

## 15. ध्वनि



थोड़ा याद करो ।

ध्वनि का निर्माण कैसे होता है ?

### ध्वनि का निर्माण (Production of Sound)

किसी वस्तु में कंपन होने के कारण ध्वनि का निर्माण होता है यह हमने सीखा है । ऐसे कंपन के कारण ध्वनि का निर्माण किस प्रकार होता है यह हम स्वरित्र द्विभुज (Tuning Fork) का उदाहरण लेकर समझेंगे । स्वरित्र द्विभुज की आकृति 15.1 में दर्शाई गई है । एक आधार और दो भुजा वाला, धातु से बना यह स्वरित्र द्विभुज है ।

आकृति 15.2 (अ) में स्थिर स्वरित्र द्विभुज दिखाया गया है । स्वरित्र द्विभुज के आसपास की हवा की स्थिति दर्शाने के लिए ऊर्ध्वार्ध रेखाओं का उपयोग किया है । यहाँ ऊर्ध्वार्ध रेखाओं के बीच अंतर समान है इसका अर्थ है कि हवा में स्थित गैसों के अणु एक-दूसरे से लगभग समान अंतर पर हैं अतः इस कारण हवा का औसतन दाब A, B और C इन तीनों स्थानों पर समान है ।

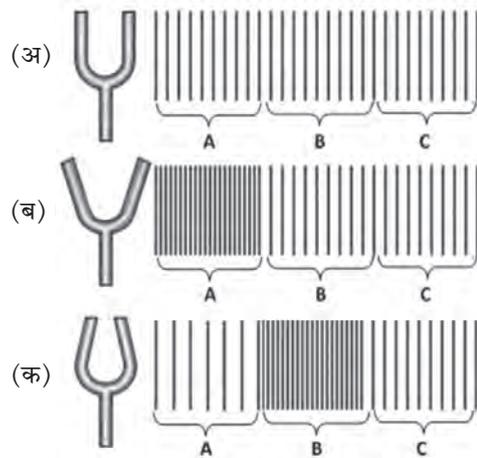


15.1 : स्वरित्र

आधार की सहायता से स्वरित्र द्विभुज द्वारा कठोर रबड़ के टुकड़े पर आघात करने पर भुजाएँ कंपित होने लगती हैं अर्थात् उनकी आगे-पीछे ऐसी आवर्ती (periodic) हलचल शुरू होती है । इस हलचल के कारण क्या होता है वह अब क्रमशः देखेंगे ।

कंपित होते समय, आकृति 15.2 (ब) में दर्शाए अनुसार स्वरित्र द्विभुज की भुजाएँ एक-दूसरे से दूर जाने पर भुजाओं की संपर्कवाली बाहरी हवा संपीडित होती है और वहाँ की हवा का दाब बढ़ जाता है । आकृति में हवा के भाग A के स्थान पर उच्च दाब की स्थिति का निर्माण होता है । उच्च दाब और उच्च घनत्व के इस भाग को संपीडन (Compression) कहते हैं । कंपन की अगली स्थिति में स्वरित्र द्विभुज की भुजाएँ एक दूसरे के नजदीक आनेपर, आकृति 15.2 (क) में दर्शाए अनुसार भुजाओं के संपर्कवाली बाहरी हवा विरल होती है और वहाँ (भाग A में) हवा का दाब कम हो जाता है । कम दाब और कम घनत्व के इस भाग को विरलन (Rarefaction) कहते हैं ।

परंतु इसी समय पहले की संपीडन स्थिति की हवा के अणुओं ने (आकृति 15.2(ब), भाग A) अपनी ऊर्जा अगले भाग के अणुओं (भाग B) को देने के कारण वहाँ की हवा संपीडन स्थिति में जाती है (देखो आकृति 15.2(क), भाग B)। भुजाओं की इस प्रकार लगातार अति वेग से होनेवाली आवर्ती हलचल के कारण हवा में संपीडन और विरलन इनकी मालिका का निर्माण होता है और स्वरित्र द्विभुज से दूरतक फैलती जाती है । इसे ही ध्वनि तरंग (sound wave) कहते हैं । यह ध्वनि तरंग कान तक आने पर कान का पर्दा (कर्णपट) कंपित होता है और उसके द्वारा विशिष्ट संदेश मस्तिष्क तक पहुँचकर हमें ध्वनि सुनाई देती है ।

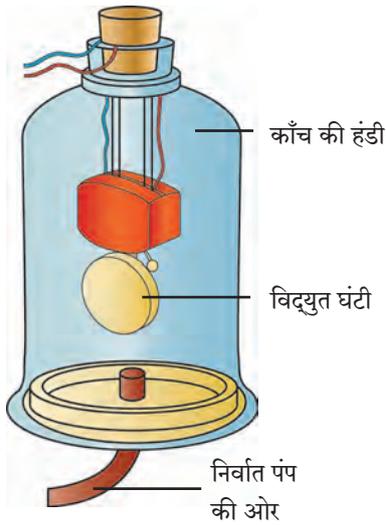


15.2 : स्वरित्र द्वारा ध्वनि का निर्माण



थोड़ा सोचो ।

हवा में ध्वनि तरंग का निर्माण होने पर हवा आगे-आगे जाती है या हवा के अणु अपनी ही जगह पर आगे-पीछे होकर केवल संपीडन व विरलन स्थिति का निर्माण आगे की हवा में होता जाता है ? ऐसा क्यों होता है ?



### ध्वनि का संचरण और माध्यम (Propagation of Sound and Medium):

कक्षा छठी में हमने सीखा है कि हवा, पानी या किसी ठोस में से होकर, ध्वनि तरंगों के रूप में संचरित होकर हमारे कानों तक पहुँचती हैं, लेकिन ध्वनि का स्रोत और अपना कान इन के बीच यदि ऐसा माध्यम न हो तो क्या होगा ?

ध्वनि का निर्माण करने लिए और संचरण करने के लिए हवा जैसे माध्यम की आवश्यकता है, यह प्रयोग द्वारा सिद्ध किया जा सकता है। प्रयोग की रचना आकृति 15.3 में दर्शाई गई है। इस रचना में काँच की एक हंडी (Bell jar) समतल पृष्ठभाग पर रखी है। एक नली की सहायता से यह हंडी एक निर्वात पंप से (Vacuum-pump) जुड़ी है। निर्वात पंप की सहायता से हम हंडी की हवा बाहर निकाल सकते हैं। आकृति में दर्शाए अनुसार, हंडी में एक विद्युत-घंटी (Electric bell) होकर उसका संयोजन हंडी के ढक्कन द्वारा किया गया है।

#### 15.3 : ध्वनी संचलन के लिए माध्यम की आवश्यकता होती है।

प्रयोग के शुरुआत में निर्वात पंप बंद होने पर काँच की हंडी में हवा होगी। इस समय विद्युत घंटी की कुंजी दबाने पर, उसकी आवाज हंडी के बाहर सुनाई देगी। अब निर्वात पंप शुरू करने पर, हंडी की हवा की मात्रा कम-कम होती जाएगी। हवा की मात्रा जैसे-जैसे कम होगी, विद्युत घंटी की आवाज की तीव्रता भी कम-कम होती जाएगी। निर्वात पंप बहुत समय तक शुरू रखने पर हंडी की हवा बहुत ही कम हो जाएगी। उस समय विद्युत घंटी की ध्वनि अत्यंत धीमी सुनाई देगी। इस प्रयोग से यह सिद्ध होता है कि ध्वनि के निर्माण के लिए और संचरण के लिए माध्यम की आवश्यकता होती है। यदि हम हंडी की हवा पूर्णतः बाहर निकाल सकें, तो क्या विद्युत घंटी की ध्वनि सुनाई देगी ?

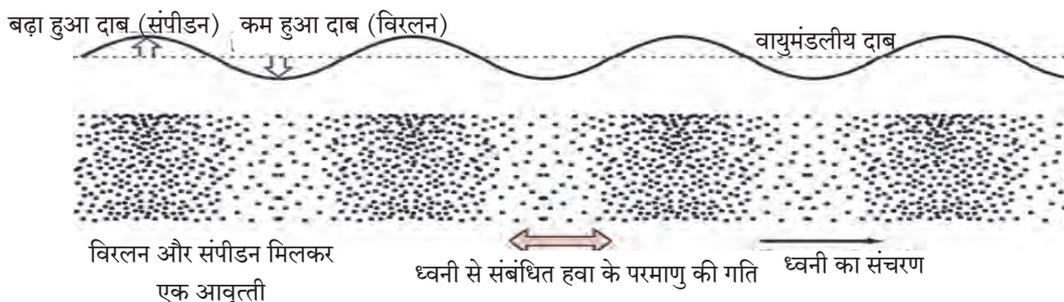


इसे सदैव ध्यान में रखो।

चंद्रमा पर गए दो अंतरिक्ष यात्री एक दूसरे के बिल्कुल समीप खड़े होकर बोले तो भी उन्हें एक-दूसरे की बातें सुनाई नहीं देंगी। चंद्रमा पर हवा नहीं है। ध्वनि संचरण के लिए आवश्यक माध्यम दो अंतरिक्ष यात्रियों के बीच न होने के कारण उनके बीच माध्यम द्वारा होने वाला ध्वनि संचरण नहीं हो सकता। अतः वे अंतरिक्ष यात्री भ्रमणध्वनि जैसे तंत्रज्ञान का उपयोग कर एक दूसरे से संवाद करते हैं। भ्रमणध्वनि में उपयोग में आनेवाली विशिष्ट तरंगों को संचरण के लिए किसी भी माध्यम की आवश्यकता नहीं होती।

### ध्वनि तरंगों की आवृत्ति (Frequency of Sound Waves)

आकृति 15.2 में स्वरित्र दिवभुज के कंपायमान होने से हवा में संपीडन तथा विरलन का निर्माण कैसे होता है यह हमने देखा। अत्यंत सूक्ष्म पद्धति से देखने पर हवा के घनत्व और दाब में परिवर्तन निम्न आकृति 15.4 में दर्शाए अनुसार होगा। किसी भी वस्तु के कंपायमान होने पर हवा में इस प्रकार की ध्वनितरंगों का निर्माण होता है।



#### 15.4 : ध्वनि तरंगों में विरलन और संपीडन इनकी आवृत्ति व हवा के दाब में परिवर्तन

आकृति 15.4 में दर्शाए अनुसार विरलन और संपीडन मिलकर एक चक्र (Cycle) होता है। एक सेकंड में स्वरित्र द्विभुज की भुजाएँ जितनी बार आगे पीछे होगी उतने चक्र एक सेकंड में हवा ये तैयार होंगे।

एक सेकंड में हवा में या अन्य माध्यम में निर्माण होने वाले कुल चक्रों की संख्या अर्थात उस ध्वनि तरंग की आवृत्ति (Frequency) होती है। आवृत्ति को हर्ट्ज़ (Hz) इस इकाई में नापते हैं। यदि एक सेकंड में एक कंपन हुआ तो उस कंपन की आवृत्ति 1 Hz होती है। उदाहरणार्थ, आकृति में दर्शाए अनुसार स्वरित्र द्विभुज में एक सेकंड में 512 कंपन होते हैं। इस स्वरित्र द्विभुज के कंपन के कारण एक सेकंड में 512 चक्रों का निर्माण होगा। जिससे निर्माण होनेवाली ध्वनि की आवृत्ति 512 Hz होगी। कोई स्वरित्र द्विभुज कितनी आवृत्ति से कंपित होगा यह उसकी भुजाओं के आकार (लंबाई, मोटाई) और वह स्वरित्र द्विभुज किस पदार्थ से बना है। इस पर निर्भर होता है।



### करो और देखो।

काँच के 6-7 गिलास लो। इन्हें एक कतार में रखकर उनमें क्रमशः बढ़ते हुए स्तर तक पानी भरो। एक पेंसिल लेकर उनपर क्रम से आघात करो। प्रत्येक गिलास से निर्माण होने वाली ध्वनि अलग-अलग होगी। ऐसा क्यों ?

प्रत्येक गिलास पर आघात करने पर उसमें स्थित हवा के स्तंभ में तरंगों का निर्माण होता है। हवा के स्तंभ की ऊँचाई के अनुसार इन तरंगों की आवृत्ति बदलती है। प्रत्येक गिलास में पानी का स्तर अलग-अलग होने के कारण उसमें स्थित हवा के स्तंभ की ऊँचाई भी अलग-अलग होती है। अतः वह गिलास कंपायमान होने पर निर्माण होनवाली ध्वनि की आवृत्ति विशिष्ट होती है। इसलिए उसके द्वारा निर्माण होने वाली ध्वनि भी अलग-अलग होती है।

ध्वनि की आवृत्ति नापने वाले ऐप (App) भ्रमणध्वनी पर उपलब्ध हो सकते हैं। अपने शिक्षकों की सहायता से उसका उपयोग कर अलग-अलग गिलास से निकलने वाली ध्वनि की आवृत्ति नापो। गिलास में स्थित हवा के स्तंभ की ऊँचाई और ध्वनि की आवृत्ति इसमें कुछ संबंध दिखाई देता है क्या ? यह हुआ तुम्हारा सरल जलतरंग वाद्य ! भिन्न-भिन्न आकार के स्टील के बर्तन लेकर भी यह प्रयोग कर सकते हैं क्या ?

### ध्वनी और संगीत (Sound and Music) :

ऊपर्युक्त कृति से यह स्पष्ट होता है कि ध्वनि तरंगों की आवृत्ति बदलने पर निर्माण होने वाली ध्वनि अलग-अलग होती है। ध्वनि तरंगों की अलग-अलग आवृत्ति के कारण अलग-अलग स्वरों की निर्मिती होती है। संगीत में स्वरनिर्मिती के लिए अलग-अलग प्रकार के वाद्यों का उपयोग किया जाता है। जिसमें सितार, वाँयलीन, गिटार जैसे तंतुवाद्य यंत्र का उसी प्रकार से बाँसुरी, शहनाई जैसे फूँकवाद्य यंत्रों का उपयोग किया जाता है। गले से भी अलग अलग प्रकार के स्वरों का निर्माण किया जाता है।

तंतुवाद्य मे उपयोग में लाए गए तार का तनाव कम-ज्यादा करके उसी प्रकार तार के कंपित होनेवाले भाग की लंबाई ऊँगली से कम-ज्यादा करके कंपन की आवृत्ति परिवर्तित करते है, इस कारण भिन्न-भिन्न स्वरों का निर्माण होता है।

बाँसुरी जैसे फूँकवाद्य यंत्र में उँगलियों से बाँसुरी पर बने छिद्रों को दबाकर या खोलकर, बाँसुरी में कंपायमान होने वाले हवा के स्तंभ की लंबाई कम-ज्यादा की जाती है जिससे कंपन की आवृत्ति में परिवर्तन होकर विभिन्न स्वरों की निर्मिती होती है। इसी प्रकार बाँसुरी वादन के लिए उपयोग में लाई गई फूँक बदलकर भी भिन्न-भिन्न स्वरों का निर्माण करते है।

### सूचना और प्रौद्योगिकी के साथ

यू-ट्यूब से जलतरंगों का व्हिडिओ डाऊनलोड करो और इ-मेलद्वारा तुम्हारे मित्रों को भेजो।



### क्या तुम जानते हो ?

मध्य सप्तक के सा, रे, ग, म, प, ध, नी इन सप्तसुरों की आवृत्ति क्या है ? नीचे दी गई तालिका में यह जानकारी दी है।

स्वर	आवृत्ति (Hz)
सा	256
रे	280
ग	312
म	346
प	384
ध	426
नी	480



निरीक्षण करा व चर्चा करा.

विविध वाद्ययंत्रों को पहचानो और ध्वनि निर्मिति पर चर्चा करो।



करो और देखो।

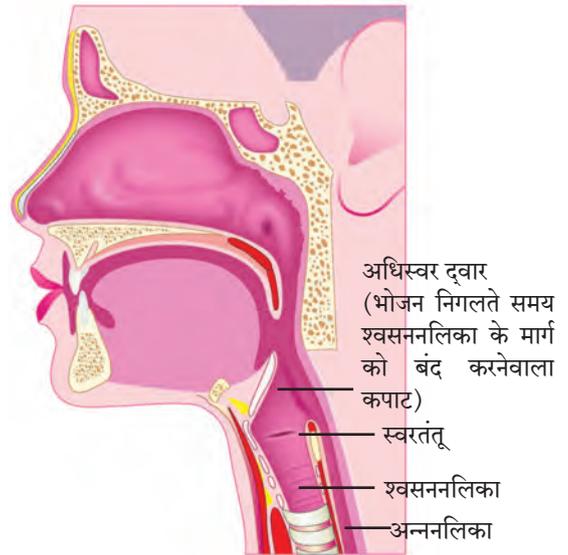
अलग-अलग स्वरों की निर्मिति करने वाले ऑप (Sound note generator app) भ्रमणध्वनि पर उपलब्ध हो सकते हैं। अपने शिक्षकों की सहायता से उसका उपयोग कर अलग-अलग स्वरों की निर्मिति करो।

### मानवनिर्मित ध्वनि (Sound Produced by Human) :

थोड़ा जोर से बोलो या गाना गाओ या मधुमक्खी की तरह गुंजन करो और अपने एक हाथ की उँगलियाँ गलेपर रखो। तुम्हें कुछ कंपन महसूस होते हैं क्या ?

मनुष्य में ध्वनि का निर्माण स्वरयंत्र में होता है। कौर निगलते समय अपने हाथों की उँगलियाँ गले पर रखने पर कुछ हिलने वाला एक उभार तुम्हें महसूस होगा। यही स्वरयंत्र (Larynx) है। आकृति 15.5 में दर्शाए अनुसार यह श्वसननलिका के ऊपरी भाग में होता है। उसमें दो स्वरतंतु (Vocal Cords) होते हैं। इन स्वरतंतुओं के बीच की जगह से हवा श्वसननलिका में जा सकती है। फेंफड़ों की हवा जब इस जगह से जाती है तब स्वरतंतु कंपित होते हैं व ध्वनि की निर्मिति होती है। स्वरतंतुओं से जुड़ी हुई माँसपेशियाँ इन तंतुओं के तनाव को कम-अधिक कर सकती हैं। स्वरतंतुओं का तनाव अलग-अलग होने पर निर्माण होने वाली ध्वनि भी अलग होती है।

साइकल के निरूपयोगी ट्युब से रबड़ के दो समान आकार वाले टुकड़े काटो। दोनों टुकड़े एक-दूसरे के ऊपर रखकर उनके दोनों सिरे विपरीत दिशा में तानो। उनमें स्थित जगह में फूँक मारो। तने हुए रबड़ के टुकड़ों में से हवा बहने लगते ही ध्वनि का निर्माण होता है। मानवी स्वरयंत्र का कार्य इसी प्रकार से चलता है।



15.5 : मानवी स्वरयंत्र

पुरुषों के स्वरतंतु लगभग 20 mm लंबे होते हैं। स्त्रियों में उसकी लंबाई 15 mm होती है। छोटे बच्चों में तो और भी कम होती है। इसलिए पुरुष, स्त्री और छोटे बच्चे इनकी आवाज अलग-अलग स्तर का होता है।



करो और देखो।

कुत्ते के भौंकने की 'भौं...भौं' आवाज बिल्ली की 'म्याँव...म्याँव' ऐसी आवाज निकालो। परंतु ये आवाज निकालते समय स्वरतंतु पर पड़ने वाले तनाव पर भी ध्यान दो। ये दो अलग-अलग आवाजें निकालते समय स्वरतंतु पर पड़ने वाला तनाव बदलता है, यह तुम्हें महसूस होता है क्या ?

## ध्वनिक्षेपक से ध्वनि निर्मिती (Sound generation by loudspeaker) :

ध्वनिक्षेपक से भी आवाज की निर्मिती होती है यह तुम्हें मालूम है। ध्वनिक्षेपक की आंतरिक रचना अनुप्रस्थ काट के रूप में (Cross section) आकृति 15.6 में दर्शाई गई है। इसमें एक स्थाई चुंबक (Permanent magnet) होता है। उसके चारों ओर लपेटी गई कुंडली (Coil) में से विद्युत धारा प्रवाहित होने के कारण भी चुंबकीय क्षेत्र का निर्माण होता है। यह तुम पिछले पाठ में समझ चुके हो।

दो चुंबक एक-दूसरे के समीप लाने पर उनकी स्थितिनुसार उनकी हलचल होती है, यह तुमने देखा ही होगा। इसी प्रकार से, यहाँ कुंडली द्वारा निर्माण हुए चुंबकीय क्षेत्र के अनुसार वह कुंडली आगे-पीछे हिलने लगती है। कुंडली का यह हिलना अर्थात् उसकी आवृत्ति और आयाम, उसमें से बहनेवाला विद्युत प्रवाह किस प्रकार परिवर्तित होता है, इसपर निर्भर होता है। इसी कुंडली से जुड़े हुए ध्वनिक्षेपक के परदे की आगे-पीछे हलचल होने लगती है।



15.6 ध्वनिक्षेपक की अंतरिक रचना

हमने इसके पहले देखा है कि स्वरित्र द्विभुज की भुजाओं की आगे पीछे होनेवाली हलचल के कारण हवा में ध्वनि तरंगों का निर्माण होता है। इसी प्रकार से यहाँ, ध्वनिक्षेपक के परदे की आगे-पीछे होने वाली हलचल के कारण हवा में ध्वनि तरंगों का निर्माण होता है ध्वनि का निर्माण करनेवाले किसी ध्वनिक्षेपक के परदे को हल्का सा स्पर्श करके इस परदे के कंपनों का अनुभव तुम ले सकते हो।

ध्वनि क्षेपक का उपयोग करके बहुत ऊँचे स्तर की आवाज का निर्माण किया जा सकता है। इसलिए सार्वजनिक स्थानों पर ध्वनिक्षेपक का उपयोग किया जाता है। परंतु हमने पिछली कक्षा में सीखा है कि ध्वनि का स्तर लगभग 100 डेसिबल से अधिक हो तो वह ध्वनि हमारे लिए हानिकारक हो सकती है। इसीलिए ध्वनिक्षेपक की क्षमता यद्यपि उच्च स्तर की ध्वनि निर्माण करने वाली हो तो भी उसपर नियंत्रण रखना आवश्यक है।



### करो और देखो।

भ्रमणध्वनि पर ध्वनि का स्तर डेसिबल इस इकाई में नापने के लिए अंप उपलब्ध हो सकता है। उसका उपयोग कर अपने शिक्षकों की सहायता से सार्वजनिक स्थान पर उपयोग में लाए जाने वाले किसी ध्वनिक्षेपक से आनेवाली आवाज का स्तर नापकर देखो। ध्वनिक्षेपक से भिन्न-भिन्न दूरी पर खड़े रहकर ध्वनि का स्तर नापो। ध्वनिक्षेपक से दूरी और आवाज का स्तर इसमें तुम्हें कोई संबंध दिखाई देता है क्या ?



### इसे सदैव ध्यान में रखो।

ध्वनि और ध्वनि निर्मिती का अध्ययन करते समय निर्माण होनेवाली ध्वनि की अन्य को परेशानी न हो इसकी हमें सावधानी बरतनी चाहिए। पर्यावरण को हानि पहुँचानेवाले तथा सामाजिक स्वास्थ्य बिघाड़नेवाले प्रमुख कारणों में ध्वनि प्रदूषण का समावेश किया गया है। इसके लिए ध्वनि प्रदूषण टालने के लिए प्रयत्न करना चाहिए।

### 1. रिक्त स्थानों पर योग्य शब्द भरो ।

- अ. ध्वनि तरंग के उच्च दाब और घनत्ववाले भाग को ..... कहते हैं, तो कम दाब और घनत्व वाले भाग को ..... कहते हैं ।
- आ. ध्वनि के निर्माण के लिए माध्यम की आवश्यकता .....
- इ. किसी ध्वनि तरंग में एक सेकंड में बनने वाले विरलन और संपीडन इनकी कुल संख्या 1000 हैं । इस ध्वनि तरंग की आवृत्ति ..... Hz होगी ।
- ई. अलग-अलग सुरों के लिए ध्वनि तरंगों की ..... अलग-अलग होती हैं ।
- उ. ध्वनिक्षेपक में ..... ऊर्जा का रूपांतरण ..... ऊर्जा में होता है ।

### 2. वैज्ञानिक कारण बताओ ।

- अ. मुँह से अलग-अलग स्वर निकालते समय स्वर तंतुओं पर का तनाव बदलना आवश्यक होता है ।
- आ. चंद्रमा पर अंतरिक्ष यात्रियों का संवाद एक-दूसरे को प्रत्यक्ष रूप से सुनाई नहीं देता ।
- इ. ध्वनितरंगों का हवा में से एक स्थान से दूसरे स्थान तक संचरण होने के लिए उस हवा का एक स्थान से दूसरे स्थान तक परिवहन होना आवश्यक नहीं होता ।

### 3. गिटार जैसे तंतु वाद्य से और बाँसरी जैसे फूँकवाद्य से अलग अलग स्वरों की निर्मिती कैसे होती है ?

### 4. मानवी स्वरयंत्र से और ध्वनिक्षेपक से ध्वनि का निर्माण कैसे होता है ?

### 5. “ध्वनि संचरण के लिए माध्यम की आवश्यकता होती है ।” यह प्रयोग आकृति सहित स्पष्ट करो ।

### 6. उचित जोड़ियाँ मिलाओ ।

मानवी स्वरयंत्र	धातु की भुजाओं में कंपन
ध्वनिक्षेपक	हवा के स्तंभों में कंपन
जल तरंग	स्वरतंतु में कंपन
स्वरित्र द्विभुज	तारों में कंपन
तानपुरा	परदे में कंपन

### उपक्रम :

1. दो प्लास्टिक के गिलास लेकर उनके नीचे के भाग (तल) में छेद करके धागा बाँधकर खेलने का टेलीफोन तैयार करो/ क्या आपके मित्र /सहेली की आवाज तुम्हारे कानों तक धागों के माध्यम से पहुँचती है? धागे के स्थान पर लोहे की तार लेकर तथा धागा / तार की लम्बाई कम या ज्यादा करके प्रयोग करो और निष्कर्ष निकालो/इस विषय में एक-दूसरे से और शिक्षकों के साथ चर्चा करो ।
2. एक प्लास्टिक या स्टील का गिलास लेकर उसका सीधा नीचे का भाग काटो । दूसरे खुले भाग पर रबरबैंड की सहायता से गुब्बारा तानकर सिल करो और उसके ऊपर रागी, बाजरी आदि के छोटे-छोटे दानों को रखो । दूसरे खुले भाग से अपने मित्र को 'हुँरेSS...हुँरेSS' ऐसी आवाज जोर से निकालने को कहो रबर के ऊपर के दाने ऊपर /नीचे छलाँग मारते हुए दिखाई देते है क्या ? ऐसा क्यों होता है, इस विषय में चर्चा करो ।

