

18. ध्वनी : ध्वनीची निर्मिती



थोडे आठवा.

पुढे काही घटना दिल्या आहेत. त्यांचा तुम्ही अनुभव घेतला असेल, तर विधानासमोरील रिकाम्या चौकटीत '✓' अशी खूण करा. जर त्या घटनेचा अनुभव घेतला नसेल तर '×' अशी खूण करा.

- | | | | |
|--|--------------------------|---|--------------------------|
| 1. दोन्ही हातांनी टाळी वाजवली. | <input type="checkbox"/> | 6. मोबाइल वाजत असताना त्यावर हात ठेवला. | <input type="checkbox"/> |
| 2. एखादे संगीतवाद्य वाजवले. | <input type="checkbox"/> | 7. घंटेचा टोल दिला आणि नाद निर्माण झाला. | <input type="checkbox"/> |
| 3. फटाका फोडला. | <input type="checkbox"/> | 8. धातूचे एखादे भांडे पडून आवाज झाला. | <input type="checkbox"/> |
| 4. बंद दरवाजावर हाताने वाजवले. | <input type="checkbox"/> | 9. आकाशात वीज कडाडली. | <input type="checkbox"/> |
| 5. पेनच्या टोपणाच्या साहाय्याने शिटी वाजवली. | <input type="checkbox"/> | 10. ध्वनी चालू असताना स्पीकरवर हात ठेवला. | <input type="checkbox"/> |

वरील उदाहरणांवरून आपल्या लक्षात येते की विविध घटनांमुळे ध्वनी निर्माण झाला. काही उदाहरणांत वस्तू कंप पावल्यामुळे ध्वनी निर्माण झाला. उदाहरणार्थ, घंटा, वाद्याची तार किंवा पडदा फटाका वाजवणे, टाळी वाजवणे, वीज कडकडणे अशा काही उदाहरणांमध्ये कंपन प्रत्यक्ष जाणवत नाही, पण तेथेही कंपने निर्माण होतात. ही सर्व कंपने हवेतील रेणूंना दिली जातात आणि ध्वनी निर्माण होतो. तळ्यातील संध पाण्यात दगड फेकला, तर लाटा निर्माण होताना आणि त्या काठापर्यंत जाताना तुम्ही पाहिल्या असतील. कंपने अशीच हवेतून आपल्यापर्यंत पोहोचतात आणि आपल्याला ध्वनी ऐकू येतो.



माहीत आहे का तुम्हांला?

एखादा गायक गाणे सुरू करण्यापूर्वी 'वाद्ये लावून घेतो' म्हणजे काय करतो? एखादा गायक गाणे सुरू करण्यापूर्वी तंबोऱ्याच्या तारांचा ताण कमीजास्त करून 'स्वर' लावून घेतो. तबलजी त्याच्या तबल्याच्या खिट्ट्या ठोकून चामड्याचा ताण वाढवतो किंवा कमी करतो व 'स्वर' लावून घेतो. गायक कोणत्या 'पट्टीत' गाणार आहे हे संवादिनी वादक माहीत करून घेतो. हे 'स्वर' जुळवून घेणे, म्हणजे स्वरांची उंची जुळवून घेणे होय. भारतीय संगीतात 'सा रे ग म प ध नी' हे स्वर चढत जाणाऱ्या उंचीचे आहेत. विज्ञानाच्या परिभाषेत वारंवारिता हे ह्या उंचीचे मापक आहे.

ध्वनी कसा निर्माण होतो व एखाद्या माध्यमातून प्रवास करून आपल्यापर्यंत पोहोचतो व ऐकू येतो हे तुम्ही मागील इयत्तेत शिकला आहात. ध्वनी निर्माण होण्यासाठी वस्तूचे कंपन होणे आवश्यक असते, हेही तुम्ही पाहिले.

प्रस्तुत पाठामध्ये कंपन म्हणजे काय, ध्वनीची उच्चनीचता, ध्वनीची तीव्रता व पातळी या गोष्टी आपण समजून घेणार आहोत.

तंबोच्यासारख्या तंतुवाद्याची तार छेडली असता ती तार कंपन पावत असल्याचे दिसते. कंपन पावताना तारेची दोन्ही टोके स्थिर असतात . कंपन पावताना तार मध्यस्थितीपासून एका बाजूला जाऊन पुन्हा मध्यस्थितीत येते. तारेची अशी गती पुन्हा पुन्हा ठरावीक काळाने होत राहते. या गतीला **नियतकालिक गती (Periodic motion)** असे म्हणतात.



18.1 वाद्य लावणे



हे नेहमी लक्षात ठेवा.

कोणत्याही वस्तूच्या लयबद्ध कंपनांमुळेच ध्वनी निर्माण होतो. जितका वेळ वस्तूला कंपने असतात तितका वेळ आपण ध्वनी ऐकू शकतो ; परंतु कंपायमान वस्तूला हात लावल्यास कंपने थांबतात व ध्वनी ऐकू येणे बंद होते. काही वेळा आपल्याला वस्तूची कंपने दिसतात ; परंतु काही वेळा कंपने इतकी सूक्ष्म असतात की ती डोळ्यांना दिसत नाहीत.



करून पहा.

तुम्हांला माहित असलेल्या वाद्यांची यादी करून, त्या वाद्यांच्या कोणत्या भागात कंपने निर्माण होतात याची नोंद घ्या.

ध्वनी निर्माण करणाऱ्या अशा कंपनांचा अभ्यास एका साध्या 'दोलका'च्या साहाय्याने करता येतो.

दोलक, दोलन व दोलनगती (Oscillator, Oscillation and Oscillatory motion)

बागेत झोपाळ्यावर झोके घेत असलेली मुले तुम्ही पाहिली असतील. असे झोके घेत असणाऱ्या झोपाळ्याच्या गतीचे काळजीपूर्वक निरीक्षण करा. बागेतील एका झोपाळ्याजवळ जाऊन तो स्थिर असताना त्याच्याखाली जमिनीवर एक खूण करा. या खूणेला तुम्ही झोपाळ्याची मध्यस्थिती म्हणू शकता. आता झोपाळ्याला एक जोरदार झोका द्या व झोपाळ्याचे निरीक्षण करा. झोपाळा एका टोकापासून दुसऱ्या टोकाकडे पुन्हापुन्हा मध्यस्थिती ओलांडताना दिसेल.

अशा प्रकारे पुन्हापुन्हा पुढे-मागे होणारा झोपाळा हा एक **दोलक** आहे. झुलणारा झोपाळा एका टोकाकडून दुसऱ्या टोकापर्यंत जाऊन पुन्हा पहिल्या टोकापर्यंत येतो, तेव्हा झोपाळ्याचे एक **दोलन** पूर्ण होते. मध्यस्थितीमधून पुन्हापुन्हा पुढे-मागे होणारी दोलकाची गती म्हणजे **दोलनगती** होय.

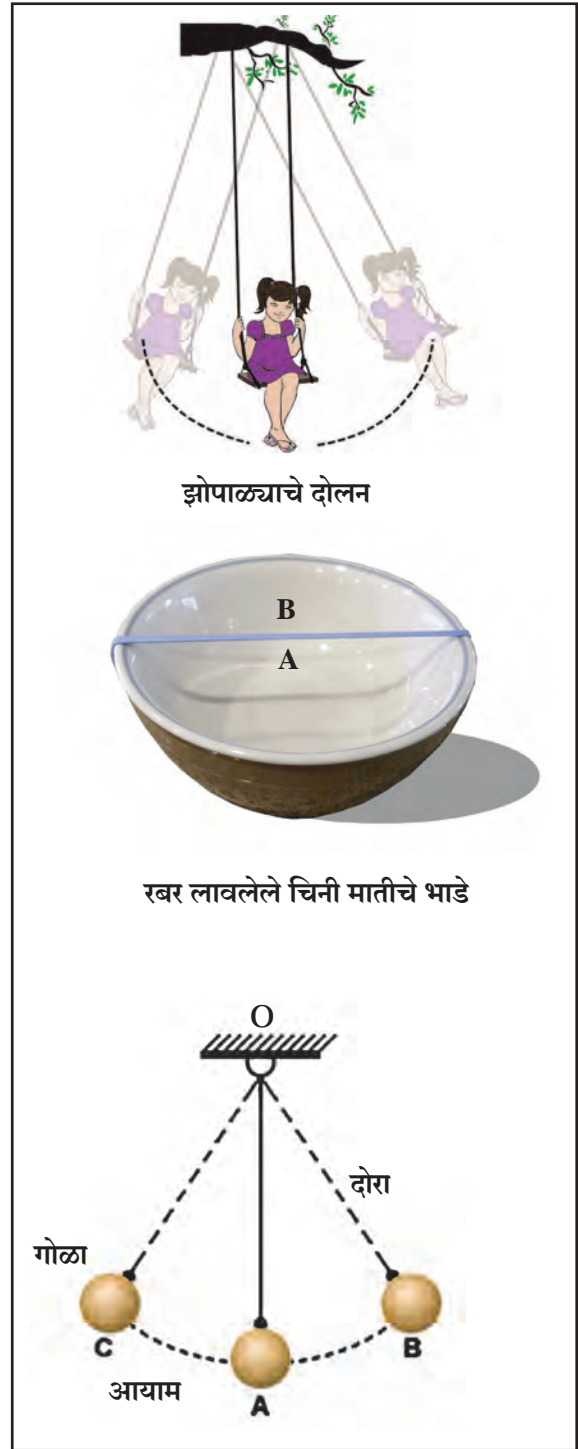
एक रिकामे चिनीमातीचे भांडे किंवा स्टीलचा रिकामा पेला घ्या. त्यावर एक रबरबँड चित्रात दाखवल्याप्रमाणे ताणून बसवा. आता रबरबँडला झटका द्या. कमी-अधिक बल वापरून हीच कृती पुन्हापुन्हा करा. हे करताना रबरबँड जास्तीत जास्त कुठपर्यंत ताणला जातो याचे निरीक्षण करा. येणाऱ्या ध्वनीची नोंद घ्या व बाजूला दिलेल्या आकृतीबरोबर तुलना करा.

रबरबँड ताणून तो सोडून दिल्यानंतर त्याला कंपने प्राप्त होतात. बाजूच्या आकृतीशी कंपनांची तुलना करू. जेव्हा रबराच्या मूळ स्थितीपासून (A) रबर ताणले जाते, तेव्हा ते B या स्थितीत येते. या वेळी रबर वक्र स्थितीत येते. मूळ स्थितीपासून म्हणजेच A पासून रबर ताणल्यानंतरच्या म्हणजेच B पर्यंतच्या जास्तीत जास्त अंतरालाच कंपनाचा आयाम (Amplitude) असे म्हणतात.

जेव्हा रबरावर जास्त बल लावले जाते, तेव्हा ते जास्त ताणले जाते म्हणजेच आयाम वाढतो. सोडून दिल्यावर अशा रबराचा मोठा आवाज येतो. रबरावर कमी बल लावले की रबर कमी ताणले जाते. तेव्हा आयाम कमी होतो. अशा वेळी आवाजही लहान येतो.

सुमारे अर्ध्या मीटर लांबीचा एक पक्का दोरा घ्या. त्याला एक छोटासा लोखंडी अथवा लाकडी गोळा बांधा व चित्रात दाखवल्याप्रमाणे एका आधारकाला हवेत अधांतरी राहिल असा टांगून ठेवा. या दोलकाला लंबक (Pendulum) असे म्हणतात.

लंबकाला दोलनगती द्या. लंबकाच्या A या मूळ स्थितीपासून B किंवा C पर्यंत व्यापलेल्या महत्तम अंतरास दोलनाचा आयाम म्हणतात. आकृतीमध्ये AB किंवा AC हा दोलनाचा आयाम आहे.



18.2 दोलनगती दोलनाचा आयाम



माहीत आहे का तुम्हांला?

1. ताणलेले रबर सोडून दिल्यावर मूळ स्थितीत येते. ह्या गुणधर्माला स्थितिस्थापकता (Elasticity) म्हणतात.
2. ताणलेल्या रबरबँडमध्ये कंपने निर्माण होतात तेव्हा स्थितिस्थापकता कार्य करत असते.
3. लंबकाचे दोलन होत असताना पृथ्वीचे गुरुत्वाकर्षण कार्य करत असते.

दोलकाचा दोलनकाळ व वारंवारिता (Time period of oscillation and frequency)

दोलकाला एक दोलन पूर्ण करण्यासाठी लागलेल्या कालावधीला **दोलकाचा दोलनकाळ** असे म्हणतात. मागील कृतीमध्ये दोलकाला B या ताणलेल्या स्थितीपासून A या मूळ स्थितीकडे व तेथून C या स्थितीकडे व परत A कडे व A कडून पुन्हा B या स्थितीपर्यंत असे B-A-C-A-B अंतर कापण्यास लागणारा वेळ म्हणजेच दोलकाचा दोलनकाळ T असे म्हणतात. दोलकाने एका सेकंदात पूर्ण केलेल्या दोलनसंख्येला **दोलकाची वारंवारिता** असे म्हणतात.

मागील कृतीत B-A-C-A-B हे एकूण अंतर म्हणजे एक दोलन होय.

$$\text{वारंवारिता (n)} = \frac{1}{\text{दोलकाचा दोलनकाळ (T)}} = \frac{1}{T}$$

एका सेकंदात किती दोलने झाली याला वारंवारिता म्हणतात. वारंवारिता ही हर्ट्झ (Hz) या एकाकमध्ये व्यक्त करतात. 1 Hz म्हणजे एका सेकंदात एक दोलन. 100 Hz म्हणजे एका सेकंदात 100 दोलने होय.



करून पहा.

प्लॅस्टिकची एक मोजपट्टी घेऊन चित्रात दाखवल्याप्रमाणे टेबलावर अशी दाबून धरा, की जेणेकरून पट्टीचा बराचसा भाग बाहेर राहिल. आता तुमच्या मित्राला पट्टीचा मोकळा भाग खालच्या दिशेत दाबून सोडण्यास सांगा. तुम्हांला काय दिसते याचे निरीक्षण करा. आता तुम्ही पट्टीच्या अशा बिंदूवर बोटाने दाबा, जेणेकरून पट्टीचा आवाज बंद होईल. आता पट्टी 10 सेमी आत घेऊन पुन्हा मूळ कृती करा. पहिल्या व दुसऱ्या आवाजांत येणाऱ्या फरकाची नोंद घ्या. वारंवारिता व आवाजाच्या उंचीत फरक पडतो, तेही लक्षात घ्या. पट्टीच्या मोकळ्या भागाची लांबी कमीकमी करून काय होते याचीही नोंद घ्या.



18.3 पट्टीची दोलने व निर्माण होणारा ध्वनी



जरा डोके चालवा.

1. पट्टी टेबलावर कशीही ठेवली, तर ध्वनी निर्माण होईल का ?
2. पट्टीच्या मोकळ्या भागाची लांबी व येणाऱ्या आवाजात सहसंबंध आहे का ?
3. जर टेबलाबाहेर 25 सेमी अशा स्थितीत पट्टी ठेवली व छेडली, तर आवाज येतो का ? जर आवाज येत नसेल, तर त्याचे कारण शोधा.



करून पहा.

पुरेशा लांबीचा पक्का दोरा घ्या. दोऱ्याला धातूचा किंवा एक लाकडी लहान गोळा बांधून दोलक तयार करा. दोलकाच्या दोऱ्याची लांबी सेंटिमीटरमध्ये मोजून नोंद करा. हा तयार केलेला दोलक आधारकाला अधांतरी टांगा. आता या दोलकास झोका द्या. 20 दोलने किती सेकंदांत पूर्ण होतात, हे स्टॉप-वॉचच्या साहाय्याने नोंदवा. आता दोलकाची लांबी 10 सेमीने कमी करून वरील कृती पुन्हा करा. अशी कृती 4 ते 5 वेळा करा. प्रत्येक वेळी दोलकाची लांबी 10 सेमीने कमी करून येणाऱ्या नोंदी पुढील सारणीत नोंदवा व वारंवारितेचे मापन करा.

अ.क्र.	दोलकाची लांबी (सेमीमध्ये)	20 दोलनांसाठी लागलेला कालावधी (सेकंदात) t	दोलकाचा दोलनकाल (सेकंदात) $T = \frac{t}{20}$	वारंवारिता $n \text{ (Hz)} = \frac{1}{T} \text{ (Hz)}$
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				

1. यावरून काय लक्षात येते ?
2. वारंवारिता व दोलकाची लांबी यांचा काय संबंध आहे ?
3. कमी वारंवारिता व जास्त वारंवारिता म्हणजे काय हे स्पष्ट करा.

आता दोलकाची लांबी 30 सेमी कायम ठेवून एका दोलनासाठी आयाम कमी अधिक करून 20 दोलनांसाठी लागणारा कालावधी मोजा आणि दोलकाचा दोलनकाल व वारंवारिता काढून पहा. यासाठी पुढील तक्ता वापरा.

अ. क्र.	दोलकाची लांबी सेमी	आयाम	20 दोलनांसाठी लागणारा कालावधी सेकंदांत (t)	दोलकाचा दोलनकाल T (s)	वारंवारिता n (Hz)
1.	30	कमी			
2.	30	थोडा जास्त			
3.	30	जास्त			
4.	30	अधिक जास्त			
5.	30	खूप जास्त			

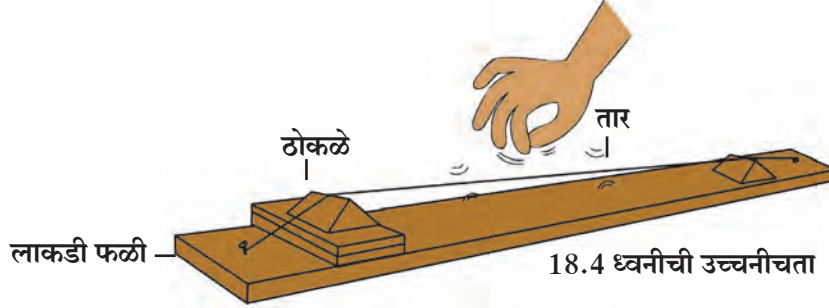
दोलकाचा दोलनकाल (T) हा दोलकाच्या लांबीवर अवलंबून असतो. दोलकाची लांबी वाढवल्यास दोलकाचा दोलनकालही वाढतो. आयाम कमी-अधिक झाला तरी वारंवारिता कायम राहते.

ध्वनीची उच्चनीचता (High and Low Pitch of Sound)



करून पहा.

चित्रात दाखवल्याप्रमाणे सुमारे 80 ते 90 सेमी लांब व 5 सेमी रुंद अशी एक फळी घ्या. त्यावर दोन्ही टोकांकडून काही सेमी सोडून दोन खिळे हातोडीच्या साहाय्याने ठोका. त्या दोन खिळ्यांदरम्यान एक बारीक तार ताणून पक्की करा. चित्रात दाखवल्याप्रमाणे खिळ्यांजवळ तारेखाली दोन्ही बाजूंनी लाकडी किंवा प्लॅस्टिकचा एक-एक त्रिकोणी ठोकळा सरकवा व हलकेच तार छेडा.



तुम्हांला आवाज आला का? ती तार कंपित होते का याचे निरीक्षण करा. आता लाकडाचे 2-3 छोटे चौकोनी ठोकळे एका बाजूच्या त्रिकोणी ठोकळ्याखाली असे सरकवा, की तारेच्या लांबीत काही फरक पडणार नाही. लाकडाच्या ठोकळ्यामुळे तारेतील तणावात काही फरक पडतो का याचे निरीक्षण करा. आता बोटाच्या साहाय्याने तारेला छेडा व ध्वनी ऐका. तसेच तारेचे कंपनही पहा. कंपनांच्या वारंवारितेमध्ये काय फरक जाणवतो याची नोंद घ्या. नोंदीवरून काय आढळले? तारेचा ताण वाढवला तर वारंवारिता वाढते व ताण कमी केला तर वारंवारिता कमी होते. ताण वाढलेला असताना येणारा ध्वनी उच्च असतो, तर ताण कमी असताना तो नीचतम असतो. याला ध्वनीची उच्च नीचता असे म्हणतात.

1. सिंहाची डरकाळी व डासाचे गुणगुणणे यांपैकी कोणत्या आवाजाची पट्टी उच्च असेल?
2. सतारीमध्ये उच्च पट्टी व नीच पट्टीच्या आवाजासाठी काय रचना असते?

ध्वनीची तीव्रता-ध्वनीची पातळी

(Intensity of sound-sound level)

ध्वनीचा लहान-मोठेपणा सांगण्यासाठी ध्वनीची तीव्रता व ध्वनीची पातळी या दोन संज्ञा वापरतात. ध्वनीची पातळी म्हणजे आपल्या कानांना जाणवणारी ध्वनीची तीव्रता. ही ध्वनीच्या कंपनांच्या आयामाच्या वर्गाच्या प्रमाणात असते. उदाहरणार्थ, आयाम दुप्पट केला तर ध्वनीची तीव्रता चौपट होते.

ध्वनिपातळी ही 'डेसिबेल' या एककात मोजतात. ध्वनीच्या तीव्रतेचा वापर करून गणिती सूत्राने 'डेसिबेल' ह्या ध्वनीच्या पातळीचे परिमाण काढता येते. डेसिबेल हे नाव अलेक्झांडर ग्रॅहॅम बेल या शास्त्रज्ञाच्या कार्याच्या सन्मानार्थ दिले गेले आहे. ध्वनीची तीव्रता दहा पटींनी वाढते तेव्हा ध्वनिपातळी 10 dB ने वाढते.



माहित आहे का तुम्हांला?

1. ऐकू येण्याची सुरुवात 0 dB
 2. सर्वसामान्य श्वासोच्छ्वास- 10 dB
 3. 5 मीटर अंतरावरून कुजबुजणे- 30 dB
 4. सर्वसामान्य दोगांतील संवाद- 60 dB
 5. व्यस्त असणारी वाहतूक- 70 dB
 6. सर्वसामान्य कारखाने- 80 dB
 7. जेट इंजिन - 130 dB
 8. कानठळ्या बसण्याची सुरुवात - 120 dB
- 1000 Hz वारंवारितेचा व 100 dB पेक्षा अधिक पातळीच्या ध्वनीमुळे ऐकण्याच्या क्षमतेत तात्पुरता फरक पडतो. यामुळे काही काळ बहिरेपणा येऊ शकतो. विमान इंजिनाजवळ काम करणाऱ्यांना हा अनुभव येतो.



जरा डोके चालवा.

तुमच्या वर्गात दोनच मुले परस्परांसोबत बोलत असतील तर आणि सर्वच मुले एकमेकांसोबत एकाच वेळी बोलत असतील तर काय फरक जाणवेल ?

श्राव्य ध्वनी (Audible sound)

मनुष्यास ऐकू येणाऱ्या ध्वनीची वारंवारिता 20 Hz ते 20,000 Hz या दरम्यान असते. आपल्या कानाला तोच ध्वनी ऐकू येतो.

अवश्राव्य ध्वनी (Infrasonic sound)

आपल्या दोन्ही हातांची होणारी हालचाल, झाडावरून पाने गळून पडताना होणारी हालचाल, यांचा तुम्ही आवाज ऐकला आहे का ?



करून पहा.

एका सेकंदात 3-4 वेळा दोलन करेल असा दोलक घ्या व त्याला झोका द्या. काही आवाज येतो का याचे काळजीपूर्वक निरीक्षण करा.

3 - 4 दोलने एका सेकंदात म्हणजेच 3 - 4 Hz वारंवारितेचा हा ध्वनी असेल. मनुष्य 20 Hz पेक्षा कमी वारंवारितेचा ध्वनी ऐकू शकत नाही.

वर दिलेल्या सर्व उदाहरणांत दोलने तर झाली आहेत, पण ध्वनी ऐकू आला नाही. याचाच अर्थ हा ध्वनी 20 Hz पेक्षा कमी वारंवारितेचा आहे. ज्या ध्वनीची वारंवारिता 20 Hz पेक्षा कमी असते अशा ध्वनीला अवश्राव्य ध्वनी (Infrasonic sound) असे म्हणतात. 20 Hz पेक्षा कमी वारंवारितेचे ध्वनी व्हेल मासे, हत्ती, गेंडा या प्राण्यांद्वारे काढले जातात.

श्राव्यातीत/स्वनातीत ध्वनी (Ultrasonic/Supersonic sound)

20,000 Hz पेक्षा अधिक वारंवारितेच्या ध्वनीला श्राव्यातीत किंवा स्वनातीत ध्वनी म्हणतात. अशा प्रकारचे ध्वनी मनुष्य ऐकू शकत नाही; परंतु काही प्राणी उदाहरणार्थ, कुत्रा हा अशा प्रकारचे ध्वनी ऐकू शकतो.

अधिक माहिती मिळवा.

माणसाला ऐकू न येणाऱ्या अशा अवश्राव्य ध्वनीद्वारे 10 किमी अंतरापर्यंत हत्ती एकमेकांशी संवाद साधत असल्याचे सिद्ध झाले आहे. कुत्री व इतर प्राणी यांना प्रत्यक्ष भूकंप होण्यापूर्वी त्याची चाहूल श्राव्यातीत ध्वनीद्वारे लागते असाही एक समज आहे. याविषयी अधिक माहिती इंटरनेटच्या साहाय्याने मिळवा.

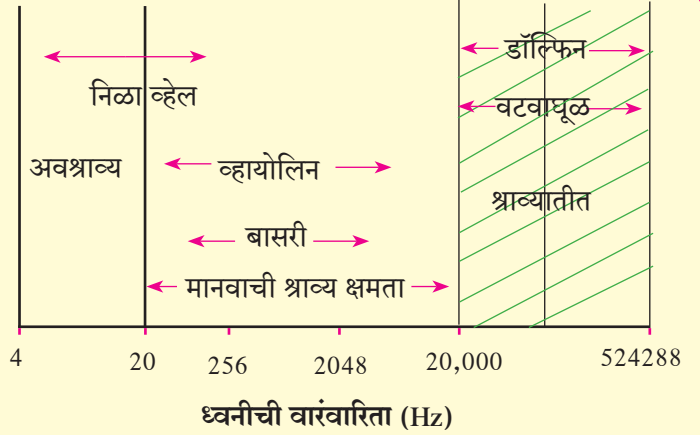
श्राव्यातीत ध्वनीचे उपयोग

1. घड्याळाचे सूक्ष्म भाग तसेच नाजूक दागिन्यांची स्वच्छता करण्यासाठी होतो.
2. शरीरातील भाग पाहण्यासाठी होतो.
3. मेंदूतील गाठी ओळखण्यासाठी होतो.
4. धातूमधील दोष ओळखण्यासाठी होतो.
5. रडार यंत्रणेमध्ये याचा उपयोग होतो.
6. काही सूक्ष्मजीव व कीटक मारण्यासाठी होतो.
7. समुद्राचे तळ किंवा जहाजाची स्थिती ओळखण्यासाठी SONAR (Sound Navigation And Ranging) ही पद्धत वापरतात.



माहित आहे का तुम्हांला ?

ध्वनीच्या उच्चनीचतेचा ध्वनीच्या वारंवारितेशी थेट संबंध आहे. शेजारील आलेखावरून आपल्याला ध्वनीची वारंवारिता व अवश्राव्य, श्राव्य व श्राव्यातीत ध्वनींबद्दल अधिक माहिती मिळते.



1. रिकाम्या जागी योग्य शब्द लिहा.

- अ. कोणत्याही वस्तूच्या लयबद्ध ध्वनी निर्माण होतो.
 आ. ध्वनीची वारंवारिता मध्ये मोजतात.
 इ. ध्वनीचा कमी झाल्यास त्याचा आवाजही कमी होतो.
 ई. ध्वनीच्या साठी माध्यमाची आवश्यकता असते.

2. योग्य जोड्या जुळवा.

- | | |
|----------------------|-------------------------------------|
| 'अ' गट | 'ब' गट |
| अ. बासरी | 1. वारंवारिता 20 Hz पेक्षा कमी |
| आ. वारंवारिता | 2. वारंवारिता 20000 Hz पेक्षा जास्त |
| इ. ध्वनीची पातळी | 3. हवेतील कंपने |
| ई. श्राव्यातीत ध्वनी | 4. Hz मध्ये मोजतात |
| उ. अवश्राव्य ध्वनी | 5. डेसिबेल |

3. शास्त्रीय कारणे लिहा.

- अ. जुन्या काळी रेल्वे कधी येईल, हे पाहण्यासाठी रेल्वेच्या रुळांना कान लावून अंदाज घेत असत.
 आ. तबला व सतार यांपासून निर्माण होणारा ध्वनी वेगवेगळा असतो.

- इ. चंद्रावर गेल्यानंतर सोबतच्या मित्राला तुम्ही हाक मारली, तर त्याला ती ऐकू येणार नाही.
 ई. डासाच्या पंखांची हालचाल आपल्याला ऐकू येते, परंतु आपल्या हातांची हालचाल आपल्याला ऐकू येत नाही.

4. खालील प्रश्नांची उत्तरे लिहा.

- अ. ध्वनीची निर्मिती कशी होते ?
 आ. ध्वनीची तीव्रता कशावर अवलंबून असते ?
 इ. दोलकाच्या वारंवारितेचा संबंध दोलकाची लांबी व आयाम यांच्याशी कसा असतो ते स्पष्ट करा.
 ई. तापून बसवलेल्या तारेतून निर्माण होणाऱ्या ध्वनीची उच्चनीचता कोणत्या दोन मार्गांनी बदलता येते, ते स्पष्ट करा.

उपक्रम :

वटवाघूळ हा सस्तन प्राणी रात्री स्वतः निर्माण केलेल्या श्राव्यातीत ध्वनीच्या साहाय्याने हवेत संचार करत असतो. याविषयी अधिक माहिती मिळवा.

