ध्वनि

5
अध्याय

सूची

- आवर्त गति
- दोलन गति
- तरंग गति का परिचय
- तरंग गति के अभिलाक्षणिक गुण
- तरंग गति का वर्गीकरण
- तरंग गति को परिभाषित करने के लिए प्रयुक्त पद
- ध्वनि का परिचय
- ध्वनि का उत्पादन तथा संचरण
- ध्वनि के अभिलाक्षणिक गुण
- ध्वनि का परावर्तन
- श्रव्य, पराश्रव्य तथा अश्रव्य तरंगें
- पराध्वनि
- पराध्वनि के अनुप्रयोग
- ध्वनि बूम
- मानव कान

➤ आवर्त गति

(i) जब एक पिण्ड निश्चित समय अंतराल में एक निश्चित पथ पर लगातार अपनी गति की पुनरावर्त्ति करता है, तब इसकी गति आवर्ती गति कहलाती है।

(ii) निश्चित समय अंतराल जिसके बाद गति दोहरायी जाती है, गति का आवर्तकाल (T) कहलाता है

उदा. : घंटे की सूई का आवर्तकाल 12 घंटे होता है।

➤ दोलन गति

(i) यदि आवर्ती गति के अधीन एक पिण्ड एक निश्चित बिन्दु (साम्यावस्था) के आगे–पिछे उसी पथ पर गति करता है, तब पिण्ड की गति दोलन गति कहलाती है।

निर्देश : साम्यवस्था में एक कण पर लगने वाला परिणामी बल शून्य होता है।

(ii) यहाँ यह बात याद रखने योग्य है कि प्रत्येक दोलन गति आवर्ती गति होती है, लेकिन प्रत्येक आवर्ती गति दोलनी गति नहीं होती है

➤ तरंग गति का परिचय

हम में से अधिकांश ने देखा है कि जब एक तालाब में छोटा पत्थर गिराया जाता है तो ऊर्मिकाऐं बनती है। पानी में पत्थर द्वारा उत्पन्न विक्षोभ ऊर्मिकाओं को उत्पन्न करता है जो तालाब के किनारे की ओर बाहर की तरफ गति करती है।

यदि आप एक शांत दिन में एक अल्प समय के लिए विक्षोभ के निकट तैर रही एक पत्ती की गति का निरीक्षण करोगे, तो पत्ती उसकी वास्तविक स्थिति के सापेक्ष ऊपर और नीचे गति करती है, लेकिन विक्षोभ के स्त्रोत की तरफ या उससे दूर गति नहीं करती है। यह दर्शाता है कि विक्षोभ (जैसे कि पानी की तरंग) एक जगह से दूसरी जगह गति करता है, लेकिन पानी इसके साथ नही जाता है। जल के कण उसकी माध्य अवस्था पर ऊपर–और नीचे गति करते हैं। पानी की सतह पर ऊर्मिकाओ का बनना तरंग गति का एक उदाहरण है।

◆ **तरंग गति :** माध्यम के एक भाग में उत्पन्न विक्षोभ का माध्यम के दूसरे भाग में जाना, जिसमें ऊर्जा का संचरण होता है, लेकिन पदार्थ का संचरण (स्थानांतरण) नहीं होता, तरंग गति कहलाता है।

उदाहरण :

(i) जल की सतह पर ऊर्मिकाओ का बनना

(ii) ध्वनि तरंग का हवा या किसी अन्य पदार्थ से बने माध्यम में संचरण

➢ तरंग गति के अभिलाक्षणिक गुण

तरंग गति का मुख्य अभिलाक्षणिक गुण निम्न है

◆ तरंग गति में, माध्यम के कण उनकी साम्यावस्था पर दोलन करते हैं माध्यम के कण एक स्थान से दूसरे स्थान पर नहीं जाते हैं

◆ तरंग गति दिये गये माध्यम में सभी दिशाओं में समान चाल से गति करती है। तरंग की चाल उस माध्यम की प्रकृति पर निर्भर करती है जिसमें से वह यात्रा कर रहा है

◆ एक तरंग गति के दौरान माध्यम के एक बिन्दु से दूसरे पर ऊर्जा का स्थानांतरण होता है जबकि माध्यम से पदार्थ का स्थानान्तरण नहीं होता है।

➢ तरंग गति का वर्गीकरण

(A) पदार्थ के माध्यम की आवश्यकता के आधार पर

◈ **यांत्रिक तरंगे :** वे तरंगे जिनके संचरण में पदार्थ के माध्यम की आवश्यकता होती है यांत्रिक या प्रत्यास्थ तरंगे कहलाती है।

उदाहरण : ध्वनि तरंगे, जल तरंगे (ऊर्मिकाऐं), खींची हुई रस्सी में तरंगे, भूकम्पीय तरंगे और पराध्वनि वाले हवाई जहाज की आघात तरंगें यांत्रिक (प्रत्यास्थ) तरंगे है।

◈ **विद्युत चुम्बकीय तरंगें:** वह तरंगें जिनके संचरण के लिए किसी भी पदार्थ के माध्यम की आवश्यकता नही होती विद्युत चुम्बकीय तरंगे कहलाती है।

उदाहरण : प्रकाश तरंगे, रेडियो तरंगे, T.V. तरंगे, X-किरणे विद्युत चुम्बकीय तरंगे कहलाती है.

इस प्रकार, प्रकाश तरंगे, रेडियो व टेलिविजन तरंगे और X किरणें भी निर्वात में गति कर सकती है।

यांत्रिक तरंगों एवं विद्युत चुम्बकीय तरंगों के मध्य अन्तर

	यांत्रिक तरंगे	**विद्युत चुम्बकीय तरंगे**
1.	यांत्रिक तरंगो के संचरण के लिए किसी पदार्थ के माध्यम की आवश्यकता होती है। ये तरंगे निर्वात में गति नहीं कर सकती है	विद्युत चुम्बकीय तरंगों के संचरण करने के लिए किसी पदार्थ के माध्यम की आवश्यकता नहीं होती। ये तरंगे निर्वात में गति कर सकती है।
2.	यांत्रिक तरंगो की चाल कम होती है और स्त्रोत एवं उस माध्यम पर निर्भर करती है, जिसमें से वह गुजर रही है।	विद्युत चुम्बकीय तरंगें निर्वात में प्रकाश की चाल से (3×10^8 m/s) गति करती है। किसी भी पदार्थ के माध्यम में निर्वात की अपेक्षा विद्युत चुम्बकीय तरंग की चाल कम होती है।
3.	यांत्रिक तरंगें माध्यम के कणों के कम्पनों के कारण उत्पन्न होती है	विद्युत चुम्बकीय तरंगें माध्यम के कणों के दोलन के कारण नहीं होती है।
4.	यांत्रिक तरंगे अनुद्धेर्य या अनुप्रस्थ तरंगे हो सकती है	विद्युत चुम्बकीय तरंगें अनुप्रस्थ होती है
5.	उदाहरण : ध्वनि तरंगे जलीय तरंगें, डोरी की तरंगे यांत्रिक	उदाहरण : प्रकाश तरंगे, रेडियो और TV तरंगे

	तरंगे होती है।	और X-किरण विद्युत चुम्बकीय तरंगे होती है

(B) कणों के कम्पन्न की प्रकृत्ति के आधार पर

◈ **अनुप्रस्थ तरंगे :**

तरंग जिसमें माध्यम के कण तरंग संचरण की दिशा के लम्बवत दिशा में उनकी साम्यावस्था पर दोलन करते हैं। ऐसी तरंग अनुप्रस्थ तरंग कहलाती है। अनुप्रस्थ तरंगे ठोस में से गुजर सकती है। द्रवों की सतह के ऊपर से गुजर सकती है किन्तु गैसों में से गमन नहीं कर सकती।

उदाहरण : अनुपस्थ तरंगों के उदाहरण निम्न है:

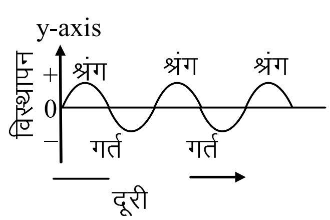
(i) जल तरंगे जो जल की सतह पर उत्पन्न होती हैं अनुप्रस्थ तरंगे हैं। जलीय तरंगों में, पानी के अणु उनकी माध्य अवस्था से नीचे तथा ऊपर की ओर गति करते हैं।

(ii) एक तार पर हल्का सा झटका दिया जाता है, तो एक स्पन्द के साथ अनुप्रस्थ तरंग बनती है

(iii) सभी विद्युतचुम्बकीय तरंगे जैसे प्रकाश तरंगे, रेडियो तरंगे इत्यादि अनुप्रस्थ तरंगे हैं।

(iv) एक खींची हुई रस्सी को हाथ से हिलाकर तरंगे उत्पन्न की जाती है, जो अनुप्रस्थ तरंगे है। जब सितार या गिटार के तार को हिलाया जाता है, तार में अनुप्रस्थ तरंगे बनती है।

◆ **ग्राफीय निरूपण :**



एक अनुप्रस्थ तरंग के लिए विस्थापन दूरी-ग्राफ

(a) श्रृंग : एक अनुप्रस्थ तरंग में वक्रीय भाग का उच्चतम बिन्दु श्रृंग कहलाता है। इस प्रकार अनुप्रस्थ तरंग में अधिकतम धनात्मक विस्थापन का बिन्दु श्रृंग कहलाता है।

(b) **गर्त :** ढलान पर (अनुप्रस्थ तरंग में) निम्नतम बिन्दु गर्त कहलाता है। इस प्रकार अनुप्रस्थ तरंग में अधिकतम ऋणात्मक विस्थापन का बिन्दु गर्त कहलाता है

◈ **अनुदैर्ध्य तरंगे :**

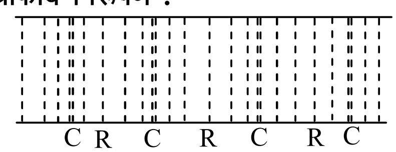
वह तरंग जिसमें माध्यम के कण तरंग संचरण की दिशा में उनकी माध्य अवस्था पर आगे–पीछे (कम्पन्न) करते हैं, अनुदैर्ध्य तरंग कहलाती है।.

उदारहण :

(i) ध्वनि तरंगे अनुदैर्ध्य तरंगे है

(ii) एक स्प्रिंग के छोटे से भाग को संपीड़ित करके एवं फिर छोड़ देने पर स्प्रिंग में तरंगें उत्पन्न होती है ये अनुदैर्ध्य तरंगे है।

◆ **ग्राफीय निरूपण :**



(a) **संपीड़न :** अनुदैर्ध्य तरंग का वह भाग जिसमें माध्यम के कणों का घनत्व सामान्य घनत्व से अधिक होता है। संपीड़न कहलाता है।

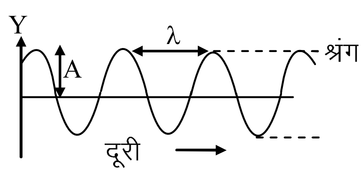
(b) **विरलन :** अनुदैर्ध्य तरंग का वह भाग जिसमें माध्यम के कणों का घनत्व सामान्य घनत्व से कम होता है। विरलन कहलाता है।

◈ **अनुप्रस्थ एवं अनुदैर्ध्य तरंग में अंतर**

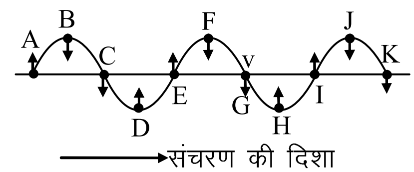
	अनुदैर्ध्य तरंग	अनुप्रस्थ तरंग
1	अनुदैर्ध्य तरंग में माध्यम के कण तरंग संचरण की दिशा में दोलन करते हैं	अनुप्रस्थ तरंग में, माध्यम के कण तरंग संचरण की दिशा के लम्बवत कम्पन्न करते हैं
2	अनुदैर्ध्य तरंगें ठोस, द्रव तथा गैसों से संचरित हो सकती है	अनुप्रस्थ तरंगें ठोस में से और द्रव की सतह पर से संचरित हो सकती है जबकि गैसों से नही
3	अनुदैर्ध्य तरंगे संपीड़न एवं विरलन से बनी होती है	अनुप्रस्थ तरंगे श्रंग एवं गर्त से बनी होती है

➢ तरंग गति को परिभाषित करने के लिए प्रयुक्त पद

- **तरंगदैर्ध्य :** एक तरंग में दो निकटतम बिन्दुओं के मध्य दूरी, जो कम्पन्न की समान कला में है, तरंगदैर्ध्य कहलाता है। सीधे शब्दों में यह एक पूर्ण तरंग की लम्बाई होती है। इसे लेमडा, λ से प्रदर्शित करते हैं।



- **आयाम :** तरंग का आयाम कम्पन्न करने वाले कणों का उनकी माध्यावस्था के दोनों तरफ अधिकतम विस्थापन का परिमाण होता है। यह वर्ग A से दर्शाया जाता है और इसका SI मात्रक मीटर (m) है
- **आवर्तकाल :** एक पूर्ण तरंग (या एक चक्र) को उत्पन्न करने में आवश्यक समय तरंग का आवर्तकाल कहलाता है।
- **आवृत्ति :** एक कम्पनशील कण की आवृत्ति एक सैकण्ड में पूर्ण किये गये कम्पनों की संख्या है आवृत्ति की इकाई 1\T होती है। इसे सामान्यतः ν (न्यू) से प्रदर्शित किया जाता है।
- **तरंग वेग :** एक सैकण्ड में तरंग द्वारा तय की गई दूरी तरंग वेग कहलाती है। इसे 'v' से दर्शाया जाता है और इसकी इकाई ms^{-1} है।
- **कला :** एक तरंग पर स्थित वे सभी बिन्दु जो कम्पन्न की समान अवस्था में है, समान कला में कहे जाते है। इस प्रकार, चित्र में दर्शायी गयी तरंग में



(a) बिन्दु B, F और J समान कला में है सभी श्रंगो पर स्थित है

(b) बिन्दु D और H समान कला में हैं। दोनों गर्त पर स्थित है।

(c) बिन्दु A, E, I समान कला में। ये सभी बिन्दु उनकी साम्यावस्था से ऊपर की तरफ ठीक कम्पन्न करना शुरू करने वाले हैं

(d) बिन्दु C, G और K समान कला में हैं। ये सभी बिन्दु उनकी साम्यावस्था से नीचे की तरफ ठीक कम्पन्न शुरू करने वाले हैं।

◈ एक आवर्ती तरंग के लिए तरंग वेग, आवृत्ति और तरंगदैर्ध्य के मध्य सम्बन्ध

$$\text{तरंग वेग} = \frac{\text{तय की गई दूरी}}{\text{लिया गया समय}}$$

$$= \frac{\text{तरंगदैर्ध्य}}{\text{लिय गया समय}}$$

या $\quad v = \dfrac{\lambda}{T}$ ...(1)

क्योंकि $\nu = \dfrac{1}{T}$, समीकरण (1) निम्न प्रकार भी लिखी जा सकती है

$v = \nu\lambda$ ...(2)

तरंग वेग = आवृत्ति × तरंगदैर्ध्य

Ex. 1 यदि 2 सैकण्ड में 50 तरंगे उत्पन्न की जाती है, तो इसकी आवृत्ति क्या है ?

Sol. आवृत्ति $\nu = \dfrac{\text{उत्पन्न तरंगो की संख्या}}{\text{लिया गया समय}}$

$= \dfrac{50}{2} = 25$ Hz

Ex. 2 एक स्त्रोत 50 श्रृंग और 50 गर्त 0.5 सैकण्ड में उत्पन्न करता है। आवृत्ति ज्ञात कीजिए।

Sol. 1 श्रृंग व 1 गर्त = 1 तरंग

$\therefore$ 50 श्रृंग व 50 गर्त = 50 तरंगे

अब, आवृत्ति, $\nu = \dfrac{\text{तरंगों की संख्या}}{\text{समय}}$

$= \dfrac{50}{0.5} = 100$ Hz

Ex. 3 ध्वनि तरंगे 330 m/s की चाल से गति करती है। ध्वनि तरंगो की तरंगदैर्ध्य क्या है। जिनकी आवृत्ति 550 Hz है ?

Sol. दिया गया वेग, v = 330 m/s,

आवृत्ति, ν = 550 Hz

$\therefore$ तरंगदैर्ध्य, $\lambda = \dfrac{v}{\upsilon} = \dfrac{330}{550} = 0.6$ m

Ex. 4 एक स्त्रोत के द्वारा उत्सर्जित तरंग दैर्ध्य 1.7×10^{-2} m है। ध्वनि की तीव्रता ज्ञात कीजिए। यदि इसका वेग 343.4 ms^{-1} है।

Sol. एक तरंग के वेग, आवृत्ति एवं तरंग दैर्ध्य के मध्य सम्बन्ध निम्न सूत्र से दिया जाता है $v = \nu \times \lambda$

यहाँ, वेग, v = 343.4 ms^{-1}

आवृत्ति ν = ?

और तरंगदैर्ध्य, $\lambda = 1.7 \times 10^{-2}$ m

इसलिए इन मानों को ऊपर लिखिए सूत्र में रखने पर :

$343.4 = \nu \times 1.7 \times 10^{-2}$

$\nu = \dfrac{343.4}{1.7 \times 10^{-2}}$

$= \dfrac{343.4 \times 10^{2}}{1.7} = 2.02 \times 10^{4}$ Hz

इस प्रकार, ध्वनि की आवृत्ति 2.02×10^{4} hertz.

Ex. 5 एक डोरी पर एक तरंग स्पंद 0.05 s, में दूरी 8m तय करता है।

(i) स्पंद का वेग ज्ञात कीजिए

(ii) उसी डोरी में तरंग की तरंगदैर्ध्य क्या होगी, यदि इसकी आवृत्ति 200 Hz है?

Sol. (i) तरंग का वेग,

$v = \dfrac{\text{तय की गई दूरी}}{\text{लिया गया समय}} = \dfrac{8m}{0.05s} = 160$ m/s

(ii) आवृत्ति तरंग वही वेग रखता है जो कि उस डोरी में तरंग स्पंद का है

$\therefore$ तरंगदैर्ध्य, $\lambda = \dfrac{v}{\nu} = \dfrac{160\,m/s}{200\,Hz} = 0.8$ m

इस प्रकार तरंग की तरंगदैध्य 0.8 m है

Ex. 6 एक व्यक्ति श्रवण परास 20 Hz से 20 kHz तक रखता है। इन दो आवृत्तियों के संगत ध्वनि तरंग की वायु में विशेष तरंगदैर्ध्य क्या है। ? हवा में ध्वनि की चाल 340 m/s.

Sol. दिया है : ν_1 = 20 Hz, V = 340 m/s

$\therefore \lambda_1 = \dfrac{v}{\nu_1} = \dfrac{340}{20} = 17$ m

ν_2 = 20 kHz = 20,000 Hz, v = 340 m/s

$\therefore \lambda_2 = \dfrac{v}{\nu_2} = \dfrac{340}{20,000} = 1.7 \times 10^{-2}$ m = 1.7cm

$\therefore$ इन आवृत्तियों के संगत विशेष प्रकार की तरंग दैर्ध्य 17 m और 1.7 cm. है।

Ex. 7 एक खिलौना डोरी में एक अनुदैर्ध्य तरंग उत्पन्न की जाती है तरंग 30 cm/s की चाल से गति करती है। डोरी के क्रमागत संपीड़न के मध्य न्यूनतम दूरी क्या है ?

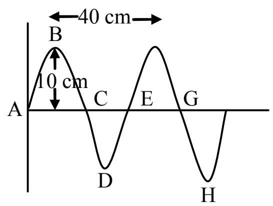
Sol. दिया है, वेग, v = 30 cm/s

आवृत्ति, ν = 20 Hz

दो क्रमागत संपीड़नों के मध्य न्यूनतम दूरी एक तरंगदैर्ध्य λ के बराबर है

$\lambda = \dfrac{v}{\nu} = \dfrac{30\,cm/s}{20\,Hz} = 1.5$ cm

Ex.8 200 Hz आवृत्ति की एक डोरी में उत्पन्न तरंग चित्र में प्रदर्शित है निम्न को ज्ञात कीजिए।



(i) आयाम

(ii) तरंगदैर्ध्य

(iii) तरंगवेग

Sol. (i) आयाम = अधिकतम विस्थापन = 10 cm

(ii) तरंगदैर्ध्य λ = दो क्रमागत श्रंगों के मध्य दूरी = 40 cm

(iii) अब आवृत्ति, n = 2 Hz

तरंगदैर्ध्य, $\lambda = 40\text{cm} = 0.4 \text{ m}$

$\therefore$ तरंग वेग, $v = \nu\lambda = 200 \times 0.4 \text{ m/s}$

$= 80\text{m/s}$

Ex. 9 44.1 m गहरे एक कुए में एक पत्थर गिराया जाता है। पत्थर के गिराने के 3.13 सेकण्ड बाद छपाक की आवाज सुनाई देती है। हवा में ध्वनि का वेग ज्ञात करो

Sol. सबसे पहले हम इस पत्थर द्वारा जल की सतह तक पहुँचने में लिया गया समय निम्न समीकरण का प्रयोग करके ज्ञात करते हैं

$$s = ut + \frac{1}{2} gt^2$$

यहाँ $s = 44.1 \text{ m}, u = 0, g = 9.8 \text{ m/s}^2$

$$\therefore \quad 44.1 = 0 \times t + \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$$

या $$t^2 = \frac{44.1 \times 2}{9.8} = 9$$

या $t = 3 \text{ s}$

ध्वनि द्वारा कुए के शीर्ष पर पहुँचने में लिया गया समय है

$$t_2 = 3.13 - 3 = 0.13 \text{ s}$$

अब, ध्वनि की चाल

$$= \frac{\text{दूरी}}{\text{समय}} = \frac{44.1\text{m}}{0.13\text{s}} = 339.2 \text{ m/s}$$

➤ ध्वनि का परिचय

◆ **ध्वनि** ऊर्जा का एक रूप है जो हमारे कानों में सुनने की अनुभूति उत्पन्न करता है।

श्रवणीय ध्वनि की मानव के कान के लिए श्रवण परास 20Hz से 20 KHz है।

◆ **ध्वनि को यात्रा करने में पदार्थ की आवश्यकता होती है :** आपने पिछले भाग में पढ़ चुके हो कि कम्पन्न ध्वनि उत्पन्न करते हैं। कम्पन्न उत्पन्न करने के लिए हमें एक पदार्थ के पिण्ड की आवश्यकता होती है। इसलिए, हम कह सकते हैं कि ध्वनि को गति करने के लिए माध्यम की आवश्यकता रहती है। ध्वनि हवा (या गैसों), द्रवों और ठोसों में से गति कर सकती है। लेकिन निर्वात में नहीं।

◆ **ध्वनि की चाल :** ध्वनि की चाल वह दर है जिस पर ध्वनि उत्पादक पिण्ड से हमारे कानों में ध्वनि पहुँच रही है। ध्वनि की चाल निर्भर करती है

(i) पदार्थ की प्रकृति (या माध्यम) : वह पदार्थ (माध्यम) जिसमें से होकर ध्वनि गुजरती है। हवा में ध्वनि की चाल 344 m/s है।

(ii) ताप : जैसे जैसे ताप बढ़ता है हवा में ध्वनि की चाल भी बढ़ती है

(iii) हवा की आद्रता : ध्वनि पहले आर्द्र हवा में गति करती है।

◆ **देखने व सुनने के मध्य समय अंतराल :** देखने व सुनने के मध्य अंतराल तथा प्रकाश द्वारा स्त्रोत से प्रेक्षक की ओर जाने में लिये गये समय में अंतराल के कारण होता है।

प्रकाश की चाल बहुत उच्च 3×10^8 m/s है (30 करोड़ मीटर/सैकण्ड) और हवा में ध्वनि सामान्य अवस्था में 344 m/s है। इसलिए प्रकाश तात्क्षणिक

रूप से तुरन्त गति करता है जबकि ध्वनि को कुछ समय लगता है।

◆ **ध्वनि तरंगे अनुदैर्ध्य तरंगे होती है :** ध्वनि हवा में अनुदैर्ध्य तरंगों के रूप में दूरी तय करती है।

➤ ध्वनि का उत्पादन तथा संचरण

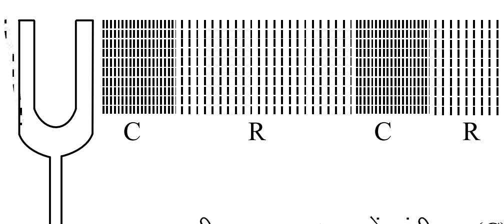
◆ **ध्वनि का उत्पादन**

ध्वनि उत्पन्न होती है जब एक वस्तु आगे और पीछे की तरफ तीव्रता से गति करती है कम्पन्न करती है। दूसरे शब्दों में ध्वनि वस्तु के कम्पनों से उत्पन्न होती हैं।

◆ **ध्वनि का संचरण**

जब एक वस्तु कम्पित होती है (और ध्वनि उत्पन्न करती है।) तब उसके आस–पास की वायु की परते भी ठीक उसी प्रकार कम्पन्न करना शुरू कर देगी और ध्वनि तरंगों को ध्वनि के स्त्रोत से हमारे कान के पर्दे तक ले जाती है। ध्वनि के संचरण के लिए एक माध्यम की आवश्यकता होती है अतः यह निर्वात में से गति नहीं कर सकती है।

एक प्रयोग कक्ष में ध्वनि उत्पन्न करने के लिए एक कम्पनीशील स्वरित्र का प्रयोग किया जाता है कम्पन्न के दौरान, स्वरित्र की भुजा उसके माध्य अवस्था (वह स्थिति जहाँ पर वह विराम में है) के आस पास एक चरम स्थिति से दूसरी चरम स्थिति में गति करती है। हम देखते हैं कि एक कम्पनशील स्वरित्र की कम्पनशील भुजा के पास वाली हवा पर क्या प्रभाव पड़ेगा।



एक कम्पन्नशील वस्तु माध्यम में संपीड़न (C) या विरलन (R) की एक श्रृंखला उत्पन्न करती है

◈ **ध्वनि एक अनुदैर्ध्य तरंग के रूप में**

जब एक ध्वनि तरंग हवा में से गुजरती है हवा में उपस्थित अणु ध्वनि तरंग के संचरण की दिशा में उनकी माध्य अवस्था के आगे पीछे दोलन करते हैं, इसलिए ध्वनि तरंग अनुदैर्ध्य तरंग कहलाती है। ध्वनि तरंग किसी भी माध्यम में संपीड़न एवं विरलन की श्रृंखला के रूप में संचरित होती है।

◈ **ध्वनि तरंग दूरी तथा समय के साथ दाब व घनत्व के पदों में पढ़ी जा सकती है**

दाब व घनत्व उन कणों के लिए उच्च होता है, जिनका आयाम कम होता है, जैसे एक संपीड़न की अवस्था में।

➤ ध्वनि के अभिलाक्षणिक गुण

(A) प्रबलता

ध्वनि की प्रबलता इस ध्वनि को उत्पन्न करने वाले कम्पनों के आयाम पर निर्भर करती है। कम्पन्न का आयाम जितना अधिक होगा, इसके द्वारा उत्पन्न ध्वनि भी उतनी ही अधिक प्रबल होगी।

एक ध्वनि की प्रबलता हवा की मात्रा पर भी निर्भर करती है, जिन्हें कम्पित कराया जाता है। ध्वनि की प्रबलता डेसीबल (dB) इकाई में मापी जाती है

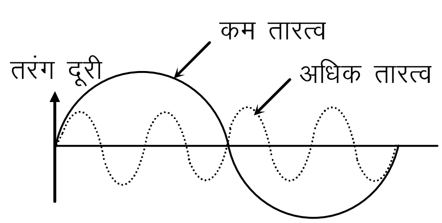
ध्वनि	dB	प्रबलता
रॉकेट के छूटने के समय	200	खतरनाक रूप से प्रबल
हवा के यान का इंजन	100–200	दर्दनाक रूप से प्रबल
झील	100	बहुत प्रबल
भारी यातायात	90	बहुत प्रबल
बड़े जोर का संगीत	90	बहुत प्रबल
सामान्य वार्तालाप	40-60	मध्यम स्तर
कानाफूसी	20	दुर्बल
सूखी पत्तियों की खड़खड़ाहट	10	बहुत दुर्बल

(B) तारत्व

आवाज की तीखापन *(तीक्ष्णता)* या बारीकपन उसका तारत्व कहलाता है। ध्वनि का तारत्व उसकी आवृत्ति पर निर्भर करता है ध्वनि की आवृत्ति जितनी अधिक होगी, उसका तारत्व भी अधिक होगा।

एक औरत या एक बच्चे की आवाज एक आदमी की आवाज से अधिक आवृत्ति रखते हैं।

- स्त्रोत वस्तु के कम्पन्न जितने तीव्र होते है। उतनी ही अधिक आवृत्ति होती है और इसलिए तारत्व भी अधिक ऊँचा होता है.
- किसी भी ध्वनि का अधिक ऊँचा तारत्व एक बिन्दु से एकांक समय में होने वाले संपीड़न व विरलन को अधिक संख्या के संगत है।



तरंग आवृत्ति

एक तबले या मृदंग की तनी हुई झिल्ली अधिक उच्च आवृत्ति (या अधिक उच्च तारत्व) उत्पन्न करती है

(C) गुणता

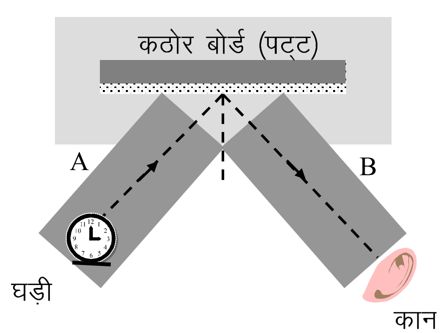
एक ध्वनि की गुणता को ध्वनि गुणता या ध्वनि स्वरूप (टिम्बर) भी कहते हैं। ध्वनि की गुणता वह अभिलाक्षणिक गुण है जो हमें विभिन्न स्त्रोतों द्वारा उत्पन्न ध्वनियों के बीच विभेद करने (पहचानने में) समर्थ्य बनाता है।

मन को अधिक आंनदं देने वाली ध्वनि अधिक गुणता की कही जा सकती है। केवल एक आवृत्ति (जिसे शुद्ध ध्वनि भी कहते है) की ध्वनि एक स्वरक टोन कहलाती है।

एक स्वरित्र एक आवृत्ति की ध्वनि उत्पन्न करता है। ध्वनि जो कई आवृत्तियों का मिश्रण है, एक अशुद्ध ध्वनि (या एक स्वर) कहलाती है। यह सुनने में प्रिय होती है।. विभिन्न वाद्य, उनकी आकार व आकृति पर निर्भर करते हुए विभिन्न प्रबलताओं के विभिन्न संख्या में संनादी उत्पन्न करते हैं। जिसके परिणाम स्वरूप एक वाद्य द्वारा उत्पन्न ध्वनि दूसरे वाद्य से उत्पन्न ध्वनि से विभेदित (पहचानी) की जा सकती है।

➤ ध्वनि का परावर्तन

ध्वनि तरंगे प्रकाश तरंगों के समान समतल तथा गोलीय सतहों से परावर्तित भी हो सकती है। परावर्तन के दौरान, ध्वनि तरंगे परावर्तन के नियमों का पालन करती है। एक कठोर सतह से ध्वनि के परावर्तन को एक साधारण प्रयोग के द्वारा चित्रानुसार प्रेक्षित किया जा सकता है।



एक कठोर सतह से ध्वनि का परावर्तन

- ध्वनि तरंगें प्रकाश तरंगों की तुलना में अधिक लम्बी तरंगदैर्ध्य रखती है। इसलिए प्रकाश तरंगों से असमान, ध्वनि तरंगों को परावर्तित होने के लिए चिकनी सतहों की आवश्यकता नहीं होती। इसलिए, एक ईंट की दीवार एक लकड़ी का पट्ट, पेड़ों की एक कतार, एक पहाडी इत्यादि ध्वनि तरंगों के परावर्तक के रूप में काम में आते हैं।
- ध्वनि तरंगों के किसी भी सतह से समुचित परावर्तन के लिए इसकी भुजाओं की माप उस पर पड़ रही ध्वनि तरंगो की तरंगदैर्ध्य के बराबर या अधिक बड़ी होनी चाहिए। इस प्रकार, एक छोटी वस्तु अधिक लम्बी तरंगदैर्ध्य की ध्वनि तरंग को परावर्तित नहीं करेगी।

◈ प्रतिध्वनि :

एक दूर स्थित अवरोध *(*एक दीवार, ईमारतों की कतार इत्यादि*)* से परावर्तित होने के बाद स्त्रोत की तरफ ध्वनि का पुनः लौटना प्रतिध्वनि कहलाता है।

जब ध्वनि कई सारे अवरोधों से आवृत्ति रूप से परावर्तित होती है, तो एक से अधिक प्रतिध्वनि सुनाई पड़ती है। जिन्हें बहुगुणित प्रतिध्वनि (मल्टीपल इकोज) कहा जाता है। बहुगुणित प्रतिध्वनि एक के बाद एक सुनी जा सकती है। जब ध्वनि दूर स्थित अधिक ऊँची इमारतों या पहाड़ी से दोहरान के साथ (आवृत्ति से से) परावर्तित होती है। बिजली की गड़गड़ाहट का धीमें होते जाना बहुगुणित प्रतिध्वनि निर्माण का एक उदाहरण है।

दो ध्वनियाँ – एक सीधी स्त्रोत से व दूसरी उसकी प्रतिध्वनि, अलग–अलग सुनी जा सकती है, यदि प्रेक्षक व परावर्तक सतह के बीच दूरी पर्याप्त रूप से इतनी अधिक हो कि परावर्तक ध्वनि सीधी आने वाली ध्वनि में बिना व्यवधान डाले सुनाई पड़े।

चुँकि ध्वनि की अनुभूति इसके उत्पन्न होने के बाद 1/10 सैकण्ड तक रहती है, प्रतिध्वनि अलग से सुनी जा सकती है। यदि वास्तविक ध्वनि के उत्पन्न होने के कम से कम 1/10 सेकण्ड बाद प्रेक्षक तक पहुँचे।

- **प्रेक्षक व अवरोध के मध्य प्रतिध्वनि सुने जाने के लिए न्यूनतम दूरी :**

माना कि

प्रेक्षक व अवरोध के मध्य दूरी = d

ध्वनि की चाल (माध्यम में) = v

समय जिसके उपरांत प्रतिध्वनि सुनि जाती है = t

तब, $t = \frac{2d}{v}$ or $d = \frac{vt}{2}$

हम जानते हैं

कि हवा में 25ºC पर ध्वनि की चाल = $343\ ms^{-1}$

एक प्रतिध्वनि को अलग से सुने जाने के लिए ,

$$t \geq 0.1\ s$$

तब $d \geq \frac{343 ms^{-1} \times 0.1 s}{2}$

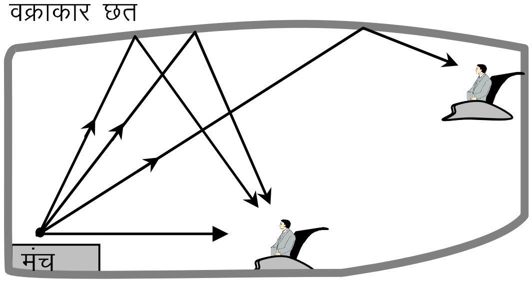
या $d \geq 17.2\ m$

इस प्रकार प्रेक्षक व अवरोध के मध्य न्यूनतम दूरी *(*हवा में *25ºC* पर*)* प्रतिध्वनि को स्पष्ट रूप से सुने जाने के लिए *17.2 m* होनी चाहिए।.

ध्वनि की चाल ताप में वृद्धि के साथ बढ़ती है। इसलिए हवा में प्रेक्षक व अवरोध के मध्य प्रतिध्वनि को स्पष्ट अलग से सुने जाने के लिए न्यूनतम दूरी 25ºC ताप से अधिक ताप पर 17.2 m से अधिक होती है कमरों में जिनमें दीवारे एक दूसरे से 17.2 m से कम से कम दूरी पर है, कोई प्रतिध्वनि सुनाई नही पड़ सकती है।

◈ गूँज (प्रतिध्वनित होना)

पुनरावृत्ति से होने वाले परावर्तन जिनके कारण एक बड़े हॉल में ध्वनि की अनुभूति होती है। गूंज *(reverberation)* कहलाते हैं।



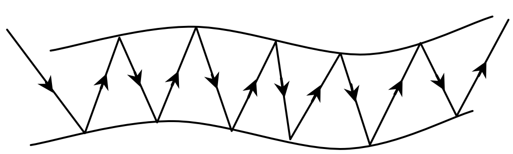
अत्यधिक गूंज किसी भी ऑडिटोरियम या हॉल में वांछित नही है क्योंकि इससे ध्वनि अस्पष्ट एवं विरूपित हो जाती है। गूंज दीवारों एवं छत को ध्वनि अवशोषित करने वाले पदार्थो जैसे कि तंतुओं से बना पट्ट खुरदरा प्लास्टर, पर्दे छिद्र किये हुए गत्ते की सीटों इत्यादि से टैंक कर न्यूनतम की जा सकती है।

◈ **ध्वनि के बहुसंख्य (MULTIPLE REFLECTION) परावर्तनों का प्रायोगिक अनुपयोग**

बहुसंख्य परावर्तनों पर आधारित कुछ साधारण उपकरण है-

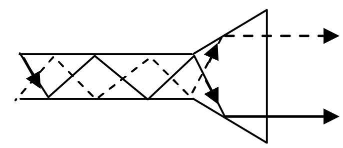
- ◆ स्टेथोस्कोप
- ◆ भॉपू (Megaphone), ध्वनि विस्तारक, तुरही
- ◆ ट्रम्पेट, शहनाई
- ◆ संगीत समारोह के हॉल, सिनेमा हॉल की वक्रीय छतें ध्वनि पट्ट

◆ **स्टेथोस्कोप :** स्टेथोस्कोप ध्वनि तरंगों के बहुगुणित परावर्तनों पर आधारित एक रोग निदान में प्रयुक्त मेडीकल उपकरण है। इसे डॉक्टरों के द्वारा शरीर के अंदर उत्पन्न आवाज सुनने विशेषत' हृदय में या फेफड़ों में के लिए प्रयोग में लाया जाता है।



◆ **भोंपूँ (Megaphone) :** मेगाफोन एक तुरही के आकार की नली होती है। मेगाफोन व्यक्तियों के छोटे समूह को सम्बोधित करने में प्रयुक्त होता है।

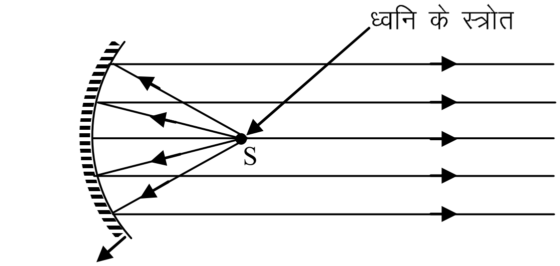
बोलने वाली नली एक खोखली नली होती है–
एक सिरा बोलने वाले का सिरा होता है जबकि दूसरा सिरा श्रोता का सिरा होता है।
इन उपकरणों में ध्वनि तरंगों का दोहरान के साथ परावर्तन होता है और तरंग की ऊर्जा नली में सीमित रहती है। ध्वनि तरंगें फैलने से रोकी जाती है।



यही कारण है कि ध्वनि विस्तारक भी तुरही के आकार की निकाय रखता है

◆ **कान की ट्रम्पेट (या बहरों के सुनने की छोटी मशीन) :** बहरों को सुनने की छोटी मशीन उन व्यक्तियों द्वारा प्रयोग में लायी जाती है, जो ऊँचा सुनते हैं। तुरही (trumpet) के चौड़े सिरे से ध्वनि तरंगे प्राप्त की जाती है, जो कि अधिक संकड़े क्षेत्रफल में परावर्तित हो जाती है तथा फिर कान को पहुँचती है। यह कान के अंदर कम्पन्न कर रही हवा का आयाम बढ़ाती है और श्रवण शक्ति सुधारने में मदद करती है।

◆ **ध्वनि पट्ट और वक्राकार छत और बड़े हॉलो की बड़ी दीवारें :** बड़े हॉलों या ऑडिटोरियम की विशाल दीवारें और इनकी वक्राकार छतों के कारण प्रायः ध्वनि तरंगों का परावर्तन होता है। ये परावर्तित ध्वनि तरंगें वक्ता के शब्दों से व्यवधानित होती है। इस परेशानी को झूलते हुए पर्दे, जो कि पर्दे पर लगे होते हैं या ध्वनि पट्ट का प्रयोग करके हल की जा सकती है। एक ध्वनि पट्ट प्रायः एक अवतल ठोस सतह है। वक्ता ध्वनि पट्ट जो कि वक्ता के पीछे लगाये होते हैं, के फोकस पर स्थित होता है। ध्वनि पट्ट से परावर्तित ध्वनि तरंगे समानतर होती है। यह ध्वनि को बड़ी दूरियों तक पहुँचाने में सक्षम बनाती है।



ध्वनि पट्ट ध्वनि को विभिन्न दिशाओं में फैलने से रोकता है।

Ex. 10 एक लड़की 3 सैकण्ड बाद उसकी अपनी आवाज की प्रतिध्वनि सुनती है। हवा में ध्वनि का वेग 340 m/s है। लड़की से पहाड़ी की दूरी क्या है?

Sol. माना कि पहाड़ी से लड़की की दूरी d है, आने व जाने में ध्वनि द्वारा तय की गई संपूर्ण दूरी है = 2d

अब,

$$v = \frac{\text{कुल तय की गई दूरी}}{\text{लिया गया समय}} = \frac{2d}{t}$$

$$\Rightarrow 340 = \frac{2 \times d}{3}$$

$$\Rightarrow d = 510 \text{ m}$$

➢ श्रवणीय पराश्रव्य और अवश्रव्य तरंगे

(a) श्रवणीय तरंगे :

मानव का कान **20 Hz** से **20 kHz** की ध्वनि तरंगों के प्रति संवेदी है। यह परास श्रवण परास कहलाती है और इन तरंगों को श्रवणीय तरंगें कहा जाता है।

Ex. कम्पनशील सितार, गिटार, आर्गन नली, बाँसुरी, शहनाई इत्यादि के द्वारा उत्पन्न तरंगे।

(b) पराश्रव्य तरंगे :

एक अनुदैर्ध्य तरंग जिसकी आवृत्ति श्रवण परास को ऊपरी सीमा **20 kHz** से अधिक है। पराश्रव्य ध्वनि तरंग कहलाती है। इसे बहुत छोटे स्त्रोत के द्वारा उत्पन्न किया जाता है

Ex. क्वार्टज क्रिस्टल

(c) अवश्रव्य तरंगे :

एक अनुदैर्ध्य प्रत्यास्थ तरंग जिसकी आवृति श्रवण परास जैसे कि **20 Hz,** से कम है। उन्हें अवश्रव्य तरंगें कहा जाता है। इसे सामान्यतः बड़े स्त्रोत द्वारा उत्पन्न किया जाता है।

उदा. जैसे कि भूकम्प।

➢ पराध्वनि

❖ ध्वनि तरंगें जो 20,000 Hz से अधिक आवृत्ति रखती है, पराश्रव्य तरंग या पराध्वनि कहलाती है। मानव पराध्वनि को नहीं सुन सकते हैं। कुत्ते, चमगादड़ और डाल्फिनें पराध्वनि को सुन सकते हैं। उदाहरण के लिए, चमगादड़ और डाल्फिनें उन तरंगों को भी सुन सकते हैं। जिनकी आवृति लगभग 150,000 Hz है। चमगादड़ और डाल्फिने उनके द्वारा उत्पन्न ध्वनि की प्रतिध्वनि को सुनकर किसी भी अवरोध की उपस्थिति का पता लगाती है। पराश्रव्य ध्वनि के कई तकनीकी अनुप्रयोग हैं।

पराध्वनि के अभिलाक्षणिक गुण :

पराध्वनि (या पराश्रव्य तरंगे) निम्न कारणों से बहुत उपयोगी पायी गई है :

- ◆ पराध्वनि (या पराश्रव्य ध्वनि) तरंगें उच्च आकृति की ध्वनि तरंगे हैं। इसलिए ये तरंगे छोटी तरंगदैर्ध्य रखती है। ये छोटे तरंगदैर्ध्य की ध्वनि तरंगें छोटी वस्तुओं से परावर्तित हो सकती है। इस प्रकार, पराश्रव्य तरंगें छोटी वस्तुओं (< 1 cm आकार) की भी उपस्थिति का पता लगा सकती हैं।

  श्रवण परास की ध्वनि तरंगे उन वस्तुओं का पता नहीं लगा सकती है जिनका आकार कुछ 10 cm से कुछ मीटर की परास से छोटा होता है।
- ◆ पराध्वनिक पुँज में एक ही दिशा में जाने की प्रवृत्ति अधिक होती है और एक टॉर्च के जैसे इसका किसी भी लक्ष्य की तरफ निर्दिष्ठ (निशाना लगाया) किया जा सकता है। ये तरंगें लम्बी दूरीयों के लिए अवचिलित रहती है।

➢ पराध्वनि के अनुप्रयोग

पराध्वनि के कुछ महत्वपूर्ण अनुप्रयोग नीचे दिये गये है :

- ◆ **अंधे व्यक्तियों के लिए पराध्वनि चश्में में :** इस तरह के चश्में एक ट्रांसमीटर और एक ग्राही (रीसीवर) फिट होता है। ग्राही द्वारा व्यक्ति के कानों

में उच्च या निम्न ध्वनि उत्पन्न होती है जो इस पर निर्भर करती है किन्तु प्रतिध्वनि उत्पन्न करने वाली वस्तु दूर है या निकट है।

- **चिकित्सा में प्रयोग :** एक अजन्में शिशु में किसी तरह की विकृत्ति का पता लगाने में पराध्वनि का प्रयोग किया जाता है। (इस हेतु X-किरण का प्रयोग नहीं किया जा सकता क्योंकि X-किरण अजन्में शिशु को नुकसान पहुँचा सकती हैं। इस विधि में एक पराध्वनिक ट्रांसमीटर/ग्राही (receiver) माता के पेट के आर-पार चलाया जाता है। विभिन्न ऊतक (चर्म, पेशियाँ, हड्डियाँ) ध्वनि तरंगों को विभिन्न तरह से परावर्तित करते हैं, जिससे कई प्रतिध्वनियाँ उत्पन्न होती है। मशीन इन प्रतिध्वनियों का प्रयोग पर्दे पर एक तस्वीर बनाने में करती है। शिशु में किसी भी तरह की विकृति का पता लगाया जा सकता है और समुचित ईलाज किया जा सकता है।

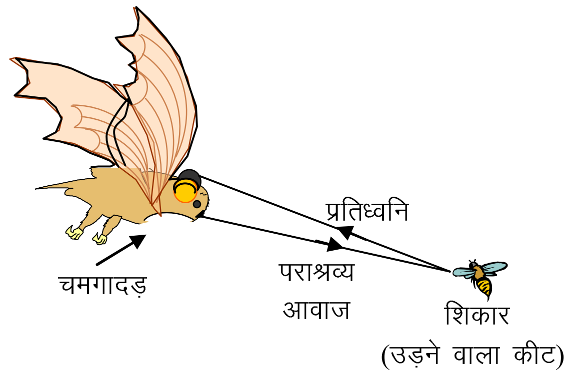
  इस तकनीक का दुरूपयोग अजन्मे शिशु का लिंग जानने में किया जाता है। यह देखा गया है कि कई व्यक्ति माता पर गर्भपात करवाने का दबाव डालते हैं यदि अजन्मा शिशु एक महिला शिशु के रूप में जाना जाता है। इस तरह का कार्य अनैतिक है एवं यह एक सामाजिक अपराध है। हमारी सरकार ने इस तरह के कार्य को प्रतिबंधित कर रखा है। इस सामाजिक खतरे की समूल नष्ट करने के लिए हम सभी को मिलकर कार्य करना चाहिए।

- **इकोकारडीयोग्राफी में :** इस चिकित्सकीय रोग निदान तकनीक में पराध्वनिक तरंगे हृदय का प्रतिबिम्ब बनाने में प्रयोग में लाई जाती हैं।

- **समुद्र की गहराई ज्ञात करने में :** जहाज पराध्वनि का प्रयोग समुद्र की गहराई प्रतिध्वनिक मापन (ईको–साऊण्डिंग) विधि से ज्ञात करने में किया जाता है। जहाज पर लगा एक ट्रांसमीटर और एक पराध्वनि को समुद्र के पैंदे की तरफ भेजता है और ग्राही प्रतिध्वनि प्राप्त करता है। दोनों संकेतों के बीच समय अंतराल से, समुद्र की गहराई का आँकलन किया जा सकता है। इसे नीचे वर्णित किया गया है।

- **अधिक जटिल (कठिन) स्थानों पर पहुँचकर सफाई के लिए :** अच्छी सफाई के लिए जटिल स्थानों पर जैसे कि सर्पिल नली, विषय आकृति वाले मशीन के भागों या अवयवों, इलेक्ट्रोनिक अवयवों इत्यादि पर पहुँच के लिए पराध्वनि तरंगे प्रयुक्त की जाती है। वस्तु जिसे साफ करना है, उसे 'क्लीनिंग सोल्यूशन' (सफाई वाले विलयन) में रखा जाता है और विलयन को पराश्रव्य तरंगों के हवाले किया जाता है। उच्च आवृत्ति वाली पराश्रव्य तरंगें धूल/गंदगी के कणों को विलोड़ित (हिलाया) जाता है। ये कण अलग हो जाते है और वस्तु सम्पूर्ण रूप से साफ हो जाती है।

- रात के अंधकार में चमगादड बिना किसी दूसरी वस्तु से टकराये, "इकोलोकेशन" विधि द्वारा उड़ता है। चमगादड़ उडने के दौरान उच्च आवृत्ति की पराश्रव्य ध्वनि (चीं चीं की आवाज) निकालता है और उनके पराध्वनि के रास्ते में आने वाली वस्तुओं से परावर्तित होकर आने वाली प्रतिध्वनि को सुनता है। प्रतिध्वनि को सुनने में लगने वाले समय से चमगादड़ उनके रास्ते में आने वाली वस्तुओं की दूरी का पता लगा सकता है और इस प्रकार अपनी दिशा को परिवर्तित करके इससे बच सकता है। रात में चमगादड़ अपना शिकार "इकोलोकेशन" की विधि से ढूँढता हैं।



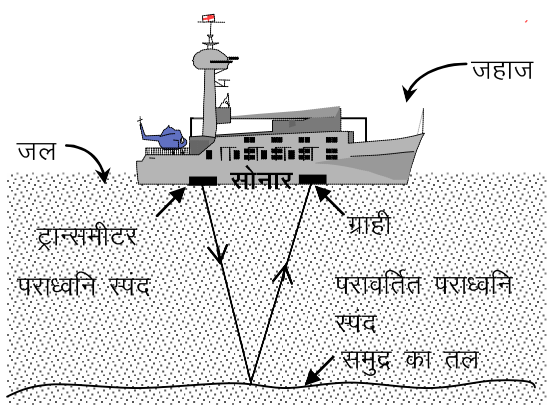
◈ **सोनार (SONAR) :**

शब्द 'सोनार' से अर्थ है

साऊण्ड नेविगेशन एंड रेन्जिंग.

(A) सोनार का सिद्धांत: सोनार एक उपकरण है जो समुद्र की गहराई मापने या पानी के अंदर की वस्तुओं की स्थिति ज्ञात करने में जैसे मछलियों का झुंड, दुश्मन की पनडुब्बी इत्यादि के लिए प्रयोग में लाया जाता है। सोनार पराश्रव्य तरंगों के एक छोटे वर्सट्स समूह को एक जहाज से समुद्र के पानी के अंदर भेजता है। और समुद्र के अंदर की वसतुओं जैसे समुद्र का पैंदा, मछलियों का झुंड, एक पनडुब्बी आदि से पराश्रत्य ध्वनि के परावर्तन के कारण उत्पन्न प्रतिध्वनि को प्राप्त करता है।

(B) सोनार की क्रियाविधि :



(i) एक ट्रांसमीटर (पराध्वनिक तरंगों को उत्सर्जित करने के लिए) तथा (ii) एक ग्राही (पराश्रव्य तरंगों का पता लगाने के लिए). अब मान लीजिए कि एक जहाज के नीचे की ओर एक सोनार उपकरण लगाया गया है और हम समुद्र की गहराई (जहाज के नीचे) मापना चाहते है। ऐसा करने के लिए सोनार के ट्रांसमीटर से बहुत उच्च आवृत्ति की पराध्वनि जिसकी आवृत्ति लगभग 50,000 हर्ट्ज है, उत्सर्जित की जाती है। पराश्रव्य ध्वनि का यह स्पंद समुद्र के नीचे उसके पैंदे की ओर यात्रा करता है। जब पराश्रव्य ध्वनि का यह स्पंद समुद्र के पैंदे से टकराता है, यह प्रतिध्वनि के रूप में जहाज की ओर परावर्तित होता है यह प्रतिध्वनि सोनार उपकरण के ग्राही भाग में विद्युत संकेत उत्पन्न करती है। सोनार उपकरण पराश्रव्य ध्वनि के द्वारा जहाज से समुद्र के पैंदे और वापस जहाज पर आने में लिया गया समय को भाप लेता है। इस समय का आधा, पराश्रत्य ध्वनि को जहाज से समुद्र के पैंदे तक जाने में लिया गया समय है।

d = समुद्र की गहराई

v = समुद्र के पानी में ध्वनि का वेग

t = रिकोर्डर द्वारा दर्ज किया गया समय

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

Ex.11 पराश्रव्य तरंगे जहाज से समुद्र के पैंदे तक जाने में एवं वापस जहाज तक आने में 4 सैकण्ड का समय लेती है। तो समुद्र की गहराई क्या है ?
(पानी में ध्वनि की चाल = 1500 m/s.)

Sol. पराश्रव्य ध्वनि द्वारा जहाज से समुद्र के पैंदे तक जाने व वापस जहाज तक आने में लिया गया समय 4 सैकण्ड है। इसलिए, पराश्रव्य ध्वनि द्वारा जहाज से समुद्र के पैंदे तक जाने में लिया गया समय इस समय का आधा होगा। जो कि $\frac{4}{2} = 2$ सेकण्ड़ होगा। इसका मतलब है कि ध्वनि जहाज से समुद्र के पैंदे तक जाने में 2 सैकण्ड का समय लेती है।

अब, $\text{चाल} = \frac{\text{दूरी}}{\text{समय}}$

अतः, $1500 = \frac{\text{दूरी}}{2}$

और, दूरी = $1500 \times 2m = 3000m$

Ex.12 एक पनडुब्बी एक सोनार स्पंद को उत्सर्जित करती है जो समुद्र के अंदर एक ऊँची चट्टान से परावर्तित होकर 1.02 s में लौटती है। यदि लवणीय जल में ध्वनि की चाल 1531 ms^{-1} है, तब समुद के अंदर ऊँची चट्टान की दूरी कितनी है ?

Sol. दिया है : सोनार स्पंद की चाल, V = 1531 ms^{-1}, स्पंद की वापसी की यात्रा में लिया गया समय t = 1.02s

समुद्र की गहराई में स्थित ऊँची चट्टान की दूरी S है।

चट्टान की दूरी S के लिए, स्पंद वापसी की यात्रा में कुल दूरी 2S तय करता है।

सम्बन्ध, दूरी = चाल × समय

$$2S = vt$$

हम पाते है, $S = \frac{vt}{2}$

$$S = \frac{1531ms^{-1} \times 1.02s}{2}$$

$$S = 780.8 \text{ m}$$

❖ सोनार में पराश्रव्य तरंग को प्रयोग करने के कारण

(i) पाराश्रव्य तरंग एक बहुत उच्च आवृत्ति रखती है, जिसके कारण वे बिना अवशोषित हुए समुद्र के पानी में गहराई तक भेंदन कर सकती है।

(ii) पराश्रव्य तरंगों को शोर के साथ भ्रमित नहीं किया जा सकता, शोर जैसे जहाज के इंजन का शोर। ऐसा होता है, क्योंकि पराश्रव्य तरंगों की अनुभूति मानव के कान से नहीं की जा सकती है।

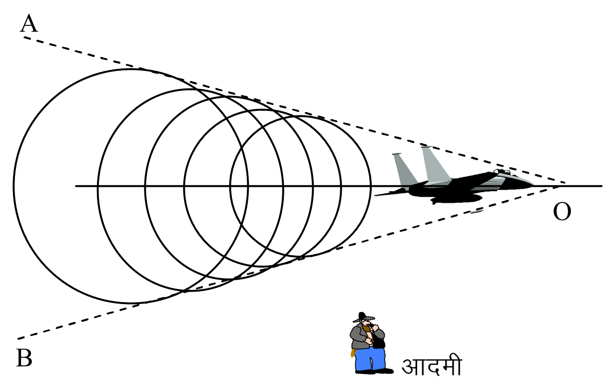
➢ ध्वनि बूम (सोनिक बूम)

जब एक पिण्ड उस चाल से गति करता है जो हवा में ध्वनि की चाल से अधिक है, इसे सुपरसोनिक चाल (पराध्वनि चाल) से गति करना कहा जाता है। लड़ाकू जेट, गोली इत्यादि प्रायः पराध्वनिक (सुपर सोनिक) चाल से गति करते है और जब वे ऐसा करते है, वे एक तीक्ष्ण, प्रबल ध्वनि उत्पन्न करते है, जिसे सोनिक बूम (ध्वनि बूम) कहा जाता है।

स्त्रोत एक चाल से चलता है जो ध्वनि की चाल से अधिक है, ध्वनि तरंगे जो ध्वनि की चाल से गति करती है, पीछे रह जाती है। ध्वनि तरंगों के कारण उच्च दाब युक्त परतें, जो विभिन्न बिन्दुओं पर उत्पन्न होती है, चित्रानुसार एक साथ समूह में हो जाती है। वास्तव में, ये परतें एक कल्पित शंकु की सतहों पर पड़ती है, जिसके OA व OB एक भाग है। इस शंकु की सतह पर कुल दाब बहुत उच्च होता है। स्त्रोत इस शंकु के शीर्ष पर होता है। जैसे जैसे स्त्रोत आगे की ओर बढ़ता है, वह शंकु को उसके साथ खींचता जाता है। जब शंकु की सतह एक व्यक्ति तक पहुँचती है, कान दाब में अचानक वृद्धि महसूस करते है। इस सतह के उससे पार जाने के बाद, दाब अचानक कम हो जाता है। इसके कारण व्यक्ति एक तीक्ष्ण, प्रबल ध्वनि ध्वनि बूम (sonic boom) सुनता है।

एक क्षेत्र जो एक बहुत उच्च दाब की परत रखता है, जिसके नीचे एक कम दाब वाली परत होती है, अंतरिक्ष में से शंकु के साथ गति करती है। इसे एक प्रघाती तरंग (shock waves) कहते है; जब यह प्रधाती तंरग एक व्यक्ति तक पहुँचती है, यह सोनिक बूम देती है।

पराध्वनिक (सुपर सोनिक) हवाई जहाज द्वारा उत्पन्न प्रघाती तरंगे शीशों के टुकड़े –टुकड़े कर देने एवं यहाँ तक की कमजोर ढांचे को क्षतिग्रस्त कर देने के लिए पर्याप्त ऊर्जा रखती है।



➢ मानव कर्ण

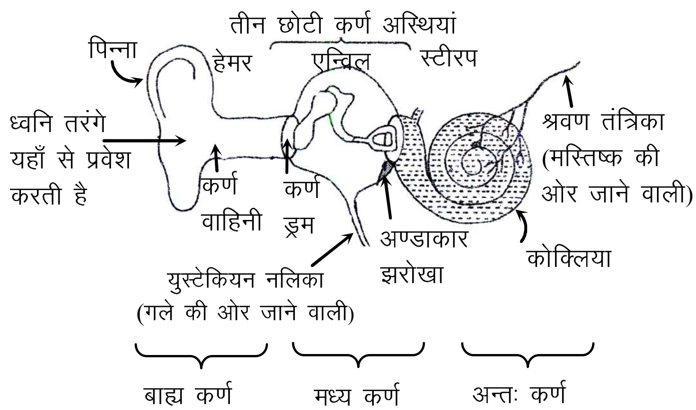
(a) मानव कर्ण की संरचना :

कर्ण के तीन भाग होते है – बाह्य कर्ण, मध्य कर्ण एवं अन्तः कर्ण।

कर्ण का वह भाग जो सिर के बाहरी ओर होता है, बाह्य कर्ण कहलाता है। बाहर कर्ण में चौड़ा भाग पाया जाता

है, जो पिन्ना कहलाता है तथा अन्दर की तरफ 2 व 3 सेमी. लम्बा मार्ग कर्ण नलिका कहलाता है। कर्ण नलिका के अन्तिम भाग में पतली, प्रत्यास्थ एवं वर्तृल झिल्ली पायी जाती है जिसे कर्ण ड्रम कहते है। कर्ण ड्रम को टिम्पेनम भी कहते है। बाह्य कर्ण में वायु पायी जाती है।

मध्य कर्ण में तीन छोटी नाजुक अस्थियां हेमर, एन्वील एवं स्टीरप पायी जाती है। यह तीनों अस्थियाँ एक–दूसरे से जुड़ी रहती है। अस्थि का एक सिरा जो कर्ण ड्रम को स्पर्श करता है। हेमर कहलाता है एवं इसका दूसरा सिरा दूसरी अस्थि एन्विल से जुड़ा होता है। एन्विल का अन्तिम भाग तीसरे अस्थि स्टिरप से जुड़ा रहता है एवं स्टीरप का मुक्त अन्तिम भाग अतः कर्ण की अण्डाकार झरोखे के चारो ओर पाये जाने वाली झिल्ली से जुड़ा रहता है। मध्य कर्ण में भी वायु पायी जाती है। मध्य कर्ण का निचला भाग एक संकरीनलिका युस्टेकियन नलिका है जो गले की ओर जाती है। युस्टेकिचन नलिका मध्य कर्ण को गले से जोड़ती है एवं यह सुनिश्चित करती है कि मध्य कर्ण के अंदर एवं बाहर का वायु दाब समान है।



अन्तः कर्ण के अन्दर घुमावदार नलिका पायी जाती है जो कोक्लीया कहलाती है। कोकलिया का एक सिरा मध्य कर्ण से अण्डाकार झरोखे की प्रत्यास्थ झिल्ली से जुडा होता है। कोक्लिया एक द्रव से भरा होता है। कोक्लिया में उपस्थित द्रव में तंत्रिका कोशिकाएं पायी जाती है जो कि ध्वनि के प्रति संवेदी होती है। कोक्लिया का बाहरी भाग श्रवण तंत्रिका से जुड़ा रहता है जो कि मस्तिष्क के अंदर जाता है।

(b) मानव कर्ण की क्रियाविधि :

ध्वनि तरंगें बाहर से बाहरी कर्ण (जिसे पिन्ना कहते है) के द्वारा सिममचित की जाती है और श्रवण नलिका से होते हुए कर्ण ड्रम पर पहुँचता है। जब ध्वनि तंरगें कर्ण ड्रम (टिम्पेनिक झिल्ली) पर चोट करती है, यह कम्पन करना शुरू करती है। ये कम्पन अण्डाकार झरोखे तक तीन हड्डियों (जिन्हें हेमर, एन्विल एवं स्टीरप कहा जाता है) द्वारा पहुचाये जाते है जो एक लीवर (उत्तोलक) की तरह कार्य करती है तथा उनकी धुरी बिन्दु P पर है। वे कम्पन के बल को कई गुना (प्रवर्धित) कर देते है।

अण्डाकार झरोखा कर्ण के ड्रम की अपेक्षा कम क्षेत्रफल रखता है। इसलिए, यह अण्डाकार झरोखे पर और कोक्लिया के द्रव पर दाब बढ़ाता है। कोक्लिया में स्थित द्रव में कम्पन हजारो श्रवण तंत्रिकाओं को प्रभावित करता है, जो मस्तिष्क को संदेश भेजती है।

हमारे कर्ण बहुत नाजुक ओर भंगुर अंग है। इसलिए इसे स्वस्थ अवस्था में रखने के लिए उचित देखभाल की जानी चाहिए।

कर्ण को स्वस्थ रखने के लिए दी गई कुछ सलाहें निम्न है :

- किसी भी नुकीली वस्तु को कर्ण के अंदर मत ले जाइये। यह कर्ण ड्रम को क्षति पहुँचा सकता है और एक व्यक्ति को बहरा बना सकता है।
- कभी भी किसी के कान में जोर से मत चिल्लाओं।
- किसी को भी उसके/उसकी कर्ण पर जोर से मारना नहीं चाहिए।