तरंगें (Waves)

परिचय

तरंग एक ऐसी विक्षोभ है जो पदार्थ का वास्तविक स्थानांतरण किए बिना **ऊर्जा और संवेग** को एक स्थान से दूसरे स्थान तक स्थानांतरित करती है। तरंगें विभिन्न रूपों में पाई जाती हैं, जैसे ध्वनि तरंगें, जल तरंगें, प्रकाश तरंगें और रेडियो तरंगें। इस अध्याय में तरंगों के मूल गुण, प्रकार तथा तरंग गति से संबंधित महत्वपूर्ण अवधारणाओं का अध्ययन किया जाता है।

तरंग गति (Wave Motion)

परिभाषा

तरंग गति किसी माध्यम या स्थान में विक्षोभ के संचरण की प्रक्रिया है। तरंग के आगे बढ़ने पर माध्यम के कण अपनी माध्य स्थिति के चारों ओर दोलन करते हैं।

तरंग **ऊर्जा का स्थानांतरण** करती है, लेकिन माध्यम के कण तरंग के साथ आगे नहीं बढ़ते।

तरंगों के प्रकार

यांत्रिक तरंगें

यांत्रिक तरंगों को संचरण के लिए भौतिक माध्यम की आवश्यकता होती है।

उदाहरण—

- ध्वनि तरंगें
- जल तरंगें
- तनी हुई डोरी में तरंगें

विद्युतचुंबकीय तरंगें

विद्युतचुंबकीय तरंगों को संचरण के लिए किसी भौतिक माध्यम की आवश्यकता नहीं होती और ये निर्वात में भी चल सकती हैं।

उदाहरण—

- प्रकाश तरंगें
- रेडियो तरंगें
- X-किरणें

अनुप्रस्थ एवं अनुदैर्ध्य तरंगें

अनुप्रस्थ तरंगें

अनुप्रस्थ तरंग में माध्यम के कणों का कंपन तरंग के संचरण की दिशा के **लंबवत** होता है।

उदाहरण—

- तनी हुई डोरी में तरंगें
- विद्युतचुंबकीय तरंगें

इनमें **शिखर और गर्त** होते हैं।

अनुदैर्ध्य तरंगें

अनुदैर्ध्य तरंग में माध्यम के कण तरंग के संचरण की दिशा के **समानांतर** कंपन करते हैं।

उदाहरण—

- वायु में ध्वनि तरंगें

इनमें **संपीड़न और विरलन** होते हैं।

महत्वपूर्ण शब्द

तरंगदैर्ध्य *(Wavelength)*

तरंगदैर्ध्य (λ) समान कला में कंपन करने वाले दो क्रमागत कणों के बीच की दूरी है।

अनुप्रस्थ तरंगों में यह दो क्रमागत शिखरों या गर्तों के बीच की दूरी होती है।

SI मात्रक: **मीटर (m)**

आवृत्ति *(Frequency)*

आवृत्ति (ν) किसी कण द्वारा एक सेकंड में किए गए पूर्ण कंपनों की संख्या है।

SI मात्रक: **हर्ट्ज (Hz)**

आवर्तकाल *(Time Period)*

आवर्तकाल (T) एक पूर्ण कंपन करने में लगा समय है।

T = 1/ν

आयाम *(Amplitude)*

आयाम (A) माध्य स्थिति से कण का अधिकतम विस्थापन है।

अधिक आयाम का अर्थ है कि तरंग अधिक ऊर्जा ले जा रही है।

तरंग वेग (Wave Velocity)

परिभाषा

तरंग वेग वह गति है जिससे तरंग का विक्षोभ माध्यम में आगे बढ़ता है।

सूत्र—

v = νλ

जहाँ—

- **v** = तरंग वेग
- **ν** = आवृत्ति
- **λ** = तरंगदैर्ध्य

क्योंकि **ν = 1/T**, इसलिए—

v = λ/T

तरंग का वेग माध्यम के गुणों पर निर्भर करता है।

अध्यारोपण का सिद्धांत

कथन

अध्यारोपण का सिद्धांत कहता है कि जब दो या अधिक तरंगें एक-दूसरे पर अध्यारोपित होती हैं, तो किसी बिंदु पर परिणामी विस्थापन व्यक्तिगत तरंगों के विस्थापनों का बीजीय या सदिश योग होता है।

यह सिद्धांत निम्न घटनाओं को समझाता है—

- व्यतिकरण
- बीट्स
- अप्रगामी तरंगें

प्रगामी तरंगें

परिभाषा

प्रगामी तरंग वह तरंग है जो एक स्थान से दूसरे स्थान तक लगातार आगे बढ़ती है और माध्यम में ऊर्जा का स्थानांतरण करती है।

विशेषताएँ—

- ऊर्जा का स्थानांतरण करती हैं।
- कण अपनी माध्य स्थिति के चारों ओर दोलन करते हैं।
- सभी कणों की आवृत्ति समान होती है।

- कण सामान्यतः अलग-अलग कलाओं में होते हैं।

अप्रगामी तरंगें

परिभाषा

जब समान आवृत्ति और समान आयाम की दो तरंगें विपरीत दिशाओं में चलकर एक-दूसरे पर अध्यारोपित होती हैं, तो **अप्रगामी तरंग** बनती है।

इसमें होते हैं—

- **नोड:** ऐसे बिंदु जहाँ विस्थापन हमेशा शून्य होता है।
- **प्रतिनोड:** ऐसे बिंदु जहाँ विस्थापन अधिकतम होता है।

अप्रगामी तरंगें एक स्थान से दूसरे स्थान तक ऊर्जा का स्थानांतरण नहीं करतीं।

ध्वनि तरंगें

ध्वनि की प्रकृति

ध्वनि एक **यांत्रिक अनुदैर्ध्य तरंग** है जिसे संचरण के लिए माध्यम की आवश्यकता होती है।

ध्वनि निर्वात में संचरित नहीं हो सकती।

ध्वनि का वेग माध्यम के गुणों पर निर्भर करता है और सामान्यतः गैसों से द्रवों तथा द्रवों से ठोसों में बढ़ता है।

बीट्स (Beats)

परिभाषा

जब थोड़ी अलग आवृत्तियों वाली दो ध्वनि तरंगें व्यतिकरण करती हैं, तो ध्वनि की तीव्रता में होने वाले आवधिक उतार-चढ़ाव को **बीट्स** कहते हैं।

बीट आवृत्ति—

$\nu_{beat} = |\nu_1 - \nu_2|$

बीट्स का उपयोग आवृत्तियों की तुलना और वाद्य यंत्रों को ट्यून करने में किया जाता है।

डॉप्लर प्रभाव

परिभाषा

डॉप्लर प्रभाव स्रोत और प्रेक्षक के बीच सापेक्ष गति के कारण तरंग की आवृत्ति में होने वाला आभासी परिवर्तन है।

उदाहरण—

- पास आती और दूर जाती सायरन की आवाज में परिवर्तन
- तारों की गति मापना
- रडार द्वारा गति मापना

तरंगों के अनुप्रयोग

महत्व

तरंगों का उपयोग—

- संचार
- रेडियो और टेलीविजन
- मोबाइल नेटवर्क
- चिकित्सा इमेजिंग
- सोनोग्राफी
- संगीत
- रडार और नेविगेशन
- भूकंप का पता लगाने

में किया जाता है।

मुख्य बिंदु

- तरंगें पदार्थ का स्थानांतरण किए बिना ऊर्जा स्थानांतरित करती हैं।
- यांत्रिक तरंगों को माध्यम की आवश्यकता होती है।
- विद्युतचुंबकीय तरंगें निर्वात में भी चल सकती हैं।
- अनुप्रस्थ तरंगों में शिखर और गर्त होते हैं।
- अनुदैर्ध्य तरंगों में संपीड़न और विरलन होते हैं।
- तरंग समीकरण $\mathbf{v = \nu\lambda}$ है।
- अप्रगामी तरंगों में नोड और प्रतिनोड होते हैं।
- थोड़ी अलग आवृत्तियों वाली दो तरंगों से बीट्स उत्पन्न होते हैं।
- डॉप्लर प्रभाव सापेक्ष गति के कारण आवृत्ति में आभासी परिवर्तन है।

अध्याय सारांश

इस अध्याय में तरंग गति तथा विभिन्न प्रकार की तरंगों का अध्ययन किया गया है। इसमें यांत्रिक एवं विद्युतचुंबकीय तरंगें, अनुप्रस्थ एवं अनुदैर्ध्य तरंगें, तरंगदैर्ध्य, आवृत्ति, आवर्तकाल, आयाम, तरंग वेग, अध्यारोपण, प्रगामी एवं अप्रगामी तरंगें, ध्वनि तरंगें, बीट्स तथा डॉप्लर प्रभाव शामिल हैं। तरंगों का उपयोग संचार, तकनीक, चिकित्सा, संगीत तथा अनेक प्राकृतिक घटनाओं को समझने में महत्वपूर्ण है।