CHAPTER - 14 WAVES

WAVE

- It is a disturbance through which transfer of energy takes place without any actual transfer of medium particles.
- Types Of Wave On The Basis Of Medium

Mechanical Wave	Non-mechanical wave
It requires medium	It does not require medium.
sound	Light (electromagnetic wave)

- **Types Of Wave On The Basis Of Motion Of Particles Of Medium**

Property	Transverse Wave	Longitudinal Wave
Movement of particle	Perpendicular to the direction of propagation.	Along the length of the direction of propagation of wave.
Which structure get formed	Crest and trough	Compression and rarefaction
E.g.	Wave in stretched string Light	Sound
Speed	Speed of a Transverse Wave on Stretched String $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$	Speed of a Longitudinal Wave in air $v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$ Speed of a longitudinal wave in the bar $v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$

- **Essential Properties Required By Medium For The Propagation Of Wave**

(i) Inertia: So that particle overshoots its mean position.

(ii) Elasticity: So that particle returns to its mean position.

(iii) Minimum friction: So that disturbance propagates through a longer distance.

Note :

(i) Transverse waves can propagate only in those media which can sustain shearing stress, such as solids and strings, and not in fluids.

(ii) Fluids as well as solids can sustain compressive strain; therefore, longitudinal waves can propagate in all elastic media.

(iii) In a medium like a steel bar, both transverse and longitudinal waves can propagate while air can sustain only longitudinal waves.

Travelling Or Progressive Wave	Stationary Wave or standing waves
A wave in which the positions of maximum and minimum amplitude travel through the medium is known as a travelling wave.	When two waves of same frequency and amplitude travelling in the opposite direction superimpose each other then there is no transfer of energy from one point to another. This resultant wave is known as the standing wave.
1. Ripples 2. Waves in slinky	1. Wave produced in sonometer wire. 2. Wave produced in resonance tube.
Equation Of Plane Progressive Wave The displacement of particle at a distance 'x' is given by $y = a\, sin\omega(t\text{-}t') = a\, sin\omega(t - \frac{x}{v})$ $y = a\, sin\,(\omega t - kx)$	Equation Of Stationary Wave or standing waves The displacement of particle at a distance 'x' is given by $y = 2a\, sin\omega t \cos kx$

NODE	ANTINODES
Those points on the stationary wave which always remains at rest and no transfer of energy takes place through them. Pressure and density are maximum at nodes in stationary waves produced by sound. Distance between two consecutive nodes is λ/2	Those points on the stationary wave which vibrate with maximum amplitude and speed. Pressure and density are minimum at nodes in stationary waves produced by sound. Distance between two consecutive antinodes is λ/2

Note: Distance between a node and an antinode is λ/4

- **Speed Of Sound In Air**

SPEED OF SOUND IN AIR	NEWTON'S FORMULA FOR SPEED OF SOUND IN AIR	Laplace correction
Assumption:	Newton's Assumption: Propagation of sound in air is an isothermal process.	**Laplace** Assumptions: Propagation of sound in air is an adiabatic process
speed	Speed of sound in air, $v = \sqrt{\frac{P}{\rho}}$	Speed of sound in air, $v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$
calculation	At STP, P= 1.01 x 10^5 N m^{-2}, air density ρ = 1.29 kgm^{-3} Using this in (ii) we have v= 280 ms^{-1}.But actual value of speed of sound at STP is Vactual= 331 ms^{-1}.Therefore, there is a difference of almost 15% in the calculated value and experimental value.	For air γ=1.4, P= 1.01 x 10^5 N m^{-2}, density of air ρ = 1.29 kg m^{-3} Using this in equation (iv) we have v= 331.3ms^{-1} which is close to practical value.

- **Factors Affecting Velocity of Sound: -**

1	Effect of Temperature $v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$	Since velocity of sound in air is directly proportional to square root of temp Hence with increase in temperature the velocity increases & vice versa.
2	Effect of Pressure $v = \sqrt{\frac{P}{\rho}}$	no effect (change) on velocity of sound due to change in pressure.
3	Effect of Density $V \propto \frac{1}{\sqrt{\rho}}$	Velocity v so with increases in density of air velocity increases & vice versa.
4	Effect of Humidity	Water vapours (Humid air) have a density less than the density of dry air. Hence velocity of sound in humid air is greater than the velocity in dry air & vice versa that is why we can hear distant sound in the rainy season.
5	Effect of wind	If wind is blowing along the direction of sound wave velocity of sound increases & vice versa.

- **SUPERPOSITION PRINCIPLE**

When two or more waves move through a medium at the same time then the resultant displacement of a particle of medium at any instant is the vector sum of displacement due to each individual wave and after that each wave travels as an individual.

- **REFLECTION OF WAVE**

If a wave reflected from a denser medium then its direction becomes opposite and phase changes by π.

If a wave is reflected from a rarer medium then its direction becomes opposite and no phase changes.

- **Displacement equations for a plane progessive wave**

(i) In forward discetion

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

or, $$y = a\sin(\omega t - kx + \phi)$$

(ii) In backward discetion

$$y = a\sin(\omega t + kx + \phi)$$

where,

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$ propagation constant

$w = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$ angular frequency

ϕ = phase Constant

t = time

y = Particle displacement

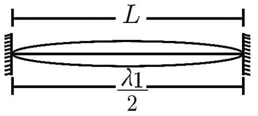
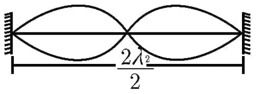
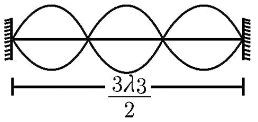
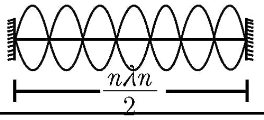
x = wave displacement

- **Displacement Equation for standing wave**

y = 2a cos kx sinwt

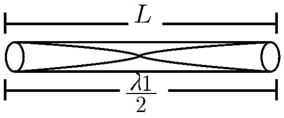
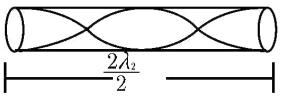
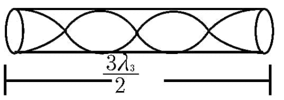
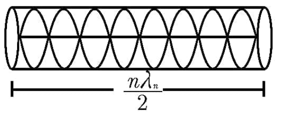
- **STATIONARY WAVE IN STRETCHED STRING**

तनी हुई डोरी में स्थिर तरंग

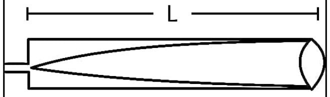
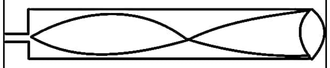
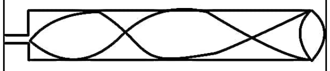
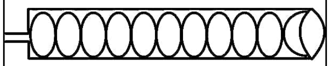
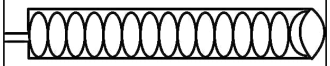
Modes of vibration of a stretched string $\nu = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$								
S. No	**Digram**	**Nodes**	**Anti Nodes**	**Loops**	**Wavelength**	**Frequency**	**Harmonic**	**Overtones**
1		2	1	1	$\frac{\lambda 1}{2} = L$ $\lambda_1 = \frac{2L}{1}$	$\nu_1 = \frac{v}{2L}$	**fundmental**	–
2		3	2	2	$\lambda 2 = \frac{2L}{2}$	$\nu_2 = \frac{2v}{2L}$ $= 2\nu_1$	**2nd**	**1st**
3		4	3	3	$\lambda 3 = \frac{2L}{3}$	$\nu_3 = \frac{3v}{2L}$ $= 3\nu_1$	**3rd**	**2nd**
n		n+1	n	n	$\lambda n = \frac{2L}{n}$	$\nu n = \frac{nv}{2L}$ $= n\nu_1$	**n[th]**	**(n-1)[th]**

- **STATIONARY WAVE IN AN OPEN ENDED AIR COLUMN**

एक खुले सिरे वाले वायु स्तंभ में स्थिर तरंग

Modes of vibration of on open Organ pine $\nu = \sqrt{\frac{\gamma p}{p}}$								
S. No	**Digram**	**Nodes**	**Anti Nodes**	**Loops**	**Wavelength**	**Frequency**	**Harmonic**	**Overtones**
1		1	2	0	$\frac{\lambda 1}{2} = L$ $\lambda_1 = \frac{2L}{1}$	$\nu_1 = \frac{v}{2L}$	**fundmental**	-
2		2	3	1	$\lambda 2 = \frac{2L}{2}$	$\nu_2 = \frac{2v}{2L}$ $= 2\nu_1$	**2nd**	**1st**
3		3	4	2	$\lambda 3 = \frac{2L}{3}$	$\nu_3 = \frac{3v}{2L}$ $= 3\nu_2$	**3rd**	**2nd**
n		n	n+1	n-1	$\lambda n = \frac{2L}{n}$	$\nu n = \frac{nv}{2L}$ $= n\nu_1$	**n[th]**	**(n-1)[th]**

- **STATIONARY WAVE IN A CLOSED ENDED AIR COLUMN (Organ pipe)**
  एक बंद सिरे वाले वायु स्तंभ में स्थिर तरंग

S.No.	Digram	No. of Loop	No. of Nodes	No. of	Wavelength	Frequency	Harmonic	Overtones
1	 N	0	1	1	$\lambda_1=4L$	$\nu_1=\frac{v}{4L}$	L	L
2	 N	1	2	2	$\lambda_2=\frac{4L}{3}$	$\nu_2=\frac{3v}{4L}=3\nu_1$	3rd	1st
	 N	2	3	3	$\lambda_3=\frac{4L}{5}$	$\nu_3=\frac{5v}{4L}=5\nu_1$	5th	2nd
	 n-1	n – 2	n – 1	n – 1	$\lambda_{n-1}=\frac{4L}{2n-3}$	$\nu_4=\frac{(2n-3)v}{4L}=(2n-3)\nu_1$	(2n – 1)th	(n – 2)th
	 n	n – 1	n	n	$\lambda n=\frac{4L}{2n-1}$	$\nu_5=\frac{(2n-1)v}{4L}=(2n-1)\nu_1$	(2n – 1)th	(n – 1)th

- **BEATS:**

  The alternate variation in the intensity of sound at a point when two waves of nearly the same frequencies and amplitudes travelling in the same direction, are superimposed on each other.

  Beat frequency = Difference in the frequency of two waves

  Beat frequency = $\nu_1 - \nu_2$

- **IMPORTANT Formulae to be used in questions**

  $\omega = 2\pi\nu, \omega = 2\pi/T$

  $v = \nu\lambda,$

  $k = 2\pi/\lambda$

  $\nu = 1/T$

  $v = \omega/k$

- **तरंग**

  यह एक विक्षोभ है जिसके माध्यम से माध्यम कणों के वास्तविक स्थानांतरण के बिना ऊर्जा का स्थानांतरण होता है।

- **माध्यम के आधार पर तरंग के प्रकार**

यांत्रिक तरंग	गैर-यांत्रिक तरंग
इसके लिए माध्यम की आवश्यकता होती है।	इसके लिए माध्यम की आवश्यकता नहीं होती है।
ध्वनि	प्रकाश (विद्युत चुम्बकीय तरंग)

- **माध्यम के कणों की गति के आधार पर तरंग के प्रकार**

गुण	अनुप्रस्थ तरंग	अनुदैर्ध्य तरंग
कणों की गति	गमन की दिशा के लंबवत्	गमन की दिशा में
किस संरचना का निर्माण होता है	शिखर और गर्त	संपीड़न और विरलन
E.g.	जैसे तनी हुई डोरी में तरंग प्रकाश	ध्वनि
Speed	Speed of a Transverse Wave on Stretched String $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$	Speed of a Longitudinal Wave in air $v = \sqrt{\frac{k}{\rho}}$ Speed of a longitudinal wave in the bar $v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$

- **तरंग गमन के लिए माध्यम के आवश्यक गुण**

(i) जड़त्व: ताकि कण अपनी माध्य स्थिति से आगे निकल जाए।

(ii) प्रत्यास्थता: ताकि कण अपनी माध्य स्थिति में वापस आ जाए।

(iii) न्यूनतम घर्षण: ताकि विक्षोभ लंबी दूरी तक फैल सके।

टिप्पणी:

(i) अनुप्रस्थ तरंगें केवल उन्हीं माध्यम में फैल सकती हैं जो कर्तन तनाव को बनाए रख सकती हैं,

जैसे ठोस और तार। तरल पदार्थ में नहीं।

(ii) तरल पदार्थ के साथ-साथ ठोस पदार्थ भी संपीड़न तनाव को बनाए रख सकते हैं; इसलिए, अनुदैर्ध्य तरंगें सभी प्रत्यास्थ माध्यम में गमन कर सकती हैं।

(iii) स्टील जैसे माध्यम में, अनुप्रस्थ और अनुदैर्ध्य दोनों तरंगें गमन कर सकती हैं जबकि वायु में केवल अनुदैर्ध्य तरंगों को ही गमन कर सकती हैं।

- **वायु में ध्वनि की चाल**

वायु में ध्वनि की चाल	**वायु में ध्वनि की चाल के लिए न्यूटन का सूत्र**	**लाप्लास सुधार**
अवधारणा	न्यूटन की अवधारणा: वायु में ध्वनि का गमन एक समतापीय प्रक्रिया है।	लाप्लास की अवधारणा : वायु में ध्वनि का गमन एक रुद्धोष्म प्रक्रिया है
चाल	वायु में ध्वनि की चाल $v = \sqrt{\frac{P}{\rho}}$	वायु में ध्वनि की चाल $v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$
गणना	STP पर, P= 1.01 x 10^5 N m^{-2}, वायु घनत्व ρ = 1.29 kgm^{-3} इसका उपयोग करने पर v= 280 ms^{-1} है। लेकिन STP पर वायु में ध्वनि की चाल का वास्तविक मान = 331 ms^{-1} है। इसलिए, परिकलित मान और प्रयोगात्मक मान में लगभग 15% का अंतर है।	वायु के लिए γ=1.4, P= 1.01 x 10^5 N m^{-2}, वायु का घनत्व ρ = 1.29 kg m^{-3} समीकरण में इसका उपयोग करने पर हमारे पास v = 331.3 ms^{-1} है जो व्यावहारिक मान के करीब है।

- **ध्वनि के वेग को प्रभावित करने वाले कारक:-**

1	तापमान का प्रभाव $v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$	इसलिए तापमान में वृद्धि के साथ वेग बढ़ता है और इसके विपरीत
2	दाब का प्रभाव $v = \sqrt{\frac{P}{\rho}}$	अतः दाब में परिवर्तन के कारण ध्वनि के वेग पर कोई प्रभाव (परिवर्तन) नहीं पड़ता है।
3	घनत्व का प्रभाव $V \propto \frac{1}{\sqrt{\rho}}$	वेग v इसलिए घनत्व में वृद्धि के साथ वायु का वेग बढ़ता है और विलोमत:
4	आर्द्रता का प्रभाव	जलवाष्प (आर्द्र वायु) का घनत्व किसके घनत्व से कम होता है? शुष्क हवा। इसलिए आर्द्र हवा में ध्वनि का वेग शुष्क हवा में वेग से अधिक होता है और इसके विपरीत इसीलिए हम बरसात के मौसम में दूर की आवाज सुन सकते हैं।
5	हवा का प्रभाव	यदि हवा ध्वनि तरंग के वेग की दिशा में चल रही हो बढ़ता है और विलोमत:

प्रगतिशील तरंग	स्थिर तरंग
एक तरंग (अनुप्रस्थ या अनुदैर्ध्य) जो माध्यम के एक बिंदु से दूसरे तक गमन करती है।	जब समान आवृत्ति और आयाम की दो तरंगें विपरीत दिशा में गमन करती हैं । एक दूसरे पर आरोपित होने पर ऊर्जा का एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक स्थानांतरण नहीं होता है। यह परिणामी तरंग को स्थिर तरंग के रूप में जाना जाता है।
1.लहरें 2.स्लिंकी में तरंग	1. सोनोमीटर तार में उत्पन्न तरंग। 2. अनुनाद नलिका में उत्पन्न तरंग होता है।
समतल प्रगतिशील तरंग का समीकरण $y = a\sin(\omega t - kx)$ यह +X दिशा में गतिमान समतल प्रगतिशील तरंग का समीकरण है।	स्थिर तरंग या खड़ी तरंगों का समीकरण $y = 2a\sin\omega t \cos kx$

नोड	एंटिनोडेस
स्थिर तरंग पर वे बिंदु जो सदैव विराम अवस्था में रहते हैं और ऊर्जा का स्थानांतरण नहीं होता है। ध्वनि द्वारा उत्पन्न स्थिर तरंग में नोड्स पर दाब और घनत्व अधिकतम होता है। दो क्रमागत नोड्स के बीच की दूरी $\lambda/2$ है	स्थिर तरंग पर वे बिंदु जो अधिकतम आयाम और गति से कंपन करते हैं। ध्वनि द्वारा उत्पन्न स्थिर तरंग में नोड्स पर दाब और घनत्व न्यूनतम होता है। दो क्रमागत एंटीनोड्स के बीच की दूरी $\lambda/2$ है

नोट: एक नोड और एक एंटीनोड के बीच की दूरी $\lambda/4$ है

- **सुपरपोजिशन (अध्यारोपण) सिद्धांत**

  जब दो या दो से अधिक तरंगें एक ही समय में एक माध्यम से गुजरती हैं तो किसी भी क्षण माध्यम के एक कण का परिणामी विस्थापन प्रत्येक तरंग के कारण विस्थापन का सदिश योग होता है और उसके बाद प्रत्येक तरंग एक ही तरंग के रूप में गमन करती है।

- **तरंग परावर्तन**

  यदि कोई तरंग सघन माध्यम से परावर्तित होती है तो उसकी दिशा विपरीत हो जाती है कला परिवर्तन π होती है।

  यदि कोई तरंग किसी विरल माध्यम से परावर्तित होती है तो उसकी दिशा विपरीत और कला परिवर्तन नहीं होती है

- **विस्पंद (बीट)**

  जब लगभग सामान आवृति की दो ध्वनि तरंगे एक साथ उत्पन की जाती है तथा एक साथ एक ही दिशा में गति करती है । तो इन तरंगो के अध्यारोपण से एक नयी तरंग का निमार्ण होता है । इस नयी तरंग की आवृति समय के साथ परिवर्तित होती रहती है । अतः तरंग में होने वाले इस परिवर्तन को ही विस्पन्द कहते हैं ।

  विस्पंद आवृत्ति = दो तरंगों की आवृत्ति में अंतर

  इसलिए, विस्पंद (बीट) आवृत्ति = $\nu_1 - \nu_2$

- **महत्वपूर्ण सूत्र**

  $\omega = 2\pi\nu$, $\omega = 2\pi/T$

  $v = \nu\lambda$,

  $k = 2\pi/\lambda$

  $\nu = 1/T$

  $v = \omega/k$

MULTIPLE CHOICE QUESTIONS:
बहुविकल्पीय प्रश्न:

1. What type of wave does not require a medium to propagate?

a. Transverse wave

b. Longitudinal wave

c. Electromagnetic wave

d. Standing wave

किस प्रकार की तरंग को गमन के लिए माध्यम की आवश्यकता नहीं होती है?

a. अनुप्रस्थ तरंग ।

b. अनुदैर्ध्य तरंग ।

c. विद्युत चुम्बकीय तरंग ।

d. स्थिर तरंग ।

2. Which of the following is an example of a transverse wave?

a. Sound wave b. Light wave

c. Earthquake wave d. None of these

निम्नलिखित में से कौन अनुप्रस्थ तरंग का उदाहरण है?

a. ध्वनि तरंग । b. प्रकाश तरंग ।

c. भूकंप की तरंग । d. इनमें से कोई नहीं ।

3. In a wave, the distance between two consecutive identical points is called:

a. Wavelength b. Amplitude

c. Frequency d. Period

एक तरंग में दो क्रमागत समान बिंदुओं के बीच की दूरी क्या कहलाती है?

a. तरंग दैर्ध्य b. आयाम

c. आवृत्ति d. अवधि

4. The time taken for one complete cycle of a wave to pass a given point is called:

a. Wavelength b. Amplitude

c. Frequency d. Period

किसी तरंग के एक पूर्ण चक्र को किसी दिए गए बिंदु से गुजरने में लगने वाले समय को कहा जाता है:

a. तरंग दैर्ध्य b. आयाम

c. आवृत्ति d. अवधि

5. The maximum displacement of a particle from its equilibrium position in a wave is called:

a. Wavelength b. Amplitude

c. Frequency d. Period

किसी तरंग में किसी कण का उसकी माध्य स्थिति से अधिकतम विस्थापन क्या कहलाता है ?

a. तरंग दैर्ध्य b. आयाम

c. आवृत्ति d. अवधि