तरंगें, ध्वनि एवं प्रकाश

1 तरंगों की मूल अवधारणाएँ

स्रोत में कंपन → माध्यम → ऊर्जा स्थानांतरण

- तरंग: वह विक्षोभ जो ऊर्जा का स्थानांतरण करता है, सामान्यत: पदार्थ का स्थायी स्थानांतरण किए बिना।
- आयाम (Amplitude): माध्य स्थिति से अधिकतम विस्थापन।
- तरंगदैर्घ्य (Wavelength, λ): दो क्रमागत समान कला वाले बिंदुओं के बीच की दूरी।
- आवृत्ति (Frequency, f): प्रति सेकंड होने वाले पूर्ण दोलनों की संख्या। SI मात्रक हर्ट्ज (Hz) है।
- आवर्तकाल (Time Period, T): एक पूर्ण दोलन में लगा समय। SI मात्रक सेकंड है।
- तरंग वेग (v): तरंग द्वारा प्रति सेकंड तय की गई दूरी।

महत्त्वपूर्ण सूत्र

$$v = f\lambda \qquad f = \frac{1}{T} \qquad T = \frac{1}{f}$$

- आवृत्ति बढ़ने पर, समान तरंग वेग में तरंगदैर्घ्य घटता है।
- तरंग का वेग माध्यम के गुणों पर निर्भर करता है।
- यांत्रिक तरंगों को संचरण के लिए माध्यम चाहिए; विद्युतचुंबकीय तरंगें निर्वात में भी चल सकती हैं।

2 तरंगों के प्रकार

आधार	प्रकार	विशेषता
कणों की गति	अनुप्रस्थ तरंग	कणों का दोलन तरंग की दिशा के लंबवत
कणों की गति	अनुदैर्ध्य तरंग	कणों का दोलन तरंग की दिशा के समानांतर
माध्यम	यांत्रिक तरंग	माध्यम आवश्यक
माध्यम	विद्युतचुंबकीय तरंग	निर्वात में भी संचरण संभव

- अनुप्रस्थ तरंग का उदाहरण: तनी हुई डोरी पर उत्पन्न तरंग।
- अनुदैर्ध्य तरंग का उदाहरण: वायु में ध्वनि तरंग।
- प्रकाश एक अनुप्रस्थ विद्युतचुंबकीय तरंग है।
- ध्वनि वायु में सामान्यत: अनुदैर्ध्य यांत्रिक तरंग के रूप में संचरित होती है।

3 ध्वनि का उत्पादन एवं संचरण

कंपन → माध्यम → ध्वनि

- ध्वनि वस्तुओं के कंपन से उत्पन्न होती है।
- ध्वनि के संचरण के लिए ठोस, द्रव या गैस जैसे माध्यम की आवश्यकता होती है।
- ध्वनि निर्वात में संचरित नहीं हो सकती।
- सामान्यत: ध्वनि का वेग ठोसों में अधिक तथा गैसों में कम होता है; वास्तविक वेग पदार्थ के गुणों और तापमान पर निर्भर करता है।
- वायु में लगभग 20°C पर ध्वनि का वेग 343 m/s होता है।

Adda247

4 आवृत्ति के आधार पर ध्वनि

अवश्रव्य 20 Hz से कम → श्रव्य 20 Hz से 20,000 Hz → पराश्रव्य 20,000 Hz से अधिक

ध्वनि का प्रकार	आवृत्ति सीमा
अवश्रव्य ध्वनि	20 Hz से कम
श्रव्य ध्वनि	लगभग 20 Hz से 20,000 Hz
पराश्रव्य ध्वनि	20,000 Hz से अधिक

- मनुष्य की सामान्य श्रवण सीमा लगभग 20 Hz – 20 kHz है; आयु एवं व्यक्ति के अनुसार इसमें अंतर हो सकता है।
- चमगादड़ पराश्रव्य ध्वनि का उपयोग दिशा-निर्धारण में करते हैं।
- डॉल्फिन भी पराश्रव्य ध्वनि एवं प्रतिध्वनि-आधारित दिशा-निर्धारण का उपयोग करती हैं।
- चिकित्सा में अल्ट्रासाउंड: आंतरिक अंगों की इमेजिंग तथा भ्रूण की जाँच में उपयोग।

5 ध्वनि के प्रमुख गुण

- तारत्व (Pitch): मुख्यतः आवृत्ति पर निर्भर करता है। अधिक आवृत्ति वाली ध्वनि का तारत्व अधिक होता है।
- प्रबलता (Loudness): ध्वनि कितनी तेज सुनाई देती है; यह आयाम, ध्वनि तीव्रता और श्रवण की स्थिति पर निर्भर करती है।
- गुणता (Quality/Timbre): समान तारत्व और प्रबलता वाली ध्वनियों को अलग पहचानने में सहायता करती है।
- ध्वनि तीव्रता: प्रति इकाई क्षेत्रफल प्रति सेकंड प्रवाहित ध्वनि ऊर्जा; SI मात्रक W/m^2।
- ध्वनि स्तर: सामान्यतः डेसीबल (dB) में व्यक्त किया जाता है।

भ्रम से बचें: आवृत्ति तारत्व से संबंधित है, जबकि आयाम ध्वनि की तीव्रता एवं प्रबलता को प्रभावित करता है।

Adda247

6 ध्वनि का परावर्तन

ध्वनि स्रोत → परावर्तक सतह 17 मीटर → प्रतिध्वनि 0.1 सेकंड

- ध्वनि का किसी सतह से टकराकर वापस लौटना ध्वनि का परावर्तन कहलाता है।
- प्रतिध्वनि (Echo): परावर्तित ध्वनि का मूल ध्वनि से अलग सुनाई देना।
- सामान्य परिस्थितियों में स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने के लिए मूल और परावर्तित ध्वनि के बीच लगभग 0.1 सेकंड का अंतर आवश्यक होता है।
- वायु में ध्वनि का वेग 343 m/s मानने पर परावर्तक सतह की न्यूनतम दूरी लगभग 17 मीटर होती है, जब ध्वनि के लौटने में कुल 0.1 सेकंड लगते हैं।

7 ध्वनि के प्रमुख अनुप्रयोग

- SONAR: पानी के भीतर वस्तुओं तथा समुद्र की गहराई का पता लगाने में ध्वनि तरंगों का उपयोग।
- अल्ट्रासाउंड: चिकित्सा इमेजिंग, औद्योगिक परीक्षण और कुछ प्रकार की सफाई।
- स्टेथोस्कोप: शरीर के भीतर उत्पन्न ध्वनियों को सुनने में सहायता।
- ध्वनि अवशोषक पदार्थ: सभागारों में प्रतिध्वनि और अनावश्यक गूँज कम करने के लिए।

8 प्रकाश की मूल अवधारणाएँ

- **प्रकाश**: ऊर्जा का एक रूप, जो विद्युतचुंबकीय तरंगों के रूप में संचरित होता है।
- प्रकाश निर्वात में भी संचरित होता है।
- निर्वात में प्रकाश का वेग लगभग 3×10^8 m/s है।
- **प्रकाश की तरंगदैर्ध्य और आवृत्ति का संबंध:**

$$c = f\lambda$$

- **प्रकाश का परावर्तन**: सतह से टकराकर प्रकाश का उसी माध्यम में वापस लौटना।
- **प्रकाश का अपवर्तन**: एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाने पर प्रकाश की दिशा में परिवर्तन, जो वेग में परिवर्तन के कारण होता है।

9 परावर्तन के नियम

आपतित किरण → $\angle i = \angle r$ → परावर्तित किरण

- आपतन कोण, परावर्तन कोण के बराबर होता है।
- आपतित किरण, परावर्तित किरण और अभिलंब एक ही तल में होते हैं।
- **नियमित परावर्तन**: चिकनी सतह से परावर्तन; स्पष्ट प्रतिबिंब बन सकता है।
- **विसरित परावर्तन**: खुरदरी सतह से विभिन्न दिशाओं में परावर्तन; प्रत्येक बिंदु पर परावर्तन के नियम लागू होते हैं।

10 समतल दर्पण

- प्रतिबिंब आभासी, सीधा और वस्तु के समान आकार का होता है।
- प्रतिबिंब दर्पण के पीछे उतनी ही दूरी पर बनता है, जितनी दूरी पर वस्तु दर्पण के सामने होती है।
- **पार्श्व परिवर्तन**: दाएँ और बाएँ का आभासी उलटाव।
- समतल दर्पण की आवर्धन क्षमता m=+1 होती है।

Adda247

11 गोलीय दर्पण

विशेषता	अवतल दर्पण	उत्तल दर्पण
परावर्तक सतह	अंदर की ओर वक्र	बाहर की ओर वक्र
प्रकाश किरणों पर प्रभाव	अभिसारी	अपसारी
प्रतिबिंब	वस्तु की स्थिति पर निर्भर	सदैव आभासी, सीधा एवं छोटा
उपयोग	शेविंग दर्पण, दंत चिकित्सक, परावर्तक	वाहनों के पश्च-दृश्य दर्पण

महत्त्वपूर्ण सूत्र

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$$

- f = फोकस दूरी, v = प्रतिबिंब दूरी, u = वस्तु दूरी।
- गोलीय दर्पण के लिए R=2f, जहाँ R वक्रता त्रिज्या है।
- कार्तीय चिह्न परिपाटी के अनुसार सूत्रों में दूरियों के चिह्न निर्धारित किए जाते हैं।

12 प्रकाश का अपवर्तन

विरल माध्यम → अभिलंब की ओर → सघन माध्यम

- एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रवेश करने पर प्रकाश की चाल बदलने के कारण उसकी दिशा बदल सकती है।
- स्नेल का नियम:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

- अपवर्तनांक: निर्वात में प्रकाश की चाल और माध्यम में प्रकाश की चाल का अनुपात।

$$n = \frac{c}{v}$$

- प्रकाश विरल माध्यम से सघन माध्यम में प्रवेश करता है तो सामान्यत: अभिलंब की ओर मुड़ता है।
- सघन माध्यम से विरल माध्यम में प्रवेश करने पर सामान्यत: अभिलंब से दूर मुड़ता है।
- अभिलंब दिशा में प्रवेश करने पर प्रकाश की दिशा नहीं बदलती, यद्यपि चाल बदल सकती है।

13 लेंस

विशेषता	उत्तल लेंस	अवतल लेंस
प्रकृति	अभिसारी	अपसारी
समानांतर किरणें	वास्तविक फोकस पर मिलती हैं	फोकस से आती हुई प्रतीत होती हैं
सामान्य प्रतिबिंब	वस्तु की स्थिति पर निर्भर	आभासी, सीधा और छोटा
उपयोग	आवर्धक काँच, कैमरा, दूरदर्शिता का सुधार	निकटदृष्टिता का सुधार

महत्त्वपूर्ण सूत्र

- लेंस सूत्र:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$$

Adda247

- आवर्धन:

$$m = \frac{v}{u}$$

- लेंस की क्षमता:

$$P = \frac{1}{f}$$

यहाँ f मीटर में तथा P डायोप्टर में है।

- उत्तल लेंस की क्षमता सामान्यत: धनात्मक होती है।
- अवतल लेंस की क्षमता सामान्यत: ऋणात्मक होती है।
- संपर्क में रखे पतले लेंसों की कुल क्षमता $P = P_1 + P_2$ होती है।

14 प्रकाश की प्रमुख घटनाएँ

अपवर्तन → वर्ण-विक्षेपण → आंतरिक परावर्तन

- पूर्ण आंतरिक परावर्तन: सघन से विरल माध्यम में जाने पर आपतन कोण क्रांतिक कोण से अधिक होने पर प्रकाश का पूर्ण परावर्तन।
- इंद्रधनुष: अपवर्तन, वर्ण-विक्षेपण और आंतरिक परावर्तन की संयुक्त प्रक्रिया से बनता है।
- वर्ण-विक्षेपण: श्वेत प्रकाश का विभिन्न रंगों में विभाजन।
- प्रिज्म: श्वेत प्रकाश को उसके घटक रंगों में विभाजित कर सकता है।
- प्रकाश का प्रकीर्णन: कणों द्वारा प्रकाश का विभिन्न दिशाओं में फैलना; आकाश का नीला दिखाई देना इसका प्रमुख उदाहरण है।
- लाल रंग: दृश्य प्रकाश में अपेक्षाकृत अधिक तरंगदैर्घ्य वाला रंग; लाल प्रकाश का प्रकीर्णन सामान्यत: नीले प्रकाश से कम होता है।

Waves, Sound and Light

1 Basic Concepts of Waves

Vibrating source → Medium → Energy transfer

- **Wave**: A disturbance that transfers energy, generally without permanent transfer of matter.
- **Amplitude**: Maximum displacement from the mean position.
- **Wavelength (λ)**: Distance between two successive points in the same phase.
- **Frequency (f)**: Number of complete oscillations per second; SI unit is hertz (Hz).
- **Time period (T)**: Time taken for one complete oscillation; SI unit is the second.
- **Wave speed (v)**: Distance travelled by a wave per unit time.

Important Formulae

$$v = f\lambda \qquad f = \frac{1}{T} \qquad T = \frac{1}{f}$$

- At a constant wave speed, increasing frequency decreases wavelength.
- Wave speed depends on the properties of the medium.
- Mechanical waves require a medium; electromagnetic waves can travel through a vacuum.

2 Types of Waves

Basis	Type	Characteristic
Particle motion	Transverse	Particles oscillate perpendicular to the direction of propagation
Particle motion	Longitudinal	Particles oscillate parallel to the direction of propagation
Medium	Mechanical	Requires a material medium
Medium	Electromagnetic	Can propagate through a vacuum

- **Transverse wave example**: A wave on a stretched string.
- **Longitudinal wave example**: Sound travelling through air.
- Light is a transverse electromagnetic wave.
- Sound in air normally propagates as a longitudinal mechanical wave.

3 Production and Propagation of Sound

Vibration → Medium → Sound

- Sound is produced by vibrating objects.
- Sound requires a medium such as a solid, liquid or gas for propagation.
- Sound cannot travel through a vacuum.
- Sound generally travels faster in solids than in gases, although its speed depends on the material's properties and temperature.
- At approximately 20°C, the speed of sound in air is 343 m/s.

4 Classification by Frequency

Infrasonic Below 20 Hz → Audible 20 Hz to 20,000 Hz → Ultrasonic Above 20,000 Hz

Type of sound	Frequency range
Infrasonic	Below 20 Hz
Audible	Approximately 20 Hz to 20,000 Hz
Ultrasonic	Above 20,000 Hz

- The normal human hearing range is approximately 20 Hz – 20 kHz, although it varies with age and individual hearing.
- Bats use ultrasonic sounds for navigation.
- Dolphins use ultrasonic sounds and echolocation.
- Medical ultrasound: Used for imaging internal organs and examining a developing fetus.

5 Main Characteristics of Sound

- Pitch: Primarily depends on frequency. Higher frequency generally produces higher pitch.
- Loudness: How loud a sound is perceived; depends on sound intensity, amplitude and hearing conditions.
- Quality (Timbre): Helps distinguish sounds from different sources even when pitch and loudness are similar.
- Sound intensity: Sound energy passing per second through a unit area; SI unit is W/m^2.
- Sound level: Commonly expressed in decibels (dB).

> Important distinction: Frequency is associated with pitch, whereas amplitude influences sound intensity and perceived loudness.

Adda247

6 Reflection of Sound

Sound source → Reflecting surface 17 metres → Echo 0.1 seconds

- Reflection of sound: Sound waves return after striking a surface.
- Echo: Reflected sound heard separately from the original sound.
- Under ordinary conditions, an interval of approximately 0.1 seconds is needed to hear a distinct echo.
- Taking the speed of sound in air as 343 m/s, the reflecting surface should be approximately 17 metres away for the sound to travel to it and back in 0.1 seconds.

7 Applications of Sound

- SONAR: Uses sound waves to detect underwater objects and measure sea depth.
- Ultrasound: Used in medical imaging, industrial testing and certain cleaning applications.
- Stethoscope: Helps detect and listen to sounds produced inside the body.
- Sound-absorbing materials: Used in auditoriums to reduce excessive reverberation and unwanted sound reflections.

8 Fundamental Concepts of Light

- **Light**: A form of energy that propagates as an electromagnetic wave.
- Light can travel through a vacuum.
- **Speed of light in vacuum**: Approximately 3×10^8 m/s.
- **Relationship between wavelength and frequency**:

$$c = f\lambda$$

- **Reflection of light**: Return of light into the original medium after striking a surface.
- **Refraction of light**: Change in direction when light passes between media due to a change in speed.

9 Laws of Reflection

Incident ray → $\angle i = \angle r$ → Reflected ray

- The angle of incidence equals the angle of reflection.
- The incident ray, reflected ray and normal lie in the same plane.
- **Regular reflection**: Reflection from a smooth surface; a clear image may be formed.
- **Diffuse reflection**: Reflection from a rough surface in different directions; the laws of reflection still apply at each point.

10 Plane Mirror

- Forms an image that is virtual, erect and equal in size to the object.
- The image appears as far behind the mirror as the object is in front of it.
- **Lateral inversion**: Apparent reversal of left and right.
- Magnification of a plane mirror is m=+1.

11 Spherical Mirrors

Feature	Concave mirror	Convex mirror
Reflecting surface	Curved inward	Curved outward
Effect on parallel rays	Converging	Diverging
Image	Depends on object position	Always virtual, erect and diminished
Uses	Shaving mirrors, dentists' mirrors, reflectors	Rear-view mirrors in vehicles

Important Formulae

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$$

- f = focal length, v = image distance, u = object distance.
- For a spherical mirror, R=2f, where R is the radius of curvature.
- Distances and signs must follow the Cartesian sign convention.

Adda247

12 Refraction of Light

Rarer medium → Towards normal → Denser medium

- Refraction occurs when light changes direction while passing from one medium to another because its speed changes.
- Snell's law:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

- Refractive index: Ratio of the speed of light in vacuum to its speed in a medium.

$$n = \frac{c}{v}$$

- Light generally bends towards the normal when entering an optically denser medium from a rarer medium.
- Light generally bends away from the normal when entering an optically rarer medium from a denser medium.
- Light entering along the normal does not change direction, although its speed may change.

13 Lenses

Feature	Convex lens	Concave lens
Nature	Converging	Diverging
Parallel rays	Meet at a real focus	Appear to diverge from a focus
Image	Depends on object position	Virtual, erect and diminished for a real object
Uses	Magnifying glass, cameras, correction of hypermetropia	Correction of myopia

Important Formulae

- Lens formula:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$$

Adda247

- Magnification:

$$m = \frac{v}{u}$$

- Power of a lens:

$$P = \frac{1}{f}$$

Here, f is measured in metres and P in dioptres (D).

- A convex lens generally has positive power.
- A concave lens generally has negative power.
- For thin lenses in contact, the total power is $P = P_1 + P_2$.

14 Important Optical Phenomena

Refraction → Dispersion → Internal reflection

- Total internal reflection: Complete reflection of light back into the optically denser medium when light travels towards a rarer medium and the angle of incidence exceeds the critical angle.
- Rainbow: Formed through a combination of refraction, dispersion and internal reflection of sunlight in water droplets.
- Dispersion: Splitting of white light into its constituent colours.
- Prism: Can separate white light into its constituent colours.
- Scattering of light: Redirection of light in different directions by particles; the blue appearance of the sky is a major example.
- Red light: Has a relatively longer wavelength in the visible spectrum and is generally scattered less than blue light.