18. ध्वनि–ध्वनि की निर्मिति

थोड़ा याद करो

आगे कुछ घटनाएँ दी गई है । यदि उनका तुम्हें अनुभव हुआ होगा तो रिक्त चौखट में '✓' चिह्न बनाओ । यदि किसी घटना का अनुभव नहीं हुआ होगा तो '×' चिह्न बनाओ ।

1. दोनों हाथों से ताली बजाई । ☐
2. किसी वाद्य यंत्र को बजाया । ☐
3. पटाखा फोड़ा । ☐
4. बंद दरवाजे पर हाथ से जोर से मारा । ☐
5. पेन के ढक्कन की सहायता से सीटी बजाई । ☐
6. मोबाइल बजते समय उसपर हाथ रखा । ☐
7. घंटी पर आघात करते ही आवाज निर्माण हुई । ☐
8. धातु के किसी बर्तन के गिरने से आवाज उत्पन्न हुई । ☐
9. आकाश में बिजली चमकी । ☐
10. ध्वनि चालू रहते समय स्पीकर पर हाथ रखा । ☐

उपर्युक्त उदाहरणों से हमे स्पष्ट है कि विभिन्न घटनाओं के कारण ध्वनि का निर्माण हुआ। कुछ उदाहरणों में वस्तु के कंपन करने से ध्वनि का निर्माण हुआ । उदाहरण के लिए घंटी, वाद्य का तार या पर्दा । पटाखा फोड़ना, ताली बजाना, बिजली का चमकना जैसे कुछ उदाहरणों में कंपन प्रत्यक्ष रूप से महसूस नहीं होते, लेकिन वहाँ भी कंपन निर्मित होते हैं । ये सभी कंपन हवा के अणुओं को दिए जाते हैं और ध्वनि निर्मित होती है । तालाब के स्थिर पानी में पत्थर फेंकने पर लहरों का निर्माण होते हुए और उन्हें किनारे तक जाते हुए तो तुमने देखा होगा । कंपन इसी प्रकार हवा से हमारे तक पहुँचते हैं और ध्वनि हमारे कान तक पहुँचती है, जिससे हमें सुनाई देता है ।

क्या तुम जानते हो ?

कोई गायक गाने के पूर्व वाद्ययंत्रों को सुर में लगाता है अर्थात वह क्या करता है? कोई गायक गाना शुरू करने के पूर्व तानपुरे के तार के तनाव को कम ज्यादा करके 'स्वर' लगा लेता है । तबलावादक उसके तबले की खिट्टियाँ ठोककर चमड़े का तनाव बढ़ाता या कम करता है और 'स्वर' लगा लेता है । गायक कौन–से 'तारत्व' में गाना गानेवाला है, इसे हारमोनियम वादक जान लेता है । 'स्वर मिलाना' अर्थात स्वर की उच्चता मिला लेना होता है । भारतीय संगीत में 'सा रे ग म प ध नी' ये स्वर चढ़ते क्रम की उच्चता के हैं । विज्ञान की परिभाषा में उसी उच्चता को 'आवृत्ति' कहते हैं ।

'आवृत्ति' यह इस उच्चता का मापक है ।

पिछली कक्षा में तुमने सीखा है कि ध्वनि कैसे निर्मित होती है और वह किसी माध्यम से संचरित होकर हम तक पहुँचती है और हमें सुनाई देती है । तुमने यह भी देखा है कि ध्वनि के निर्माण के लिए वस्तु में कंपन होना आवश्यक होता है ।

प्रस्तुत प्रकरण में कंपन का अर्थ, ध्वनि का कम–अधिक तारत्व, ध्वनि की तीव्रता और प्रबलता इन संकल्पनाओं को हम जान लेंगे ।

तानपुरे जैसे (तंतुवाद्यों) के तार छेड़ने पर तार कंपन करते हुए दिखाई देता है । कंपित होते समय तार के दोनों सिरे स्थिर रहते हैं । कंपन करते हुआ तार मध्यस्थिति से एक ओर जाकर पुनः मध्य स्थिति में आता हैं । तार की ऐसी गति पुनः पुनः निश्चित समय के पश्चात होती रहती है, इस गति को **निश्चित कालिन गति** (Periodic motion) कहते हैं ।

18.1 वाद्य सुर में लगाना

इसे सदैव ध्यान में रखो

किसी भी वस्तु के लयबद्ध कंपन के कारण ही ध्वनि का निर्माण होता है । जितने समय तक वस्तु में कंपन होते हैं उतने ही समय तक हम ध्वनि सुन सकते हैं किंतु कंपित वस्तु को हाथ लगाने से कंपन रुकते हैं और ध्वनि सुनाई देना बंद हो जाती है । कई बार हमें कंपन नजर आते हैं; परंतु कई बार कंपन इतने सूक्ष्म होते हैं कि वे आँखों से दिखाई नहीं देते ।

करो और देखो

तुम्हें ज्ञात वाद्ययंत्रों की सूची बनाकर उन यंत्रों का कौन–सा भाग कंपन निर्माण करता है, उसे नोट करो ।

ध्वनि निर्माण करने वाले ऐसे कंपनों का अध्ययन एक सरल 'दोलक' की सहायता से किया जा सकता है ।

दोलक, दोलन और दोलन गति (Oscillator, Oscillation and Oscillatory motion)

बगीचे में झूला झूलते हुए बच्चे तुमने देखे होंगे । ऐसे झूलते हुए झूले की गति गौर से निरीक्षण करो। बगीचे में एक झूले के पास जाकर, उसके स्थिर होने की स्थिति में उसके नीचे की जमीन पर चिह्न बनाओ । तुम इस चिह्न को झूले की मध्य स्थिति कह सकते हो । अब झूले को जोर से झूला दो और झूले का निरीक्षण करो । झूला एक सिरे से दूसरे सिरे की ओर जाते हुए पुनःपुनः मध्य स्थिति पार करता हुआ दिखाई देगा ।

इस प्रकार पुनःपुनः आगे पीछे जाने वाला झूला एक **दोलक** है । झूलने वाला झूला एक सिरे से दूसरे सिरे तक जाकर जब पुनः पहले सिरे पर आता है तब झूले का एक **दोलन** पूर्ण होता है । मध्य स्थिति में से पुनःपुनः आगे पीछे होने वाली गति **दोलन गति** होती हैं ।

चीनी मिट्टी की या स्टील की खाली कटोरी लो । चित्र में दिखाए अनुसार उस पर एक रबड़ बैंड तानकर लगाओ । अब रबड़ बैंड को झटका दो । कम-अधिक बल का उपयोग करके यही कृति बार-बार करो । यह करते समय रबड़ बैंड अधिक-से-अधिक कहाँ तक खींचा जा सकता है उसका निरीक्षण करो । आने वाली ध्वनि को नोट करो और साथ में दी गई आकृति से तुलना करो ।

रबड़ बैंड को तानकर छोड़ देने पर उसे कंपन प्राप्त होते हैं । साथ में दी गई आकृति से कंपन की तुलना करेंगे । जब रबड़ की मूल स्थिति (A) से रबड़ खींचा जाता है, तब वह स्थिति (B) में आता है । इस समय रबड़ वक्र स्थिति में आता है । मूल स्थिति अर्थात (A) से रबड़ के खींचे जाने तक अर्थात (B) तक की अधिक-से-अधिक दूरी को कंपन का **आयाम (Amplitude)** कहते हैं ।

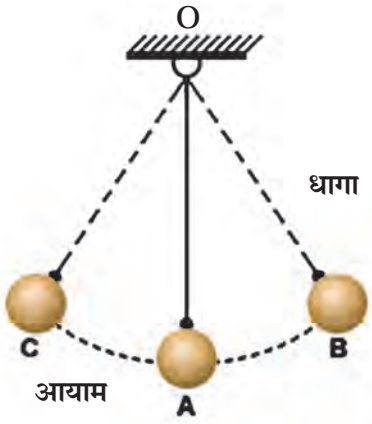
जब रबड़ पर अधिक बल लगाया जाता है, तब वह अधिक खींचा जाता हैं अर्थात आयाम बढ़ता है । छोड़ दिए जाने पर ऐसे रबड़ पर कम बल लगाने पर वह कम खींचा जाता है । तब आयाम कम होता है । ऐसे समय आवाज भी कम आती है ।

लगभग आधा मीटर लंबाई का एक पक्का धागा लो, उससे एक छोटा सा लोहे या लकड़ी का गोल बाँधो और चित्र में दिखाए अनुसार उसे आधार पर हवा में लटकाओ । इस दोलक को '**लोलक**' **(Pendulum)** कहते हैं ।

लोलक को दोलन गति दो । लोलक की मध्य स्थिति (A) से स्थिति (B) या स्थिति C तक की अधिकतम दूरी को **दोलन का आयाम** कहते हैं । आकृति में AB या AC दोलन का आयाम है ।

झूले का दोलन

रबड़ बैंड लगाया हुई चीनी मिट्टी की कटोरी



18.2 दोलन गति, दोलन का आयाम

क्या तुम जानते हो ?

1. खींची हुए रबड़ को छोड़ देने पर वह मूल स्थिति में आता है । इस गुणधर्म को **प्रत्यास्थता** (Elasticity) कहते हैं ।
2. खींचे गए रबड़बैंड में कंपन निर्माण होते हैं तब प्रत्यास्थता कार्य करता है ।
3. लोलक का दोलन होते समय पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण बल कार्य करता है ।

दोलक का दोलनकाल और आवृत्ति (Time Period of Oscillation and Frequency)

लोलक को एक दोलन पूर्ण करने के लिए लगने वाले समय को **लोलक का दोलन काल** कहते हैं । पिछली कृति में दोलक की खींची हुई स्थिति B से मूल स्थिति A तक और वहाँ से स्थिति C तक व पुनः A की ओर तथा A से पुनः B स्थिति तक B-A-C-A-B दूरी तय करने के लिए लगे समय को दोलक का दोलनकाल T कहते हैं । दोलक द्वारा एक सेकंड में पूर्ण किए दोलनों की संख्या को **दोलक की आवृत्ति** कहते हैं ।

पिछली कृति में, कुल दूरी B-A-C-A-B एक दोलन है ।

$$\text{आवृत्ति (n)} = \frac{1}{\text{दोलक का दोलनकाल (T)}} = \frac{1}{T}$$

एक सेकंड में पूर्ण किए दोलनों की संख्या को आवृत्ति कहते हैं । आवृत्ति की इकाई हर्ट्ज (Hz) है । उदाहरणार्थ, 1 Hz का अर्थ है एक सेकंड में एक दोलन, 100 Hz अर्थात एक सेकंड में 100 दोलन ।

करो और देखो

प्लास्टिक की एक स्केल को चित्र में दिखाए अनुसार टेबल पर ऐसे दबाकर रखो कि स्केल का अधिकतर भाग बाहर रहे । अब तुम्हारे मित्र को स्केल का खुला भाग नीचे की ओर दबाकर छोड़ने के लिए कहो । तुम्हें क्या दिखाई देता है, उसका निरीक्षण करो । अब तुम स्केल के उस बिंदु को उँगली से दबाओ, जिसके कारण स्केल की आवाज बंद हो जाए । अब स्केल को 10 सेमी अंदर लेकर पुनः वही कृति करो । पहली और दूसरी आवाज में आने वाले अंतर को नोट करो । आवृत्ति और आवाज की उच्चता में अंतर आता है, उसे भी ध्यान में रखो । स्केल के खुले भाग की लंबाई कम करने पर क्या होता है, उसे नोट करो ।

18.3 पट्टी का दोलन और निर्मित होने वाली ध्वनि

थोड़ा सोचो

1. क्या स्केल को टेबल पर किसी भी प्रकार से रखने पर ध्वनि उत्पन्न होगी ?
2. क्या स्केल के खुले भाग की लंबाई और आने वाली आवाज के बीच सहसंबंध है ?
3. यदि टेबल पर स्केल को 25 सेमी बाहर रखा और उसे नीचे दबाकर छोड़ा तो क्या आवाज आती है? यदि आवाज नहीं होती तो उसका कारण ढूँढ़ो ।

करो और देखो

पर्याप्त लंबाई का पक्का धागा लो । धागे को धातु का या लकड़ी का छोटा गोला बाँधकर 'लोलक' तैयार करो । लोलक के धागे की लंबाई सेमी में नापकर नोट करो । इस लोलक को आधार पर लटकाओ । अब इस लोलक को झुलाओ । 20 दोलन कितने सेकंड में पूर्ण होते है, उसे स्टॉप वॉच की सहायता से नोट करो । अब लोलक के धागे की लंबाई 10 सेमी कम करके उपर्युक्त कृति पुनः करो । ऐसी कृति को 4 से 5 बार करो । प्रत्येक समय लोलक के धागे की लंबाई 10 सेमी कम करके प्राप्त प्रेक्षणों को दी गई सारणी में नोट करो और आवृत्ति का मापन करो ।

अ.क्र.	लोलक के धागे की लंबाई (सेमी में)	20 दोलनों के लिए लगने वाला समय (सेकंड में) t	लोलक का दोलन काल $T = \frac{t}{20}$	आवृत्ति $n\ (Hz) = \frac{1}{T}\ (Hz)$
1. 2. 3 4. 5. 6.				

1. इस आधार पर क्या स्पष्ट होता है ?
2. आवृत्ति और लोलक की लंबाई में क्या संबंध है ?
3. कम आवृत्ति और अधिक आवृत्ति का क्या अर्थ है, स्पष्ट करो ।

अब लोलक की लंबाई 30 सेमी स्थिर रखकर एक दोलन के लिए आयाम कम-अधिक करो और 20 दोलनों के लिए लगने वाला समय ज्ञात करो । लोलक का दोलन काल और आवृत्ति ज्ञात करो इसके लिए आगे दी गई तालिका का उपयोग करो ।

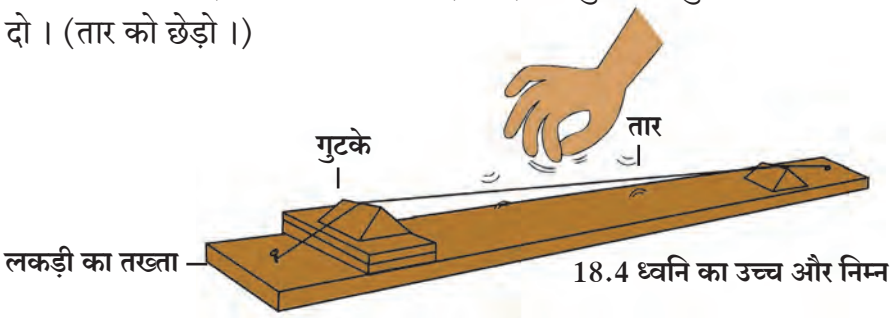
अ. क्र.	लोलक की लंबाई सेमी	आयाम	20 दोलनों के लिए लगने वाला समय (सेकंड में) t	लोलक का दोलन काल (T)s	आवृत्ति (n) Hz
1.	30	कम			
2.	30	थोड़ा ज्यादा			
3.	30	ज्यादा			
4.	30	बहुत ज्यादा			
5.	30	अत्यधिक ज्यादा			

लोलक का दोलन काल (T) उसकी लंबाई पर निर्भर करता है । लोलक की लंबाई बढ़ाने पर लोलक का दोलन काल भी बढ़ता है । आयाम कम-अधिक होने पर भी आवृत्ति स्थिर रहती है ।

ध्वनि का उच्च और निम्न तारत्व (High and Low Pitch Sound)

करो और देखो

चित्र में दर्शाए अनुसार लगभग 80 से 90 सेमी लंबा और 5 सेमी चौड़ा एक तख्ता लो । उसको दोनों सिरों के पास कुछ सेमी दूरी छोड़कर दो कीले हथौड़ी की सहायता से ठोको । उन दो कीलों के बीच एक पतली तार खींचकर पक्की बाँधो । चित्र में दिखाए अनुसार कीलों के पास तार के नीचे, दोनों सिरों पर लकड़ी या प्लास्टिक का एक-एक त्रिभुजाकार गुटका सरकाओ और तार को एक हल्का सा धक्का दो । (तार को छेड़ो ।)



18.4 ध्वनि का उच्च और निम्न तारत्व

क्या तुम्हें आवाज सुनाई दी? क्या वह तार कंपित होता है, उसका निरीक्षण करो । अब लकड़ी के 2/3 चौकोन गुटके एक सिरे के त्रिभुजाकार गुटके के नीचे ऐसे सरकाओ कि तार की लंबाई में कोई अंतर न आए । लकड़ी के गुटके के कारण तार के तनाव में कुछ परिवर्तन आता हैं क्या, उसका निरीक्षण करो । अब उँगली की सहायता से तार को हल्का सा धक्का दो और ध्वनि सुनो । कंपनों की ओर ध्यान दो । कंपनों की आवृत्ति में क्या अंतर महसूस हुआ उसे नोट करो । प्रेक्षणों के आधार पर क्या ज्ञात हुआ? तार का तनाव बढ़ाने पर आवृत्ति बढ़ती है और तनाव कम करने पर आवृत्ति कम होती है । तनाव अधिक होने पर आवाज उच्च होती है और तनाव कम होने पर आवाज निम्न होती है, इसे ही ध्वनि का उच्च और निम्न तारत्व कहते हैं ।

1. सिंह की दहाड़ और मच्छर भिनभिनाहट में से कौन-सी ध्वनि तारत्व उच्च होगा ?
2. सितार में उच्च तारत्व और निम्न तारत्व की ध्वनि के लिए क्या रचना होती है ?

ध्वनि की तीव्रता-ध्वनि की प्रबलता (Intensity of sound-sound level)

ध्वनि की सौम्यता-उच्चता बताने के लिए ध्वनि की तीव्रता और ध्वनि की प्रबलता, इन दो पारिभाषिक संज्ञाओं का उपयोग किया जाता है । ध्वनि की प्रबलता का अर्थ है अपने काम को महसूस होनेवाली ध्वनि की तीव्रता । ध्वनि की तीव्रता ध्वनि के कंपनों के आयाम के वर्ग के समानुपाती होती है । उदाहरण के लिए, आयाम को दो गुना करने पर ध्वनि की तीव्रता चौगुनी होती है ।

ध्वनि की प्रबलता को **'डेसिबल'** इकाई में मापा जाता है । ध्वनि की तीव्रता का उपयोग करके गणितीय सूत्र से 'डेसिबल' इस ध्वनि की प्रबलता का मान ज्ञात किया जा सकता है । अलेक्जेंडर ग्रॉहम बेल नामक वैज्ञानिक के कार्यों को सम्मानित करने के लिए ध्वनि की प्रबलता की इकाई का नाम **'डेसिबल' (dB)** रखा गया है । यदि ध्वनि की तीव्रता दस गुना बढ़ती है तो ध्वनि की प्रबलता 10 dB से बढ़ती है ।

क्या तुम जानते हो ?

1. सुनाई देने की शुरूआत 0 dB
2. सामान्य श्वासोच्छ्वास-10 dB
3. 5 मीटर दूरी से फुसफुसाना- 30 dB
4. दो व्यक्तियों के बीच सामान्य रूप से संवाद- 60 dB
5. व्यस्त यातायात- 70 dB
6. सामान्य कारखाने- 80 dB
7. जेट ईंजन- 130 dB
8. शोर होने की शुरूआत - 120 dB

1000 Hz आवृत्ति और 100 dB से अधिक प्रबलता की ध्वनि के कारण सुनाई देने की क्षमता पर अस्थायी प्रभाव होता है । इस कारण कुछ समय तक बहरापन आ सकता है । विमान के इंजिन के पास कार्य करने वालों को इसका अनुभव होता है ।

थोड़ा सोचो

तुम्हारी कक्षा में दो बच्चे आपस में बात कर रहे हैं और यदि सभी बच्चे एक ही समय आपस में बोल रहे हैं तो तुम्हें क्या अंतर महसूस होगा ?

श्रव्य ध्वनि (Audible Sound)

मनुष्य को सुनाई देने वाली ध्वनि की आवृत्ति 20 Hz से 20,000 Hz के बीच होती है । हमारे कान को वही ध्वनि सुनाई देती है ।

अश्रव्य ध्वनि (Infrasonic Sound)

हमारे दोनों हाथों की होने वाली हलचल, वृक्ष से पत्ते गिरने से होने वाली हलचल, क्या तुमने इनकी आवाजें सुनी है?

करो और देखो

एक सेकंड में 3-4 बार दोलन हो, इस अनुसार लोलक को झुला दो और कुछ आवाज आती है क्या उसका निरीक्षण करो ।

3 से 4 दोलन एक सेकंड में अर्थात 3 से 4 Hz आवृत्ति की ध्वनि होगी । मनुष्य 20 Hz से कम आवृत्ति की ध्वनि नहीं सुन सकता है ।

ऊपर दिए गए उदाहरणों में दोलन तो हुआ पर ध्वनि सुनाई नहीं दी । इसका अर्थ है, ध्वनि 20 Hz में कम आवृत्ति की है । जिस ध्वनि की आवृत्ति 20 Hz से कम होती है, उस ध्वनि को **अश्रव्य ध्वनि (Infrasonic Sound)** कहते हैं । 20 Hz से कम आवृत्ति की ध्वनि व्हेल मछलियाँ, हाथी, गेंडा इन प्राणियों के द्‌वारा निकाली जाती हैं ।

पराश्रव्य ध्वनि (Ultrasonic/Supersonic Sound)

20,000 Hz से अधिक आवृत्ति वाली ध्वनि को पराश्रव्य ध्वनि कहते है । इस प्रकार की ध्वनि को मनुष्य सुन नहीं सकते परंतु कुछ प्राणी उदाहरणार्थ- कुत्ता इस ध्वनि को सुन सकता है ।

अधिक जानकारी प्राप्त करो ।

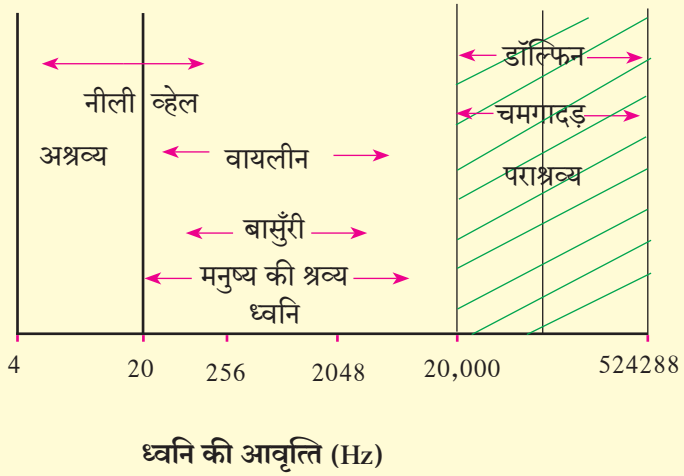
यह सिद्‌ध हुआ है कि मनुष्य को सुनाई न देने वाली अश्रव्य ध्वनि द्‌वारा हाथी 10 किमी की दूरी तक आपस में वार्तालाप करते हैं । ऐसा माना जाता है कि कुत्ते व अन्य प्राणियों को भूकंप आने की पूर्वसूचना पराश्रव्य ध्वनि के द्‌वारा प्राप्त होती है । इस संबंधी अधिक जानकारी इंटरनेट की सहायता से प्राप्त करो ।

पराश्रव्य ध्वनि के उपयोग

1. घड़ियों के सूक्ष्म भाग और आभूषणों की स्वच्छता करने के लिए होता है ।
2. शरीर के अंदर के भाग देखने के लिए होता है ।
3. मस्तिष्क की गाँठ पहचानने के लिए होता है ।
4. धातु के दोषों को पहचानने के लिए होता है ।
5. रडार तंत्र में इसका उपयोग होता है ।
6. कुछ सूक्ष्मजीव और कीटकों को मारने के लिए होता है ।
7. समुद्र का तल या जहाज की स्थिति पहचानने के लिए SONAR (Sound Navigation And Ranging) प्रणाली का उपयोग किया जाता है ।

क्या तुम जानते हो ?

ध्वनि के उच्च और निम्न तारत्व का आवृत्ति से सीधा संबंध है। दिए गए आलेख से हमें ध्वनि की आवृत्ति और अश्रव्य, श्रव्य तथा पराश्रव्य ध्वनि के बारे में अधिक जानकारी मिलती हैं।



1. रिक्त स्थानों की पूर्ति करो :

अ. किसी भी वस्तु के लयबद्ध..... ध्वनि का निर्माण करते हैं।

आ. ध्वनि की आवृत्ति.....में मापी जाती है।

इ. ध्वनि की ..... कम होने पर उसकी आवाज भी कम होती है।

ई. ध्वनि.....के लिए माध्यम की आवश्यकता होती है।

2. सही जोड़िया बनाओ :

समूह 'अ'	समूह 'ब'
अ. बाँसुरी	1. 20Hz से कम आवृत्ति
आ. आवृत्ति	2. आवृत्ति 20000 Hz से अधिक
इ. ध्वनि की प्रबलता	3. हवा में होने वाले कंपन
ई. पराश्रव्य ध्वनि	4. Hz में मापते हैं।
उ. अश्रव्य ध्वनि	5. डेसिबल

3. वैज्ञानिक कारण लिखो :

अ. पुराने समय में रेल की पटरियों पर कान लगाकर रेल के आने का अंदाज लगाया जाता था।

आ. तबला और सितार से उत्पन्न होने वाली ध्वनि भिन्न-भिन्न होती है।

इ. चंद्रमा पर जाकर यदि तुमने अपने मित्र को आवाज लगाई तो उसे सुनाई नहीं देगी।

ई. मच्छर के पंखों की हलचल हमें सुनाई देती है परंतु हमारे हाथों की हलचल हमें सुनाई नहीं देती।

4. नीचे दिए प्रश्नों के उत्तर लिखो :

अ. ध्वनि की निर्मिति कैसे होती है ?

आ. ध्वनि की तीव्रता किस पर निर्भर करती है ?

इ. दोलक की आवृत्ति का संबंध दोलक की लंबाई और आयाम से कैसा होता है, स्पष्ट करो।

ई. खींचकर बैठाए गए तार से निर्माण होने वाली ध्वनि का उच्च और निम्न तारत्व किन दो प्रकारों से परिवर्तित किया जा सकता है, स्पष्ट करो।

उपक्रम : स्तनधारी प्राणी चमगादड़ रात्रि के समय स्वयं द्वारा निर्मित पराश्रव्य ध्वनि की सहायता से हवा में उड़ता है। इस बारे में अधिक जानकारी प्राप्त करो।

♦ ♦ ♦