তাই শব্দের বেগ সবচেয়ে বেশি লোহা বা ইস্পাতের মতো কঠিন মাধ্যমে** [২৫ ও ১৩ প্রিলি]। **আর শব্দের বেগ সবচেয়ে কম বায়বীয়**

মাধ্যমে [৩০ ও ১৪ প্রিলি]।

- তাপমাত্রা: বাতাস যত গরম হয়, শব্দ তত দ্রুত চলে। **প্রতি ১° সেলসিয়াস তাপমাত্রা বাড়লে বাতাসে শব্দের বেগ প্রায় ০.৬ মিটার/সেকেন্ড বাড়ে।** তাই শীতের চেয়ে গ্রীষ্মে শব্দ দ্রুত চলে।
- আর্দ্রতা: জলীয় বাষ্প শুষ্ক বাতাসের চেয়ে হালকা, তাই ভেজা বাতাসের ঘনত্ব কম। **এ কারণে আর্দ্রতা বাড়লে শব্দের বেগ বাড়ে, তাই বর্ষাকালে শব্দ দ্রুত চলে এবং দূরের শব্দ বেশি স্পষ্ট শোনা যায়।**
- চাপ: তাপমাত্রা স্থির থাকলে বাতাসের চাপ বাড়লেও শব্দের বেগ বদলায় না।

উদাহরণ: **বন্দুকের গুলি সেকেন্ডে ১৫৪০ ফুট বেগে গিয়ে লক্ষ্যভেদ করে, আর গুলি ছোড়ার ৩ সেকেন্ড পরে বন্দুকধারী লক্ষ্যভেদের শব্দ শোনেন। শব্দের বেগ সেকেন্ডে ১১০০ ফুট হলে লক্ষ্যবস্তু ১৯২৫ ফুট দূরে** [১১ প্রিলি]। ধরি দূরত্ব d ফুট। গুলির লাগে d/1540 সেকেন্ড, আর শব্দের ফিরতে লাগে d/1100 সেকেন্ড। তাহলে d/1540 + d/1100 = 3, যা থেকে d = 1925 ft।

লিখিত প্রশ্ন **সুপারসনিক বিমান কী? [২৪ লিখিত]**

যে বিমান শব্দের চেয়ে বেশি বেগে চলে, তাকে সুপারসনিক বিমান বলে। বিমানের বেগ শব্দের বেগের চেয়ে কত গুণ, তা বোঝাতে ম্যাক সংখ্যা ব্যবহার করা হয়।

ম্যাক সংখ্যা (Mach number): কোনো বস্তুর বেগ আর ওই মাধ্যমে শব্দের বেগের অনুপাতকে ম্যাক সংখ্যা বলে।

- ম্যাক সংখ্যা ১-এর বেশি হলে বেগকে সুপারসনিক (Supersonic), আর ৫-এর বেশি হলে হাইপারসনিক (Hypersonic) বলে।
- সুপারসনিক বিমানের সামনে বাতাস চাপা খেয়ে শক তরঙ্গ (Shock wave) তৈরি হয়। এই তরঙ্গ মাটিতে বিকট শব্দ হিসেবে শোনা যায়, যাকে সনিক বুম (Sonic boom) বলে।
- **শব্দের চেয়ে দ্রুত চলা বিমানকে সুপারসনিক বিমান বলে, আর ব্রিটিশ-ফরাসি কনকর্ড ছিল যাত্রীবাহী সুপারসনিক বিমান।**

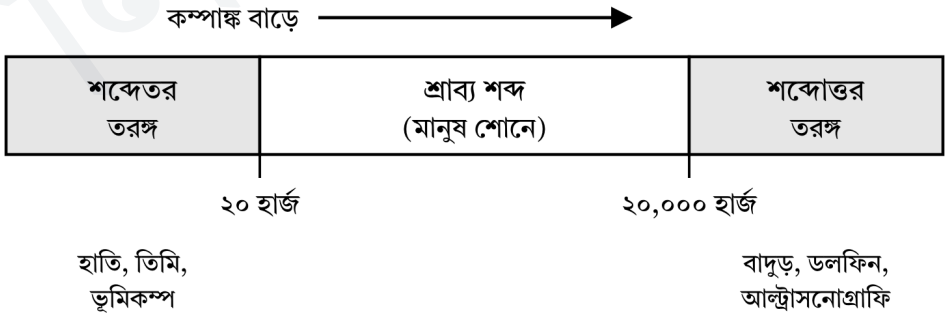
চমকপ্রদ তথ্য: বিদ্যুৎ চমকের পর থেকে গর্জন শোনা পর্যন্ত সেকেন্ড গুনে ৩ দিয়ে ভাগ করলে মোটামুটি জানা যায় বজ্রপাত কত কিলোমিটার দূরে হয়েছে।

২.৫ শ্রাব্যতার সীমা (Audible Range): শব্দেতর (Infrasonic) ও শব্দোত্তর (Ultrasonic) তরঙ্গ ★★

আমরা সব কম্পনের শব্দ শুনতে পাই না। খুব ধীরে বা খুব দ্রুত কাঁপা বস্তুর শব্দ আমাদের কানে ধরা পড়ে না।

শ্রাব্যতার সীমা (Audible range): কম্পাঙ্কের যে সীমার মধ্যের শব্দ মানুষ শুনতে পায়, তাকে শ্রাব্যতার সীমা বলে।

মানুষের শ্রাব্যতার সীমা প্রায় ২০ হার্জ থেকে ২০,০০০ হার্জ [৫০ লিখিত]। বয়স বাড়লে ওপরের সীমাটা ধীরে ধীরে কমে আসে।



চিত্র ২.২: কম্পাঙ্ক অনুযায়ী শব্দেতর, শ্রাব্য ও শব্দোত্তর তরঙ্গ

শব্দেতর তরঙ্গ (Infrasonic wave): ২০ হার্জের কম কম্পাঙ্কের শব্দ তরঙ্গকে শব্দেতর তরঙ্গ বলে।

- মানুষ এই শব্দ শুনতে পায় না, কিন্তু হাতি ও তিমি এর সাহায্যে বহু দূরের সঙ্গীর সঙ্গে যোগাযোগ করে।
- উৎস: ভূমিকম্প, আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাত, বড় বিস্ফোরণ।

শব্দোত্তর তরঙ্গ (Ultrasonic wave): ২০,০০০ হার্জের বেশি কম্পাঙ্কের শব্দ তরঙ্গকে শব্দোত্তর তরঙ্গ বলে।

- **মানুষ শব্দোত্তর তরঙ্গ শুনতে পায় না, কিন্তু বাদুড়, কুকুর ও ডলফিন শুনতে পায়।**

- **বাদুড়ের শ্রাব্যতার ঊর্ধ্বসীমা প্রায় ১,০০,০০০ হার্জ।**
- **কোয়ার্টজ কেলাসের কম্পন কাজে লাগিয়ে শব্দোত্তর তরঙ্গ তৈরি করা হয়।** এর ব্যবহার অনুচ্ছেদ ২.১০-এ আছে।

লিখিত প্রশ্ন **শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য সাদা আলোর সমান হলে কী হতো? [৪৪ লিখিত]**

দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য প্রায় ৪০০ থেকে ৭০০ ন্যানোমিটার। শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য ৫০০ ন্যানোমিটার হলে বাতাসে তার কম্পাঙ্ক হতো $f = v/\lambda = 340 / (5 \times 10^{-7}) = 6.8 \times 10^{8}$ Hz। এটি শ্রাব্যতার ঊর্ধ্বসীমার প্রায় ৩৪ হাজার গুণ। এত উচ্চ কম্পাঙ্কের শব্দ বাতাসে খুব দ্রুত শোষিত হয়ে অল্প দূরেই হারিয়ে যায়। তাই এমন শব্দ আমরা কেউ শুনতে পেতাম না, আর পৃথিবী আমাদের কাছে প্রায় নিঃশব্দ মনে হতো।

২.৬ সুরযুক্ত শব্দ (Musical Sound) ও তার তিন বৈশিষ্ট্য

সুরযুক্ত শব্দ (Musical sound): উৎসের নিয়মিত ও পর্যায়ক্রমিক কম্পনে যে শ্রুতিমধুর শব্দ তৈরি হয়, তাকে সুরযুক্ত শব্দ বলে।

কোলাহল (Noise): উৎসের অনিয়মিত কম্পনে যে বিরক্তিকর শব্দ তৈরি হয়, তাকে কোলাহল বলে।

সুরযুক্ত শব্দের তিন বৈশিষ্ট্য:

- প্রাবল্য বা শব্দোচ্চতা (Loudness): শব্দ কতটা জোরালো, তা বোঝায় প্রাবল্য। **প্রাবল্য মূলত বিস্তারের ওপর নির্ভর করে, কম্পাঙ্কের ওপর নয়।**
- তীক্ষ্নতা (Pitch): সুর কতটা চড়া বা মোটা, তা বোঝায় তীক্ষ্নতা। **তীক্ষ্নতা কম্পাঙ্কের ওপর নির্ভর করে, তাই ছোট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের শব্দের তীক্ষ্নতা বেশি।** পুরুষের চেয়ে নারী ও শিশুর কণ্ঠস্বরের কম্পাঙ্ক বেশি, তাই তাদের গলা চড়া শোনায়।
- জাতি বা গুণ (Quality): একই প্রাবল্য ও তীক্ষ্নতার দুটি শব্দকে আলাদা করে চেনায় জাতি। মূল সুরের সঙ্গে কতগুলো উপসুর (Overtone) মিশে আছে, তার ওপর জাতি নির্ভর করে।

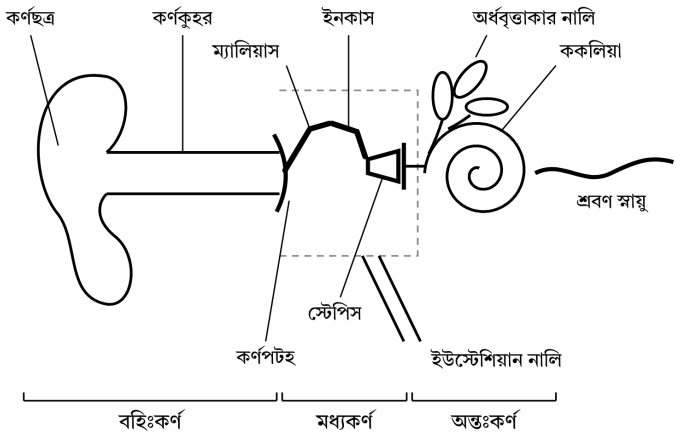
উদাহরণ: মশার গুনগুনে তীক্ষ্নতা বেশি কিন্তু প্রাবল্য কম, আর সিংহের গর্জনে প্রাবল্য বেশি কিন্তু তীক্ষ্নতা কম। বেহালা ও বাঁশির একই সুরের জাতি আলাদা, তাই চোখ বন্ধ করেও দুটিকে আলাদা চেনা যায়।

টানা তারের কম্পাঙ্ক (Frequency of a Stretched String), যা মারসেনের সূত্র নামে পরিচিত:

- দৈর্ঘ্য: **তারের দৈর্ঘ্য বাড়লে কম্পাঙ্ক কমে, তাই দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ হলে কম্পাঙ্ক অর্ধেক হয়** [১৩ প্রিলি]।
- টান: তারের টান বাড়লে কম্পাঙ্ক বাড়ে, তাই সুর চড়া হয়।
- ভর: মোটা বা ভারী তারের কম্পাঙ্ক কম, তাই এমন তার মোটা সুর দেয়।

২.৭ শ্রবণ প্রক্রিয়া (Hearing Process): আমরা কীভাবে শুনি? ★★★

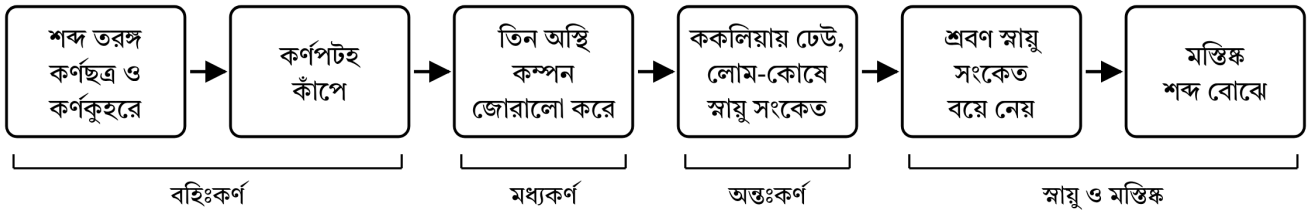
কান আমাদের শ্রবণের অঙ্গ। গঠন অনুযায়ী কানকে তিন ভাগে ভাগ করা হয়: বহিঃকর্ণ (Outer ear), মধ্যকর্ণ (Middle ear) ও অন্তঃকর্ণ (Inner ear)।



চিত্র ২.৩: মানুষের কানের গঠন

- বহিঃকর্ণ: কানের বাইরের অংশ কর্ণছত্র (Pinna) শব্দ সংগ্রহ করে, আর কর্ণকুহর (Auditory canal) নামের নালি দিয়ে তা ভেতরে পাঠায়। কর্ণকুহরের শেষ মাথায় থাকে কর্ণপটহ (Tympanic membrane) নামের একটি পাতলা পর্দা।
- মধ্যকর্ণ: কর্ণপটহের পরে পরপর তিনটি ছোট অস্থি থাকে, যাদের নাম ম্যালিয়াস (Malleus), ইনকাস (Incus) ও স্টেপিস (Stapes)। অস্থি তিনটি কম্পনকে জোরালো করে অন্তঃকর্ণে পৌঁছে দেয়। স্টেপিস মানবদেহের সবচেয়ে ছোট অস্থি।
- অন্তঃকর্ণ: অন্তঃকর্ণে শামুকের খোলের মতো প্যাঁচানো, তরলে ভরা একটি অংশ থাকে, যার নাম ককলিয়া (Cochlea)। ককলিয়ার ভেতরের সূক্ষ্ম লোম-কোষ কম্পনকে স্নায়ু সংকেতে বদলে দেয়। ককলিয়ার পাশে আছে তিনটি অর্ধবৃত্তাকার নালি (Semicircular canals), যারা শোনার কাজে নয়, দেহের ভারসাম্য রক্ষায় কাজ করে।

শ্রবণের ধাপ [৫০, ৪১ ও ৩১ লিখিত]:



চিত্র ২.৪: শ্রবণের ধাপের প্রবাহচিত্র

1. উৎসের কম্পনে তৈরি শব্দ তরঙ্গ বাতাসের ভেতর দিয়ে কর্ণছত্রে পৌঁছায়, তারপর কর্ণকুহর দিয়ে গিয়ে কর্ণপটহে আঘাত করে।
2. কর্ণপটহ শব্দ তরঙ্গের সমান কম্পাঙ্কে কাঁপতে থাকে।
3. এই কম্পন ম্যালিয়াস, ইনকাস ও স্টেপিসের ভেতর দিয়ে আরও জোরালো হয়ে অন্তঃকর্ণে যায়।
4. ককলিয়ার তরলে ঢেউ ওঠে, আর সেই ঢেউয়ে লোম-কোষগুলো আন্দোলিত হয়ে স্নায়ু সংকেত তৈরি করে।
5. শ্রবণ স্নায়ু (Auditory nerve) সংকেতটি মস্তিষ্কে নিয়ে যায়, আর মস্তিষ্ক তা শব্দ হিসেবে বুঝে নেয়।

> **শব্দানুভূতির স্থায়িত্বকাল (Persistence of hearing): কোনো শব্দ শোনার পর তার রেশ প্রায় ০.১ সেকেন্ড মস্তিষ্কে থেকে যায়** [২৮ প্রিলি]। এই সময়টুকুকে শব্দানুভূতির স্থায়িত্বকাল বলে।

তাই ০.১ সেকেন্ডের মধ্যে দ্বিতীয় কোনো শব্দ এলে দুটিকে আলাদা শোনা যায় না। প্রতিধ্বনি শোনার শর্ত এখান থেকেই আসে (অনুচ্ছেদ ২.৮)।

২.৮ প্রতিধ্বনি (Echo) ★★★

পাহাড়ের সামনে বা বড় খালি দালানের সামনে দাঁড়িয়ে জোরে ডাক দিলে কিছুক্ষণ পর নিজের ডাকটাই আবার ফিরে আসে। ফিরে আসা এই ডাকই প্রতিধ্বনি।

> **প্রতিধ্বনি (Echo): কোনো উৎসের শব্দ দূরের দেয়াল, পাহাড় বা কূপের তলায় বাধা পেয়ে আবার উৎসের কাছে ফিরে এলে মূল শব্দের যে পুনরাবৃত্তি শোনা যায়, তাকে প্রতিধ্বনি বলে** [৩০ লিখিত]।

অর্থাৎ **প্রতিফলিত শব্দই প্রতিধ্বনি, আর প্রতিধ্বনির কারণ শব্দের প্রতিফলন।**

প্রতিধ্বনি শোনার শর্ত [৩০ লিখিত]:

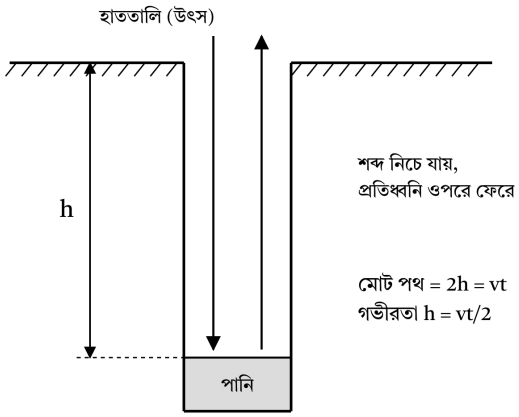
- শব্দকে ফিরিয়ে দেওয়ার মতো বড় আর শক্ত একটি প্রতিফলক থাকতে হবে।
- শব্দানুভূতির স্থায়িত্বকাল ০.১ সেকেন্ড (অনুচ্ছেদ ২.৭), তাই মূল শব্দ আর প্রতিধ্বনির মাঝে অন্তত ০.১ সেকেন্ডের ব্যবধান থাকতে হবে।
- এই ০.১ সেকেন্ডে শব্দকে প্রতিফলক পর্যন্ত গিয়ে আবার ফিরতে হয়। বাতাসে বেগ ৩৩২ মিটার/সেকেন্ড হলে মোট পথ ৩৩.২ মিটার, তাই **উৎস ও প্রতিফলকের ন্যূনতম দূরত্ব ১৬.৬ মিটার। শব্দের বেগ ৩৩০ মিটার/সেকেন্ড ধরলে এই দূরত্ব ১৬.৫ মিটার।**
- প্রতিফলিত শব্দ যথেষ্ট জোরালো হতে হবে, অর্থাৎ প্রতিফলক শব্দ কম শোষণ করবে।

প্রিলির জন্য মনে রাখুন:

- সাধারণ ঘরে কথা বললে প্রতিধ্বনি শোনা যায় না, কারণ দেয়াল ১৬.৬ মিটারের অনেক কাছে থাকে। ফলে প্রতিফলিত শব্দ ০.১ সেকেন্ডের আগেই ফিরে এসে মূল শব্দের সঙ্গে মিশে যায়।
- **বজ্রপাতের পর অনেকক্ষণ গুড়গুড় শব্দ চলে, কারণ এই শব্দ মেঘ ও পাহাড় থেকে বহুবার প্রতিফলনের ফল।**

প্রতিধ্বনির সাহায্যে কূপের গভীরতা নির্ণয় [৩৮ ও ৩০ লিখিত]:

1. কূপের মুখে দাঁড়িয়ে জোরে হাততালি দিয়ে সঙ্গে সঙ্গে স্টপওয়াচ চালু করতে হবে।
2. পানির তল থেকে প্রতিফলিত হয়ে প্রতিধ্বনি ফিরে এলে স্টপওয়াচ বন্ধ করতে হবে। ধরি সময় লাগল t সেকেন্ড।
3. এই সময়ে শব্দ কূপের গভীরতার দ্বিগুণ পথ পাড়ি দেয়, তাই $2h = vt$।
4. সুতরাং কূপের গভীরতা $h = vt/2$, যেখানে v হলো বাতাসে শব্দের বেগ। কয়েকবার মেপে গড় সময় নিলে ফল আরও নির্ভুল হয়।



চিত্র ২.৫: প্রতিধ্বনির সাহায্যে কূপের গভীরতা নির্ণয়

উদাহরণ: কূপের মুখে হাততালি দেওয়ার ০.৫ সেকেন্ড পর প্রতিধ্বনি শোনা গেল। শব্দের বেগ ৩৪০ মিটার/সেকেন্ড হলে কূপের গভীরতা $h = vt/2 = 340 \times 0.5 / 2 = 85$ m।

প্রতিধ্বনির ব্যবহার [৩৩ লিখিত]:

- কূপ আর খাদের গভীরতা মাপা হয়। **প্রতিধ্বনির একই নিয়মে সমুদ্রের গভীরতাও মাপা হয়** [১৪ প্রিলি]। **জাহাজের তলা থেকে শব্দোত্তর তরঙ্গ পাঠিয়ে সমুদ্রতল থেকে প্রতিধ্বনি ফেরার সময় মাপার যন্ত্রের নাম ফ্যাদোমিটার (Fathometer)** [২০ প্রিলি]।
- সোনার (SONAR: Sound Navigation and Ranging) যন্ত্রে একই নীতিতে ডুবোজাহাজ, হিমশৈল ও মাছের ঝাঁক খুঁজে বের করা হয়।
- **ভূকম্পীয় জরিপে (Seismic survey) মাটির ভেতরে শব্দ পাঠিয়ে শিলাস্তর থেকে ফেরা প্রতিধ্বনি দেখে তেল, গ্যাস ও খনিজ খোঁজা হয়** [৩১ লিখিত]। বাংলাদেশে বাপেক্স এভাবেই গ্যাসক্ষেত্র খোঁজে।
- আল্ট্রাসনোগ্রাফিতে শরীরের ভেতরের অঙ্গের ছবি তোলা হয়, আর বাদুড় প্রতিধ্বনি শুনে অন্ধকারে পথ চলে (অনুচ্ছেদ ২.১০)।

২.৯ শব্দের শোষণ (Absorption) ও অনুরণন (Reverberation)

শব্দের শোষণ (Absorption of sound): কোনো পৃষ্ঠে পড়ে শব্দশক্তির কিছু অংশ তাপে পরিণত হয়ে হারিয়ে যাওয়াকে শব্দের শোষণ বলে।

- নরম ও ছিদ্রযুক্ত জিনিস (পর্দা, কার্পেট, কর্ক) শব্দ বেশি শোষণ করে, আর শক্ত ও মসৃণ পৃষ্ঠ (মার্বেল, কাচ, কংক্রিট) বেশি প্রতিফলিত করে।
- **লোকভর্তি হলঘরে খালি হলঘরের চেয়ে শব্দ ক্ষীণ শোনায়, কারণ খালি ঘরে শব্দের শোষণ কম হয়** [২৩ প্রিলি]। ভর্তি ঘরে মানুষের শরীর ও পোশাক শব্দ শুষে নেয়।

অনুরণন (Reverberation): বড় আবদ্ধ ঘরে উৎস থেমে যাওয়ার পরও দেয়াল, ছাদ আর মেঝে থেকে বারবার প্রতিফলনের কারণে শব্দ কিছুক্ষণ শোনা যায়। শব্দের এই স্থায়িত্বকে অনুরণন বলে।

- অনুরণন বেশি হলে আগের কথা মিলিয়ে যাওয়ার আগেই পরের কথা এসে পড়ে, তাই কথা জড়িয়ে যায়। তাই মিলনায়তনে শব্দ-শোষক বোর্ড, কার্পেট আর ভারী পর্দা দিয়ে অনুরণন কমানো হয়।
- আমেরিকান বিজ্ঞানী ওয়ালেস সাবাইনকে স্থাপত্য শব্দবিজ্ঞানের (Architectural acoustics) জনক বলা হয়।

২.১০ শব্দোত্তর তরঙ্গের (Ultrasonic Wave) ব্যবহার ★★

শব্দোত্তর তরঙ্গ (অনুচ্ছেদ ২.৫) আমরা শুনতে পাই না। কিন্তু এর তরঙ্গদৈর্ঘ্য খুব ছোট, তাই ছোট ছোট বস্তু থেকেও এটি স্পষ্টভাবে প্রতিফলিত হয়। এই গুণের জন্যই চিকিৎসা থেকে শিল্প পর্যন্ত সবখানে এর ব্যবহার।

শব্দোত্তর তরঙ্গের ব্যবহার [৪৫ লিখিত]:

- রোগনির্ণয়: **আল্ট্রাসনোগ্রাফিতে শরীরের ভেতরের অঙ্গ থেকে প্রতিফলিত শব্দোত্তর তরঙ্গ দিয়ে পর্দায় ছবি তৈরি হয়, অর্থাৎ এটি ছোট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের শব্দ দিয়ে ছবি তোলার পদ্ধতি** [১৫ প্রিলি]। **এতে সাধারণত ১ থেকে ১০ মেগাহার্জ কম্পাঙ্ক ব্যবহার করা হয়** [৪৭ প্রিলি]। গর্ভের শিশু, যকৃৎ, পিত্তথলি ও কিডনি পরীক্ষায় এর ব্যবহার সবচেয়ে বেশি।
- চিকিৎসা: শক্তিশালী শব্দোত্তর তরঙ্গ দিয়ে কিডনি ও পিত্তথলির পাথর ভাঙা হয়, আর দাঁতের পাথরও তোলা হয়।
- সোনার: সমুদ্রের গভীরতা, ডুবোজাহাজ আর মাছের ঝাঁকের অবস্থান জানা যায় (অনুচ্ছেদ ২.৮)।
- শিল্প: ধাতব পাতের ভেতরের সূক্ষ্ম ফাটল খোঁজা যায়, আর ঘড়ি ও সূক্ষ্ম যন্ত্রাংশ পরিষ্কার করা যায়।
- জীবাণুনাশ: দুধ ও পানির ক্ষতিকর ব্যাকটেরিয়া ধ্বংস করা যায়।

বাদুড়ের পথচলা: ইকোলোকেশন (Echolocation):

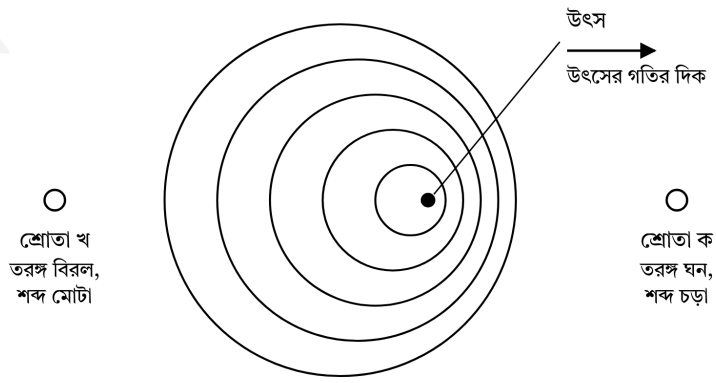
- ঘন অন্ধকারে চোখ কাজে আসে না, তবু বাদুড় নির্ভুলভাবে ওড়ে।
- **বাদুড় উড়তে উড়তে শব্দোত্তর তরঙ্গ ছাড়ে, আর সামনের বাধা থেকে ফিরে আসা প্রতিধ্বনি শুনে বাধার দূরত্ব ও অবস্থান বুঝে নেয়** [২৭ প্রিলি]।
- প্রতিধ্বনি শুনে এভাবে অবস্থান বোঝার কৌশলকে ইকোলোকেশন বলে।
- **ডলফিনও চলাফেরায় একইভাবে শ্রবণতন্ত্র ব্যবহার করে।**

২.১১ ডপলার প্রভাব (Doppler Effect) ★★★

রেলস্টেশনে দাঁড়িয়ে থাকলে খেয়াল করা যায়, হুইসেল বাজিয়ে এগিয়ে আসা ট্রেনের শব্দ ক্রমশ চড়া শোনায়। আবার ট্রেন স্টেশন ছেড়ে চলে যাওয়ার সময় একই হুইসেল মোটা শোনায়, যদিও হুইসেলের আসল কম্পাঙ্ক বদলায় না।

> **ডপলার প্রভাব (Doppler effect): শব্দের উৎস আর শ্রোতার মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকলে শ্রোতার কাছে শব্দের কম্পাঙ্ক বা তীক্ষ্ণতা আপাতভাবে বদলে যায়, এই ঘটনাকে ডপলার প্রভাব বা ডপলার ক্রিয়া বলে** [৪৬, ৩৮ ও ৩৭ লিখিত]।

- অস্ট্রীয় বিজ্ঞানী ক্রিশ্চিয়ান ডপলার ১৮৪২ সালে এই প্রভাব ব্যাখ্যা করেন।
- উৎসের আসল কম্পাঙ্ক বদলায় না, বদলায় শ্রোতার কাছে পৌঁছানো কম্পাঙ্ক।
- আলোসহ সব ধরনের তরঙ্গেই এই প্রভাব দেখা যায়।



চিত্র ২.৬: চলমান উৎসের সামনে তরঙ্গ ঘন, পেছনে বিরল

ডপলার প্রভাব কেন ঘটে?

- উৎস স্থির থাকলে তরঙ্গগুলো চারদিকে সমান দূরত্বে ছড়ায়, তাই শ্রোতা আসল কম্পাঙ্কই শোনেন।
- উৎস শ্রোতার দিকে এগোলে প্রতিটি নতুন তরঙ্গ আগেরটির চেয়ে কাছ থেকে ছাড়ে। ফলে সামনের দিকে তরঙ্গগুলো ঘন হয়ে আসে, তরঙ্গদৈর্ঘ্য কমে, আর প্রতি সেকেন্ডে বেশি তরঙ্গ কানে পৌঁছায়। তাই শব্দ চড়া শোনায়।

- উৎস দূরে সরে গেলে পেছনের দিকে তরঙ্গগুলো ছড়িয়ে যায়, তরঙ্গদৈর্ঘ্য বাড়ে আর কম্পাঙ্ক কমে। তাই শব্দ মোটা শোনায়।

লিখিত প্রশ্ন **এগিয়ে আসা আর চলে যাওয়া ট্রেনের হুইসেলের শব্দে পার্থক্য হয় কেন? [১৯ লিখিত]**

এগিয়ে আসা ট্রেন প্রতিটি তরঙ্গ ছাড়ার সময় শ্রোতার আরও কাছে চলে আসে, তাই তরঙ্গদৈর্ঘ্য ছোট হয় আর হুইসেল আসলের চেয়ে বেশি কম্পাঙ্কে, অর্থাৎ বেশি চড়া শোনায়। ট্রেন চলে যাওয়ার সময় তরঙ্গদৈর্ঘ্য বড় হয় আর কম্পাঙ্ক কমে, তাই হুইসেল মোটা শোনায়। **এ কারণে প্ল্যাটফর্মে দাঁড়ানো যাত্রীর কাছে আগুয়ান ইঞ্জিনের বাঁশির কম্পাঙ্ক আসলের চেয়ে বেশি মনে হয়** [১৪ প্রিলি]।

ডপলার প্রভাবের বাস্তব উদাহরণ [৪৬ লিখিত]:

- অ্যাম্বুলেন্স বা পুলিশের গাড়ির সাইরেন কাছে আসার সময় চড়া আর দূরে যাওয়ার সময় মোটা শোনায়।
- মোটরসাইকেল সামনে দিয়ে দ্রুত চলে গেলে শব্দটা হঠাৎ চড়া থেকে মোটা হয়ে যায়।
- দূরের ছায়াপথের আলো বর্ণালির লাল দিকে সরে থাকে, যাকে লোহিত সরণ (Red shift) বলে। এটি প্রমাণ করে যে মহাবিশ্ব প্রসারিত হচ্ছে।

ডপলার প্রভাবের প্রয়োগ [৩৮ লিখিত]:

- ট্রাফিক পুলিশের রাডার গান চলন্ত গাড়িতে বেতার তরঙ্গ পাঠায়, আর ফিরে আসা তরঙ্গের কম্পাঙ্ক কতটা বদলেছে তা থেকে গাড়ির বেগ মাপে।
- ডপলার আল্ট্রাসাউন্ডে রক্তপ্রবাহের বেগ ও দিক, আর গর্ভের শিশুর হৃৎস্পন্দন পরীক্ষা করা হয়।
- ডপলার রাডার বৃষ্টির ফোঁটা আর মেঘের গতি মেপে ঘূর্ণিঝড়ের গতিপথ জানায়।

২.১২ স্বরকম্প বা বিট (Beat) ★★

সুরশলাকা (Tuning fork) হলো U আকৃতির একটি ধাতব যন্ত্র, যা আঘাত করলে নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কে বাজে। কাছাকাছি কম্পাঙ্কের দুটি সুরশলাকা একসঙ্গে বাজালে শব্দ একটানা থাকে না, পর্যায়ক্রমে জোরে আর আস্তে শোনা যায়।

> **স্বরকম্প বা বিট (Beat):** প্রায় সমান কম্পাঙ্কের দুটি শব্দ তরঙ্গ একসঙ্গে চললে শব্দের তীব্রতা যে নিয়মিতভাবে একবার বাড়ে আর একবার কমে, তাকে স্বরকম্প বা বিট বলে। তীব্রতার একবার বাড়া আর একবার কমা মিলে একটি বিট।

- দুই তরঙ্গের শীর্ষ একসঙ্গে মিললে বিস্তার যোগ হয়ে শব্দ জোরালো হয়, আর একটির শীর্ষ অন্যটির পাদের সঙ্গে মিললে বিস্তার বিয়োগ হয়ে শব্দ ক্ষীণ হয়।
- প্রতি সেকেন্ডে বিটের সংখ্যা দুই উৎসের কম্পাঙ্কের পার্থক্যের সমান, অর্থাৎ $N = f_1 \sim f_2$। যেমন ২৫৬ ও ২৬০ হার্জের দুটি শলাকা একসঙ্গে বাজালে সেকেন্ডে ৪টি বিট হয়।
- সেকেন্ডে প্রায় ১০টির বেশি বিট হলে কান সেগুলো আলাদা করে ধরতে পারে না, তখন শব্দ একটানা মনে হয়।

বিটের প্রয়োগ [৪১ ও ৩৪ লিখিত]:

- অজানা কম্পাঙ্ক নির্ণয়: জানা কম্পাঙ্কের সুরশলাকার সঙ্গে অজানা শলাকা একসঙ্গে বাজিয়ে প্রতি সেকেন্ডের বিট গুনলে অজানা কম্পাঙ্ক বের করা যায়।
- বাদ্যযন্ত্রের সুর মেলানো: হারমোনিয়াম বা গিটারের সুর প্রমাণ সুরের সঙ্গে মেলাতে দুটি একসঙ্গে বাজিয়ে তারের টান বদলানো হয়, যতক্ষণ না বিট পুরোপুরি মিলিয়ে যায়।
- খনির বিষাক্ত গ্যাস শনাক্ত করা: একই রকম দুটি বাঁশির একটিতে বিশুদ্ধ বাতাস আর অন্যটিতে খনির বাতাস নিয়ে বাজানো হয়। খনির বাতাসে মিথেন থাকলে কম্পাঙ্ক বদলে যায়, ফলে বিট শোনা যায়।

২.১৩ অনুনাদ (Resonance) ★★

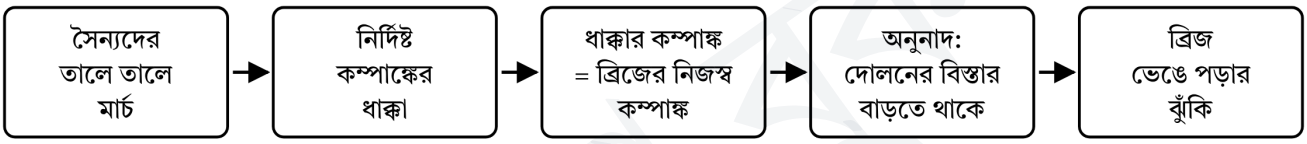
প্রতিটি বস্তুর একটি নিজস্ব কম্পাঙ্ক (Natural frequency) আছে। বস্তুকে একবার কাঁপিয়ে ছেড়ে দিলে সে এই কম্পাঙ্কেই কাঁপতে থাকে।

- **মুক্ত কম্পন (Free vibration):** বস্তুকে একবার কাঁপিয়ে ছেড়ে দিলে সে নিজস্ব কম্পাঙ্কে যে কম্পন দেয়, তাকে মুক্ত কম্পন বলে।
- **পরবশ কম্পন (Forced vibration):** বাইরে থেকে পর্যায়ক্রমিক বল দিয়ে বস্তুকে অন্য কম্পাঙ্কে কাঁপতে বাধ্য করলে তাকে পরবশ কম্পন বলে।
- **অনুনাদ (Resonance):** বাইরে থেকে দেওয়া পর্যায়ক্রমিক বলের কম্পাঙ্ক বস্তুর নিজস্ব কম্পাঙ্কের সমান হলে বস্তুটি সবচেয়ে বেশি বিস্তারে কাঁপে, এই ঘটনাকে অনুনাদ বলে।

- অনুনাদ এক বিশেষ ধরনের পরবশ কম্পন।
- রেডিও টিউন করার সময় আমরা গ্রাহক যন্ত্রের কম্পাঙ্ককে কোনো স্টেশনের কম্পাঙ্কের সমান করি, ফলে অনুনাদে শুধু সেই স্টেশনটাই ধরা পড়ে।
- **বাদ্যযন্ত্র ফাঁপা থাকে, কারণ ফাঁপা বাক্সের বাতাসে অনুনাদ হয়ে শব্দের প্রাবল্য বাড়ে।**
- **খালি পাত্রে আঘাত করলে ভরা পাত্রের চেয়ে বেশি শব্দ হয়, কারণ খালি পাত্রের বাতাসে শব্দ তরঙ্গের বিস্তার বেশি হয়।** ভরা পাত্রে পানি কম্পন শুষে নেয়, তাই শব্দ চাপা শোনায়।

লিখিত প্রশ্ন **ব্রিজের ওপর দিয়ে সৈন্যদের তালে তালে মার্চ করা নিষেধ কেন? [২১ লিখিত]**

প্রতিটি ব্রিজের উপাদান আর মাপ অনুযায়ী একটি নিজস্ব কম্পাঙ্ক থাকে। সৈন্যরা তালে তালে পা ফেললে ব্রিজের ওপর নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কের পর্যায়ক্রমিক ধাক্কা পড়ে। এই কম্পাঙ্ক ব্রিজের নিজস্ব কম্পাঙ্কের সমান হয়ে গেলে অনুনাদ ঘটে, আর ব্রিজ ক্রমশ বড় বিস্তারে দুলতে দুলতে ভেঙে পড়তে পারে। তাই ব্রিজ পার হওয়ার সময় সৈন্যদের পা না মিলিয়ে এলোমেলোভাবে হাঁটতে বলা হয়।



চিত্র ২.৭: তালে তালে মার্চে ব্রিজ ভাঙার ঝুঁকির প্রবাহচিত্র

চমকপ্রদ তথ্য: ১৮৩১ সালে ইংল্যান্ডের ব্রাউটন ঝুলন্ত সেতু তালে তালে মার্চ করে যাওয়া সৈন্যদের ভারে দুলতে দুলতে ভেঙে পড়ে। এরপর থেকেই ব্রিটিশ সেনাবাহিনীতে সেতু পার হওয়ার সময় পা না মেলানোর নিয়ম চালু হয়।

২.১৪ শব্দের তীব্রতা (Intensity) ও ডেসিবেল (Decibel) ★★★

ফিসফিস কথা আর মাইকের গান, দুটোই শব্দ, কিন্তু কানের ওপর এদের চাপ এক নয়। শব্দ কতটা শক্তিশালী, তা মাপতে দুটি ধারণা লাগে: তীব্রতা আর তীব্রতা লেভেল।

তীব্রতা (Intensity): শব্দ চলার পথে লম্বভাবে রাখা এক বর্গমিটার জায়গার ভেতর দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যতটা শব্দশক্তি যায়, তাকে শব্দের তীব্রতা বলে। এর একক ওয়াট/বর্গমিটার ($W\ m^{-2}$)।

- উৎস জোরে কাঁপলে, অর্থাৎ বিস্তার বেশি হলে, শব্দের তীব্রতা অনেক বেশি হয়।
- **উৎস থেকে শ্রোতার দূরত্ব দ্বিগুণ হলে শব্দের তীব্রতা চার ভাগের এক ভাগ হয়ে যায়।**
- **মানুষের কান সবচেয়ে মৃদু যে শব্দ শুনতে পায়, তার তীব্রতা ১০^{-12} ওয়াট/বর্গমিটার।** একে প্রমাণ তীব্রতা (I_0) ধরা হয়।

তীব্রতা লেভেল (Intensity level): কোনো শব্দের তীব্রতা প্রমাণ তীব্রতার কত গুণ, তার লগারিদমকে তীব্রতা লেভেল বলে [৪৩ ও ২৭ লিখিত]।

টেলিফোনের উদ্ভাবক আলেকজান্ডার গ্রাহাম বেলের নাম অনুসারে তীব্রতা লেভেলের একক রাখা হয়েছে বেল (B)। বেল বেশ বড় একক, তাই কাজে এর দশ ভাগের এক ভাগ, ডেসিবেল (dB), ব্যবহার করা হয়। **শব্দের তীব্রতা মাপার প্রচলিত একক ডেসিবেল।**

$$\beta = 10 \log (I/I_0)\ \text{dB}$$

এখানে β = তীব্রতা লেভেল (dB), I = শব্দের তীব্রতা ($W\ m^{-2}$), $I_0 = 10^{-12}\ W\ m^{-2}$। এর মানে, তীব্রতা ১০ গুণ বাড়লে লেভেল বাড়ে ১০ ডেসিবেল, আর ১০০ গুণ বাড়লে বাড়ে ২০ ডেসিবেল। ০ ডেসিবেল মানে নীরবতা নয়, এটি আমাদের শোনার শুরুর সীমা।

লিখিত প্রশ্ন **৯০ ডেসিবেল শব্দ বলতে কী বোঝায়? [২৭ লিখিত]**

৯০ ডেসিবেল শব্দের তীব্রতা প্রমাণ তীব্রতার $১০^{৯}$ গুণ, অর্থাৎ $১০^{-৩}$ ওয়াট/বর্গমিটার। ভারী ট্রাক বা মোটরসাইকেলের শব্দ এই মাত্রার, আর দীর্ঘক্ষণ এমন শব্দে থাকলে শ্রবণশক্তির স্থায়ী ক্ষতি হতে পারে।

প্রিলির জন্য মনে রাখুন:

- **নিঃশ্বাসের শব্দের তীব্রতা ১০ ডেসিবেল, ফিসফিস কথার ৩০ ডেসিবেল আর সাধারণ কথোপকথনের ৬০ ডেসিবেল।** শান্ত শ্রেণিকক্ষে শব্দ থাকে প্রায় ৫০ ডেসিবেল, ব্যস্ত সড়কে ৭০ ডেসিবেল আর ভারী ট্রাকে ৯০ ডেসিবেল। প্রায় ১২০ ডেসিবেলে কানে ব্যথা শুরু হয়।
- **একটানা ১০৫ ডেসিবেল বা তার বেশি শব্দে মানুষ বধির হয়ে যেতে পারে** [১২ প্রিলি]।
- **শ্রবণশক্তি আর শব্দের তীব্রতা মাপার যন্ত্রের নাম অডিওমিটার (Audiometer)** [২৬ প্রিলি]।

২.১৫ শব্দদূষণ (Noise Pollution) ★★★

ঢাকার রাস্তায় একসঙ্গে বাজতে থাকা শত শত হর্ন আমাদের রোজকার অভিজ্ঞতা। এই অতিরিক্ত শব্দ শুধু বিরক্তি নয়, শরীর ও মনের ক্ষতিও করে।

> **শব্দদূষণ (Noise pollution): অবাঞ্ছিত, অতিরিক্ত বা বিরক্তিকর শব্দ যখন মানুষ ও অন্য প্রাণীর শারীরিক বা মানসিক ক্ষতি করে এবং স্বাভাবিক কাজে বাধা দেয়, তখন তাকে শব্দদূষণ বলে** [৪১, ৩৪, ৩১ ও ২৮ লিখিত]।

শব্দদূষণের কারণ [৩৮ লিখিত]:

- যানবাহনের হর্ন, বিশেষ করে হাইড্রোলিক হর্ন, আর পুরোনো ইঞ্জিনের শব্দ শহরে দূষণের প্রধান উৎস।
- সভা-সমাবেশ, নির্বাচনী প্রচার আর অনুষ্ঠানে উচ্চ শব্দে মাইক ও লাউডস্পিকার বাজানো হয়।
- নির্মাণকাজে পাইলিং, ইট ভাঙা আর মিক্সার মেশিনের শব্দ হয়।
- কলকারখানা, জেনারেটর, উড়োজাহাজ, রেলগাড়ি, পটকা আর আতশবাজি থেকেও প্রচুর শব্দ আসে।

মানবস্বাস্থ্যে শব্দদূষণের ক্ষতি [৪৩, ৪১, ৩৮, ৩৪, ৩১ ও ২৮ লিখিত]:

- শ্রবণশক্তি ধীরে ধীরে কমে যায়, আর খুব জোরালো শব্দে কর্ণপটহ ফেটে স্থায়ী বধিরতা হতে পারে।
- উচ্চ রক্তচাপ আর হৃৎস্পন্দন বেড়ে যায়, ফলে হৃদ্‌রোগের ঝুঁকি বাড়ে।
- মাথাব্যথা, অনিদ্রা, খিটখিটে মেজাজ আর মানসিক চাপ দেখা দেয়।
- পড়াশোনা ও কাজে মনোযোগ কমে, ফলে কর্মক্ষমতাও কমে যায়।
- শিশুর মানসিক বিকাশ ব্যাহত হয়, আর পশুপাখির প্রজননেও বিঘ্ন ঘটে।

শব্দদূষণ প্রতিরোধের উপায় [৪৩ ও ৩৮ লিখিত]:

- শব্দদূষণ নিয়ন্ত্রণ বিধিমালা কঠোরভাবে প্রয়োগ করতে হবে এবং জরিমানা নিশ্চিত করতে হবে।
- হাইড্রোলিক হর্ন পুরোপুরি বন্ধ করতে হবে, আর ত্রুটিপূর্ণ সাইলেন্সারের পুরোনো গাড়ি রাস্তা থেকে সরাতে হবে।
- লাউডস্পিকার বাজাতে আগাম অনুমতি বাধ্যতামূলক রাখতে হবে, আর নির্ধারিত সময় ও মাত্রা মানতে হবে।
- কলকারখানা আবাসিক এলাকার বাইরে সরাতে হবে, আর যন্ত্রে শব্দনিরোধক ব্যবস্থা রাখতে হবে।
- রাস্তা ও কারখানার পাশে গাছ লাগিয়ে সবুজ বেষ্টনী তৈরি করতে হবে, কারণ গাছপালা শব্দ শোষণ করে।
- নির্মাণকাজ দিনের নির্দিষ্ট সময়ে সীমিত রাখতে হবে, আর শ্রমিকদের ইয়ারপ্লাগ ব্যবহার করতে হবে।
- গণমাধ্যম ও স্কুলের মাধ্যমে জনসচেতনতা বাড়াতে হবে।

বাংলাদেশে অনুমোদিত শব্দমাত্রা, শব্দদূষণ (নিয়ন্ত্রণ) বিধিমালা ২০২৫ অনুযায়ী:

এলাকা	দিনে	রাতে
নীরব এলাকা	৫০ ডেসিবেল	৪০ ডেসিবেল
আবাসিক এলাকা	৫৫ ডেসিবেল	৪৫ ডেসিবেল
মিশ্র এলাকা	৬০ ডেসিবেল	৫০ ডেসিবেল
বাণিজ্যিক এলাকা	৭০ ডেসিবেল	৬০ ডেসিবেল
শিল্প এলাকা	৭৫ ডেসিবেল	৭০ ডেসিবেল

- এখানে দিন মানে ভোর ৬টা থেকে রাত ৯টা, আর রাত মানে রাত ৯টা থেকে ভোর ৬টা।
- হাসপাতাল, শিক্ষাপ্রতিষ্ঠান বা অফিস-আদালতের মতো জায়গাকে কর্তৃপক্ষ নীরব এলাকা ঘোষণা করে, আর সেখানে হর্ন, পটকা ও আতশবাজি নিষিদ্ধ। আগের বিধিমালায় এসব প্রতিষ্ঠানের চারপাশের ১০০ মিটার পর্যন্ত এলাকাকে নীরব এলাকা ধরা হতো।
- অনুমতি নিয়ে মাইক বা লাউডস্পিকার বাজালেও একটানা ৫ ঘণ্টার বেশি আর রাত ১১টার পর বাজানো যাবে না, আর শব্দ ৯০ ডেসিবেলের বেশি হতে পারবে না। নীরব এলাকায় এমন অনুমতি দেওয়া হয় না।
- নতুন বিধিমালায় ট্রাফিক সার্জেন্ট বা তার ওপরের পুলিশ কর্মকর্তা হর্নের নিয়ম ভাঙার জন্য ঘটনাস্থলেই জরিমানা করতে পারেন।

লিখিত প্রশ্ন **স্কুলের ছাত্রছাত্রীদের জন্য গ্রহণযোগ্য শব্দমাত্রা কত? [৪৩ লিখিত]**

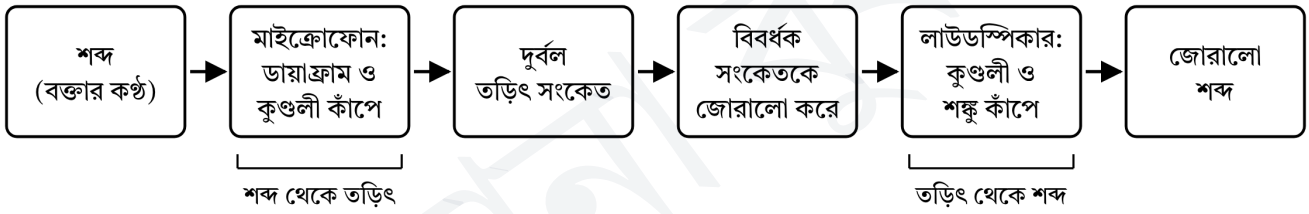
স্কুল নীরব এলাকায় পড়ে, তাই বিধিমালা অনুযায়ী দিনের বেলা সর্বোচ্চ ৫০ ডেসিবেল। বিশ্ব স্বাস্থ্য সংস্থার নির্দেশনা অনুযায়ী ক্লাস চলার সময় শ্রেণিকক্ষের পটভূমির শব্দ ৩৫ ডেসিবেলের বেশি হওয়া উচিত নয়, যাতে শিক্ষকের কথা পরিষ্কার শোনা যায়।

> চমকপ্রদ তথ্য: জাতিসংঘ পরিবেশ কর্মসূচির (UNEP) ২০২২ সালের প্রতিবেদনে ঢাকাকে বিশ্বের সবচেয়ে বেশি শব্দদূষণের শহর বলা হয়, যেখানে শব্দের মাত্রা পাওয়া গিয়েছিল ১১৯ ডেসিবেল পর্যন্ত। এই তালিকায় রাজশাহীও ছিল চতুর্থ স্থানে।

২.১৬ মাইক্রোফোন (Microphone), লাউডস্পিকার (Loudspeaker) ও টেপ রেকর্ডার ★★

ঘরে-বাইরের প্রায় সব বৈদ্যুতিক শব্দযন্ত্রের মূলে আছে দুটি উল্টো কাজ: শব্দকে তড়িতে বদলানো, আর তড়িৎকে আবার শব্দে ফেরানো। প্রথম কাজটি করে মাইক্রোফোন, দ্বিতীয়টি লাউডস্পিকার।

মাইক্রোফোন (Microphone): মাইক্রোফোন এমন একটি যন্ত্র, যা শব্দশক্তিকে তড়িৎশক্তিতে রূপান্তর করে [৩০ লিখিত]।
লাউডস্পিকার (Loudspeaker): লাউডস্পিকার এমন একটি যন্ত্র, যা তড়িৎ সংকেতকে শব্দে রূপান্তর করে [৩৪ লিখিত]।



চিত্র ২.৮: মাইক্রোফোন থেকে লাউডস্পিকার পর্যন্ত শব্দের পথ

- মঞ্চে বেশি ব্যবহার হয় চলকুণ্ডলী মাইক্রোফোন (Moving coil microphone), আর মোবাইল ফোন ও স্টুডিওতে কনডেন্সার মাইক্রোফোন (Condenser microphone)।
- চলকুণ্ডলী মাইক্রোফোনে শব্দের চাপে একটি পাতলা পর্দা কাঁপে, যার নাম ডায়াফ্রাম (Diaphragm)। ডায়াফ্রামের সঙ্গে লাগানো কুণ্ডলী তখন একটি চুম্বকের ক্ষেত্রে নড়ে।
- চৌম্বক ক্ষেত্রে কুণ্ডলী নড়লে তড়িৎচৌম্বক আবেশে (Electromagnetic induction) প্রবাহ তৈরি হয়, আর এই প্রবাহের ওঠানামা শব্দের চাপের হুবহু অনুরূপ। চৌম্বক ক্ষেত্রের পরিবর্তনে প্রবাহ তৈরির এই নিয়মকে ফ্যারাডের সূত্র বলে।
- **বিদ্যুৎ থেকে শব্দ তৈরির যন্ত্র বলতে লাউডস্পিকারকেই বোঝায়** [৪০ ও ২০ প্রিলি]। এর গঠন চলকুণ্ডলী মাইক্রোফোনের মতোই, শুধু ডায়াফ্রামের জায়গায় থাকে বড় শঙ্কু আকৃতির পর্দা (Cone), আর কাজ উল্টো।

টেপ রেকর্ডার (Tape Recorder):

- **টেপ রেকর্ডারের ফিতা প্লাস্টিকের তৈরি, আর এর গায়ে আয়রন অক্সাইডের মতো চৌম্বক পদার্থের সূক্ষ্ম কণার প্রলেপ থাকে** [২৭ লিখিত]।
- **ক্যাসেটের ফিতায় শব্দ জমা থাকে চৌম্বক ক্ষেত্র হিসেবে** [২৩ প্রিলি]।
- রেকর্ডের সময় তড়িৎ থেকে চুম্বকত্ব তৈরি হয়, আর শোনার সময় চুম্বকত্ব থেকে আবার তড়িৎ তৈরি হয়।
- **শব্দ ধরে রাখার প্রথম যন্ত্র ফনোগ্রাফ, যা টমাস আলভা এডিসন আবিষ্কার করেন** [২৩ প্রিলি]।

> চমকপ্রদ তথ্য: ১৮৭৭ সালে এডিসন তাঁর ফনোগ্রাফে প্রথম যে কথাগুলো রেকর্ড করেন, তা ছিল একটি শিশুতোষ ছড়া, “Mary had a little lamb”। এটিই মানুষের কণ্ঠে প্রথম রেকর্ড করা ও আবার বাজিয়ে শোনানো শব্দ।

প্রিলির জন্য দ্রুত রিভিশন

শব্দের প্রকৃতি (Nature), বেগ (Speed) ও শ্রবণ (Hearing)

- হাইড্রোজেন গ্যাসে শব্দের বেগ প্রায় ১২৮০ মিটার/সেকেন্ড, যা বাতাসের প্রায় চার গুণ। হীরায় এই বেগ প্রায় ১২,০০০ মিটার/সেকেন্ড।
- **শব্দ চলতে মাধ্যম লাগে, কিন্তু এক্স-রে, রেডিও তরঙ্গ বা অতিবেগুনি রশ্মির কোনো মাধ্যম লাগে না।**
- **শব্দ, বুলেট, জেট বিমান আর আলোর মধ্যে আলোর বেগ সবচেয়ে বেশি।**
- **বাতাসে শব্দের বেগ ঘণ্টায় প্রায় ১২০০ কিলোমিটার, অর্থাৎ প্রায় ৭৫০ মাইল।**
- **পানিতে ডুব দিয়ে কেউ হাততালি দিলে পানির নিচে থাকা ব্যক্তিই তা সবচেয়ে জোরে শোনেন।**
- রাতে ভূপৃষ্ঠের কাছের বায়ু ঠান্ডা থাকে বলে ওপরে ওঠা শব্দ বেঁকে আবার নিচে নামে, তাই রাতে দূরের শব্দ বেশি শোনা যায়।
- বাতাসে শব্দের বেগ বায়ুর পরম তাপমাত্রার বর্গমূলের সমানুপাতিক, অর্থাৎ $v \propto \sqrt{T}$। তাই **০° সেলসিয়াসের বেগ দ্বিগুণ হয় ৮১৯° সেলসিয়াসে**, যেখানে পরম তাপমাত্রা চার গুণ।
- শব্দোত্তর হলো কম্পাঙ্কের বিষয়, আর সুপারসনিক হলো বেগের বিষয়।
- মনে রাখার কৌশল: মধ্যকর্ণের তিন অস্থির ক্রম “মাই-স” (ম্যালিয়াস, ইনকাস, স্টেপিস), বাংলায় হাতুড়ি, নেহাই আর রেকাব।

প্রতিধ্বনি (Echo), ডপলার (Doppler), বিট (Beat) ও অনুনাদ (Resonance)

- **শব্দের বেগ ৩৩০ মিটার/সেকেন্ড হলে ২৭.৫ মিটার গভীর কূপের প্রতিধ্বনি শোনা যাবে ১/৬ সেকেন্ড পরে।**
- কোনো সুরের কম্পাঙ্ক দ্বিগুণ হলে সুরটি এক অষ্টক (Octave) চড়ে যায়।
- সমান দুটি তরঙ্গ বিপরীত দিক থেকে এসে মিললে স্থির তরঙ্গ (Stationary wave) তৈরি হয়। এতে যেখানে কণা সবচেয়ে বেশি কাঁপে তা সুস্পন্দ বিন্দু, আর যেখানে একেবারে কাঁপে না তা নিস্পন্দ বিন্দু। পাশাপাশি দুটি নিস্পন্দ বিন্দুর দূরত্ব $\lambda/2$।
- ডপলার প্রভাবে শব্দের প্রাবল্য বদলায় না, বদলায় শ্রোতার শোনা কম্পাঙ্ক বা তীক্ষ্ণতা।
- লোহিত সরণে উৎস দূরে যাচ্ছে, আর নীল সরণে উৎস কাছে আসছে।
- মনে রাখার কৌশল: ডপলারে “কাছে এলে চড়া, দূরে গেলে মোটা”। প্রতিধ্বনিতে “০.১ সেকেন্ড, ১৬.৬ মিটার”।

ডেসিবেল (Decibel), শব্দদূষণ (Noise Pollution) ও শব্দযন্ত্র

- প্রমাণ তীব্রতা, অর্থাৎ ০ ডেসিবেল, হলো ১০^{-12} ওয়াট/বর্গমিটার।
- প্রাবল্য বা শব্দোচ্চতা মাপার একক ফন (Phon)।
- মনে রাখার কৌশল: ডেসিবেলে “প্রতি দশে দশ গুণ”, অর্থাৎ প্রতি ১০ ডেসিবেলে তীব্রতা ১০ গুণ বাড়ে। মাইক আর স্পিকার “যমজ ভাই, উল্টো কাজ”।

গুরুত্বপূর্ণ পার্থক্য

আড় তরঙ্গ ও লম্বিক তরঙ্গ (অনুচ্ছেদ ২.২):

বিষয়	আড় তরঙ্গ	লম্বিক তরঙ্গ
কণার কম্পন	তরঙ্গের দিকের সঙ্গে লম্বভাবে	তরঙ্গের দিক বরাবর
যা তৈরি হয়	তরঙ্গশীর্ষ ও তরঙ্গপাদ	সংকোচন ও প্রসারণ
তরঙ্গদৈর্ঘ্য	পাশাপাশি দুই শীর্ষের দূরত্ব	পাশাপাশি দুই সংকোচনের দূরত্ব
উদাহরণ	পানির ঢেউ, টানা তার, আলো	বাতাসে শব্দ, স্প্রিংয়ের ধাক্কা

শব্দ তরঙ্গ ও আলোক তরঙ্গ:

বিষয়	শব্দ তরঙ্গ	আলোক তরঙ্গ
প্রকৃতি	যান্ত্রিক তরঙ্গ	তড়িৎচৌম্বক তরঙ্গ
ধরন	বাতাসে লম্বিক	আড়
মাধ্যম	মাধ্যম ছাড়া চলে না	শূন্যস্থানেও চলে
বাতাসে বেগ	প্রায় ৩৩২ মিটার/সেকেন্ড	প্রায় ৩ × ১০^{৪} মিটার/সেকেন্ড
মাধ্যমভেদে বেগ	কঠিনে বেশি, বাতাসে কম	শূন্যে বেশি, ঘন মাধ্যমে কম
তরঙ্গদৈর্ঘ্য	প্রায় ১.৭ সেন্টিমিটার থেকে ১৭ মিটার	প্রায় ৪০০ থেকে ৭০০ ন্যানোমিটার

শব্দেতর তরঙ্গ ও শব্দোত্তর তরঙ্গ (অনুচ্ছেদ ২.৫):

বিষয়	শব্দেতর তরঙ্গ	শব্দোত্তর তরঙ্গ
কম্পাঙ্ক	২০ হার্জের কম	২০,০০০ হার্জের বেশি
তরঙ্গদৈর্ঘ্য	খুব বড়	খুব ছোট
যারা শোনে	হাতি, তিমি	বাদুড়, কুকুর, ডলফিন
উৎস ও ব্যবহার	ভূমিকম্প, আগ্নেয়গিরি	আল্ট্রাসনোগ্রাফি, সোনার, ফাটল খোঁজা

প্রতিধ্বনি, অনুরণন ও অনুনাদ (অনুচ্ছেদ ২.৮, ২.৯, ২.১৩):

বিষয়	প্রতিধ্বনি	অনুরণন	অনুনাদ
কারণ	একবার প্রতিফলন	বহুবার প্রতিফলন	কম্পাঙ্কের মিল
শর্ত	প্রতিফলক ১৬.৬ মিটারের বেশি দূরে	বড় আবদ্ধ ঘর	দুই কম্পাঙ্ক সমান
যেমন শোনায়	মূল শব্দের আলাদা পুনরাবৃত্তি	শব্দের দীর্ঘ গুঞ্জন	কম্পন ও শব্দ সর্বোচ্চ
উদাহরণ	পাহাড়ের সামনে ডাক	খালি মিলনায়তন	প্যারেডে ব্রিজ দোলা

মাইক্রোফোন ও লাউডস্পিকার (অনুচ্ছেদ ২.১৬):

বিষয়	মাইক্রোফোন	লাউডস্পিকার
শক্তির রূপান্তর	শব্দ থেকে তড়িৎ	তড়িৎ থেকে শব্দ
মূলনীতি	তড়িৎচৌম্বক আবেশ	চৌম্বক ক্ষেত্রে প্রবাহের ওপর বল
কম্পমান অংশ	হালকা ডায়াফ্রাম	বড় শঙ্কু আকৃতির পর্দা
বিবর্ধক থাকে	মাইক্রোফোনের পরে	লাউডস্পিকারের আগে

লিখিত প্রশ্ন ও উত্তরের কাঠামো

শুধু লিখিত পরীক্ষার্থীদের জন্য। প্রিলির প্রস্তুতিতে এই অংশ বাদ দিয়ে পড়লেও চলবে।

এই অধ্যায়ের ৩৪টি লিখিত প্রশ্নের ১৯টিই এসেছে শব্দদূষণ (১০ বার), প্রতিধ্বনি (৫ বার) আর ডপলার প্রভাব (৪ বার) থেকে, তাই এই তিনটির পূর্ণ উত্তর-কাঠামো দেওয়া হলো।

উত্তর-কাঠামো ১: শব্দদূষণের কারণ, ক্ষতি ও প্রতিকার [৪৩, ৪১, ৩৮, ৩৪, ৩১ ও ২৮ লিখিত]

এক বাক্যে শব্দদূষণের সংজ্ঞা দিন, আর ডেসিবেল এককের কথা এক লাইনে বলুন (১ নম্বর)। এরপর অনুচ্ছেদ ২.১৫ থেকে কারণ, ক্ষতি আর প্রতিকারের অন্তত চারটি করে পয়েন্ট লিখুন (প্রতি অংশে ৩ নম্বর)। বাংলাদেশের শব্দমাত্রার ছক আর ঢাকার ১১৯ ডেসিবেলের তথ্য দিলে বাড়তি নম্বর পাওয়া যায়।

উত্তর-কাঠামো ২: প্রতিধ্বনি ও কূপের গভীরতা নির্ণয় [৩৮, ৩৩ ও ৩০ লিখিত]

প্রথমে প্রতিধ্বনির সংজ্ঞা আর শোনার তিনটি শর্ত লিখুন (১ নম্বর)। এরপর চিত্র ২.৫ এঁকে কূপের গভীরতা নির্ণয়ের চারটি ধাপ আর $h = vt/2$ সূত্র লিখুন (৩ নম্বর)। শেষে একটি সংখ্যার উদাহরণ দিন, যেমন ০.৫ সেকেন্ডে প্রতিধ্বনি ফিরলে গভীরতা ৮৫ মিটার (১

নম্বর)।

উত্তর-কাঠামো ৩: ডপলার ক্রিয়া, উদাহরণ ও প্রয়োগ [৪৬, ৩৮, ৩৭ ও ১৯ লিখিত]

প্রথমে ডপলার ক্রিয়ার সংজ্ঞা লিখুন (১ নম্বর)। তারপর চিত্র ২.৬ এঁকে ব্যাখ্যা করুন যে উৎস এগোলে সামনের দিকে তরঙ্গ ঘন হয় ও তরঙ্গদৈর্ঘ্য কমে, তাই কম্পাঙ্ক বাড়ে, আর পিছিয়ে গেলে উল্টোটা ঘটে (২ নম্বর)। শেষে ট্রেনের হুইসেলের উদাহরণ আর রাডার গান বা ডপলার আল্ট্রাসাউন্ডের প্রয়োগ লিখুন (২ নম্বর)।

অন্য বিগত প্রশ্ন: উত্তর কোথায় পাবেন

প্রশ্ন	ট্যাগ	উত্তর কোথায়
শ্রবণ প্রক্রিয়া ও শ্রাব্যতার সীমা	[৫০, ৪১ ও ৩১ লিখিত]	২.৭-এর পাঁচ ধাপ, চিত্র ২.৩ ও ২.৪ আঁকুন
শব্দ তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য; শব্দোত্তর তরঙ্গের ব্যবহার	[৪৫ লিখিত]	২.১ ও ২.১০
শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য সাদা আলোর সমান হলে কী হতো	[৪৪ লিখিত]	২.৫-এর লিখিত প্রশ্ন
ডেসিবেল, ৯০ ডেসিবেল ও স্কুলের গ্রহণযোগ্য মাত্রা	[৪৩ ও ২৭ লিখিত]	২.১৪ ও ২.১৫-এর লিখিত প্রশ্ন
স্বরকম্প বা বিটের প্রয়োগ	[৪১ ও ৩৪ লিখিত]	২.১২
তরঙ্গদৈর্ঘ্য ও তরঙ্গবেগের সম্পর্ক	[৩৮ লিখিত]	২.৩
প্রতিধ্বনিতে খনিজ অনুসন্ধান	[৩১ লিখিত]	২.৮; পূর্ণ উত্তর লিখিত সাপ্লিমেন্টে
মাইক্রোফোনের প্রকার ও কার্যপ্রণালী	[৩০ ও ২৭ লিখিত]	২.১৬; পূর্ণ উত্তর লিখিত সাপ্লিমেন্টে
লাউডস্পিকার; টেপ রেকর্ডারে রেকর্ড ও আবার শোনা	[৩৪ লিখিত; ২৭ লিখিত]	২.১৬; পূর্ণ উত্তর লিখিত সাপ্লিমেন্টে
সুপারসনিক বিমান	[২৪ লিখিত]	২.৪-এর লিখিত প্রশ্ন
ব্রিজের ওপর প্যারেড নিষেধ কেন	[২১ লিখিত]	২.১৩-এর লিখিত প্রশ্ন, চিত্র ২.৭

সামনের পরীক্ষার সম্ভাব্য প্রশ্ন

সম্ভাব্য প্রিলি প্রশ্ন

1. একটি শব্দ বাতাস থেকে পানিতে ঢুকলে কোনটি অপরিবর্তিত থাকে? উত্তর: কম্পাঙ্ক, কারণ কম্পাঙ্ক ঠিক করে উৎস, মাধ্যম নয়।
2. একটি শব্দের কম্পাঙ্ক দ্বিগুণ করলে বাতাসে তার তরঙ্গদৈর্ঘ্য কী হবে? উত্তর: অর্ধেক হবে, কারণ $v = f\lambda$-এ বেগ স্থির থাকে।
3. ১০ মিটার দূরের দেয়ালের সামনে হাততালি দিলে প্রতিধ্বনি শোনা যাবে কি? উত্তর: না, কারণ প্রতিধ্বনির জন্য দেয়াল অন্তত ১৬.৬ মিটার দূরে থাকতে হয়।
4. ৬০ ডেসিবেলের দুটি টিভি একসঙ্গে চললে মোট শব্দ কত? উত্তর: প্রায় ৬৩ ডেসিবেল, কারণ তীব্রতা দ্বিগুণ হলে লেভেল বাড়ে ৩ ডেসিবেল।
5. নীরব এলাকায় দিনে ৭০ ডেসিবেল শব্দ কি বৈধ? উত্তর: না, নীরব এলাকায় দিনের সীমা ৫০ ডেসিবেল।

সম্ভাব্য লিখিত প্রশ্ন

1. ঘূর্ণিঝড়ের পূর্বাভাসে ডপলার রাডার কীভাবে কাজ করে? বাংলাদেশের উপকূলে এর গুরুত্ব কী? (৩ + ২) উত্তর অনুচ্ছেদ ২.১১।
2. ডেসিবেল কী? ঢাকা শহরে শব্দদূষণ কমাতে তিনটি বাস্তবসম্মত পদক্ষেপ লিখুন। (২ + ৩) উত্তর অনুচ্ছেদ ২.১৪ ও ২.১৫।

এই অধ্যায়ের অনলাইন পরীক্ষা

মোবাইলের ক্যামেরা দিয়ে নিচের কোডটি স্ক্যান করুন

lyannabooks.com/sound

২৫টি প্রশ্ন · সময় ১৫ মিনিট · প্রতিটি সঠিক উত্তরে ১, ভুলে −০.৫
শেষে ফল, প্রতিটি প্রশ্নের ব্যাখ্যা আর বইয়ের অনুচ্ছেদ নম্বর।
প্রতিবার স্ক্যান করলে প্রশ্ন নতুন করে সাজানো হয়, তাই বারবার পরীক্ষা দেওয়া যায়।

আমার নম্বরের হিসাব

পরীক্ষা	তারিখ	প্রাপ্ত নম্বর (২৫-এর মধ্যে)	যে অনুচ্ছেদ আবার পড়ব
১ম			
২য়			
৩য়			
৪র্থ			
৫ম			
৬ষ্ঠ			
৭ম			
৮ম			

অধ্যায় পড়ে শেষ করার দিন একবার, এক সপ্তাহ পরে আরেকবার, আর প্রিলির আগের সপ্তাহে আবার পরীক্ষা দিন। প্রতিবার নম্বর এই ছকে লিখে রাখুন। ২০ বা তার বেশি পেলে বুঝবেন অধ্যায়টি আপনার আয়ত্তে এসেছে।

পুরো বইটি চান?

এই অধ্যায়ের মতো করে লেখা ২১টি অধ্যায়, প্রিলি আর লিখিত দুটোর জন্য এক বইয়ে।

- বিগত সব প্রশ্ন ঘেঁটে কোন টপিক বেশি, কোনটা কম গুরুত্বপূর্ণ
- পরীক্ষার আগে অল্প সময়ে পুরো অধ্যায় রিভিশন
- প্রতি অধ্যায় শেষে QR স্ক্যান করে টাইমারসহ ফ্রি পরীক্ষা

~~৳৫০০~~ **প্রি-অর্ডারে ৳৩৫০ + ডেলিভারি ফ্রি**

স্ক্যান করে প্রি-অর্ডার করুন · lyannabooks.com/preorder

© ২০২৬ লিয়ানা বুকস। সর্বস্বত্ব সংরক্ষিত।
এই নমুনা অধ্যায়টি শুধু ব্যক্তিগত পড়ার জন্য বিনামূল্যে দেওয়া হলো। লেখক ও প্রকাশকের লিখিত অনুমতি ছাড়া এর কোনো অংশ পুনর্মুদ্রণ, বিক্রি, অন্য নামে প্রকাশ বা কোচিং-নোট হিসেবে ব্যবহার করা যাবে না। কাউকে দিতে চাইলে lyannabooks.com-এর লিংকটি শেয়ার করুন।