भौतिकी

अध्याय-15: तरंगे

तरंगे

तरंग संबंधी कुछ महत्वपूर्ण तथ्य-

• आवर्तकाल के व्युत्क्रम को आवृत्ति कहते हैं।

• अनुदैर्ध्य तरंग की चाल ठोसों में सबसे अधिक, द्रवों में ठोसों से कम तथा गैसों में सबसे कम होती है।

• नियत ताप पर ध्वनि की चाल पर दाब परिवर्तन का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

• तरंगों में व्यतिकरण तथा विवर्तन की घटनाएं होती है एवं अनुप्रस्थ तरंगों में ध्रुवण होता है।

• विस्पंद की घटना ध्वनि के व्यतिकरण का एक विशेष उदाहरण है।

• प्रकाश की वायु में चाल 3×10^8 मीटर/सेकंड तथा ध्वनि की वायु में चाल 330 मीटर/सेकंड होती है।

• प्रगामी तरंग द्वारा माध्यम में ऊर्जा का संचरण होता है।

तरंग गति

तरंग किसी माध्यम में उत्पन्न वह विक्षोभ है जिसमें माध्यम के कर अपने स्थान पर बने रहते हैं परंतु ऊर्जा एक स्थान से दूसरे स्थान पर स्थानांतरित हो जाती है।

उदाहरण

जब हम किसी तालाब में पत्थर फेंकते हैं तो पत्थर के फेंकने पर तालाब के जल में कंपन उत्पन्न हो जाते हैं। और तालाब का जल ऊपर-नीचे होने लगता है यह कंपन बाहर की ओर बढ़ने लगते हैं। और तालाब के किनारे तक पहुंच जाते हैं। यह कंपन तालाब के केवल ऊपरी सतह पर ही होती हैं।

अन्य उदाहरण - रेडियो तरंगे, ध्वनि तरंगे आदि हैं।

ध्वनि स्रोत के मूल भाग

1. स्वरक

जब किसी ध्वनि स्रोत से उत्पन्न ध्वनि में कई प्रकार की आवृत्तियों की ध्वनि शामिल होती है तो इस प्रकार की ध्वनि को स्वर कहते हैं। यदि किसी ध्वनि स्रोत से उत्पन्न ध्वनि में केवल एक आवृत्ति की ध्वनि उत्पन्न होती है। तो इसे स्वरक कहते हैं।

2. अधिस्वरक

जिस स्वर की आवृत्ति, मूल आवृत्ति से अधिक होती है उसे अधिस्वरक कहते हैं।

3. संनादी

जिस स्वर की आवृत्ति, मूल आवृत्ति की पूर्ण गुणज होती है उसे संनादी कहते हैं।

यांत्रिक तरंग

वह तरंगे जिन्हें एक स्थान से दूसरे स्थान पर स्थानांतरित होने के लिए भौतिक माध्यम की आवश्यकता होती है। एवं जिसमें प्रत्यास्थता तथा जड़त्व का गुण होना आवश्यक है। इस प्रकार की तरंगों को यांत्रिक तरंग (mechanical waves) कहते हैं।
यांत्रिक तरंगे ऊर्जा तथा संवेग का संचरण करती हैं परंतु माध्यम अपने ही स्थान पर स्थिर रहता है।

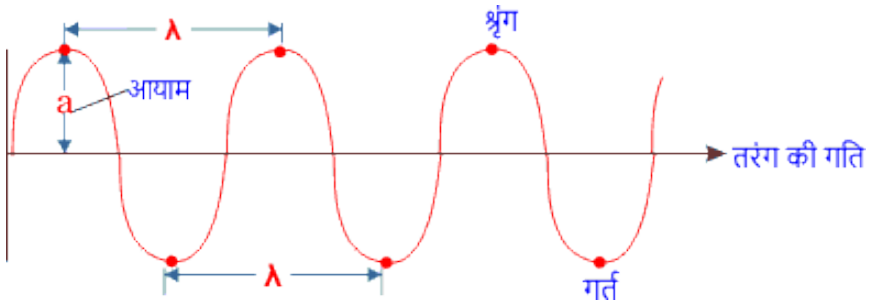
यांत्रिक तरंगों के प्रकार

यांत्रिक तरंग माध्यम के कणों के कंपन के द्वारा उत्पन्न होती हैं। कणों के कंपन की दशा के अनुसार यांत्रिक तरंगे दो प्रकार की होती हैं।
(1) अनुप्रस्थ तरंग
(2) अनुदैर्ध्य तरंग

1. अनुप्रस्थ तरंग

जब किसी माध्यम में यांत्रिक तरंगे संचरित होती हैं तो माध्यम के कण, तरंग के चलने की दिशा के लंबवत कंपन करते हैं। तब इस प्रकार की तरंगों को अनुप्रस्थ तरंग (transverse waves) कहते हैं।
यह तरंगे श्रृंग तथा गर्त के रूप में संचरित होती हैं।

अनुप्रस्थ तरंगे केवल ठोस एवं द्रव की सतह पर उत्पन्न की जा सकती हैं। अर्थात जिनमें दृढ़ता होती है उसमें अनुप्रस्थ तरंगे उत्पन्न की जा सकती हैं। द्रव के भीतर एवं गैस माध्यम में अनुप्रस्थ तरंगे उत्पन्न नहीं की जा सकती हैं।



अनुप्रस्थ तरंग

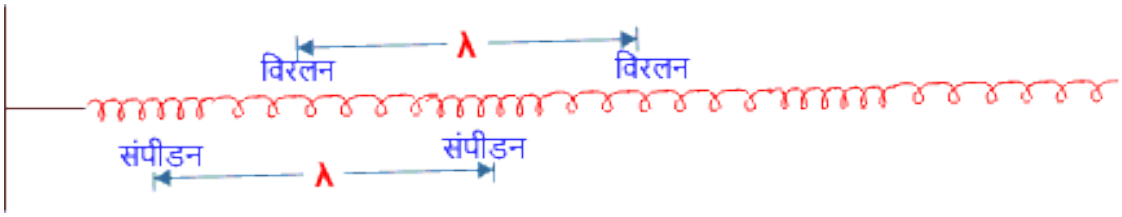
तरंग की गति में तरंग द्वारा जो अधिकतम मान प्राप्त किया जाता है उसे श्रृंग कहते हैं। एवं न्यूनतम मान अर्थात नीचे की ओर अधिकतम मान को गर्त कहते हैं।
एक श्रृंग से दूसरे समीपवर्ती श्रृंग अथवा एक गर्त से दूसरे समीपवर्ती गर्त की दूरी को तरंगदैर्ध्य λ कहते हैं। चित्र से दर्शाया गया है।

अनुप्रस्थ तरंग के उदाहरण

1. किसी व्यक्ति के एक सिरे को दीवार से बांधकर दूसरे सिरे को हाथ से हिलाने पर रस्सी में उत्पन्न तरंगे अनुप्रस्थ तरंगे होती हैं।
2. शांत जल के तालाब में पत्थर फेंकने पर जल में लहर का उत्पन्न होना एक अनुप्रस्थ तरंग है।

2. अनुदैर्ध्य तरंग

जब किसी माध्यम में यांत्रिक तरंगे संचरित होती है तो माध्यम के कण तरंग के चलने की दिशा के समांतर कंपन करते हैं। तब इस प्रकार की तरंगों को अनुदैर्ध्य तरंग (longitudinal waves) कहते हैं।
यह तरंगे संपीड़न तथा विरलन के रूप में संचरित होती हैं।



अनुदैर्ध्य तरंग

अनुदैर्ध्य तरंगों को ठोस, द्रव तथा गैस तीनों माध्यम में उत्पन्न किया जा सकता है। अगर एक स्प्रिंग का उदाहरण लिया जाए तो, जहां स्प्रिंग के चक्कर समीप-समीप होते हैं। वे स्थान संपीड़न तथा जहां स्प्रिंग के चक्कर दूर-दूर होते हैं वे स्थान विरलन कहलाता है।

विरलन स्थान पर माध्यम का दाब व घनत्व कम होता है एवं संपीड़न वाले स्थान पर माध्यम का दाब व घनत्व अधिक होता है।

एक संपीडन से दूसरे पास के संपीडन अथवा एक विरलन से दूसरे पास के विरलन तक की दूरी को तरंगदैर्ध्य λ कहते हैं। चित्र में दर्शाया गया है।

अनुदैर्ध्य तरंग के उदाहरण

1. किसी स्प्रिंग के एक सिरे को किसी दृढ़ से बांधकर तथा दूसरे सिरे को हाथ से खींचने पर उत्पन्न तरंगे, अनुदैर्ध्य तरंगें हैं।
2. वायु में उत्पन्न ध्वनि तरंगे, अनुदैर्ध्य तरंगे होती हैं।

अनुप्रस्थ और अनुदैर्ध्य तरंग में अंतर

1. अनुप्रस्थ तरंग में माध्यम के कण तरंग के चलने की दिशा के लंबवत कंपन करते हैं। जबकि अनुदैर्ध्य तरंग में माध्यम के कण तरंग के चलने की दिशा के समांतर कंपन करते हैं।
2. अनुप्रस्थ तरंग में तरंग के अधिकतम मान को श्रृंग कहते हैं। जबकि अनुदैर्ध्य तरंग में तरंग के अधिकतम मान को संपीडन कहते हैं।
3. अनुप्रस्थ तरंगे केवल ठोसों में पायी जाती हैं। जबकि अनुदैर्ध्य तरंगे ठोस, द्रव तथा गैस तीनों माध्यम में पायी जाती हैं।
4. रस्सी में उत्पन्न तरंग, तालाब में पत्थर मारने पर उत्पन्न तरंग, अनुप्रस्थ तरंगे हैं। जबकि स्प्रिंग में उत्पन्न तरंगे एवं वायु में उत्पन्न तरंगे अनुदैर्ध्य तरंगे हैं।

प्रगामी तरंग

जब किसी माध्यम में लगातार तरंगे उत्पन्न की जाती हैं तो माध्यम के कण भी लगातार कंपन करते रहते हैं। अतः इस दशा में, माध्यम में उत्पन्न हुए विक्षोभ को प्रगामी तरंग (progressive wave) कहते हैं।

प्रगामी तरंग के उदाहरण

तलाब के जल की ऊपरी सतह पर उत्पन्न तरंगे, दीवार से बंधी रस्सी में उत्पन्न तरंगे आदि।

प्रगामी तरंग का समीकरण

- यदि कोई तरंग x-अक्ष की धन दिशा में गतिमान है तो उस प्रगामी तरंग का समीकरण

$$y = a\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

जहां y = विस्थापन

a = तरंग का आयाम

t = तरंग का समय अंतराल

T = आवर्तकाल

x = मूलबिंदु से दूरी

λ = तरंगदैर्ध्य

- यदि x-अक्ष की ऋण दिशा में प्रगामी तरंग संचरित है तो उसका समीकरण

$$y = asin2\pi(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda})$$

- कालांतर तथा पथांतर में संबंध का समीकरण

$$\Delta\Phi = \frac{2\pi}{T} \times \Delta t$$

जहां $\Delta\Phi$ = कालांतर $(\Phi_1 - \Phi_2)$

Δt = समयांतराल $(t_1 - t_2)$

T = आवर्तकाल है।

अप्रगामी तरंग

जब दो एकसमान अनुप्रस्थ अथवा अनुदैर्ध्य प्रगामी तरंगे एक ही चाल से परंतु विपरीत दिशाओं में गति करती हैं। तो इन तरंगों के अध्यारोपण के फलस्वरुप एक नयी तरंग माध्यम में स्थिर प्रतीत होती है अतः इस नयी स्थिर तरंग को अप्रगामी तरंग (stationary waves) कहते हैं।

अप्रगामी तरंगों में माध्यम के कण अपने स्थान पर स्थिर रहते हैं। इस प्रकार के कणों को निस्पंद कहते हैं। एवं इनके विपरीत कुछ कण ऐसे भी होते हैं जिनका विस्थापन अधिकतम होता है उन्हें प्रस्पंद कहते हैं।

अप्रगामी तरंग का समीकरण

- $\boxed{y = 2acos\frac{2\pi x}{\lambda} sin\frac{2\pi t}{T} - \frac{x}{\lambda})}$
- $\boxed{y = -2asin\frac{2\pi x}{\lambda} cos\frac{2\pi t}{T} - \frac{x}{\lambda})}$

अप्रगामी तरंगों की विशेषताएं

1. यह तरंगे माध्यम में आगे नहीं बढ़ती हैं बल्कि एक ही स्थान पर छोटी व बड़ी होती रहती हैं। अर्थात् ऊपर-नीचे होती रहती हैं।
2. दो क्रमागत निस्पंद अथवा दो क्रमागत प्रस्पंद के बीच की दूरी \frac{λ}{2}2λ होती है।
3. निस्पंद को छोड़कर माध्यम के सभी कण कंपन करते हैं। लेकिन इन कंपनों का आयाम निस्पंदों पर शून्य तथा प्रस्पंदों पर अधिकतम होता है।
4. किसी क्षण जब निस्पंद के दोनों ओर के कणों का कलांतर 180° होता है तब निस्पंद के दोनों ओर के कण विपरीत कला में होते हैं।

प्रगामी एवं अप्रगामी तरंगों में अंतर

1. प्रगामी तरंगे माध्यम में एक निश्चित वेग से आगे बढ़ती हैं। जबकि अप्रगामी तरंगे किसी भी दिशा में आगे नहीं बढ़ती हैं बल्कि एक ही स्थान पर छोटी व बड़ी होती रहती हैं।
2. प्रगामी तरंगों में माध्यम के सभी का कंपन करते हैं। जबकि अप्रगामी तरंगों में निस्पंदों को छोड़कर सभी कण कंपन करते हैं।
3. प्रगामी तरंगों में सभी कंपित तरंगों का आयाम बराबर होता है। जबकि अप्रगामी तरंगों में कणों के कंपन का आयाम भिन्न भिन्न होता है।
4. प्रगामी तरंगों द्वारा माध्यम में ऊर्जा का संचरण होता है। जबकि अप्रगामी तरंगों द्वारा माध्यम में ऊर्जा का संचरण नहीं होता है।
5. प्रगामी तरंगों में किसी क्षण कण की कला लगातार बदलती रहती है। जबकि अप्रगामी तरंगों में किसी क्षण दो समीपवर्ती निस्पंदों के बीच सभी कणों की कला समान होती है।

तरंगों के अध्यारोपण का सिद्धांत

जब किसी माध्यम में दो या दो से अधिक तरंगे समान समय अंतराल में एक साथ बिना एक-दूसरे की गति को प्रभावित किये माध्यम में गमन करती हैं। तो माध्यम के किसी कण का किसी क्षण तरंग का परिणामी विस्थापन, दोनों तरंगों के अलग-अलग विस्थापनों के सदिश योग के बराबर होता है इसे ही तरंगों के अध्यारोपण का सिद्धांत (principle of superposition of waves) कहते हैं।

यह सिद्धांत सभी प्रकार की तरंगों के लिए सत्य है लेकिन शर्त यही है कि तरंग का आयाम बहुत बड़ा न हो। अगर तरंग का आयाम बड़ा होता है तब यह सिद्धांत उन तरंगों पर लागू नहीं होता है। जैसे - लेसर तरंग।

अध्यारोपण के सिद्धांत का अर्थ यह है कि यदि किसी माध्यम में एक साथ एक समय में बहुत सी तरंगे गति करती हैं तो वह तरंगे एक दूसरे को प्रभावित किए बिना ही चलती जाती हैं।

तरंगों के अध्यारोपण से तीन प्रकार के प्रभाव प्राप्त होते हैं
(1) व्यतिकरण
(2) विस्पंद
(3) अप्रगामी तरंगे

बद्ध माध्यम

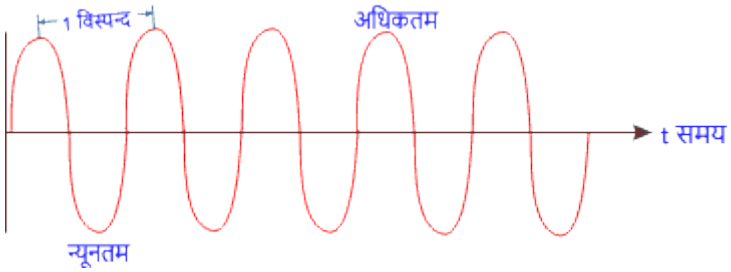
यह एक ऐसा माध्यम होता है जिसकी परिसीमा होती है। एवं जो निश्चित पृष्ठ द्वारा अन्य माध्यमों से भिन्न होता है तो इस प्रकार के माध्यमों को बद्ध माध्यम (bounded medium) कहते हैं।
इस प्रकार के माध्यम केवल कुछ आवृत्तियों से ही दोलन करते हैं।
बद्ध माध्यम की सीमाएं दो प्रकार की होती हैं।
(1) कठोर परिसीमा
(2) कोमल परिसीमा

जब कोई तरंग किसी माध्यम में गमन करती है। तो अगर उस तरह की कोई सीमा नहीं होगी, तो वह तरंग सीधी उसी माध्यम में चलती चली जाएगी। अर्थात् कोई सीमा नहीं है तो वह तरंग नहीं रुक पाएगी।
अगर तरंग की कोई (कठोर या कोमल) सीमा है तो तरंग इस सीमा को पार नहीं करेगी। बल्कि सीमा के अंतर्गत ही रुक जाएगी।

विस्पन्द

जब लगभग समान आवृत्ति की दो ध्वनि तरंगे एक साथ उत्पन्न की जाती है तथा एक साथ एक ही दिशा में गति करती है। तो इन तरंगों के अध्यारोपण से एक नयी तरंग का निर्माण होता है। इस नवीन तरंग की आवृत्ति समय के साथ परिवर्तित होती रहती है। अतः तरंग में होने वाले इस परिवर्तन को ही विस्पन्द (beats) कहते हैं।
विस्पन्द की घटना तरंगों के अध्यारोपण के सिद्धांत पर आधारित है।

एक न्यूनतम तथा एक अधिकतम ध्वनि की तीव्रता वाली तरंगों से विस्पन्द का निर्माण होता है। विस्पन्द उत्पन्न करने वाली ध्वनि स्रोतों की आवृत्ति हमें बहुत कम अंतर होना चाहिए। अगर ध्वनि स्रोतों की आवृत्तियों में ज्यादा अंतर पाया जाता है तो वह तरंगे विस्पंद उत्पन्न नहीं करती हैं।



विस्पंद के उदाहरण

यदि हम दो समान आवृत्ति वाले स्वरित्र द्विभुज को एक साथ एक समय पर रबड़ पर मारकर बजाते हैं। तो स्वरित्रों की आवृत्ति में कोई परिवर्तन प्रतीत नहीं होगा। यदि हम एक स्वरित्र की भुजा पर कुछ पदार्थ लगाकर उसकी आवृत्ति कम कर दे। तो दोनों की आवृत्तियों में परिवर्तन प्रतीत होगा। यही परिवर्तन विस्पंद कहलाता है।

विस्पंद आवृत्ति का सूत्र

एक सेकंड में उत्पन्न होने वाले विस्पंदों की संख्या को विस्पंद आवृत्ति कहते हैं।

$$\boxed{\text{विस्पंदआवृत्ति} = n_1 - n_2}$$

जहां n_1 व n_2 दोनों ध्वनि तरंगों की आवृत्तियो में अंतर हैं।

अर्थात् एक सेकंड में (n_1 - n_2) विस्पंद सुनाई देंगे। अतः 1 सेकंड में सुनाई देने वाले विस्पंदों की संख्या को विस्पंद आवृत्ति कहते हैं।

विस्पंदों के व्यवहारिक उपयोग

1. विस्पंद की सहायता से वस्तुओं की आवृत्तियां ज्ञात की जा सकती हैं। जैसे किसी स्वरित्र की आवृत्ति हमें ज्ञात करनी है तथा दूसरे स्वरित्र की आवृत्ति लगभग पहले स्वरित्र के समान ही है। तो विस्पंद की सहायता से दूसरे स्वरित्र की आवृत्ति ज्ञात कर सकते हैं।
2. विस्पंद का उपयोग कोयले की खानों में विषैली गैस का पता लगाने में होता है। इसके लिए अनेक प्रकार के प्रक्रम प्रयोग किए जाते हैं। जब खानों में विषैली गैस पाई जाती हैं तब उस प्रक्रम में वायु का घनत्व कम हो जाता है। तथा ध्वनि का वेग बढ़ जाता है वेग के बढ़ने पर ध्वनि की आवृत्ति परिवर्तित हो जाती है। अर्थात् विस्पंद सुनाई देने लगते हैं। इस प्रकार कोयले की खानों में विषैली गैस से का पता लगाया जाता है।

बंद और खुला ऑर्गन पाइप

अनेकों ऐसे संगीत उत्पन्न करने वाले वाद्य यंत्र हैं जिनमें वायु कंपनों से ध्वनि उत्पन्न होती है। जैसे - बांसुरी, सीटी, शहनाई आदि।

इन सभी वाद्य यंत्रों में हम फूंक मारते हैं तो ध्वनि उत्पन्न होती है। इसका कारण यह है कि जब इन वाद्य यंत्रों में हम वायु देते हैं तो इसके अंदर स्थित वायु आपस में अध्यारोपित हो जाती है जिसके फलस्वरूप तरंगे उत्पन्न हो जाती हैं। और ध्वनि सुनाई देने लगती है इस प्रकार के यंत्र को ऑर्गन पाइप कहते हैं।

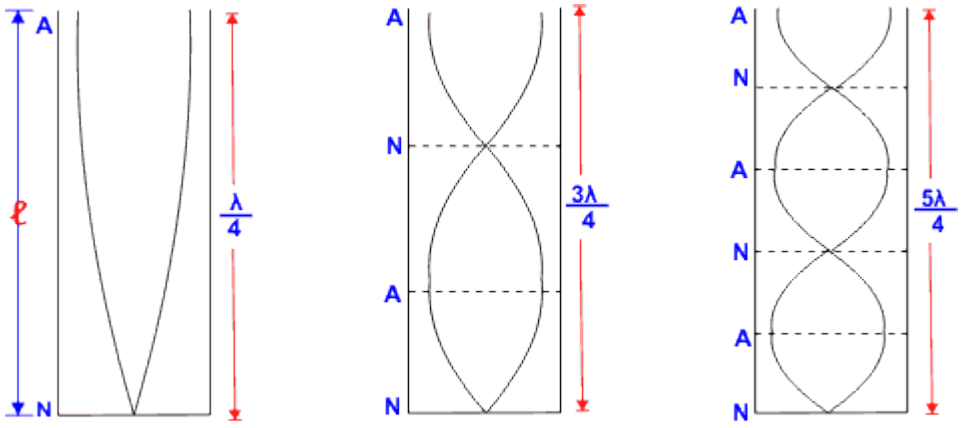
ऑर्गन पाइप दो प्रकार के होते हैं।

(1) खुला ऑर्गन पाइप

(2) बंद ऑर्गन पाइप

1. खुला ऑर्गन पाइप

दोनों सिरों से खुले बेलनाकार पाइप को खुला ऑर्गन पाइप (open organ pipe) कहते हैं। यह । लंबाई का एक दोनों तरफ से खुला पाइप होता है। जब इस पाइप की एक सिरे पर फूंक मारते हैं तो पाइप के भीतर की वायु में अनुदैर्ध्य तरंगे उत्पन्न हो जाती हैं। जो पाइप के एक सिरे से दूसरे सिरे की ओर चलती है। चित्र द्वारा स्पष्ट है।



खुला ऑर्गन पाइप

चूंकि पाइप का दूसरा सिरा एक मुक्त परिसीमा की तरह कार्य करता है जिससे यह वायु परावर्तित होकर पहले सिरे की ओर ही आ जाती है। इसी प्रकार पाइप का पहला सिरे भी एक मुक्त परिसीमा की भांति कार्य करता है। जिस कारण यह वायु पुनः परिवर्तित होकर दूसरे सिरे की ओर लौट आती है।

अतः इस प्रकार ऑर्गन पाइप के अंदर वायु स्तंभ में दो अनुदैर्ध्य तरंगे विपरीत दिशाओं में गति करने लगती हैं। जिनके अध्यारोपण से अप्रगामी अनुदैर्ध्य तरंगे उत्पन्न हो जाती है।

चूंकि ऑर्गन पाइप के दोनों से खुले हैं इसलिए इसके दोनों सिरों पर सदैव प्रस्पंद होते हैं।

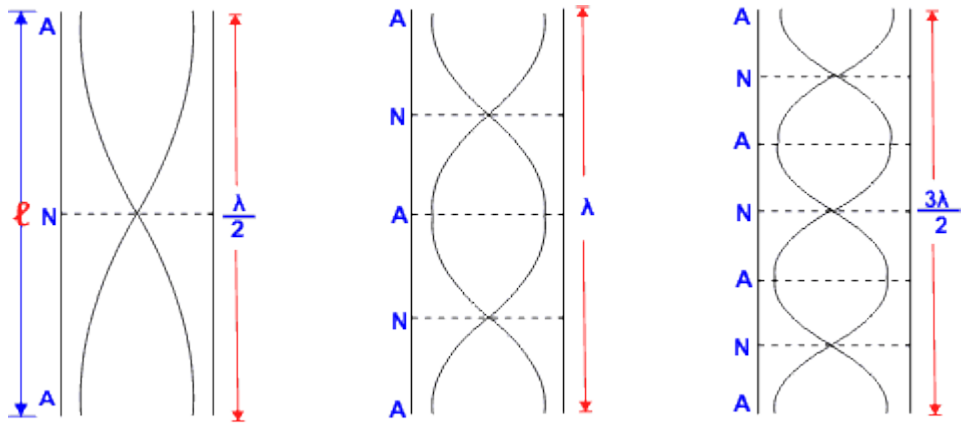
खुले ऑर्गन पाइप से सम तथा विषम दोनों प्रकार की संनादी उत्पन्न हो सकती हैं।

2. बंद ऑर्गन पाइप

यह एक तरफ से खुला तथा दूसरी तरफ से बंद ऑर्गन पाइप होता है। जिसे बंद ऑर्गन पाइप (closed organ pipe) कहते हैं।

यह । लंबाई का एक सिरे से बंद तथा दूसरे सिरे से खुला ऑर्गन पाइप होता है। जब इस ऑर्गन पाइप के खुले सिरे पर फूंक मारते हैं तो पाइप के अंदर की वायु में अनुदैर्ध्य

तरंगे उत्पन्न हो जाती हैं। जो पाइप के बंद सिरे की ओर चलने लगती हैं। चित्र द्वारा स्पष्ट किया गया है।



बंद ऑर्गन पाइप

चूंकि ऑर्गन पाइप का बंद सिर्फ एक दृढ़ परिसीमा की तरह कार्य करता है जिससे यह तरंग परावर्तित होकर खुले सिरे की ओर लौट आती हैं। इस प्रकार पाइप का बंद सिरा भी एक मुक्त परिसीमा की भांति कार्य करता है जिस कारण यह वायु पुनः बंद सिरे की ओर चली जाती है। अतः इस प्रकार बंद ऑर्गन पाइप के अंदर वायु स्तंभ में दो अनुदैर्ध्य तरंगे विपरीत दिशाओं में गमन करने लगती हैं। जिनके अध्यारोपण से अप्रगामी अनुदैर्ध्य तरंगे उत्पन्न हो जाती हैं चूंकि पाइप का एक सिरा खुला तथा एक सिरा बंद है। अतः खुले सिरे पर प्रस्पंद तथा बंद सिर पर विस्पंद होते हैं।
अतः बंद ऑर्गन पाइप से केबल विषम संनादी ही उत्पन्न होती हैं।

क्योंकि खुले ऑर्गन पाइप में सम तथा विषम दोनों संनादी उत्पन्न होती हैं। इसलिए खुले ऑर्गन पाइप से उत्पन्न ध्वनि, बंद ऑर्गन पाइप की अपेक्षा अधिक मधुर होती है।

डॉप्लर प्रभाव

जब प्रकाश स्रोत तथा प्रेक्षक के बीच आपेक्षिक गति होती है तो प्रेक्षक (श्रोता) को प्रकाश की आवृत्ति में कुछ बदलाव महसूस होता है। अर्थात्
"जब प्रकाश स्रोत एवं प्रेक्षक के बीच आपेक्षिक गति के कारण प्रकाश स्रोत की आवृत्ति में होने वाले आभासी परिवर्तन की घटना को प्रकाश में डॉप्लर प्रभाव (Doppler effect in light) कहते हैं।"

डॉप्लर प्रभाव के उदाहरण

1. बिजली के खंभों पर लगे बल्ब की तरफ जाने पर ऐसा लगता है कि प्रकाश तेज हो रहा है। अर्थात् उसकी आवृत्ति बढ़ रही है। परंतु जब हम इस बल्ब से दूर जाते हैं तो हमें प्रकाश धीमा प्रतीत होता है। अर्थात प्रकाश की आवृत्ति कम हो जाती है इसे ही प्रकाश में डॉप्लर प्रभाव कहते हैं।
2. यदि आप रेलवे प्लेटफार्म पर खड़े हैं तो दूर से हार्न देती आ रही ट्रेन जब आपके पास आती है तो आपको हार्न की आवाज तेज सुनाई देती है। अर्थात ध्वनि ऊंची आवृत्ति की प्रतीत होती है। परंतु जैसे ही ट्रेन आपसे दूर चली जाती है तो आपको उसके हार्न की आवाज़ धीमी सुनाई देती है। अर्थात ध्वनि नीची आवृत्ति की प्रतीत होती है। तो इसे ध्वनि में डॉप्लर प्रभाव कहती हैं।

डॉप्लर विस्थापन

प्रकाश स्रोत तथा प्रेक्षक के बीच दूरी परिवर्तन के कारण, प्रकाश स्रोत से उत्सर्जित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य तथा प्रेक्षक की आभासी तरंगदैर्ध्य के अंतर को डॉप्लर विस्थापन कहते हैं।

अर्थात $\boxed{\text{डॉप्लरविस्थापन} = (\frac{v}{C})\lambda}$

जहां v = प्रकाश स्रोत या प्रेक्षक का वेग

C = प्रकाश की चाल

λ = वास्तविक तरंगदैर्ध्य

डॉप्लर प्रभाव का सूत्र

1. जब प्रेक्षक तथा प्रकाश स्रोत के बीच की दूरी घट रही हो, अर्थात् प्रेक्षक व प्रकाश स्रोत एक दूसरे की तरफ आ रहे हों। तो

   स्रोत की आभासी आवृत्ति

   $$\boxed{\nu' = \nu\sqrt{\frac{1 + v/C}{1 - v/C}}}$$

   जहां ν = प्रकाश की वास्तविक आवृत्ति

   v = प्रकाश स्रोत या प्रेक्षक की गति

C = प्रकाश की चाल

2. जब प्रकाश स्रोत तथा प्रेक्षक के बीच की दूरी बढ़ रही हो, अर्थात् प्रेक्षक व प्रकाश स्रोत एक दूसरे की से दूर जा रहे हों। तो
स्रोत की आभासी आवृत्ति

$$\nu' = \nu\sqrt{\frac{1 - v/C}{1 + v/C}}$$

डॉप्लर प्रभाव के उपयोग

- डॉप्लर प्रभाव द्वारा तारो तथा आकाशीय पिंडों की गति का अनुमान लगाया जा सकता है।
- ट्रैफिक पुलिस वाहनों की गति का पता लगाने के लिए एक मशीन का प्रयोग करती है जो डॉप्लर प्रभाव पर आधारित होती है।
- बहुत ऊंचाई पर उड़ रहे हवाई जहाज की गति का पता लगाने में डॉप्लर प्रभाव का प्रयोग होता है।
- चिकित्सा संबंधित क्षेत्रों में भी डॉप्लर प्रभाव का प्रयोग होता है।