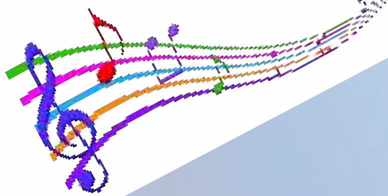


विकसित व्हावे ! अर्पित होऊनी जावे !!
'स्व'- रूपवर्धिनी

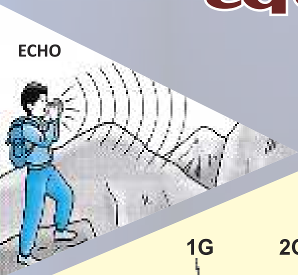
TATA MOTORS
Vidyadhanam
Knowledge is Wealth

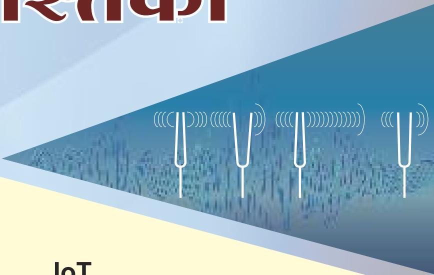
'स्व'-रूपवर्धिनी, पुणे

विज्ञान तंत्रज्ञान फिरती प्रयोगशाळा

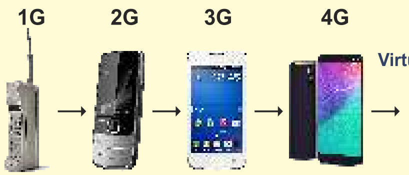
आंतरराष्ट्रीय 'ध्वनी वर्ष २०२०'

'ध्वनी संदर्भ पुस्तिका'





Reproducing of Sound & Image



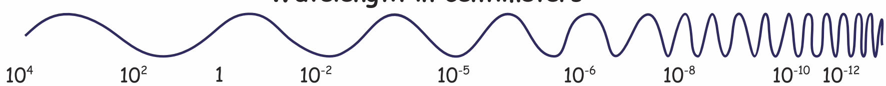
IoT
Virtual & Augmented reality
Sensors
Smart buildings
Autonomous vehicles
& more

Ref.: INTERNATIONAL COMMISSION FOR ACOUSTICS.
icacommission.org

Electromagnetic Waves

Radio | Microwave | Infrared | Visible | Ultraviolet | X-ray | Gamma Ray

Wavelength in centimeters



Length in centimeters

अनुक्रमणिका

- प्रस्तावना - प्रा. विनायक शुक्ल — २
- ध्वनीची संकलित माहिती — ३
- ध्वनी प्रश्न मंजुषा: मार्गदर्शक उत्तरे — ४०
- कार्य अहवाल — ६४
- विजेत्यांची नावे — ६५
- परीक्षक प्रतिक्रिया — ६६
- विद्यार्थी प्रतिक्रिया — ६७

प्रस्तावना

माणसाच्या शरीरातील प्रत्येक अवयवाच्या कामाला महत्त्व आहे. पंचेंद्रियांपैकी श्रवणेंद्रिये ऐकण्याचे काम करतात. सर्व प्रकारचा ध्वनी किंवा आवाज कानांनी ऐकला जातो. ध्वनिलहरी म्हणजे कोणत्याही गोष्टींनी उत्पन्न होणारी कंपने असतात. हा आवाज आपण ऐकतो म्हणजे तो कानाच्या विविध छोट्या भागांचे एकत्रित काम असते. यासाठी आपण कानाला खूप जपले पाहिजे. तसेच आपण बोलतो तेव्हा आपल्या घशातील स्वरयंत्र काम करत असते. याची शास्त्रीय माहिती आपल्याला या पुस्तिकेतून मिळेल.

मनोरंजनासाठी विविध वाद्यांचा उपयोग होतो. या वाद्यांमध्ये ही खूप विविधता दिसते. काही वाद्य तंतु म्हणजे तारा वापरून तर काही चामडे वापरून बनवली जातात. पण यातून निर्माण होणारा नाद मनाला आनंद देतो. यामागचे शास्त्र पुस्तिकेतून लक्षात येते.

ध्वनी लहरींच्या गुणधर्मांचा उपयोग करून वेगवेगळी शास्त्रीय उपकरणे बनवली जातात. उदा. सोनार यंत्र, मायक्रोफोन, सोनोग्राफी यंत्र इत्यादी. या सर्व उपयोगी साधनांबरोबर आवाजाचा अतिरेक झाला तर आपण ध्वनी प्रदूषण झाले असे म्हणतो. ते कसे मोजतात, आरोग्याच्या दृष्टीने त्याचे प्रमाण काय असावे, याही गोष्टींची माहिती या पुस्तिकेतून मिळते .

वर्ष २०२० हे 'INTERNATIONAL COMMISSION FOR ACOUSTICS' या विज्ञान संस्थेने "आंतरराष्ट्रीय ध्वनी वर्ष" म्हणून निर्धारित केले आहे. त्या अनुषंगाने ही पुस्तिका आपणा सर्वांना त्याबद्दलची शास्त्रीय माहिती व ध्वनी प्रदूषणाबाबत आपण कसे जागरूक राहायला हवे याचे माहिती देते. 'स्व'-रूपवर्धिनीच्या विज्ञान तंत्रज्ञान फिरती प्रयोगशाळा प्रकल्पाने तयार केलेली ही संकलन पुस्तिका विद्यार्थ्यांना निश्चित उपयुक्त आहे.

सदरची पुस्तिका संकलित करण्यासाठी 'स्व'-रूपवर्धिनी, पुणे च्या विज्ञान तंत्रज्ञान फिरती प्रयोगशाळाचे समन्वयक रविराज पाटील आणि महिला विभागाच्या समन्वयक मंजुषा कुलकर्णी यांनी महत्व पूर्ण प्रयत्न केले .

'स्व'-रूपवर्धिनी विज्ञान तंत्रज्ञान फिरती प्रयोगशाळा विभागाच्या वतीने आंतरराष्ट्रीय ध्वनी वर्षाच्या अनुषंगाने ध्वनी प्रश्नमंजुषा या स्पर्धेचे आयोजन उन्हाळी सुट्टीत करण्यात आले होते. दिनांक ३ ऑक्टोबर २०२० रोजी गुणगौरव समारंभात कार्यक्रमाचे प्रमुख पाहुणे डॉ. विजय रायबागकर यांनी विजेत्यांना सन्मानित केले आणि विद्यार्थ्यांना प्रेरणादायी मार्गदर्शन केले. त्याबद्दल त्यांना मन:पूर्वक धन्यवाद...!

- प्रा. विनायक शुक्ल

ध्वनीची संकलित माहिती

ध्वनी : ध्वनी किंवा आवाज म्हणजे कानाला ऐकू येऊ शकतो तो आविष्कार अशी व्यावहारिक व्याख्या देता येईल. शास्त्रीय परिभाषेत असे म्हणता येईल की, श्रवणेंद्रियाला ज्या उद्दीपनामुळे संवेदना होऊ शकते ते उद्दीपन म्हणजे ध्वनी होय. हे उद्दीपन नेहमी एखाद्या वायू, द्रव किंवा घन माध्यमातील यामिकीय (भौतिक प्रेरणांमुळे निर्माण होणाऱ्या) तरंगांच्या स्वरूपात असते. हे तरंग माध्यमाच्या स्थितिस्थापकतेमुळेच (विकृती निर्माण करणाऱ्या प्रेरणा काढून घेतल्यावर मूळ स्थितीत येण्याच्या पदार्थाच्या गुणधर्मामुळेच) प्रस्थापित होऊ शकतात. म्हणून त्यांना स्थितिस्थापकीय तरंग किंवा ध्वनितरंग असे म्हणतात. मानवी श्रवणेंद्रियाला फक्त १६ हर्ट्झ ते २०,००० हर्ट्झ या मर्यादांमधील कंप्रतेच्या (दर सेकंदाला होणाऱ्या कंपनसंख्येच्या) तरंगांचाच बोध होऊ शकतो. या प्रकारच्या तरंगांना श्राव्य ध्वनी असे म्हणतात. १६ हर्ट्झपेक्षा कमी कंप्रतेच्या (कंपनांची वारंवारता) तरंगांना अवश्राव्य ध्वनी व २०,००० हर्ट्झपेक्षा जास्त कंप्रतेच्या तरंगांना श्राव्यातीत ध्वनी असे म्हणतात. व्यापक अर्थाने सर्वच कंप्रतांच्या यामिकीय तरंगांना ध्वनी असे म्हटले जाते आणि सामान्यपणे याच अर्थाने हा शब्द येथे वापरला आहे. ध्वनीच्या वेगवेगळया आविष्कारांचे आणि उपाययोजनांचे भौतिकीच्या दृष्टीतून येथे विवरण केले आहे.

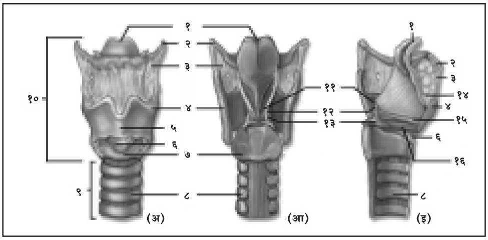
प्रतिध्वनी : ध्वनितरंग मोठ्या आकाराच्या अडथळयावर (उदा., डोंगराचा कडा) आपटून जो परावर्तित ध्वनी ऐकू येतो त्याला प्रतिध्वनी असे म्हणतात. ध्वनीमधील शब्दोच्चार स्पष्ट समजण्यासाठी मूळ ध्वनी व परावर्तित ध्वनी कानावर पडण्यामध्ये किमान १/१५ सेकंद इतका वेळ गेला पाहिजे. ध्वनिवेग लक्षात घेता यासाठी ऐकणाऱ्यापासून अडथळयाचे अंतर किमान २० मी. तरी असावे लागते. दोन अडथळयांमध्ये उभे राहणाऱ्यास त्या अडथळयांवरून पुनःपुन्हा होणाऱ्या परावर्तनांमुळे एकाच शब्दाचे प्रतिध्वनी अनेक वेळा ऐकू येऊ शकतात. शोषणामुळे प्रतिध्वनींची तीव्रता कमीकमी होत जाऊन शेवटी तो ऐकू येईनासा होतो. कुजबुजणाऱ्या सज्जातून अंतर्गोल भिंतीवरून परावर्तन होऊन ध्वनी एका बिंदूपाशी केंद्रित होतो. भिंती जितक्या जास्त टणक व गुळगुळीत असतील तितका हा प्रकार जास्त प्रकर्षाने अनुभवाला येतो. त्याचप्रमाणेनीच कंप्रतांपेक्षा उच्च कंप्रतांच्या ध्वनीचे परावर्तन जास्त प्रमाणावर होऊ शकते .

निनादन : इमारतीची जमीन, छत व भिंती यांवरून ध्वनीची अनेकदा परावर्तने होऊन तोच आवाज बराच वेळ रेंगाळल्यासारखा वाटतो पण स्पष्ट असे ऐकू येत नाही. याला निनादन असे म्हणतात. मोठ्या अडथळयाऐवजी ध्वनीच्या मार्गात मोठा धुक्याचा थर किंवा ढग आला, तर त्यावरून ध्वनीचे परावर्तन होऊन त्याच्यापलीकडे ध्वनी (नीटसा) ऐकू येत नाही. समुद्रात कित्येक ठिकाणी खडकांचे इशारे देण्यासाठी बसविलेल्या घंटा किंवा कर्णे यांचे आवाज धुक्यामध्ये ऐकू न आल्यामुळे अपघात घडलेले आहेत. परावर्तनाचे नियम ध्वनी व

प्रकाश या दोहोंच्या बाबतीत सारखेच आहेत. परंतु ध्वनीची तरंगलांबी प्रकाशाच्या तरंगलांबीच्या तुलनेने खूपच जास्त असल्याने ध्वनीच्या चांगल्या परावर्तनासाठी परावर्तकाचा आकारही मोठा असावा लागतो. प्रकाशाप्रमाणेच अंतर्वक्र परावर्तकाच्या साहाय्याने ध्वनीचे केंद्रीकरण करता येते व बहिर्वक्र परावर्तकाच्या योगे त्याचे अपसारण होते.

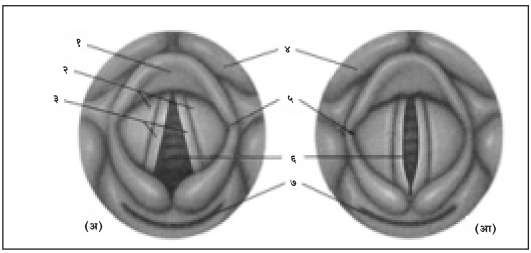
स्वरयंत्र : श्वसनमार्गाच्या प्रारंभी व घसा संपल्यानंतर सुरू होणाऱ्या उपास्थियुक्त (कूर्चायुक्त) श्वासनालेच्या सर्वांत वरच्या भागाचे रूपांतर स्वरयंत्रात झालेले असते. त्याच पातळीवर घशाच्या मागच्या बाजूस अन्ननलिकेचा प्रारंभ होतो. जिभेच्या मुळाशी घशात असलेल्या स्नायू आणि मृदू उपास्थिमय अशा पानांसारख्या झडपेमुळे स्वरयंत्राचे अन्ना-पासून संरक्षण होते. स्वरयंत्राची रचना बाहेरून बोटांनी चाचपून जाणवता येणाऱ्या कठीण उपास्थींनी घडलेली असते. त्यांपैकी सर्वांत मोठी उपास्थी पुढील बाजूस असते. अवटू ग्रंथीला आधार देणारी ही कौकी उपास्थी गळ्याच्या हालचालींबरोबर (उदा., आवंढा गिळताना, खोकताना) वर-खाली होताना सहज दिसू शकते. तिच्या खाली असलेली एखाद्या जाड अंगठीच्या आकाराची मुद्रिका उपास्थी स्वरयंत्राला श्वासनालेस जोडते. अवटू उपास्थीच्या पातळीवर, मागील बाजूस दोन लहान खडूयांच्या आकाराच्या उपास्थी (दर्वी उपास्थी) असतात. या दोन उपास्थीं-पासून निघणारे दोन बंध अवटू उपास्थीच्या आतील पृष्ठभागाला एकाच ठिकाणी जोडलेले असतात. त्यांच्या या विशिष्ट रचनेमुळे श्वसनमार्गात पुढच्या बाजूकडे टोक असलेल्या लघुकोनाच्या आकाराची फट तयार होते. दर्वी उपास्थींच्या हालचालीमुळे दोन्ही बंध म्हणजेच ध्वनिरज्जू एकमेकांपासून दूर जाऊन श्वसनमार्ग पूर्ण मोकळा करू शकतात किंवा एकमेकांच्या जवळ येऊन तो अंशतः (ध्वनिनिर्मितीच्या वेळी) किंवा पूर्णतः (अन्नमार्गातून अन्न किंवा द्रव पदार्थ गिळते वेळी) बंद करू शकतात. स्वरयंत्राच्या रचनेतील इतर भाग अनेक स्नायू, संयोजी ऊतक (समान रचना व कार्य असणाऱ्या कोशिकांचा समूह) आणि आतील पृष्ठभागावरील श्लेष्मल पटल यांनी तयार झालेला असतो. संपूर्ण स्वरयंत्रातील संवेदना ग्रहण करणाऱ्या तंत्रिका मेंदूतील नवव्या तंत्रिकेच्या शाखा आणि स्नायूंचे आकुंचन घडविणाऱ्या प्रेरक तंत्रिका मेंदूतील दहाव्या तंत्रिकेच्या शाखा असतात.

ध्वनिरज्जू आणि त्यावरील श्लेष्मल पटलाचे आवरण यांमुळे तयार झालेली रचना कंपनशील असते.



अंशतः उघडलेल्या फटीतून फुप्फुसा-तील हवा बाहेर फेकली जात असताना ध्वनिरज्जूंच्या कंपनामुळे स्वरनिर्मिती होते. रज्जूंच्या ताणाचे प्रमाण, त्यांच्या कडांचा आकार व जाडी आणि दोन्ही रज्जूंमधील अंतर यांनुसार स्वराची

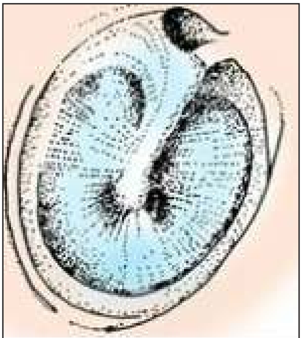
उच्चनीचता आणि गरिमा अवलंबून असते. त्यामुळे निरनिराळ्या व्यक्तींच्या स्वराचा प्रकार वय, लिंगभेद, तंत्रिका तंत्राची स्थिती, श्वसन तंत्राची कार्यक्षमता व विकारांची उपस्थिती यांनुसार भिन्नता दर्शवितो. स्वरयंत्रातून निर्माण झालेला स्वर त्याच्यावरच्या टोकातून (कंठद्वारातून) घशात प्रवेश करतो तेव्हा त्याच्यावर घसा, जीभ, दात, नाक, ओठ यांसारख्या अवयवांकडून निरनिराळ्या प्रकारचे आघात होऊ लागतात. यामुळे होणाऱ्या परिवर्तनातून व्यंजनांची निर्मिती होते आणि अंतिम ध्वनिनिर्मिती आकार घेते. स्वरयंत्रातील विविध उपास्थी व संधिबंध : (अ) अग्रदर्शन, (आ) पश्चदर्शन, (इ) मध्यदर्शन : (१) अधिस्वर द्वार, (२) कंठास्थी, (३) अवटु-कंठास्थी पटल, (४) अवटू उपास्थी, (५) अवटू उपास्थी उत्सेध, (६) मुद्रिका-अवटू संधिबंध, (७) मुद्रिका उपास्थी, (८) श्वासनाल उपास्थी, (९) श्वासनाल, (१०) स्वरयंत्र (कंठ), (११) कीलोपास्थी, (१२) शृंगी उपास्थी, (१३) दर्वी उपास्थी, (१४) मेद, (१५) प्रकोष्टीय संधिबंध (आभासी ध्वनिरज्जू), (१६) खरा ध्वनिरज्जू.संपूर्ण स्वरयंत्राची हालचाल त्याला जोडलेल्या स्नायूंमुळे मुक्तपणे खाली किंवा वर अशी होऊ शकते. तोंडात असलेला घास किंवा द्रवाचा घोट गिळण्याच्या क्रियेत ध्वनिरज्जू एकमेकांजवळ येऊन श्वसनमार्ग पूर्ण बंद होतो आणि त्याच वेळी स्वरयंत्र वर ओढले जाऊन थोडेसे पुढे येते. जिभेच्या मुळाशी असलेली अधिस्वर द्वार ही झडप मागे झुकते व स्वरयंत्राच्या वरच्या भागावर (कंठद्वारावर) टेकते. त्यानंतर तोंडातील पदार्थ या झडपेच्या दोन्ही बाजूंनी (डाव्या व उजव्या) अन्ननलिकेत ढकलला जातो. या सर्व क्रियेत अधिस्वर द्वाराच्या मधल्या भागाशी अन्नाचा संपर्क फारसा येत नसल्याने स्वरयंत्रात अन्नकण किंवा द्रव शिरण्याची शक्यता फार कमी असते. खोकण्याच्या किंवा शिंकण्याच्या क्रियेत ध्वनिरज्जू एकत्र येऊन श्वसनमार्ग प्रथम पूर्णपणे बंद होतो. नंतर श्वसनाचे स्नायू (ध्वनीच्या पिंजऱ्याचे) आकुंचन पावून फुप्फुसे दाबली जातात व श्वसनमार्गातील हवेचा दाब वाढू लागतो. तो वाढत असतानाच एकाएकी ध्वनिरज्जू एकमेकांपासून दूर होऊन हवा बाहेर पडते व त्यामुळे मोठा स्फोटासारखा आवाज होतो आणि श्वसनमार्गातील अडकलेले कण किंवा द्रव बाहेर फेकले जातात.



स्वरयंत्राच्या क्रिया-अवस्था : (अ) अंत:श्वसन करताना, (आ) ध्वनिनिर्मिती करताना : (१) अधिस्वर द्वार, (२) प्रकोष्टीय घडी, (३) ध्वनिघडी (खरे ध्वनिरज्जू), (४) जिव्हामूळ, (५) प्रकोष्ट, (६) श्वासनाल, (७) ग्रसिका.स्वरयंत्राच्या तपासणीसाठी रुग्णाला तोंड पूर्ण उघडायला सांगून घशात टाळ्याच्या मागच्या बाजूस एक छोटासा गोलाकार आरसा धरला जातो. त्यातून परावर्तित होणारा प्रकाश कंठद्वारातून आत ध्वनिरज्जूंवर पडतो. या प्रकाशाने उजळलेली स्वरयंत्राच्या अंतरंगाची

प्रतिमा आरशात दिसू शकते.

अधिक चांगल्या तपासणीसाठी स्वरयंत्रदर्शक हे उपकरण वापरले जाते. रुग्णाला भूल देऊन मान पूर्णपणे ताठ असलेल्या अवस्थेत हा दर्शक कंठद्वारात घालून स्वरयंत्र तपासता येते. शस्त्रक्रियेसाठी भूल देण्याकरिता श्वासनालेत नळी घालण्यासाठीही या उपकरणाचा उपयोग होतो. काचतंतू प्रकाशकी तंत्राचा वापर करणारे लवचिक नळीसारखे दर्शकही आता उपलब्ध आहेत. केवळ संवेदनाहरणाचा (स्थानीय बधिरीकरणाचा) अवलंब करून असा दर्शक तोंडातून किंवा नाकातून आत घालून स्वर-यंत्रापर्यंत ढकलता येतो. अशा दर्शकाच्या मदतीने श्वसनमार्गाच्या तपासणी-बरोबरच तेथील द्रवाचा किंवा ऊतकाचा नमुना घेणे, औषध फवारणे, साचलेले द्रव काढून टाकणे यांसारखी कामेही होऊ शकतात.



कानाचा पडदा - कर्णपटल

बाह्यकर्ण - बाह्यकर्णाची रचना नरसाळयासारखी बाहेर पसरट व आत नळीप्रमाणे अरुंद असते. बाह्यकर्णाच्या नळीसारख्या भागात त्वचेमधून तेलकट पदार्थ पाझरतो. त्यामुळे हा भाग मऊ राहतो.

मध्यकर्ण - मध्यकर्ण म्हणजे हाडामधील एक छोटीशी पोकळी असते. तिच्या एका बाजूला कानाचा पडदा असतो. दुस-या बाजूला अंतर्कर्णाचा शंख असतो. मध्यकर्णाची पोकळी एका नळीने (कानाघ नळी) नाकाला जोडलेली असते. या नळीमुळे मध्यकर्णातील हवा बाहेरच्या हवेशी जोडली जाऊन सम दाबात राहते. यामुळे कानाचा पडदा सुरक्षित राहतो. असे नसते तर कानाचा पडदा कमीजास्त दाबाबरोबर आत किंवा बाहेर फुगला असता. सर्दी झाली, की या नळयांची तोंडे सुजून बंद होतात;यामुळे मध्यकर्णात विचित्र संवेदना होते. कधी कान गच्च झाला आहे असे वाटते; तर कधी कानाला दडे बसल्यासारखे वाटते. सर्दीपडशात नाकातील घाण मध्यकर्णात जाऊन मध्यकर्णाचा दाह सुरू होतो. यामुळे कान ठणकून कधीकधी फुटतो. मध्यकर्णात तीन लहानलहान हाडांची साखळी असते ही साखळी एका बाजूने कानाच्या पडद्याशी लागते तर दुस-या बाजूने अंतर्कर्णाच्या शंखाला जोडलेली असते. या साखळीचे काम म्हणजे ध्वनिकंपनांनी होणारी पडद्याची हालचाल अंतर्कर्णाच्या शंखापर्यंत नेणे. कान वारंवार फुटत असेल तर ही साखळी जंतुदोषाने खराब होऊन ऐकू येत नाही. मध्यकर्णात पू झाला, की कान ठणकतो. मात्र पडदा फुटून पू बाहेर पडला, की ठणका थांबतो.

अंतर्कर्ण (शंख किंवा गाभारा) - अंतर्कर्ण म्हणजे हाडाच्या पोकळीत बसवलेला गाभारा किंवा एक

ध्वनिज्ञान तपासणी

नाजूक शंख. त्या शंखाचे मुख्य काम म्हणजे ध्वनिलहरींचा संदेश चेतातंतूंतर्फे मेंदूपर्यंत पोचवणे. याला तीन अर्धवर्तुळाकार नळया जोडलेल्या असतात. त्यांना एकत्र जोडणारा छोटा फुग्यासारखा भाग असतो. या शंख व नळया तोल-स्थिती-गती यांच्याबद्दल मेंदूकडे संदेश पाठवतात. ध्वनिलहरी व स्थिती-गती ज्ञान कसे होते हे आपण अगदी थोडक्यात पाहू या. विज्ञान शंखाकृती ध्वनिशंखात एक द्रव भरलेला असतो. त्याच्या कोषात हारमोनियमच्या (बाजाची पेटी) पटटयांसारखी रचना असलेला एक पडदा बसवलेला असतो. ध्वनिकंपने हाडाच्या साखळीमार्फत ध्वनिशंखामध्ये पोचतात. या ध्वनिकंपनांमुळे ध्वनिशंखातल्या द्रवाची हालचाल होते. त्यामुळे ध्वनिविशिष्ट पेशींचेही कंपन होते. यानुसार पेशींना जोडलेल्या मज्जातंतूंमार्फत ध्वनिसंदेश मेंदूत पोचवले जातात. हा ध्वनिशंख मज्जातंतू आणि मेंदूतले ध्वनिकेंद्र यामुळे ध्वनिज्ञान होते.मध्यकर्णाच्या दीर्घकालीन आजारात (जंतुदोष) कानाचा पडदा आणि हाडांची साखळी खराब होतात. यामुळे मध्यकर्णामार्फत आवाज ऐकू येणे बंद होते. पण कवटीच्या हाडांवर कंपने आदळून हा आवाज हाडामार्फत ध्वनिशंखात पोचू शकतो. यामुळे काही प्रमाणात तरी ध्वनिज्ञान शाबूत राहते. या तत्त्वाचा उपयोग करून फक्त मध्यकर्ण बिघडलेल्या व्यक्तीस हाडामार्फत थोडे ध्वनिज्ञान मिळवता येईल. पण ध्वनिशंख व पुढली यंत्रणा नष्ट झाली तर त्या कानास ठार बहिरेपणा येईल.

तोल आणि स्थिती ज्ञान - अंतकर्णाचे दुसरे काम म्हणजे गतिस्थिती ज्ञान. शरीराच्या गती-स्थितीचे ज्ञान अनेक मार्गांनी (स्नायू, सांधे, दृष्टीज्ञान आणि अंतर्कर्णातील व्यवस्था) होत असते. अंतकर्णाची यंत्रणा त्यापैकीच एक आहे. ही यंत्रणा म्हणजे तीन अर्धवर्तुळाकार नळया व त्यांना एकत्र जोडणारा लहानसा फुगा असतो. या सर्व भागात द्रवपदार्थ असतो. नळयांमध्ये खास संवेदनाक्षम पेशी असतात. या पेशींच्या थरावर पातळ पण वजनदार कणांचा एक थर असतो. द्रवपदार्थ आणि हा पातळ वजनदार थर यांच्या हालचालींचे संदेश मज्जातंतूंमार्फत मेंदूत पोचतात. ही सूक्ष्म हालचाल होते याचे कारण म्हणजे गुरुत्वाकर्षण. डोक्याच्या स्थितीप्रमाणे (आडवे, उभे, तिरपे, उलटे) आणि गतीप्रमाणे (पुढे, मागे, वर्तुळाकार गती) द्रवपदार्थ व वजनदार थराची हालचाल होत राहते. याचे मेंदूत संदेश पोचतात. या यंत्रणेत बिघाड झाला तर तोल सांभाळता येत नाही. कानाच्या काही आजारांमध्ये या यंत्रणेपर्यंत आजार पोचला तरीही तोल सांभाळण्याचे काम बिघडते.

केवळ मध्यकर्ण बिघडला आहे की ध्वनिशंखही बिघडला आहे हे साध्या तपासणीत कळू शकते. यासाठी चिमटयासारखे एक खास लोखंडी उपकरण असते. (याला ध्वनिचिमटा किंवा ध्वनिकाटा म्हणू या) या

ध्वनिकाटयाचा वापर करून एकदा कानासमोर व एकदा कानामागच्या हाडावर आळीपाळीने टेकवा. ध्वनिकाटा टेकवल्यावर 'ऐकू' येते का ते पुढीलप्रमाणे तपासता येते. (निर्दोष) कान चांगला असल्यास कानासमोर काटा धरण्यापेक्षा हाडावर टेकवल्यावर जास्त चांगला आणि जास्त वेळ आवाज ऐकू येतो. मात्र मध्यकर्ण बिघडल्यास ध्वनिकाटयाने कानासमोर काही ऐकू येत नाही, पण हाडांवरून ऐकू येते.

विद्युत् चुंबकीय तरंग - प्रवेगित अगर आंदोलित असणाऱ्या विद्युत् भारामुळे विद्युत् चुंबकीय क्षेत्रामध्ये क्षोभ निर्माण होतो. माध्यमातून प्रसारित होणाऱ्या या क्षोभाला विद्युत् चुंबकीय तरंग असे नाव आहे. या तरंगांना निश्चित आवर्तकाल असतो आणि त्याचे मूळ क्षोभाशी दिशिक संबंध असतात. अशा तऱ्हेने प्रवेगित अगर आंदोलित विद्युत् भार असलेल्या भागापासून विद्युत् आणि चुंबकीय क्षेत्रांची प्रणाली बाह्य दिशेला प्रसार पावते. माध्यमातील द्रव्याचे निव्वळ स्थानांतरण (पुढे जाण्याची क्रिया) न होता अवकाशील एका बिंदूपासून वा स्त्रोतापासून जास्त दूरच्या, दुसऱ्या बिंदूपार्यंत क्षोभ प्रसारित होण्याच्या क्रियेला तरंग गती म्हणतात. विद्युत् चुंबकीय तरंग ज्या माध्यमातून प्रवास करतात त्याला लवचिकता किंवा जडत्व नसते परंतु विद्युत् आणि चुंबकीय क्षेत्रांची ऊर्जा साठविण्याची क्षमता असते.

विद्युत् चुंबकीय वर्णपटाकडे पाहिल्यावर या तरंगांची व्याप्ती खूप विस्तृत आहे, हे लक्षात येते. भिन्न तरंगलांबी विभागांत या तरंगांचे स्वरूप भिन्न असते. प्रकाश, उष्णता, रेडिओ तरंग, क्ष-किरण ही या तरंगांची नेहमी आढळणारी उदाहरणे आहेत. यांशिवाय अवरक्त व जंबुपार (दृश्य वर्णपटातील तांबड्या आणि जांभळ्या रंगांपलीकडील अदृश्य) किरण, सूक्ष्मतरंग, गॅमा किरण हे अन्य तरंगलांबी विभाग होत. रडार आणि रेडिओ तरंग विभागात या तरंगांना विद्युत् किंवा हर्ट्झियन तरंग असे नाव आहे.

या तरंगांच्या रूपात विद्युत् चुंबकीय ऊर्जा प्रसारित होते. या ऊर्जेला, तिच्या ऊत्सर्जनाला व प्रसारणाला विद्युत् चुंबकीय प्रारण असे म्हणतात. अवरक्त प्रारण, उष्णता प्रारण, जंबुपार प्रारण, प्रकाश सूक्ष्मतरंग, क्ष-किरण या विद्युत् चुंबकीय तरंगांच्या प्रकारांवर मराठी विश्वकोशात स्वतंत्र नोंदी आहेत. रेडिओ तरंगांविषयीची माहिती ‘रेडिओ तरंग प्रसारण’, ‘रेडिओ प्रेषण’ व ‘रेडिओ संदेशवहन प्रणाली’ या नोंदीत आली हे. ‘प्रकाश’ व ‘विद्युत् चुंबकीय प्रारण’ या नोदींत आली हे. ‘प्रकाश’ व ‘विद्युत् चुंबकीय प्रारण’ या नोंदीमध्येही विद्युत् चुंबकीय तरंगांविषयीची काही माहिती दिलेली हे. शिवाय ‘तरंग गति’ अशीही स्वतंत्र नोंद आहे.

श्रवणमिति : व्यक्तीच्या श्रवणक्षमतेचा श्रवणमापकांच्या साहाय्याने करण्यात येणाऱ्या अभ्यासाला श्रवणमिति म्हणतात. यामध्ये प्राकृतिक (सामान्य) आणि दोषयुक्त श्रवणक्षमतांचे संख्यात्मक (परिमाणात्मक) मूल्यमापन करतात. ध्वनिदोलकातून निरनिराळ्या कंप्रतांचे (कंप्रता म्हणजे दर सेकंदाला होणाऱ्या कंपनांची संख्या)

शुद्ध स्वर काढले जातात. या स्वरांची तीव्रता इष्ट मर्यादितच बदलेल अशी योजना असते. प्राकृतिकश्रवण असणाऱ्यांना हे स्वर दिलेल्या तीव्रता मर्यादित ऐकू येतात परंतु श्रवणहानी (दोषयुक्त श्रवण) असणाऱ्यांना ते ऐकू येत नाहीत. अशा व्यक्तींना ते स्वर ऐकू येण्यासाठी त्या स्वरांची तीव्रता वाढवावी लागते.

शुद्ध स्वर, संभाषण व अस्थिसंवाहन या श्रवणमितीच्या तीन कसोट्या आहेत. या कसोट्यांमुळे पुढील हेतू साधले जातात : (१) गोंगाटामुळे आलेल्या श्रवणग्लानीचे परीक्षण करणे, (२) वापरात असलेली श्रवण साहाय्यके व संदेशवहन प्रयुक्त्या यांचे मानव अभियांत्रिकीच्या दृष्टीने अध्ययन करणे, (३) श्रवणदोषांचे निदान करणे व त्यांवर उपचार करणे.

श्रवणमापके - शुद्ध स्वर श्रवणमापक या उपकरणाचा मोठया प्रमाणात वापर केला जातो. यामध्ये आंदोलक, विवर्धक आणि ध्वनी तीव्रतेचे नियंत्रण करणारा क्षीणक असतात. श्रवणाच्या संभाषण कसोटीकरिता श्रवणमापकात वापरलेल्या ध्वनिमुद्रिकांवर शब्दांची एक यादी असते. या शब्दांच्या तीव्रतेचे समायोजन करून अभिज्ञानक्षमता आणि आकलनक्षमता यांचे मापन करता येते. अस्थिसंवाहन कसोटी घेण्याकरिता श्रवणमापकातील संदेश कपाळावर किंवा कर्णपश्चास्थीवर ठेवलेल्या कंपनकाला चालना देत असतात. अस्थिसंवाहन श्रवणहानीमुळे तंत्रिका (मज्जासंस्थेशी निगडित) बहिरेपणा आढळून येतो

इलेक्ट्रॉनीय श्रवणमापकामध्ये निम्न कंप्रता १२५ हर्ट्झ व उच्च कंप्रता ८,००० किंवा १०,००० हर्ट्झ असलेली शुद्ध स्वरांची श्रेणी वापरलेली असते. संभाषणाकरिता वापरण्यात येणाऱ्या ५०० ते ४,००० हर्ट्झ कंप्रतांचाही या पट्ट्यात समावेश असतो. स्वयंचल श्रवणमापकांच्या साहाय्याने दहा मिनिटांपेक्षा कमी वेळात संपूर्ण सलग श्रवणालेख मिळू शकतो.

श्राव्यातीत ध्वनिकी : दर सेकंदाला होणाऱ्या कंपनांच्या (आवर्तनांच्या) संख्येला कंप्रता म्हणतात. हर्ट्झ हे कंप्रतेचे एकक असून १,००० हर्ट्झ म्हणजे एक किलोहर्ट्झ होय. वीस किलोहर्ट्झपेक्षा जास्त कंप्रतेचे विशेष प्रकारचे दाब तरंग म्हणजे श्राव्यातीत ध्वनितरंग होत व त्यांच्या शास्त्रीय अध्ययनाला श्राव्यातीत ध्वनिकी म्हणतात. कोणत्याही प्रकारच्या तरंगास विशिष्ट कंप्रता असते. १६ हर्ट्झ ते सु. २० किलोहर्ट्झपर्यंत कंप्रता असलेले ध्वनितरंग सर्वसामान्यपणे मानवाला कानांनी ऐकू येतात म्हणून ते तरंग ‘ श्राव्य ’ होत. याहून अधिक कंप्रतेचे तरंग मानवी श्रवणेंद्रियांना प्रतीत होत नाहीत म्हणून त्यांना श्राव्यातीत ध्वनितरंग अशी संज्ञा आहे (१६ हर्ट्झपेक्षा कमी कंप्रतेच्या तरंगांना अवश्राव्य तरंग म्हणतात). आधुनिक तंत्रज्ञानामुळे १ कोटी किलोहर्ट्झ कंप्रतेपर्यंतचे ध्वनितरंग निर्माण करणे शक्य झाले आहे. ज्या माध्यमाचे घटक कण खूप जवळजवळ असल्याने एकमेकांशी अन्योन्यकिया करतात अशा माध्यमामध्ये पदार्थाच्या कंपनांतून या तरंगांची निर्मिती होते. पोकळी आणि अतिशय विरल वायू वगळता

सामान्य आणि उच्च दाबाखाली घन, द्रव व वायूंमध्ये ही अट पुरी होते व त्यांत श्राव्यातीत तरंग निर्माण होऊ शकतात. एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी जाण्याकरिता, श्राव्य ध्वनीप्रमाणे, श्राव्यातीत तरंगांनाही घन, द्रव किंवा वायुरूप अशा द्रव्यरूप (पार्थिव) माध्यमांची आवश्यकता असते. प्रकाशकिरण हे मात्र विद्युत् चुंबकीय तरंग असल्याने त्यांचे प्रसारण निर्वात पोकळीतूनही होऊ शकते. सूर्यापासून किंवा ताऱ्यांपासून निघालेले प्रकाशकिरण कोटयावधी किलोमीटरचा प्रवास अशा निर्वात अवकाशातून करूनच पृथ्वीवर येतात. ध्वनी व प्रकाश तरंग यांमध्ये एक महत्त्वाचा फरक आहे. दृश्य प्रकाशाचा वेग निर्वात प्रदेशांत अधिक आणि वायुरूप, द्रवरूप व घन पदार्थामध्ये अनुक्रमे कमीकमी होत जातो. याउलट ध्वनीसर्वसाधारण वेग सेकंदाला हवेमध्ये सु. ३३० मी., द्रव पदार्थात सु. १,२०० मी. व घन पदार्थात सु. ४,००० मी. एवढा असतो. ध्वनितरंगांची तरंगलांबी व वेग माध्यमाप्रमाणे बदलतात, पण कंप्रता मात्र माध्यमावर अवलंबून असत नाही. ध्वनितरंगांची एखादया माध्यमातील तरंगलांबी पुढील समीकरणावरून काढता येते. श्राव्यातीत ध्वनितरंगांच्या वेगवेगळ्या माध्यमांतील कंप्रतांच्या आणि तरंगलांबींच्या अभिसीमा खाली दिल्या आहेत.

श्राव्यातीत ध्वनितरंगांची निर्मिती : विद्युत् आणि चुंबकीय ऊर्जेचे यांत्रिक ऊर्जेत रूपांतर करून श्राव्यातीत ध्वनीची निर्मिती करणारे बरेच परिवर्तक आहेत. या परिवर्तकांना ऊर्जापरिवर्तक म्हणतात. दाबविद्युत् स्फटिक आणि विद्युत् व चुंबकीय आकारांतर हे यांपैकी मुख्य प्रचलित प्रकार होत.

दाबविद्युत् व विद्युत् आकारांतर ऊर्जापरिवर्तक : क्वॉर्ट्झ, रॉशेल (रोचेल) लवण इ. काही विशिष्ट प्रकारचे स्फटिक जर यांत्रिक दाबाखाली अगर ताणाखाली ठेवले, तर त्यांचे परस्परविरूद्ध पृष्ठभाग विद्युत् भारित होतात व ते जोडले असता विद्युत् प्रवाह मिळतो. स्फटिकांच्या या गुणधर्मास दाबविद्युत् गुणधर्म अशी संज्ञा आहे याउलट विद्युत् क्षेत्रांत ठेवल्यामुळे दाबविद्युत् स्फटिकांच्या लांबी किंवा जाडीमध्ये जो बदल होतो .त्यास विद्युत् आकारांतराचा गुणधर्म म्हणतात. वरील दोन्ही शोध प्येअर क्यूरी व पॉल झाक क्यूरी या फ्रेंच बंधूंनी १८८० च्या सुमारास लावले. दाबविद्युत् स्फटिक जर प्रत्यावर्ती विद्युत् क्षेत्रात ठेवले, तर त्यांची पार्थिव (द्रव्यांतर्गत) कंपने होतात असे आढळून येते. अशा कंपनांची कंप्रता विद्युत् क्षेत्राच्या कंप्रतेइतकीच असते. दाबविद्युत् व विद्युत् आकारांतर हे परस्परावलंबी गुणधर्म असलेल्या स्फटिकांच्या साहाय्याने भोवतीच्या माध्यमात श्राव्यातीत तरंग निर्माण करता येतात. ध्वनितरंग हे आलटून पालटून असणाऱ्या दाब बदलाच्या श्रेणी असल्याने हे तरंग क्वॉर्ट्झ स्फटिकावर पडल्यावर तरंगांप्रमाणे बदलणारा विद्युत् प्रवाह मिळतो. विद्युत् आकारांतराचा आविष्कार अशा प्रकारे परिवर्तनीय असल्यामुळे दाब तरंगांचे काम स्फटिक करू शकतो. याच्या उलट स्फटिकाला प्रत्यावर्ती विद्युत् प्रवाह जोडल्यास विद्युत् क्षेत्राच्या बदलाप्रमाणे स्फटिकाची पार्थिव कंपने सुरू होतात व श्राव्यातीत ध्वनितरंगांची निर्मिती होते. स्फटि-

काची नैसर्गिक यांत्रिक कंप्रता विद्युत् क्षेत्राच्या कंप्रतेइतकी असल्यास परिणाम मोठा दिसतो व कंपनांची तीव्रता मोठी राहते.

चुंबकीय आकारांतर ऊर्जापरिवर्तक - निकेल किंवा लोखंड यांसारख्या लोहचुंबकीय धातूंची किंवा अशाच प्रकारच्या मिश्रधातूंची वस्तू अगर फेराइट या नावाने ओळखली जाणारी धातूंची ऑक्साइडे कांडीच्या स्वरूपात जर चुंबकीय क्षेत्रामध्ये चुंबकीय रेषांना समांतर ठेवली, तर त्या कांडीची लांबी बदलते. लांबीत होणाऱ्या या बदलाचे प्रमाण अत्यंत सूक्ष्म असते. जेम्स प्रेस्कट जूल या शास्त्रज्ञांनी १८४७ मध्ये हा शोध लावला. लोहचुंबकीय पदार्थाच्या ह्या गुणधर्मास ‘ चुंबकीय आकारांतर ’ अशी संज्ञा आहे. चुंबकीय आकारांतर ऊर्जापरिवर्तकामध्ये चुंबकीय कांडीवर तार गुंडाळलेली असते आणि तिच्यात प्रत्यावर्ती विद्युत् प्रवाह सोडतात. प्रवाह चालू केल्यावर प्रत्यावर्ती चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते. त्यामुळे कांडीची लांबी आवर्त गतीने बदलू लागते. चुंबकीय क्षेत्रातील बदलाच्या दुप्पट कंप्रतेने कांडीची लांबी बदलते.

हा आविष्कार परिवर्तनीय असल्याने श्राव्यातीत ध्वनितरंग कांडीवर पडले, तर कांडीत कंपने प्रवर्तित होतात. कांडीमधील चुंबकीय क्षेत्र त्याप्रमाणे बदलते. त्यामुळे कांडीवर गुंडाळलेल्या तारेच्या वेटोळ्यात विद्युत् प्रवाह प्रवर्तित होतो व विद्युत् प्रवाहाचे अभिज्ञान झाल्यामुळे श्राव्यातीत ध्वनितरंगाचेही अभिज्ञान होते. अशा प्रकारे चुंबकीय आकारांतर ऊर्जापरिवर्तक जनक आणि अभिज्ञातक म्हणून वापरात येतो.

उपयोग : श्राव्य व श्राव्यातीत ध्वनी ह्यांच्या स्वरूपात कमी-अधिक कंप्रता एवढाच फरक असला, तरी त्यांच्या उपयुक्ततेत फारच अंतर आहे. मोठी कंप्रता व म्हणूनच सूक्ष्म तरंगलांबी यांमुळे श्राव्यातीत तरंग औदयोगिक, वैदयकीय, अभियांत्रिकी, विश्लेषण इ. क्षेत्रांत अत्यंत उपयुक्त ठरतात. माध्यमातील कणांच्या आवर्ती गतीमुळे ह्या तरंगांचे प्रसारण होते व तरंगांच्या बहुकंप्रतेमुळे कणांना प्रचंड प्रवेग मिळतो. विविध कार्यांकरिता असा प्रवेग उपयुक्त ठरतो. तसेच श्राव्यातीत तरंगांची तरंगलांबी कमी असल्यामुळे त्यांचे एका विवक्षित दिशेकडे झोताप्रमाणे प्रसारण करणे शक्य होते. तरंगांचे हे दिशागामित्व अनेक बाबींत उपयोगी पडते.

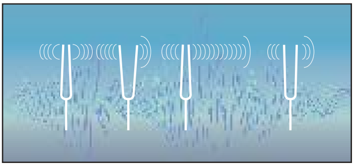
सूक्ष्मदर्शक, ध्वनिकीय : द्रव्याचा पृष्ठभाग व पृष्ठभागावरील वैशिष्ट्ये किंवा घटकगुण यांच्या प्रतिमा निर्माण करण्यासाठी व द्रव्याचे प्रत्यास्थ (स्थितिस्थापक) गुणधर्म सूक्ष्ममानीय पातळीवर मोजण्यासाठी केंद्रीकरण केलेल्या ध्वनिकीय तरंगांचा वापर करण्यात येणाऱ्या वैज्ञानिक उपकरणाला ध्वनिकीय सूक्ष्मदर्शक म्हणतात. मानवी कानांनी ओळखता येणाऱ्या हवेमधील तरंगांना सामान्यपणे ध्वनितरंग म्हणतात. तथापि, ध्वनी हा याहून अधिक व्यापक आविष्कार असून ध्वनितरंग द्रवरूप व घनरूप द्रव्यांतूनही (माध्यमांतूनही) प्रवास करतात किंवा या माध्यमांतून त्यांचे प्रसारण होते. या सर्व तरंगांसाठी ध्वनिकी ही वर्णनात्मक संज्ञा वापरतात आणि या तरंगांना

ध्वनिकीय तरंग म्हणतात. प्रकाशीय तरंगांना अप्रवेश्य असलेल्या माध्यमांतूनही ध्वनिकीय तरंग प्रसारित होतात.

तरंग गति : तरंग गती हा भौतिकीतील अत्यंत महत्त्वाचा आविष्कार आहे. समुद्राच्या पाण्यावरील लाटा, ध्वनितरंग, प्रकाश, रेडिओ तरंग, क्ष–किरण, रडार तरंग हे सर्व तरंग गतीचेच वेगवेगळे प्रकार आहेत. इतकेच नव्हे तर डोंगराजवळ वातावरणात तयार होणाऱ्या तरंगांचा हवामानावर होणारा परिणाम, ध्वनीपेक्षा जास्त वेगाने जाणाऱ्या क्षेपणास्त्रे अथवा विमानासारख्या वस्तूंना होणारा वातावरणाचा विरोध, अवकाशयानाचे पृथ्वीवर पुनरागमन होताना त्याच्यावर वातावरणाचा होणारा परिणाम या सर्व घटनांत तरंग गतीचा महत्त्वाचा वाटा असतो. इतकेच नव्हे तर अतिशय वाहतूक असलेल्या रस्त्यांवर मध्यंतरी काही अकस्मात अडथळा आल्यास त्याचे वाहतुकीवर होणारे परिणाम विशिष्ट प्रकारच्या तरंगाप्रमाणेच (आघात तरंग) असतात. त्यांना तरंग गतीचे गणित लावून त्यावरून वाहतूक अधिक सुकर कशी करावी, याबद्दल निष्कर्ष काढता येतात. भूकंपाच्या केंद्रापासून दूरवर होणारे दुष्परिणाम भूकंपाच्या तरंगांच्या पृथ्वीमधून होणाऱ्या प्रसारणामुळे होतात ते कसे कमी करता येतील हे तरंग गतीच्या अभ्यासावरून समजते. इतकेच नव्हे तर आधुनिक भौतिकीनुसार इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन यांसारखे मूलकण आणि म्हणून त्यांच्यापासून बनलेले यच्चयावत वस्तुमात्र तरंगमयच आहे म्हणून गणितात आणि भौतिकीत तरंग गतीच्या अभ्यासाला अनन्यसाधारण स्थान आहे. माध्यमातून होणाऱ्या कोणत्याही क्षोभांच्या स्थानांतरणास (पुढे जाण्याच्या गतीस) तरंग गती म्हणता येईल. यात माध्यमाच्या कणांचे स्थानांतरण होत नाही परंतु माध्यमाच्या निरनिराळ्या भागांत काही तात्पुरती विकृती (कोणत्याही मूळ भौतिक स्थितीतील बदल) होऊन त्या स्थितीचे स्थानांतरण होते. पाण्याच्या पृष्ठभागावर निर्माण होणारे व पुढे पुढे जाणारे तरंग सर्वांच्या परिचयाचे आहेत. तसेच ध्वनी, प्रकाश वगैरे तरंगरूपानेच स्थानांतरण करतात.

साधारणतः सर्व पदार्थ विकृतीक्षम असून त्यांच्या अंगी स्थितिस्थापकत्व (विकृती घडवून आणणाऱ्या प्रेरणा काढून घेतल्यावर मूळ स्थितीत येण्याचा पदार्थांचा गुण) असते. अशा पदार्थांच्या माध्यमास पदार्थीय माध्यम व त्यात निर्माण होणाऱ्या तरंगांना स्थितिस्थापकीय तरंग असे म्हणतात.

पदार्थीय माध्यमांत तरंग कसे निर्माण होतात व ते प्रवास कसा करतात, हे पाहण्यासाठी साधा प्रयोग करता येईल. एका संथ पाणी असलेल्या लहानशा तळ्यात किंवा पाणी असलेल्या पसरट भांड्यात लहानसा दगड किंवा अन्य तत्सम वस्तू टाकल्यास त्या ठिकाणी पाण्याचे कण वरखाली हालू लागतील. या कणांची (खालीवर होण्याची) गती शेजारच्या कणांना मिळून तेही हालू लागतील व अशा प्रकारे तरंगांचा प्रवास चारी दिशांनी होईल. तरंगांचा प्रवास होत असताना बुचाचा एक लहान तुकडा पाण्यावर तरंगत ठेवल्यास तो त्याच ठिकाणी फक्त खालीवर हालताना दिसेल म्हणजे माध्यमाचे कायमचे स्थानांतरण होत नाही. त्याचप्रमाणे समुद्राच्या लाटा एकसारख्या



किनाऱ्याकडे येताना दिसतात पण येथे किनाऱ्याकडे वाहणारा पाण्याचा ओघ निर्माण होत नाही, यावरूनही हे स्पष्ट होईल.

एखादे पातेले, नादकाटा वगैरे वस्तूंस धक्का लागल्यास त्यांत कंपने सुरू होतात आणि जास्त दाब व कमी होतात. हे कानावर पडल्यास आवाजाची संवेदना होते. आ. १२ मध्ये नादकाट्याच्या कंपनाने दाब तरंग कसे निर्माण होतात ते दाखविले आहे. त्यात एका मागोमाग संपीडन (माध्यमाचे आकुंचन) व विरलता कशी असते हे दिसून येते.

व्हायोलिनाच्या तारेच्या कंपनामुळे, घशातील स्वरयंत्रातील कंपनामुळे किंवा तबल्यावरील थापेमुळे ध्वनितरंग निर्माण होतात. यांत कंप्रता २० पासून २०,००० हर्ट्झपर्यंत असल्यास तो ध्वनी मनुष्यास ऐकू येतो म्हणजे तो श्रवण गोचर असतो. २०,००० हर्ट्झपेक्षा जास्त कंप्रता असल्यास त्या ध्वनितरंगास श्राव्यातीततरंग असे म्हणतात. अशा तरंगांचे अनेक शास्त्रीय आणि व्यावहारिक उपयोग होतात. २० ते २०,००० हर्ट्झ कंप्रता असणाऱ्या तरंगास श्राव्य तरंग असे म्हणतात.

बिंदुरूप ध्वनि-उगमापासून निघाणारे गोलीय तरंग : (अ) स्थिर उगम, (आ) गतिमान उगम.डॉप्लर परिणाम : डॉप्लर (१८०३ – ५३) या ऑस्ट्रियन भौतिकीविज्ञांनी १८४२ साली असे दाखवून दिले की, तरंगगतीच्या उगम व ते तरंग ग्रहण करणाऱ्या निरीक्षकास, परस्पर सापेक्ष वेगामुळे तरंगांच्या कंप्रतेत (प्रती सेकंदात होणाऱ्या कंपनांच्या संख्येत) किंवा तरंगलांबीत (तरंगातील लगतच्या दोन सारख्या स्थितींतील अंतराच्या लांबीत) फरक पडतो, असे भासते. या आविष्काराला डॉप्लर परिणाम म्हणतात.

ध्वनी व प्रकाश यांचा प्रसार तरंगगतीमुळेच होतो. कंप्रता, तरंगलांबी व वेग या तरंगगतीतील प्रमुख राशी आहेत.

कुजबुजणारे सज्जे - ठराविक दोन बिंदूंजवळ उभे राहून एका बिंदूजवळ कुजबुजले असता दुसऱ्या बिंदूजवळ स्पष्ट ऐकू येईल असा ध्वनिकीय गुणधर्म असणारा विवृत्ताकार (लंबवर्तुळाकार) किंवा गोलाकार घुमट वा सज्जा. उपरिनिर्दिष्ट दोन बिंदू सोडल्यास अन्यत्र हे बोलणे ऐकू येत नाही. विजापूरचा गोलघुमट, वॉशिंग्टन येथील कॅपिटॉल इमारत, सेंट पॉल कॅथीड्रल व ग्लोस्टर कॅथीड्रल या इमारतींत कुजबुजणारे सज्जे आहेत. विवृत्ताकार खोलीत विवृत्ताच्या एका केंद्राजवळ मनुष्य उभा राहून कुजबुजला असता, दुसऱ्या केंद्राजवळ उभ्या असलेल्या मनुष्यास पहिल्याचे बोलणे स्पष्ट ऐकू येते. इतरत्र एवढ्याच अंतरावर त्याच खोलीत हे बोलणे ऐकू येणार नाही. सेंट पॉल कॅथीड्रल येथे भिंतीजवळ बोलले असता घुमटाच्या भिंतीजवळ असणाऱ्या सर्वांनाच हे बोलणे ऐकू जाते. लॉर्ड रॅली यांनी हा चमत्कार ध्वनीच्या गुणित (एकामागून एक होणाऱ्या अनेक) परावर्तनामुळे घडतो असे सांगितले परंतु

सदर्लंड व सी.व्ही. रामन यांनी केलेल्या प्रयोगांवरून ही क्रिया यापेक्षा जटिल असावी असे दिसते.

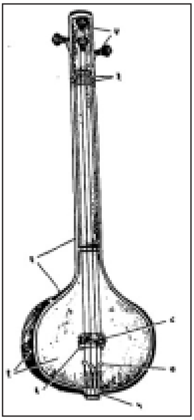
झायलोफोन - काष्ठतरंग. आघातवाद्याचा एक प्रकार. 'झायलोफोन' या मूळ ग्रीक संज्ञेचा अर्थ लाकडी ध्वनी. सुरात लावलेल्या लाकडी पट्ट्यांवर काठ्यांनी आघात करून हे वाद्य वाजविले जाते. त्याचा पल्ला मध्य 'सी' स्वरापासून तीन सप्तकांपर्यंत असतो. हे वाद्य फार प्राचीन काळापासून वापरात आहे. आदिम, विशेषतः आफ्रिकन, संस्कृतीमध्ये ते फार लोकप्रिय होते. जावानीज वाद्यसंगीतातही विकसित स्वरूपात त्याचा वापर झाला. हे वाद्य यूरोपामध्ये १५११ च्या सुमारास 'Holzernes Gelachter' (वुड्न पर्कशन), 'Strohfiedel' (स्ट्रॉफिडल) अशा नावांनी अवतरले. १८३० च्या दरम्यान मीकाल यूझेप गुझिकोव्ह हा झायलोफोनवादक नावारूपास आला होता.

डेसिबल मीटर - डेसिबेल (dB) हे आवाजाची पातळी मोजण्याचे एकक आहे. ही पातळी ज्या ठिकाणी आवाज निर्माण होतो त्या ठिकाणी मोजली जाते. तेथून जसजसे दूर जाऊ तसतशी डेसिबेलची मात्रा कमीकमी होत जाते. हे लॉगरिथमिक स्केल असल्याने dBचे माप १०ने वाढले तर आवाजाची तीव्रता शंभरपट होते. शून्य dB म्हणजे ऐकू येणारा सर्वात हळू आवाज. त्याच्या दहापट मोठ्या आवाजाची मात्रा १० dB. २० dB आवाज म्हणजे सर्वात हळू आवाजाच्या १००पट मोठा आवाज; ३० dB म्हणजे हजारपट मोठा आवाज, वगैरे.

- ऐकू येणारा सर्वात हळू आवाज (जवळजवळ पूर्ण शांतता) - शून्य dB
- कुजबूज - १५ dB
- सामान्य संभाषण - ३० dB
- वाहनाचा किंवा यंत्राचा आवाज - ५० ते ६० dB
- कारखान्याचा आवाज - ८० ते १०० dB
- डॉल्बीचा आवाज - ११० dB

८० डेसिबेलपर्यंतचा आवाज सहन करता येतो. त्यापुढील आवाज सातत्याने ऐकला तर त्याचा आरोग्यावर दुष्परिणाम होतो. कानात कापूस घालणे किंवा असे उपाय करून काही प्रमाणात होणारा त्रास कमी करता येऊ शकतो. मात्र हा निश्चित स्वरूपातील उपाय नाही. ९० डेसिबेलचा आवाज सतत ८ तास ऐकला तर कानाला इजा होते. १४० डेसिबेलचा आवाज ऐकला तर कानाचा पडदा तत्काळ फाटू शकतो.

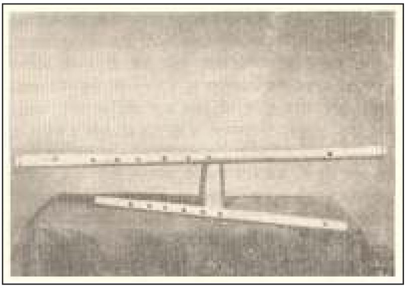
तंबोरा : भारतीय संगीतपद्धतीतील गायन–वादनात आधारस्वर सारखा छेडण्याचे तंतुवाद्य 'तुंब' किंवा 'तुंबरू' यांपासून तंबोरा हे नाव आले असावे. त्यास 'तानपुरा', 'तंबुरा' ही अन्य नावेही आहेत. हे वाद्य नवव्या शतकानंतर वापरात आले असावे. या वाद्याचे प्रमुख भाग पुढीलप्रमाणे होत : (१) कोरीव लाकडी अर्धगोलाकार



(तंजावर–प्रकारात) किंवा कापलेला पाऊण भोपळा (मिरज–प्रकारात), त्यावरील फुगीर, ध्वनिरंध्रे असलेली लाकडी पाटी म्हणजे नादपट, (२) त्याला गळ्याने जोडलेली पोकळ लाकडी दांडी, (३) तिच्या वरच्या टोकाजवळच्या, तारांच्यासाठी दोन हस्तिदंती अटी, (४) तारा मिळविण्याकरिता दांडीवर दोन व बाजूंना एकेक अशा चार खुंट्या, (५) तारा खाली गुंतविण्यासाठी हस्तिदंती अचल तारदान, (६) लाकडी किंवा हस्तिदंती घोडी, (७) सूक्ष्म स्वरमेलनासाठी तारदान व घोडीमधील तारांतील ओवलेले सरकते मणी आणि (८) स्वर–अनुरणनासाठी घोडीवर, तारांखाली घातलेले कापूस किंवा लोकरीचे धागे (जव्हारी किंवा जिव्हाळी). यांशिवाय तंजावर–प्रकारात सोप्या स्वरमेलनासाठी सरकती घोडी वापरतात. तंबोरा उभा किंवा आडवा ठेवून वाजवितात. वादनक्रमाप्रमाणे पहिली तार पंचमाची, पंचमवर्ज्य रागासाठी मध्यमाची, क्वचित निषादाची असते तर दुसरी आणि तिसरी षड्जाची व चौथी मंद्र–षड्जाची असते. मधल्या बोटाने पहिली तार तर्जनीने बाकीच्या तारा छेडतात. मिरज, रामपूर, लखनौ, तंजावर, त्रिवेंद्रम, म्हैसूर ही या वाद्याची प्रमुख निर्मितीकेंद्रे आहेत. साततारी, आठतारी आणि आपोआप वाजणारा स्ववादित तंबोरा ही याची आधुनिक रूपे होत.

पियानो : (पिआनो). स्वरपट्टी (कीबोर्ड) असलेले एक पश्चिमी तंतुवाद्य. संपूर्ण इटालियन नाव ‘पिआनोफोर्ते’. पिआनो म्हणजे मृदू व फोर्ते म्हणजे मोठा, असा याचा अर्थआहे. हात पट्ट्या, स्वर तारा व त्यावर आघात करून नाद निर्माण करणाऱ्या छोट्या हातोड्या हे या वाद्याचे प्रमुख घटक. लहान मोठा स्वर निर्माणकरणे, स्वर घुमारा लांबविणे किंवा थांबविणे हे या वाद्यात साधता येते. संपूर्ण संगीत निर्मिती साठी तसेच संगीत साथी साठी

वृंदवाद्य म्हणून त्याचा उपयोग करता येतो. या वैशिष्ट्यांमुळे पाश्चात्त्य संगीत विश्वात ते फार लोकप्रिय ठरले आहे. पियानोचे आद्यरूप डल्सिमर या तंतुवाद्यात आढळते. तथापि आवाजनिर्मितीच्या पध्दतीत पियानो पूर्वीची, त्यासारखीच हात पट्ट्यांची व तंतुवाद्य प्रकारातील निराळीअशी क्लॅव्हिकॉर्डव हार्पसिकॉर्डही वाद्ये आहेत. क्लॅव्हिकॉर्ड मध्ये स्पर्शपट्टीने तार कंपित व ध्वनित होते तर हार्पसिकॉर्ड मध्ये छेडपट्टीने तारा छेडून आवाज निघतो. याउलट पियानोमध्ये हातपट्ट्या हळू किंवा जोराने आपटून त्यांना जोडलेल्या हातोड्यांनी स्वरमिलित तारांवर आघात केला जातो व त्या त्या आघातानुसार कमीअधिक प्रमाणात आवाज निर्माण करता येतो. तसेच आवाजाच्या गुणधर्मांत व जोरकसपणातही वैविध्य निर्माण करता येते.



बासरी : सुषिर वाद्यवर्गातील एक प्रमुख वाद्य. तोंडाने हवा फुंकून वाजविण्याच्या या दंडगोलाकार वाद्याचे अनेक प्रकार आहेत. वेणू, अलगूज, सातारा, वंशी, बन्सी, बन्सरी, पावा, पावरी, मुरली, कोळलू, कोळवी, कुळल, पिल्लनकुळल, पिल्लनग्रोवी, जोडपावो इ. विविध नावांनी या वाद्याचे वेगवेगळे प्रकार भारतात प्रदेशपरत्वे रूढ आहेत. हे प्रकार सामान्यतः बासरीची लांबी, छिद्रसंख्या तसेच वादनतंत्रे यांतील भिन्नतेमुळे पडले आहेत. बासरी हे प्राचीनतम वाद्य असून त्यास वैदिक वाङ्मयात 'तूणव', 'नाडी' अशा संज्ञा होत्या. हिंदू धर्मात श्रीकृष्णाच्या वेणूवादनासंबंधी अनेक आख्यायिका, चित्रे-शिल्पे प्रसिद्ध आहेत. प्राचीन काळी बौद्ध धार्मिक संगीतामध्येही या वाद्यास खास स्थान होते. सूत्रवाङ्यातूनतसेच जातककथांमधून तत्संबंधीचे उल्लेख आढळतात. अजिंठा, वेरूळ, अमरावती, खजुराहो, सांची येथील चित्र-शिल्पांतूनही बासरीचे दर्शन घडते. भारतीय दाक्षिणात्य संगीतपद्धतीमध्ये वीणा-वेणू-मृदंग ही वाद्यत्रयी प्रमुख मानली जात असे. प्राचीन काळी स्वरसप्तक ठरवण्यासाठी वेणू व वीणा ही दोन वाद्ये प्रमाणभूत मानली जात. पाश्चात्त्य संगीतातील फ्ल्यूट, रेकॉर्डर, फाइफ यांसारखी वाद्ये या प्रकारातीलच होत.

या वाद्याची रचना साधीच असते. त्यासाठी वेळूची दंडगोलाकार पोकळ नळी वापरतात. त्याऐवजी काही वेळा लाकडी वा धातूची नळीही वापरली जाते. तथापि बांबूची वा पितळी बासरी उत्तम मानली जाते. बासरीच्या प्रकारानुसार तिची लांबी १५ ते ६० सेंमी. च्या दरम्यान असते व मुखरंध्राबरोबरच स्वर निर्माण करण्यासाठी त्यावर सरळ रेषेत ठराविक अंतरावर सहा ते आठपर्यंत छिद्रे असतात. त्यात एका टोकाला बंद असलेली वा दोन्ही टोकांना खुली असेलेली, असेही प्रकारभेद असतात. बंद टोकाच्या बासरीमध्ये जोराने फुंकल्यास वरच्या सप्तकातील पंचम मिळतो, तर खुल्या प्रकारात वरचा षड्ज वाजतो.

भारतामध्ये अलीकडच्या काळात नामवंत बासरीवादकांची एक परंपराच निर्माण झाली आहे. पन्नालाल घोष, टी. आर्. महालिंगम, देवेंद्र मुर्डेकर, बेडा देसाई, हरिप्रसाद चौरसिया, विजय राघवराव ही त्यांपैकी काही नावे होत.

भोंगा : (सायरन). ध्वनीच्या साह्याने हवाई हल्ला, आग इत्यादींविषयीच्या धोक्याच्या सूचना देण्याकरिता, भोंग्याचा तसेच कारखान्यांत कामगारांना कामाच्या वेळा माहीत होण्याकरिता वापरले जाणारे उपकरण. हवेच्या फुंकाऱ्यांनी ध्वनी निर्माण करण्याच्या प्रयोगाचे वर्णन जॉन रॉबिसन यांनी १८०१ मध्ये

एन्सायक्लोपीडिया ब्रिटानिकातील एका लेखात प्रसिद्ध केले होते. या प्रयोगाच्या मांडणीत फ्रेंच अभियंते व भौतिकीविज्ञ शार्ल कान्यार द ला तूर (१७७७-१८५९) यांनी १८१९ मध्ये सुधारणा केली. या मांडणीद्वारे पाण्यातही ध्वनी निर्माण करता येतो, या त्यांच्याच शोधावरून तिला 'सायरन' हे नाव प्राप्त झाले. सध्याच्या स्वरूपात हे उपकरण ए. सीबेक (१८०५–४९) या शास्त्राज्ञांनी विकसित केले, सुरुवातीला ध्वनीची कंप्रता (एका सेकंदात होणाऱ्या कंपनांची संख्या) मोजण्यासाठी या उपकरणाचा उपयोग करण्यात आला. सध्या भोंग्याचा उपयोग फक्त ध्वनि संदेश निर्मिती साठी केला जातो.

भोंग्याचा एक प्रकार आकृतीमध्ये दाखविला आहे. (१) या मार्गातून दाबयुक्त हवा (२) या ध्वनिकोशात शिरते. कोशाच्या वरच्या बाजूस स्थाणूक (स्थिर राहणारा) हा झाकणासारखा भाग (३) बसविलेला असतो. या स्थाणूकाच्या मध्यभागी केंद्र असलेल्या स्थाणूकावरील एका वर्तुळाच्या परिघावर समान अंतरावर छिद्रे पाडलेली असतात. स्थाणूकावर उभ्या आसाला जोडलेली (४) ही घूर्णक (आसाभोवती फिरु शकणारी) तबकडी असते. या घूर्णक तबकडीवर स्थाणूक तबकडीप्रमाणेच तंतोतंत छिद्रे पाडलेली असतात. मात्र दोहोंवरील छिद्रे सरळ एका रेषेत नसून ती तबकडीच्या पृष्ठभागाशी कोन (सु. ४५°) करीत असतात. स्थाणूक व घूर्णक यांवरील छिद्रांचा कल विरुद्ध दिशांत असतो त्यामुळे हवेचा प्रवाह या दोहोंमधून पुढे जातो तेव्हा तेथे टरबाइनासारखी क्रिया (हवेच्या प्रवाहातील उर्जेचे चक्रीय गतीत रूपांतर करणारी क्रिया) होऊन घूर्णक तबकडीचे परिभ्रमण होत राहते व तिचे परिभ्रमण करण्याकरिता घूर्णी परिबल (प्रेरणा व ती जेथे लावलेली असेल त्या बिंदूचे प्रेरणेच्या कार्यरेषेपासूनचे लंबांतर यांच्या गुणाकाराने दर्शविली जाणारी व परिभ्रमणास कारणीभूत होणारी भौतिक राशी) आवश्यक असत नाही. घूर्णकावरील छिद्र परिभ्रमण गतीमध्ये खालच्या स्थाणूकावरील छिद्राच्या बरोबर समोर येते तेव्हा त्या दोहोंमधून एक हवेचा स्पंद किंवा फुंकारा दुसऱ्या बाजूस जाऊ शकतो. याउलट स्थाणूकाची व घूर्णकाची छिद्रे जेव्हा एकमेकांसमोर येत नाहीत, तेव्हा त्यांमधून हवेचा प्रवाह जाऊ शकत नाही. अशा प्रकारे हवेच्या प्रवाहाचे एका ठराविक लयीत खंडित होणाऱ्या हवा-स्पंदात रूपांतर होते. स्पंदाची कंप्रता जर पुरेशी उच्च असेल, तर त्यापासून एक ठराविक कंप्रतेचा असा एक ध्वनि-नाद ऐकू येतो. हा ध्वनी शुद्ध नसून त्यामध्ये अनेक हरात्मक कंप्रता जर पुरेशी (मूलभूत कंप्रतेच्या म्हणजे ध्वनि-नादातील सर्वांत कमी कंप्रतेच्या पूर्णांकी पटीत असणाऱ्या कंप्रता) असतात, असे दाखविता येते. यांपैकी मूलभूत कंप्रतेचे मूल्य तबकडीवरील छिद्रसंख्या व तिची प्रती सेकंद होणारी परिभ्रमणे यांच्या गुणाकाराएवढे असते. वायुदाबामुळे घूर्णक तबकडीचे परिभ्रमण होत असून उपकरणापासून मिळणारी ध्वनिकंप्रता शेवटी वायुदाबावर अवलंबून असल्यामुळे त्यामध्ये बदल करणे सुलभ असते. घूर्णकाचे प्रती सेकंद परिभ्रमण फेरे मोजण्याकरिता उपकरणावरच (५) या फेरेगणकाची योजना केलेली असते. स्थाणूकावर व घूर्णक तबकडीवर अनेक संकेंद्री (एकच

केंद्र असलेल्या) वर्तुळांत छिद्रे पाडून तबकडीचा वेग न बदलता ध्वनीच्या उच्चनीचतेत बदल करता येईल अशी रचना एच्. एल्. एफ्. फोन हेल्महोल्ट्स यांनी केली होती.

वाद्य व वाद्यवर्गीकरण : संगीतध्वनी निर्माण करण्याचे साधन म्हणजे वाद्य. मूलतः कोणत्याही वाद्याला कंपित्र (व्हायब्रेटर) व सहकंपक (रेझॉनेटर) हे दोन भाग असावे लागतात. वाद्यवादनात कंपित्राला गती दिली जाते आणि त्याच्या कंपनाने ध्वनी उत्पन्न होतो. सहकंपक असा निर्मित ध्वनी वाढवितो आणि पसरवितो. विद्युच्चलित वाद्यात ही क्रिया विद्युतशक्तीच्या योगाने होते. कंपित्राला कंपनवेगामुळे निर्माण होणाऱ्या स्वरांची उंची ठरते. उदा., दर सेकेंदाला 'क्ष' कंपने असणाऱ्या स्वरांपेक्षा, दर सेकंदाला '२ क्ष' कंपनांचा स्वर पहिल्यापेक्षा सप्तकाने उंच असतो. कंपित्राच्या कंपनांच्या कमीजास्त आवाक्यामुळे स्वरध्वनी हळू किंवा मोठा ऐकू येतो. कंपित्र व सहकंपक यांचा आकार, लांबी व इतर भौतिक विविध गुणधर्म यांनुसार भिन्नभिन्न प्रकृतींचे संगीतस्वर उत्पन्न होतात. साधारणतः सहकंपक आकाराने मोठा असेल, तर मंद्र स्वर येऊ शकतात. उदा., लहान मुरलीपेक्षा लांब मुरलीचे स्वर ढाले असतात. त्याचप्रमाणे भोपळयाच्या लहान-मोठेपणावर वीणासदृश्य वाद्यातून तार किंवा मंद्र स्वर निघतात.

संगीतस्वर प्रायः शुद्धस्वरक नसतात तर शुद्धस्वरक आणि संवादी स्वरांचे मिश्रण असतात. कंपित्रामुळे स्वरक उत्पन्न होतेवेळीच संवादी स्वरही निघत असतात. या वैशिष्ट्यामुळे संगीतध्वनींत एकसुरीपणा न येता रंजकता येते. तंबोऱ्यासारख्या तंतुवाद्यातून या वैशिष्ट्याची प्रचीती येते. तंबोरा छेडताना मूळ स्वर व त्याचे वरच्या गांधारापर्यंतचे संवादी स्वर ऐकू येतात.

निरनिराळया वाद्यांचे आकार व स्वरूप हे त्या त्या वाद्याची आवाज-उत्पादकता, वादनपद्धती व अन्य अपेक्षित गुणधर्म यांमुळे निश्चित झाले आहे. तारेवर फिरणाऱ्या गजाला माया राखण्यासाठी सारंगी किंवा व्हायोलिन या वाद्यांची सहकंपके आकुंचित कमरेची असतात. वाद्यवादन सुलभ करण्यासाठी तसेच आवाजवैशिष्ट्य राखण्यासाठी जरूर असलेली लांब नळी फिरवून, वळवून, तिचा आकार लहान करून अनेक पाश्चात्त्य वाद्ये बनविलेली आहेत. तिबेटी वाद्ये अशी व्यवस्था नसल्यामुळे लांबच लांब व अवजड असतात.

वाद्यांची निर्मिती मानवी संस्कृतीइतकीच प्राचीन आहे. एका दृष्टीने सर्वांत प्राचीन वाद्य म्हणजे खुद्द मानवी शरीरच आहे. भारतीय शास्त्रकार त्याला 'दैवी वीणा' म्हणतात व मानवाने तयार केलेल्या वाद्यांना 'मानुषी' म्हणतात. या कल्पनेमुळेच शिर, उदर, दंड वगैरे नावे वाद्याच्या अंगोपांगांना मिळाली असावीत. गायनांच्या लय व स्वर या अंगांच्या उत्क्रांतीबरोबरच वाद्यांचीही उत्क्रांती झाली असावी. त्यातही लयीची जाणीव अगोदरची असावी. चालताना किंवा पळताना होणारा लयींतला फरक तसेच मानवी प्रतिक्रिया व्यक्त करण्यासाठी केलेल्या शारीरिक

हालचाली –उदा., हाताने टाळ्या वाजविणे, पाय दणादणा आपटणे, छाती बडविणे, उघड्या तोंडावर हात आपटून आवाज काढणे इ. या सर्वांतून लयवाद्यांची कल्पना आली असावी. मानवी आवाजातील लहान-मोठेपणा, भिन्न उंची, पशुपक्ष्यांचे आवाज यांमुळे स्वरवाद्यांची कल्पना आली असावी. प्रारंभीच्या काळात वाळलेल्या शेंगा, लाकडी काटक्या, पोकळ ओंडके ह्यांसारख्या वस्तूंचा वाद्ये म्हणून वापर झाला असावा. नंतर जमिनीतील खड्ड्यावर कातडे टाकून, किंवा पोकळ ओंडक्यांचे तोंड आच्छादून त्यावर हाताने किंवा काठीने आवाज काढणे ही क्लृप्ती सुचली असावी. पोकळ नळ्यांत फुंक मारून आवाज निघतो, हे कळल्यानंतर स्वरवाद्यांची कल्पना आली असावी. धनुष्याच्या शोधानंतर त्यातून निघणाऱ्या टणत्कारातून तंतुवाद्याविषयी मूळ जाणीव झाली असावी. पण या सुरुवातीच्या वाद्यांचा उपयोग केवळ करमणुकीसाठी होत नसावा. करमणुकीपेक्षाही जनावरांना किंवा शत्रूंना भिवविण्यासाठी आणि भीतीपोटी उत्पन्न झालेल्या जादूटोण्यातील विधीसाठी असावा. आजमितीसह आदिवासी जमातींत वाद्यांचा वापर जादूटोण्यासाठी केला जातो. कालांतराने संदेश दूरवर पोहोचवण्यासाठी वा युद्धप्रसंगी वाद्यांचा वापर केला गेला असावा. धकाधकीचे आयुष्य संपुष्टात येऊन स्थिर जीवन जगणे शक्य झाल्यावर नृत्यासाठी व करमणुकीसाठी वाद्यांचा वापर होऊ लागला. मूळच्या जादूटोण्याऐवजी धर्मविषयक कल्पना रूढ झाल्यावर, संगीताचा आणि त्याबरोबरच वाद्यांचाही वापर धार्मिक विधींमध्ये होऊ लागला. धार्मिक कार्यासाठी वापरण्याच्या वाद्यांच्या रचनेबाबतही काही बंधने आली (उदा., चीनमधील धार्मिक वाद्यांच्या रचनांबाबत काही निर्बंध होते). मानवी जीवनात वाद्यांना महत्त्वाचे स्थान प्राप्त झाले. काही जमातींत जमातप्रमुखाशिवाय इतरांना वाद्ये पाहूही देत नसत. अधिकाराचे गौरवपर चिन्ह म्हणून आजही तुतारीसारखे वाद्य राजदरबारी वापरतात. जसजसे मानवी कौशल्य प्रगत झाले, तसतशी वाद्यांच्या निर्मितीत व प्रकारांत वाढ झाली. संगीतपद्धतींतील भेदांमुळे, प्रगतीमुळे व साधनसामग्रीच्या वैचित्र्यामुळे देशोदेशीची वाद्ये वैशिष्ट्यपूर्ण ठरली. भारत व इतर पौर्वात्य देशांतील एकधुन पद्धतीमुळे वाद्य हे केवळ मानवी गायनाबरोबर साथीचे म्हणून किंवा मानवी आवाजसदृश आवाज काढण्याचे साधन म्हणूनच राहिले. लयवाद्ये मात्र वेगळी होती. त्यांचाही दर्जा नृत्याच्या साथीचे दुय्यम वाद्य हाच असे. बीनसारख्या स्वतंत्रपणे वाजविण्याच्या वाद्याकडूनही मानवी आवाजाप्रमाणे बोलण्याचीच अपेक्षा असते. ‘जे बोलते ते वाद्य’ अशीच वाद्याची भारतीय संकल्पना आहे. याउलट बहुधुन पद्धतीमुळे पाश्चात्त्य संगीतात प्रत्येक वाद्याला स्वतंत्र किंवा सांघिक वादनातील वैशिष्ट्यपूर्ण वाद्य म्हणून स्थान आहे आणि यामुळे प्रत्येक वाद्याच्या स्वरनिर्मितीचे वैशिष्ट्य राखण्यासाठी व वाढविण्यासाठी त्या वाद्यात अनेक सुधारणा केल्या गेल्या आणि विविध स्वरांच्या आवाक्यासाठी एकाच वाद्याचे लहानमोठे प्रकारही झाले. काही प्राचीन वाद्ये आजही त्यांच्या मूळ स्वरूपांत प्रचारात आहेत तर काहींमध्ये सुधारणा होऊन बदल झाले आहेत.

भारतीय वाद्ये : भारतीय वाद्यांची प्राचीन परंपरा वैदिक काळापासूनची आहे. या प्राचीन काळापासून प्रचारात असलेल्या वाद्यवर्गवारीचा उल्लेख आज नसला, तरी अशा चारही प्रकारच्या वाद्यांचा तपशील मात्र मिळतो. विशिष्ट प्रसंगी विशिष्ट वाद्य वापरण्याबद्दल महत्त्वपूर्ण सूचना होत्या. उदा., गृहसूत्रांत लग्नप्रसंगी 'बाण' तऱ्हेचे वाद्य वाजवावे किंवा चार सुवासिनींनी 'नंदी' हे वाद्य विवाहपूर्व विधींत वाजवावे, असे उल्लेख आहेत. महाव्रताच्या वेळी उद्‌गाता शततंत्री वीणा वाजवी व त्याच्याबरोबर यज्ञ करणाऱ्या यजमानाच्या पत्नी काण्डवीणा (तंत्रीवाद्य) व पिच्छोरा (सुषिर वाद्य) ही वाद्ये वाजवीत. चार कोपऱ्यांत ठेवलेल्या दुंदुभी काठ्यांनी आणि भूमि-दुंदुभी (जमिनीतील खड्ड्यावर बैलाचे कातडे ताणून केलेले व शेपटीच्या गोंड्याने वाजविण्याचे अवनद्ध वाद्य) वाजवीत.

प्राचीन काळातील तंतुवाद्ये म्हणजे वीणेचेच निरनिराळे प्रकार असत. अवनद्ध वाद्यांत दुंदुभी, मृदंग, पणव, वगैरे वाद्ये सुषिर वाद्यांत शंख, तूणव, पिच्छोरा-ला (बासरीसारखे), नाडी किंवा नाली (बांबूची किंवा वेताची) व घनवाद्यांत आघाटी (ती) वगैरेचा उल्लेख आहे. वाद्यांच्या उत्पत्तीबद्दलच्या पौराणिक संकेतांनुसार पिनाक वीणा शंकराने, महती वीणा नारदाने तंबोरा तुंबरूने, मृदंग स्वातीने किंवा ब्रह्मदेवाने व रावणस्त्रम् रावणाने शोधून काढले. या पौराणिक काळातही पाणिनीच्या ग्रंथात व मनुस्मृति, रामायण, महाभारत, इ. ग्रंथांत वाद्यांची वर्णने आहेत. वैदिक काळातील वाद्यनामांशिवाय, अवनद्ध प्रकारांत भेरी, नंदीरती, डिंडिम, आनक (नगारा) आलंबर किंवा आडंबर, मुरज, पट्ट-कुंभथूण, घटदद्दर, आलिंग्य, ढक्का, दर्दुर, नंदीवाद्य, तोमर, मड्डुक, नंदीमुख, कुंभचेलिका ही नावे आढळतात. सुषिर प्रकारात गोमुख, वेणू, खरमुख गोविषाणिक, किलकिला, क्रकच ही वाद्ये घनप्रकारात झर्झर, स्वस्तिक, ताल, करताल आणि तत (तंतु) प्रकारात अनेक प्रकारच्या वीँणांचे उल्लेख आहेत. जैन सूत्रांत वाद्यप्रकारांना तत, वितत, घन, सुषिर या नावांनी संबोधिले आहे. ततवाद्यांत वीणाप्रकार दिले आहेत आणि शिवाय तुणक, पाणक, धंकुन अशाही संज्ञा आहेत. विततमध्ये नंदी-मृदंग, झल्लरी, हुडुक, भंभा घनप्रकारात कास्य-ताल, लति, गौहिय, किरकिरीय वगैरे व सुषिर प्रकारात पिरपिरिया, खरमुही, तूणइल्ल (बॅगपाइप), शृंग ही नवीन नावे आहेत.

डफ : हे जगभर सर्वत्र प्रचलित असे वाद्य आहे. डफ हा शब्द अरबी आहे. यात लाकडी पट्टीच्या गोल कड्यावर कातडे बसविलेले असते. स्वर चढविण्यासाठी कातडे तापवितात तमाशात लावणी गीतनृत्यात याचा वापर होतो. वाजविताना छातीशी धरून, मनगट कमीजास्त दाबून घुमकी, पंजाने थाप मारून किंवा वेताची छडी आपटून वादन करतात. दक्षिण भारतात गोलाकार मोठ्या डफाला 'तम्मटे' (कन्नड), 'तम्मट्टे' (तमिळ) आणि 'तम्मट' (तेलगू) म्हणतात. तप्पटे, तप्पटै व तप्पेटा हे याचेच नामंभेद आहेत. उत्तर भारतात 'डफ' म्हणतात तर दक्षिणेत डप्पु, डफळी, टेप अशीही नावे डफ या अर्थी रूढ आहेत. डफली म्हणजे छोटा डफ. 'खंजरी' म्हणजे मध्यम आकाराचा (२० ते ४० सेंमी. व्यास) डफ तर दक्षिणेकडील कंजिरा हा त्याहून लहान आकाराचा (१५ ते २० सेंमी.

व्यास) डफ होय. 'डप्पु' हे मोठे वाद्य काठ्यांनी वाजवितात.

संबळ : तबल्याप्रमाणे दोन वाद्ये असलेले पण ही वाद्ये एकत्र बांधलेले, सनईच्या साथीला तसेच गोंधळयांच्या गाण्यांबरोबर गोल टोकाच्या काठ्यांनी वाजविले जाणारे हे चर्मवाद्य आहे. अलगूजाच्या साठीसाठी हे हाताने वाजवितात. डाव्या बाजूच्या खर्जस्वरातील वाद्यास 'बंब' किंवा 'धम' आणि उजव्या चढ्या वाद्यास 'झिल' म्हणतात. डावे भांडे क्वचित तांब्याचेही असते. कातडे वेताच्या कडीने मढवून त्याच्या सुतळीच्या ताणदोऱ्या खालच्या कड्यांत गुंतविलेल्या असतात. याच तऱ्हेची दाक्षिणात्य वाद्ये –(१) 'उमरम्' (देवळातील मिरवणूक-प्रसंगी बैलाच्या पाठीवरून नेण्याचे) व (२) 'किरकट्टी' (नागस्वरम्च्या साथीचे) ही आहेत.

तविल : हे उभ्याने किंवा बसून वाजविण्याचे, नागस्वरम् या सनईसारख्या वाद्याच्या साथीचे, बहिर्वक्र दंडगोलाकार पिंपासारखे दक्षिणात्य चर्मवाद्य आहे. दोन्ही टोकांवरील कातडे अंबाडी आणि बांबूच्या कड्यांवर ताणून जाड चामडी गजऱ्याने बसविलेले असते. स्वर कमीजास्त करण्यासाठी चामडी वादी दोन्ही गजऱ्यांतून ओवून घेतलेली असते. उजवी बाजू हाताने आणि डावी बाजू जाड काठीने वाजवितात.

शुद्धमंडलम् : हे कथकळी नृत्याच्या साथीचे, मोठ्या आवाजाचे व मोठ्या मृदंगासारखे दाक्षिणात्य वाद्य आहे.

खोळ : हे मृदंगसदृश पण निमुळते व लहान तोंड असलेले, निश्चित स्वरांचे, बंगालमधील कीर्तनाच्या आणि रवींद्रसंगीताच्या साथीचे मातीचे वाद्य आहे.

ढोल : ढोलक, ढोलकी, ढोलके इ. वाद्ये ही दोन्ही तोडांना चामडे लावलेल्या, कड्यांतून ओवलेल्या सुती ताणदोऱ्या असलेल्या, सरळ किंवा बहिर्वक्र दंडगोलाकार अशा एकाच लाकडी वाद्याची विविध रूपे आहेत. तबल्यासारखे हातांनी वाजविण्याचे हे वाद्य लोकगायन व लोकनृत्य यांच्या साथीसाठी सर्वत्र प्रचारात आहे. क्वचित हाताने व काठीनेही ते वाजवितात.

डमरू : (डमरूम्). हे प्राचीन संगीतवाद्य असून पौराणिक संकेतानुसार ते शंकराचे वाद्य मानले जाते. आज त्याची गणना लोकवाद्यात केली जाते. दोन अर्धगोलाकार भाग उलटे जोडून होणाऱ्या मापट्यासारखा त्याचा आकार असतो. दोन्ही तोंडांवरील कातडी एकमेकांशी सुतळीने सांधलेली असतात. दोरीच्या टोकाला गाठ असते, किंवा दुसऱ्या पदार्थाची लोळी लावलेली असते व ही दोरी वाद्याच्या मध्यभागी बांधलेली असते. वाद्य हलविले म्हणजे दोरी दोन्ही तोंडांवर आपटते व नाद उत्पन्न होतो. आकार, साधने व प्रादेशिक भिन्नता यांनुसार डमरूका, बुडबुडके, डौर, डौरी, हुडुक्क, उडुक्कै (पितळी, लाकडी किंवा मातीचे), दवणदाई, वीरबंदी, तिमिल, ठुरूक असे

अनेक प्रकार आहेत. या प्रकारातील इडक्क हे केरळातील वाद्य, ताणदोऱ्या हाताने कमीजास्त दाबून व काठीने घासून किंवा आपटून वाजवितात. डौरी, पांगूळ वगैरे लोक हे वाद्य वाजवितात. तसेच धार्मिक प्रसंगी व नृत्यसाथीत दक्षिणेकडे या वाद्याचा वापर केला जातो.

चेंडा : हे दोन्ही चर्मयुक्त तोंडे असलेले दंडगोलाकार, गळ्यात अडकविण्याचे वाद्य दोन काठ्यांनी वाजवतात. ते यक्षगान व कथकळी या नृत्यांच्या साथीचे वाद्य आहे. त्याचा आवाज मोठा असतो. केरळमध्ये हे वाद्य विशेषत्वाने प्रचलित आहे.

उरूमी : हे वाद्य मध्यभागी बारीक आणि तोंडाकडे मोठे असते. ते काठी घासून वाजवितात. हे फक्त शोक व मृत्यू या प्रसंगीच वाजविले जाते. तमिळनाडूमध्ये हे विशेषत्वाने प्रचलित आहे.

पम्बे : (तमिळनाडू), किंवा पम्बा (आंध्र) हे दोन दंडगोलाकार चर्मवाद्ये (ढोल) एकत्र उभी बांधून तयार केलेले, गळ्यात अडकवून (किंवा कमरेला आडवे बांधून) हाताने आणि काठीने वाजविण्याचे जोडवाद्य आहे.

पंचमुख वाद्य : या वाद्याला मध्यभागी एक व चार बाजूंना चार अशी पाच चर्मयुक्त तोंडे एका मोठ्या धातूच्या डेरेदार भांड्यावर बसविलेली असतात. हे स्वतंत्र वाद्य तिरुवायुर, तिरुतुराईपुंडी या देवालयांत विशिष्ट धार्मिक प्रसंगी वाजवितात.

सूर्यपिरै-चंद्रपिरै : सूर्यपिरै (सूर्यमंडल) व चंद्रपिरै (चंद्रमंडल) हे सूर्याकृती व चंद्राकृती चर्मयुक्त कड्यांचे, कपळावर बांधून काठ्यांनी वाजवण्याचे वाद्यद्वय दक्षिणेकडील देवळांतील खास वाद्यप्रकार आहे.

नगारा : हे जुन्या भेरी-दुंदुभी, नौबत यांसारखे प्रचीन काळचे युद्धवाद्य होते. पण आज ते देवालयांत वा उत्सव प्रसंगी वाजवले जाणारे, एक मोठ्या अर्धगोलाकार धातूच्या (तांबे वा पितळ वा लोखंड) भांड्यावर कातडे चढविलेले वाद्य आहे आणि आजही ते दोन काठ्यांनी वाजवितात. घोड्यावर बांधून वाजविण्याच्या लहान नगाऱ्यासारख्या दोन वाद्यांच्या जोडवाद्याला ‘डंका’ म्हणतात.

ताशा : (तार्शा, कर्नाटकातील तासे). हे पूर्वीचे रणवाद्य असून ते मातीचे किंवा आता धातूचे (तांब्याचे), घंगाळाच्या आकाराचे, पूर्वी कातडे नुसते चिकटविलेले आणि आता ताणचाव्या (पितळी स्क्रू) असलेले वाद्य आहे. ते वेताच्या दोन छड्यांनी वाजवतात.

चौघडा : हे गोलाकार तळाच्या कुंडीसारख्या तांब्याच्या किंवा लोखंडाच्या, एक लहान व एक मोठे अशा जोडीच्या चार चर्मवाद्यांच्या गटाचे वाद्य आहे. तोंडावरील मढविलेले चामडे वादीने तळापर्यंत गूंफून बसविले जाते. मोठ्याला नगारा आणि लहानाला टिमकी म्हणतात. दोन काठ्यांनी ते वाजवितात. दोन वादक असून त्यांपैकी

एक साधी लय, तर दुसरा वेगवेगळे लयप्रकार करून आळीपाळीने वाजवितात. चार वाद्यांचा समूह म्हणून चौघडा हे नाव आले पण सामान्यतः सूर, सनई, कर्णा, झांज याही वाद्यांचा या नावात समावेश होतो. पूर्वी राजांच्या स्वारीत व आता देवळात, लग्नसमारंभ वा इतर उत्सव प्रसंगी, मिरवणुकीत याचा उपयोग होतो.

सुषिर-लोकवाद्ये

नागस्वरम् : हे दक्षिणेकडील फार प्रसिद्ध वाद्य आहे. नागस्वरम् व त्याच्या इतर नामभेदांची दक्षिणात्य वाद्ये थोडाफार फरकाने सनईसारखीच आहेत. लहान सनई किंवा सुंदरीसारखे 'मुखवीणा', सूर या एकस्वरी सनईच्या साथीच्या वाद्यासारखे 'ओत्तु' (नागस्वरम्बरोबर जोडीने वाजवले जाणारे श्रुतिवाद्य) ही दाक्षिणात्य वाद्ये आहेत. प्रयः खुल्या जागेत उत्सव प्रसंगी वाजविण्याचे नागस्वरम् वाद्य जवळून ऐकल्यास कर्कश वाटते. नागस्वरम्वर उच्च स्वर व लोकसंगीत वाजवितात. नागस्वरम्ला तामिळनाडूमध्ये 'मेळम्' (वाद्यसंचातले प्रमुख वाद्य या अर्थी) व कर्नाटकात 'ओलग' (दरबारी संगीतातले प्रमुख वाद्य) असे म्हणण्याचा प्रघात आहे.

शंख : हे जगभर प्रचलित असलेले नैसर्गिक वाद्य आहे. रणवाद्य म्हणून त्याची प्रसिद्धी होती. शंखाच्या टोकाला भोक पाडून त्यावर फूंकून वाजविण्यासाठी पितळी वाटीच्या आकाराचे मुखरंध्र बसवतात. शंकराच्या देवळात विशेषकरून जंगम हे वाद्य वाजवितात. भारतात फार प्राचीन काळापासून हे प्रचलित आहे. जुन्या काळी लांब नळी लावलेले शंख वाद्य असे.

फुंकून वाजविण्याच्या वाद्यांपैकी शिंग (प्राथमिक अवस्थेत प्रत्यक्ष जनावराचे), रणशिंग, कोम्बु, कर्णा, काहला, तुतारी, तुराई (पूर्वीचे तूर्य), भूरी, सर्प ही वक्राकृती वाद्ये नफारी (नेफारी), कुमा, एक्कलम्, तसेच एकदम दोन नळया वाजविण्याचे तिरुचित्रम् ही सरलरेषाकृती वाद्ये अशी विविध आकारांची, ध्वनिवैशिष्ट्यांची, पितळी किंवा तांब्यांची एकेकाळची रणवाद्ये होत. आज ती देवळातील धार्मिक वा इतर सामाजिक उत्सव प्रसंगी वाजवली जातात.

पुंगी : या वाद्याला गोल आकाराचा भोपळा असतो. त्याच्या एक टोकाला फुंकण्यासाठी भोक पाडलेले असते. त्या भोपळयाला वर एक किंवा दोन आणि खाली दोन अशा लाकडी वा पोकळ बांबूच्या नळया जोडलेल्या असतात. वरच्या दोन नळयांत प्रत्येकीत जिभली असते, फुंगल्यावर या दोन्ही जिभल्या कंप पावतात. या भोपळयाच्या खालच्या नळयांतील एका नळीला असलेल्या भोकावर बोटे ठेवून स्वर निर्माण करतात व दुसऱ्या नळीची भोके बंद करून आधारस्वर निर्माण करतात. पूर्वी हे वाद्य नाकपुड्यांनी वाजवीत असल्याने याला 'नासायंत्र' म्हणत. दक्षिणात्य संगीतात हे वाद्य मगुडी या नावाने ओळखले जाते तर उत्तरेस बीन, तुंबी, नागरस, सपेऱ्याची बन्सी इ. नावे या वाद्यासाठी प्रचलित आहेत.

मसक : (दक्षिणेतील तुत्ती वा तित्ती). मसक हे वाद्य पुंगीच्या धर्तीवर असते पण त्यात भोपळ्याऐवजी कातडी पिशवी वापरतात. हे यूरोपीय बॅगपाइपसारखे दिसते. त्याला एकेरी जिव्हाळी आणि सहा वाद्यरंध्रे असतात.

न्यस्तरंग : हे लहान तुतारीकारखे पण मुखरंध्राच्या खाली कागदाचा पातळ वा अन्य पदार्थाचा पापुद्रा लावलेले मुखवाद्य आहे. वाजविताना तोंडातील हलत्या ध्वनिनिर्मित स्नायूंच्या भरीस या जादा कंपित्राची भर पडते.

प्रादेशिक वाद्ये

आसाममध्ये निरनिराळ्या जमातींत-(१) दिनतारा, का-दुईतारा, सरोंग, बीनथैला, पेना ही तंतुवाद्ये (२) रंगसारखी घनवाद्ये (३) डामा, डाकी, धुरकी, यांसारखी अवनद्ध वाद्ये व (४) अदील, वंशी, काबिझली, काक्सीन, कातंमुरी, मुंओऊ, पेपा, पिलुली, सिंग, सिपा वगैरे सुषिर वाद्ये प्रचारात आहेत.

काश्मीरमध्ये इस्लामी वाद्यांचा पगडा जास्त दिसून येतो : (१) चरगा, चिकारा, रबाब, संतूर, कानून, कमाणचा, साझ यांसारखी तंतुवाद्ये (२) तुंबकनारी (तुकनारी) सारखी अवनद्ध वाद्ये आहेत.

उत्तर प्रदेशातील तंतुवाद्यांत सारंगीचे सारिंदा, संयोगी यांसारखे उपप्रकार धुनधुनवा, दाराकुन हे भूमियार जमातीचे धनुर्वाद्य, चमारांचे ढोल, हुरूक (हुडुक) ही अवनद्ध वाद्ये यांसारखी वाद्ये आहेत. पंजाबमधील वाद्यांत यकतारा, अलगोजा, चरखी, चिमटा वगैरेंचा उल्लेख करता येईल. ओरिसातील माहुरी बंगालमधील खोळ, सूरसंग, इसराज, गोपीचंद, आनंदलहरी गुजरातमधील रावणहत्यो मध्य प्रदेशातील मुरिआंची नाचाच्या वेळची मुयांग (पाठीवर बांधण्याच्या घंटा), इरना, डुमरी हे तंतुवाद्य डाकी, ढोल, गोगाढोल, पररंग, मांद्री वगैरे अवनद्ध वाद्ये यांचा उल्लेख करता येईल.

दाक्षिणात्य प्रदेशातील वाद्ये असंख्य आहेत. नेडुंकुळल, अयारकुळल, बिल्लुकोट्टु, बिलाडीवाद्यम्, तंतीपातई, रामडोलु, चौढकी, धवलशंख ही त्यातील काही वाद्यनामे होत. केरळमध्ये तिमिल, इड्डक, चेंडा, चेंगाला आणि कोम्बु ही पंचवाद्ये देवळात वापरतात. मिळावु हे केरळचे अवनद्ध वाद्य आहे. एका मोठ्या तांब्याच्या भांड्याला लहानसे तोंड ठेवतात व त्यावर चामडे बसवतात. तोंड फार लहान असल्यामुळे त्याचा आवाज फार किनरा असतो. सामान्यतः कुडीयाट्टम नृत्याला या वाद्याची साथ असते. अंदमानात अगदी प्राथमिक पकुडा, मुकुटा-येमंगा यांसारखी आघातवाद्ये आहेत. महाराष्ट्रातील एकतारी, तुणतुणे, डफ, खंजरी, गुबगुबी, करताल, चिपळ्या, लेझीम ही काही सुप्रसिद्ध वाद्ये होत.

वादनपद्धती : सर्व प्रकारची वाद्ये वाजविण्यासाठी निरनिराळ्या मानवी अवयवांचा व ध्वनिसाधनांचा उपयोग केला जातो.

(१) तंतुवाद्ये : छेडवाद्यांत-उदा., हार्पसारख्या प्रत्येक स्वरासाठी एकेक तार असलेल्या वाद्यात-दोन्ही हातांचा प्रत्यक्ष, किंवा हातात कोण घेऊन वादनासाठी उपयोग केला जातो. सतारीसारख्या पडदे असलेल्या वाद्यात तारेची लांबी स्वरानुरूप कमीजास्त करण्यासाठी एका हाताचा व कोणाने किंवा नखीने छेडण्यासाठी दुसऱ्या हाताचा उपयोग होतो. पडद्याच्या किंवा बिनपडद्याच्या दिलरुबा, सारंगी यांसारख्या गजवाद्यांत दुसऱ्या हातात गज धरतात. तारांवर किंवा तातींवर प्रत्यक्ष बोटे ठेवून किंवा नखे वापरून, वेगवेगळया स्वरस्थानी थांबून तुटक स्वर किंवा हात घसरवून मींड काढतात. पियानोसारख्या कळफलकाच्या वाद्यात पट्ट्या दाबण्यासाठी दोन्ही हातांच्या बोटांचा उपयोग करतात. संतूरसारख्या वाद्यात हातात काड्या घेऊन तारांवर आघात करतात. वाहत्या वाऱ्याचा उपयोग आकाशवीणेच्या तारा स्पंदित करण्यास होतो.

(२) घनवाद्ये : प्राथमिक ओंडक्यासारखी वाद्ये त्यांवर पाय आपटून वाजवितात. दोन घन तुकडे हाताने एकमेकांवर वाजविण्याची क्रिया चिपळया, टाळ, वगैरे वाद्ये वाजवताना केली जाते. दगडी, लाकडी, काचेच्या, धातूंच्या वगैरे वस्तूंवर (अश्मतरंग, काष्ठतरंग, जलतरंग, तास वगैरे) काठ्या, हातोडा, मोगरा यांनी दोन किंवा एका हाताने आघात करतात. घुंगरूसारखी वाद्ये हलवून त्यांतील दोन घन वस्तू एकमेकांवर आपटवून नाद उत्पन्न करतात.

(३) अवनद्ध वाद्ये : ही वाद्ये प्रत्यक्ष हातांनी, बोटांनी, मनगटांनी, संबंध पंज्यांनी किंवा लाकडी काठ्यांनी आघात करून वाजवितात. आघाताप्रमाणे घर्षणाचाही उपयोग निरनिराळे ध्वनी काढण्यासाठी करतात. वाद्यप्रकार अनेक असले, तरी वादनक्रिया फारशा भिन्न नाहीत.

(४) सुषिर वाद्ये: ह्या वाद्यात वादक हवा तोंडाने, क्वचित् नाकाने, किंवा यांत्रिक भात्याने वाद्यरंध्रांत सोडतात आणि हवेचा स्तंभ हातांनी रंध्रे मिटून किंवा मोकळी सोडून, कमीजास्त लांब करून ध्वनिनिर्मिती करतात. बासरी, क्लॅरिनेट वगैरे वाद्ये अशा प्रकारे वाजवली जातात. शंख आणि वेणू ही प्राचीन काळापासूनच प्रचारात असलेली सुषिर वाद्ये होत. वेणू किंवा वंश हे वाद्य मुळात बांबूचे असे पण पुढे ते लाकडापासून वा धातूपासूनही बनवले जाऊ लागले. वेणूच्या स्वररंध्रांवर कौशल्याने बोटांचा वापर करून वादक विविध स्वरांच्या छटा निर्माण करीत हार्मोनियम, ऑर्गन यांसारख्या वाद्यांत वादक निरनिराळया पट्ट्या हाताने दाबतात आणि योग्य त्या स्वरातून हवा जाईल, असे करतात. पॅनपाइपमध्ये स्वरांतून नळया असल्याने वादक फक्त त्यांत फुंकर मारतात आणि वाद्य

योग्य तसे तोंडापुढे फिरवतात. माउथ-ऑर्गनमध्येही हीच वादनक्रिया अवलंबली जाते. प्रत्यक्ष फुंकीच्या तुतारीसारख्या वाद्यांव्यतिरिक्त इतर हार्मोनियम, सनई, ओबो यांसारख्या वाद्यांत एकेरी, दुहेरी, आपटल्या जिव्हाळ्या किंवा गाबडी (पुस्ती वा जोड) बसवून शिट्टीसारखी व्यवस्था केलेली असते. बासरीत वाद्यरंध्रांच्या कडेचा उपयोग हवेचा स्तंभ हलविण्यासाठी होतो.

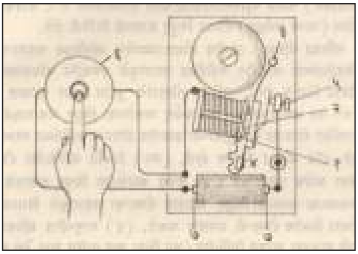
सुषिर वाद्ये : १. ओबो : लंडन, सु. १७८०. २. क्लॅरिनेट : पॅरिस, सु. १७८०. ३. बॅगपाईप : पोलंड, १६ वे शतक. ४. शंख (ट्रंपेट) - आदिम वाद्य. ५. हॉर्न : वाद्यकार-विल्यम बूल, लंडन, १६९९. ६. रेकॉर्डर : वाद्यकार-झां ऑत्तेर, फ्रान्स, १७ वे शतक. ७. सर्पंट : इंग्लिश बँड, १८ वे शतक. अवनद्ध (आघात) वाद्ये : ८. झायलोफोन : प्राचीन लोकवाद्य, आग्नेय आशिया. ९. टिम्पनी (केट्ल ड्रम). १०. ड्रम : ऑस्ट्रिया, १७९४. तंतुवाद्ये : ११. ट्यूब झिथर : प्राचीन वाद्य, प. आफ्रिका. १२. व्हायोलिन : वाद्यकार-जॉर्ज पेरी, डब्लिन, १७४१. १३. रेबेक : आधुनिक यूरोपीय वाद्य. १४. हार्प : यूरोपीय वाद्य. कळफलक (की बोर्ड) वाद्ये : १५. हार्पसिकॉर्ड : वाद्यकार-जेरोम ऑफ बोलोन्या, इटली, १५२१.

१. मँचुरियन तंतुवाद्य, चीन. २. बँडोरा : तंतुवाद्य. ३. लायर : प्राथमिक तंतुवाद्य, पूर्व आफ्रिका. ४. सौन : धनुष्याकृती तंतुवाद्य, ब्रह्मदेश. ५. कॉर आंग्ले : सुषिर वाद्य, फ्लॉरेन्य, सु. १७८०. ६. हत्तीच्या सुळ्यापासून कोरून तयार केलेली तुतारी : आदिम सुषिर वाद्य, प. आफ्रिका. ७. बसून : काष्ठ-सुषिर वाद्य, न्यूअर्क, सु. १७८०. ८. करकोच्याच्या हाडापासून बनवलेला प्राचीन फ्ल्यूट, प्रागैतिहासिक काळ, सेमॉस. ९. पिआनोफोर्ते : कळफलक वाद्य वाद्यकार-बार्तोलोमेओ क्रिस्तोफोरी, फ्लॉरेन्स, सु. १७२०. १०. ज्यूज् हार्प : घनवाद्य, १९ वे शतक.

तंतुवाद्ये : १. सतार. २. दिलरुबा. ३. वीणा. ४. सूरसिंगार. ५. ताऊस. ६. स्वरमंडल : उत्तर भारत. ७. तुणतुणे : लोकतत्वाद्य, महाराष्ट्र. सुषिर वाद्ये : ८. शृंग (दाक्षिणात्य कोम्बु). ९. ओत्तु : दाक्षिणात्य वाद्य. १०. बासरी. अवनद्ध (आघात) वाद्ये : ११. सूर्यपिरै-चंद्रपिरै : दाक्षिणात्य लोकवाद्य. १२. उडुक्कै (डमरू) : लोकवाद्य, तमिळनाडू. १३. विल्लडि वाद्यम् : दाक्षिणात्य लोकवाद्य. १४. ढोलक : लोकवाद्य. १५. पंचमुख वाद्य : दाक्षिणात्य लोकवाद्य, तमिळनाडू.

१. अलंकृत प्राचीन तंबोरा : तंतुवाद्य. २. सरोद : तंतुवाद्य. ३. सारंगी : तंतुवाद्य.

४. मकर वीणा : तंतुवाद्य. ५. कच्छपी वीणा : तंतुवाद्य. ६. झांजा : घनलोकवाद्य. ७. शहनाई (सनई) : सुषिर वाद्य. ८. गोपीचंद : ततलोकवाद्य, बंगाल. ९. सूरसोटा : ततलोकवाद्य. १०. पखवाज : अवनद्ध वाद्य. ११. ताशा : अवनद्ध लोकवाद्य. १२. तविल : दाक्षिणात्य अवनद्ध लोकवाद्य.



विद्युत् घंटा

१. विद्युत् घंटा : घरगुती वापराचे एक सर्वसामन्य विजेचे साधन. या साधनाने विजेच्या साहाय्याने ऐकू येते.

(१) विद्युत् चुंबक, (२) धात्र, (३) लोळी, (४) स्प्रिंग, (५) संपर्क स्क्रू, (६) दाब बटन, (७) अग्र. आवाज निर्माण करून त्याद्वारे इशारा देण्याचे काम केले जाते. उदा., दारावरील विद्युत् घंटेने बाहेर कोणी तरी आल्याची वर्दी घरातील माणसांना देता येते. घराशिवाय कार्यालयात व क्वचित बसमध्ये, तसेच आग, चोरी यांसारख्या धोक्यांची सूचना देण्यासाठी या घंटा वापरतात. वापरांनुसार घंटेचा प्रकार (एक ठोका देणारी, घंटानाद वा गजर करणारी) व आकारमान निरनिराळी असतात. विविध प्रकारचे आवाज करणारे इलेक्ट्रॉनीय कर्णे व घंटा यांच्यामुळे विद्युत् घंटा मागे पडू लागल्या आहेत. दारावरच्या सर्वपरिचित विद्युत् घंटेतील लोळी हातोडीप्रमाणे वाटीवर आपटून आवाज निर्माण होतो. लोळीचे लागोपाठ जलद ठोके पडून घंटानाद करणारी घंटा अधिक प्रचलित आहे. कंधीकधी एक ठोका पडणारी घंटाही वापरतात.

विद्युत् प्रवाहाने निर्माण होणाऱ्या चुंबकीय परिणामाचा वापर विद्युत् घंटेत केलेला असतो. या घंटेसाठी घरगुती वापराचा कमी दाबाचा प्रत्यावर्ती (मूल्य व दिशा सेंकंदात वारंवार उलटसुलट बदलणारा) विद्युत् प्रवाह आणि विशेषेकरून धोकासूचकांत एकदिश (एकाच दिशेत वाहणारा) विद्युत् प्रवाह (घटमाला) विजेचा स्त्रोत म्हणून वापरतात. दोन लोखंडी गाभ्याभोववती तांब्याच्या तारेची वेटोळी असणारा विद्युत् चुंबक (१) आणि एका (सुट्या) टोकाला लोळी (३) व दुसऱ्या टोकाला पट्टीसारखी स्प्रिंग (४) जोडलेला धात्र (आर्मेचर) (२) हे विद्युत् घंटेचे प्रमुख भाग आहेत (पहा आकृती). विद्युत् स्त्रोतापासून आलेली तार दाब बटनाच्या (६) मार्गाने विद्युत् चुंबक व धात्र यांच्याकडे गेलेली असते. दुसरी तार धात्राची स्प्रिंग ज्या संपर्क स्क्रूवर (५) टेकते त्या स्क्रूपासून अग्रांमार्फत (७) विद्युत् स्त्रोताकडे गेलेली असते. बटन दाबले की, विद्युत् मंडल पूर्ण होऊन घंटेचे कार्य चालू होते. मंडल पूर्ण झाल्यावर विजेचा प्रवाह तांब्याच्या तारेच्या वेटोळयांतून जातो. यामुळे लोखंडी गाभ्यात तात्पुरते चुंबकत्व निर्माण होते. या चुंबकत्वामुळे त्याच्या समोरील लोखंडी (वा पोलादी) धात्र त्याच्याकडे ओढला जातो. यामुळे धात्राला जोडलेली लोळी घंटेच्या वाटीवर हातोडीप्रमाणे आपटते व आवाज निघतो. याच वेळी धात्र ओढला गेल्याने तो संपर्क

स्क्रूपासून अलग होतो आणि विद्युत् मंडल खंडित होते, परिणामी विद्युत् चुंबकातील तात्पुरते चुंबकत्व नाहीसे होते व त्याला चिकटलेला धात्र मोकळा होऊन व स्प्रिंगेच्या स्थितिस्थापकतेमुळे परत आपल्या मूळ जागी येऊन स्क्रूवर टेकतो. अशा प्रकारे परत विद्युत् मंडल पूर्ण होऊन विद्युत् चुंबक भारित होतो. व धात्र त्याच्याकडे खेचला जाऊन घंटेचा आणखी एक ठोका पडतो. घंटेचे बटन दाबून ठेवले असेपर्यंत विद्युत् मंडल पूर्ण व खंडित होण्याची ही क्रिया चालू रहाते. यामुळे जलदपणे ठोके पडत राहून घंटानाद होतो.

वरील क्रियेत प्रथम विद्युत् ऊर्जेचे चुंबकीय ऊर्जेत, मग चुंबकीय ऊर्जेचे यांत्रिक ऊर्जेत आणि शेवटी यांत्रिक ऊर्जेचे ध्वनी ऊर्जेत व थोड्या प्रमाणात उष्णतेत) रूपांतर होत असते. अशा रीतीने ऊर्जेचे एका अवस्थेतून दुसऱ्या अवस्थेत होणारे रूपांतर आणि ऊर्जेची अक्षय्यता या कल्पना सोप्या रीतीने स्पष्ट करण्यासाठी विद्युत् घंटा हे चांगले साधन आहे.

व्हायोलिन

(१) गज व व्हायोलिन, (२) व्हायोला, (३) चेलो, (४) डबल बेस.व्हायोलिन : स्वतंत्रपणे साथसंगतीसाठी वा वृंदवादनासाठी गजाने वाजविण्याचे युरोपीय तंतू-वाद्य. व्हायोलिन हे एक वाद्यकुलही असून त्यात अनेक तत्सम वाद्यांचा समावेश होतो. व्हायॉल हे व्हायोलिनच्याच जातीचे दुसरे वाद्य सामान्यत: सहा तारांचे असून ते दांडी वर व कोठा (बॉडी) खाली करून दोन्ही गुडघ्यांच्या मध्ये ठेवून वाजवितात. व्हायोला हेही याच कुलातील आणखी एक वाद्य आहे. पण याचा आकार व्हायोलिनपेक्षा थोडा मोठा असतो व नाद मंद्र असतो. याचे स्वर मध्य षड्जाच्या खाली सुरू होऊन मंद्र षड्जाला संपतात. यासारखे एक तार असलेले व गजाने वाजवले जाणारे तंत्रीवाद्य कर्नाटक राज्यातील अगस्त्येश्वर मंदिरातील तसेच चिदंबरम् येथील नटराज मंदिरातील शिल्पांत आढळते (इ.स. बारावे शतक). युरोप मध्ये नृत्याच्या साथीसाठी वापरले जाणारे व मूलतः पौर्वात्य असलेले रेबेक, तसेच सारिंदा व रबाब या तीनतारी व गजाने वाजविण्याच्या वाद्यातून व्हायोलिनची उत्क्रांती झाल्याचे मानतात.

षड्ज-पंचम-भावाने लावलेल्या चार तारांचे, प्रचलित स्वरूपाचे व्हायोलिन १५५० ते १६०० च्या दरम्यान उत्तर इटलीत तयार झाले. प्रारंभी नृत्याच्या साथीसाठी आणि हलक्याफुलक्या संगीतासाठी त्याचा वापर होई. नंतर मात्र अभिजात संगीतात त्याला मानाचे स्थान मिळाले. जर्मनी, फ्रान्स, इंग्लंड व चेकोस्लाव्हाकिया या देशांतही या वाद्याची निर्मिती होई आणि होत आहे. 'सिंफनी' वाद्यवृंदात व्हायोलिनची सुरुवातीपासून शेवटपर्यंत महत्त्वाची कामगिरी असते. इटलीमधील क्रिमोनाचे आमाती कुटुंबीय, स्ट्राडिव्हारी, ग्वारन्येअरी ऊर्फ डेल जेसू व ब्रेश येथील बर्तोलोती ऊर्फ गास्पारो दा सालो वा माद्जिनी हे काही सुप्रसिद्ध व आजही आदर्श मानलेले वाद्य-निर्माते

होत.

हे वाद्य लहानमोठ्या सत्तर अवयवांच्या जटिल रचनेचे आणि मजबूतही असते. सिंहकटीमुळे सर्व तारांवर गज चालविणे सुलभ होते. ध्वनिपेटिकेचे खालवरचे बहिर्गोलाकार फुगवटे वाद्याची मजबुती आणि आवाजाचा दर्जा वाढवितात. याच्या निरनिराळ्या भागांसाठी सिकॅमूर, पाइन, अबनूस, रोझवुड अशा कठीण व मऊ लाकडांचा वापर करतात.

व्हायोलिनचे प्रमुख भाग पुढीलप्रमाणे होत : (१) बहिर्गोल फुगवट्याचा तळ व वरच्या तक्त्यांची (नादपटांची) बाजूच्या फासळ्यांनी जोडलेली चपट्या व खास आकाराची ध्वनिपेटिका. वरच्या तक्त्यावरील उलट्या-सुलट्या तिरप्या 'एफ्' सारखी ध्वनुरंध्रे. (२) वादनपट, वाद्यग्रीवा व तिच्या टोकाजवळचे खुंटाळे. (३) तारांसाठी तारदान व खीळ. (४) तारघोडी. (५) तारघोडीच्या खाली ध्वनिपेटिकेत उजव्या बाजूस ध्वनिस्तंभ व डाव्या बाजूस, नादपटाच्या आतल्या बाजूस, वाद्याला समांतर अशी लावलेली आधारशलाका. याच्यामुळे निर्मित नादाचा जोरकसपणा व धुमारा वाढतो.

याच्या तारा प्रायः तातींच्या आणि धातूच्या तारेने वेढलेली मंद्रतार अशा असतात. तारा धातूंच्याही वापरतात. या वाद्यात स्वरधर्मात फरक करणारा 'म्यूट' चिमटा, वादकाच्या हनुवटीसाठी आधार वगैरे सुधारणा घडून आल्या. वादनाच्या गजातही अनेक सुधारणा झाल्या. फ्रांस्वा तूर्त (१७४७-१८३५) याने व्हायोलिनचा प्रचलित वक्राकार गज विकसित केला. तसेच गजाची लांबी, घोड्याच्या केसांचा ताण कमीजास्त करण्याचे मळसूत्र यांतही अनेक बदल झाले.

जुन्या वाजविण्याच्या पद्धतीतही फरक होऊन आजचा पाश्चिमात्य वादक हे वाद्य उभ्यानेच वाजवतो. मोंतेव्हेर्डी याने १६०० सालीच या वाद्याचा उपयोग केला असला तरी फोंताना याने १६३० मध्ये खास व्हायोलिनसाठी स्वरलेखन केले. पुढे मारीनी, फारीना, विवाल्डी, कोरेल्ली, फॉन बायबर, वॉल्टर, बाख, मोट्सार्ट, बेथोव्हन या इतर प्रसिद्ध रचनाकारांनी या वाद्यासाठी स्वरलेखन केले आहे. व्हिओती कुल्झर, रॉद, क्रॅमर, द बेरिओ, नीकोलो पागानीनी, स्याये, यहूदी मेन्युइन हे काही प्रसिद्ध व्हायोलिन-वादक होत.

भारतीय संगीतातील सर्वच बारकावे या वाद्यातून प्रकट करता येतात, यामुळे हिंदुस्थानी व कर्नाटक या दोन्ही संगीतपद्धतींत साथीसाठी व स्वतंत्र वादनासाठी एकोणिसाव्या शतकापासून हे वाद्य प्रचारात आहे. भारतातील फर लाकूड व बांबू वापरून वाद्याची निर्मितीही झाली आहे. पाश्चात्त्य उभ्या वादनपद्धतीऐवजी, भारतीय वाद्यपद्धतीत हे वाद्य वाद्यग्रीवा जमिनीवर टेकवून व वाद्य छातीला लावून, बसून वाजवितात. गजाननराव जोशी, श्रीधर पार्सेकर, विष्णुपंत जोग, पुष्पलता कुलकर्णी, डी.के. दातार, एम्. राजम् हे हिंदुस्थानी पद्धतीतील वादक तर बालुस्वामी

दीक्षितर, वडिवेलू, पुभुस्वामी, सुब्बारायर, नारायणस्वामी व गोविंदस्वामी पिल्ले हे कर्नाटक पद्धतीतील काही प्रसिद्ध वादक होत.

पहा : चेलो डबल बेस वाद्य व वाद्यवर्गीकरण.

सोनार व सोफार

सोनार व सोफार : सोनार हे दूरसंवेदन तंत्र किंवा प्रणाली आहे पाण्यातील वस्तू शोधून काढणे, तिचे स्थान निश्चित करणे, कधी कधी ती ओळखणे वा तिची ओळख पटविणे अथवा संदेशवहन करणे यासाठी या तंत्रात श्राव्य किंवा श्राव्यातीत ध्वनितरंग वापरतात. अशा प्रकारे पाण्यातील वस्तूकडून परावर्तित झालेले किंवा तिने उत्सर्जित केलेले ध्वनितरंग सोनारने ओळखले जातात आणि त्यांतील माहितीसाठी त्यांचे विश्लेषण करतात. क्रियाशील किंवा प्रतिध्वनी स्थाननिश्चिती सोनार हा सोनारचा सर्वांत सामान्य प्रकार आहे. अक्रियाशील (निष्क्रिय) सोनार, क्रमवीक्षक सोनार, शोधदीप सोनार इ. सोनारचे प्रकार आहेत. तसेच जलध्वनिग्राहक व श्रवण बोयरा ही अक्रियाशील सोनारची उदाहरणे म्हणता येतील. स्फोटक घटना किंवा क्षेपणास्त्राच्या आघातासारखी अन्य आघातकारी घटना यामुळे निर्माण झालेल्या ध्वनीचे (किंवा आघात तरंगांचे) भौगोलिक स्थान शोधण्यावर सोफार प्रणाली किंवा संकल्पना आधारलेली आहे. सोनार व सोफार या दोन्ही तंत्रांमध्ये विद्युत् चुंबकीय तरंगांऐवजी (उदा., रडार, प्रकाश यांऐवजी) ध्वनितरंग वापरतात. कारण समुद्राच्या पाण्यात ध्वनितरंगांचे क्षीणन पुष्कळच कमी होते.

सोनार : क्रियाशीलसोनार : (प्रतिध्वनी स्थाननिश्चिती सोनार). यामध्ये एक ध्वनिसंकेत म्हणजे श्राव्य किंवा श्राव्यातील ध्वनीचा तीव्र लघुस्पंद एका अरुंद शलाकेच्या रूपात पाण्यातून प्रेषित केला जातो. दर सेकंदाला सु. १,५०० मी. या गतीने त्याचे पाण्यातून प्रसारण होते. एखादी वस्तू म्हणजे लक्ष्य या ध्वनिशलाकेच्या मार्गात आल्यास ध्वनिऊर्जेचा थोडा भाग या वस्तूकडून सोनारकडे परावर्तित होतो व तो सोनारला कळतो. ध्वनीचे प्रेषण व ग्रहण यांच्या दरम्यान गेलेला कालावधी मोजून सोनार व लक्ष्य यांच्या दरम्यानचे अंतर गणित करून काढता येते. म्हणजे ध्वनीच्या गतीला या कालावधीने गुणल्यावर येणाऱ्या गुणाकाराला दोनने भागिले असता हे अंतर मिळते. उदा., दोन सेकंदांनी परत आलेल्या ध्वनीने जाताना १ सेकंदात १,५०० मी. व परत येताना १ सेकंदात १,५०० मी. अंतर कापलेले असते. यावरून सोनारपासून लक्ष्य १,५०० मी. अंतरावर आहे, हे कळते. अंतर काढण्याच्या या पद्धतीला प्रतिध्वनी अंतरमापन (एको रेंजिंग) म्हणतात. ध्वनिग्रहणाच्या वेळी असलेल्या ध्वनिशलाकेच्या दिक्स्थितीवरून या लक्ष्याची दिशा ठरवितात. पोहणारे वापरीत असलेले हातात धरता येण्याजोगे लहान प्रतिध्वनिमापक संच आणि जहाजावर वापरण्यात येणारी मोठी सोनार प्रणाली ही क्रियाशील सोनारची उदाहरणे आहेत.

अक्रियाशील सोनार : हे ध्वनितरंग प्रेषित वा प्रारित करीत नाही तर संभाव्य लक्ष्याकडून येणारे ध्वनितरंग फक्त ग्रहण करते. पाणबुडी, पाणतीर, जहाजे इ. लक्ष्यांकडून प्रेरित झालेला ध्वनी ओळखण्यावर याचे कार्य अवलंबून असते. हे सोनार लक्ष्याची दिशा वरीलप्रमाणेच ठरविते. मात्र याद्वारे लक्ष्याचे अंतर ठरविण्याचे काम अधिक अवघड असते. ग्रहण केलेल्या ध्वनितरंग रूपाचे विश्लेषण करून लक्ष्याची गुणवैशिष्ट्ये, दिशा तसेच अंतर ठरविता येते. दुसऱ्या सोनारकडून ओळखला जाऊ शकेल असा कोणताही ध्वनी यातून बाहेर पडत नाही, हा याचा फायदा आहे. एखादे लक्ष्य तेच आहे की नाही, हे ओळखून काढण्यास अक्रियाशील सोनारची मदत होते. एखाद्या जहाजामुळे निर्माण होणाऱ्या गोंगाटावरून ते जहाज कोणत्या प्रकारचे आहे, ते यामुळे उघड होऊ शकते. पाणबुड्यांवर सर्वसाधारणपणे अक्रियाशील सोनार वापरतात. अर्थात कधीकधी त्यांच्यावर क्रियाशील सोनारही असते.

श्रवणबोयरा : (सोनोबॉय). नाविक विमाने पाणबुड्यांचे नेमके स्थान समजण्यासाठी सोनार वापरतात. या पद्धतीत जलांतर्गत ध्वनी ग्रहण करण्यासाठी श्रवणबोयरे हवाई छत्रीच्या मदतीने समुद्रात टाकतात हेलिकॉप्टरमधून केबलच्या मदतीने ते समुद्रात निलंबित करतात (लोंबकळत ठेवतात) अथवा जहाजाच्या नौकायेवर ते बसविता येतात. कधीकधी श्रवणबोयरे जहाजामागे दोराने बांधलेले असतात किंवा अनेक श्रवणबोयरे समुद्रतळावर बसवितात. श्रवणबोयरा हा घट्ट व बांधीव घटक असून त्यात श्रवणग्राही ऊर्जापरिवर्तक व विवर्धक तसेच श्रवणबोयरा ते विमान असे रेडिओ संदेशवहन करण्यासाठी लहान प्रेषक असतो. प्रत्येक श्रवणबोयरा ओळखण्याजोगा संकेत पाठवितो. श्रवणबोयरे पाण्यामधील पाणबुडीसारख्या लक्ष्याचे ध्वनी ग्रहण करतात व हे ध्वनिसंकेत विमानाकडे प्रेषित करतात. पाणबुडीचे मार्गनिर्देशन करण्यासाठी अनेक श्रवणबोयरे एका विशिष्ट आकृतिबंधात मांडतात. त्यांच्याकडून येणाऱ्या ध्वनिसंकेतां-वरून इलेक्ट्रॉनीय संगणक पाणबुडीचे स्थान ठरवितो. अशा बोयऱ्याला रेडिओ श्रवणबोयरा असेही म्हणतात.

जलध्वनिग्राहक : (हायड्रोफोन). या प्रयुक्तीमध्ये पाण्यातून जाणारे ध्वनितरंग ग्रहण केले जातात आणि त्यांचे विद्युत् तरंगात परिवर्तन होते.

क्रमवीक्षकसोनार : यात सर्व अपेक्षित लक्ष्ये रडारवरील प्लॅन पोझिशन इंडिकेटर (नियोजित स्थानदर्शक किंवा रडारस्कोप) दर्शक अथवा खंड/दल दर्शक (सेक्टर इंडिकेटर) या दर्शकावर दाखविली जातात. ध्वनिस्पंद एकाच वेळी सर्व दिशांमध्ये प्रेषित करता येतात व परिभ्रमी (फिरत्या) ग्राही ऊर्जापरिवर्तकावर ग्रहण केले जातात अथवा क्रमवीक्षक ऊर्जापरिवर्तकाने एकाच वेळी एकाच दिशेत प्रेषित होतात व ग्रहण केले जातात.

शोधदीपप्रकारचासोनार : या सोनार प्रणालीत प्रेषण व ग्रहण या दोन्हींवर एकाच लघुशलाका आकृतिबंधाचा

(संरचनेचा) परिणाम होतो. यांशिवाय ध्वनिकीय संदेशवहन प्रणाली हा सोनारचा आणखी एक प्रकार आहे. यामध्ये ध्वनिकीय मार्गाच्या दोन्ही टोकांना प्रेषक व ग्राहक असणे गरजेचे असते.

सोनारचेकार्य : सोनारमध्ये ऊर्जापरिवर्तक हा कळीचा घटक आहे. क्रियाशील सोनार प्रणालीत ऊर्जापरिवर्तक हा क्वॉटर्झ, तोरमल्ली या खनिजांच्या स्फटिकांचा दाबविद्युतीय किंवा लोखंड व निकेल यांचा चुंबकीय आकारांतरीय अथवा बेरियम टिटॅनेटाच्या स्फटिकांचा विद्युत् आकारांतरीय घटकांचा मोठा समुच्चय असतो. ऊजापरिवर्तकाला विद्युतीय स्पंद लावल्यास तो विजेचे ध्वनीमध्ये परिवर्तन करतो. हे ध्वनीचे स्पंद तो पाण्यात प्रारित करतो. त्यांचा पाण्यामधील लक्ष्य वस्तूकडून आलेला प्रतिध्वनी ऊर्जापरिवर्तकावर थडकतो, तेव्हा त्यातील ध्वनिऊर्जेचे विद्युत् ऊर्जेत रूपांतर होते. अक्रियाशील सोनार प्रणालीत ऊर्जापरिवर्तक केवळ ध्वनिग्रहणांसाठी वापरला जातो. ऊर्जापरिवर्तकाने ग्रहण केलेल्या ध्वनीचे विवर्धन होते व नंतर दर्शनाद्वारे (डिस्प्लेद्वारे) ते निरीक्षकाला पाहण्याजोगे होते.

शिर : श्रवणी (श्रवणेटोप), ध्वनिवर्धक, नोंद करणारे चार्ट आणि ऋण किरण नलिका या विविध रूपांतील असतात. सोनार प्रणालींचे कार्य काही हटर्झ ते दशलक्ष हटर्झ या कंप्रता पल्ल्यात चालते.

उपयोग : डॉल्फिनासारखे काही सागरी सस्तन प्राणी व वटवाघळे अन्नाचा व अडथळयांचा शोध घेण्यासाठी आणि समुद्रातील किंवा हवेतील प्रवासात मार्गनिर्देशनासाठी ध्वनितरंगांचा वापर करतात. या नैसर्गिक सोनार प्रणालीला स्थानवेध व अंतरमापन असेही म्हणतात. वटवाघळे, सील, पॉरपॉइज (शिंशुक) यांसारख्या विशिष्ट प्राण्यांमध्ये अशी श्रवण पुनःप्रदाय यंत्रणा असते. तिच्या मदतीने हे प्राणी आपल्या शरीराचे दिक्व्यवस्थापन करण्यासाठी परावर्तित श्राव्यातीत ध्वनीचा उपयोग करून घेतात.

सोनारमध्ये अगदी भिन्न प्रकारची सामग्री वापरलेली असून याचे अनेक लष्करी व नागरी उपयोग होतात. यांपैकी काही उपयोग ‘इतिहास’ या उपशीर्षकाखाली दिले आहेत. लष्करी क्षेत्रात अनेक प्रकारच्या सोनार प्रणाली वापरतात. त्यांच्यामुळे पाणबुडीचे अस्तित्व व स्वरूप समजते आणि तिचे भौगोलिक स्थान काढता येते. ध्वनिकीय लक्ष्मानुगामी पाणतीर, ध्वनिकीय सुरुंग, साधे सागरी सुरुंग, पाणतीर, पाणतीर मार्गदर्शक यांचा शोध घेण्यासाठी सैन्यदले सोनार वापरतात. यांशिवाय माशांचे व जलचरांचे समुदाय शोधणे, पाण्याची व समुद्रतळाची खोली मोजणे, समुद्रतळाचा नकाशा (मानचित्र) तयार करणे समुद्रतळावरील अवसादांची (गाळांची) गुणवैशिष्ट्ये ठरविणे पाणबुडे म्हणून काम करणाऱ्या कर्मचाऱ्यांचे आणि पोहणाऱ्यांचे ध्वनिकीय रीतीने स्थान ठरविणे इ. कामांसाठी सोनार वापरतात. तसेच समुद्रात टाकलेल्या नळांची मालिका, खनिज तेल विहिरींचे माथे, नष्ट झालेल्या जहाजांचे व इतरांचे अवशेष यांसारखे जलवाहतुकीत येणारे मार्गनिर्देशनविषयक अडथळे ओळखणे व टाळणे इत्यादींसाठी सोनार

प्रणाली वापरतात. तसेच जलप्रवाहाची बाह्यरूपरेषा मोजण्यासाठीही सोनारचा उपयोग होतो. समुद्रातील नैसर्गिक साधनसंपत्तीचा शोध घेणे आणि तिचा उपयोग करून घेणे याबाबतींत माणसाची इच्छाशक्ती व धडपड यांत वाढ होत आहे. त्यामुळे सोनार प्रणालीचे नागरी उपयोग जलदपणे वाढत आहेत. यामधून समुद्रांतर्गत स्थाने नेमकेपणाने ठरविणाऱ्या बीकॉन शलाका आणि समुद्रावरील जहाजाची नेमकी गती ठरविणारी उपकरणे पुढे आली आहेत.

सोफार : एकमेकांपासून बऱ्याच अंतरावर असलेल्या समुद्रकिनाऱ्यावरील तीन किंवा अधिक ग्रहण केंद्रांवर पाण्यातून येणारे ध्वनी संकेत किंवा आघात तरंग पोचण्यासाठी लागणाऱ्या कालावधींचा सोफार तंत्रात उपयोग करतात. या कालावधींवरून त्रिकोणीकरणाचे गणित करून ध्वनी संकेत वा आघात तरंग यांचे उगमस्थान म्हणजे लक्ष्य वस्तू निश्चित करतात. या तंत्राला अपास्तीय स्थाननिश्चिती असेही म्हणतात. समुद्रात आदळलेल्या विमानाचे स्थान ठरविण्यासाठी ही पद्धती वापरण्यात येत. मात्र या पद्धतीची जागा इतर पद्धतींनी आता घेतल्यामुळे ती पद्धती फारशी वापरीत नाहीत. तथापि, सोफार परिवाह (चॅनल) ही संज्ञा वापरात राहिली आहे. याला खोल ध्वनी परिवाह (डीप साऊंड चॅनल) असेही म्हणतात.

सोनोग्राफी हे उच्चगामी ध्वनीलहरींच्या गुणधर्मांचा वापर करून शरीराच्या अंतर्गत अवयवांचे चिरफाड न करता अवलोकन करणारे तंत्र आहे. या तंत्रामुळे जटील तसेच नाजुक रचना असलेले अवयव मांसपेशी, सांधे, स्नायू यांचे सहजपणे अवलोकन करून निदान करणे शक्य झाले आहे. पण मुख्यतः सोनोग्राफी तंत्राचा वापर गर्भावस्थेतील भृणाची वाढ, व्यंग यांचे अचुक निदान अर्भक जन्माला येण्यापूर्वीच करता यावे, या उद्देशाने केला जातो.त्याचप्रमाणे स्त्रीरोगांवर निदान व उपचार करणे या तंत्रज्ञानामुळे सोपे झाले आहे.

सोनोग्राफी तंत्रात १ ते १८ मेगाहर्ट्झ इतकी कंप्रता असलेल्या अशा उच्चगामी ध्वनीलहरींचा वापर होतो. ट्रांसड्युसर हा प्रोबचे कार्य करतो, त्वचेवर टेकवला असता उच्चगामी ध्वनीलहरींचे तो शरीरात प्रक्षेपण करून परावर्तित लहरींचे ग्रहण करून संगणकाला पाठवत असतो. संगणक त्याच्या साहाय्याने प्रतिमा निर्माण करतो. या तंत्रज्ञानामुळे प्रत्यक्ष दिसु न शकणाऱ्या ठिकाणावरून प्रतिमा निर्माण करता येतात.

- सोनोग्राफी हे एक प्रसुतीपुर्व वैद्यकीय तपासणीपैकी एक तपासणी आहे. ध्वनिलहरी, क्ष किरणांपेक्षा खूपच सौम्य असल्याने यांचा त्रास गर्भाला अजिबात होत नाही. म्हणूनच गर्भाची वाढ, गर्भाचे रोग, गर्भधारणा यांचा पूर्ण अभ्यास कितीही वेळा करता येऊ शकतो.
- पोटातील किंवा उदरपोकळीतील अवयवांचा प्रत्यक्ष न पहाता तपासणी करणे.
- स्त्रियांमधील वैंधत्व (इनफर्टिलिटी) मध्ये त्यांच्या गर्भाशयाचा व नलिकांचा अभ्यास - व्यतिरिक्त बिजांडामधील

बिजांची वाढ व बीजधारणा (ओव्हयुलेशन स्टडी) यांचा अभ्यास केला जातो. यामध्ये स्पेशल प्रोब हा योनी मार्गात घातला जातो. यामुळे बिजे स्वच्छ व स्पष्ट दिसतात.

- स्त्रियांमध्ये गर्भाशयाला होणारे विविध रोग व बिजांडांना होणारे विविध रोग यांचा तपास सोनोग्राफी करते.

घंटा : घंटेची निर्मिती प्रथम आशियातच झाली असावी, असे अभ्यासकांचे मत असून, ब्राँझ युगात ती प्रथम बनल्याचे उल्लेख सापडतात. थाळ्या किंवा भांडी यांच्यापासून निघणारा नाद ऐकून त्यापासून मनोरंजन किंवा करमणूक होते अथवा दूर असणाऱ्यांना इशारा अगर सूचना देण्यासाठी हा नाद उपयुक्त आहे असे जेव्हा मानवाच्या ध्यानी आले, तेव्हा घंटेची निर्मिती झाली. प्राथमिक स्वरूपाची घंटा म्हणजे एक धातूची सपाट थाळी असून ती एका ठोक्याने बडविण्यात येई. पुढे मात्र गोलाकार भांड्याच्या आकाराच्या घंटा तयार होऊ लागल्या. त्या वेळी घंटेचा आकारही लहान असे. ती हाताने मागेपुढे हलवून किंवा लाकडी हातोडीने वाजवीत. मध्ययुगातील घंटा धातूंच्या पत्र्यापासून घडविलेल्या असून त्यांचा आकार बहिर्वक्र व उंची सु. १३ ते २१ सेंमी. (५ ते ८ इंच) असे. उत्तरोत्तर त्यात सुधारणा होत गेली आणि नवव्या शतकात घंटेचा आकार मोठा झाला. वाजविताना घंटा फुटू नये म्हणून तिच्या कडेची जाडीही वाढविण्यात आली.

'लिबर्टी बेल' : फिलाडेल्फिया झाला व आजच्या घंटेच्या आकाराच्या जवळ आला आणि शेवटी १४०० च्या सुमारास आजची सुधारलेली ओतीव घंटा तयार झाली. पंधराव्या शतकात नादमधुरता आणि आवाजाची शुद्धता या गोष्टींकडे लक्ष देऊन पश्चिम यूरोपमध्ये घंटा ओतल्या जाऊ लागल्या.

भारतीय घंटा काशाची किंवा पितळेची असते. हिंदू संस्कृतीमध्ये घंटावादन शुभकारक समजले जाते. बौद्ध व जैन संप्रदायांतील अर्चनापद्धतीमध्येही घंटा आवश्यक मानली जाते. देवपूजेतील घंटेचे कास्यताल, ताल, घंटिका, जयघंटिका, क्षुद्रघंट व क्रम असे भेद आहेत. घंटा ही कित्येक देवतांचे आयुधही आहे.

वज्रघंटा गरुडघंटाभारतीय घंटेचे काही वैशिष्ट्यपूर्ण प्रकार असे : वज्रघंटा– हिच्यावर वज्राकृती असून ही भौतिक व आध्यात्मिक विश्वाच्या एकतेचे प्रतीक मानली जाते गरुड घंटा– हिच्यावर गरुडाकृती असते. श्रीविष्णूला ही घंटा फार प्रिय आहे. ही सर्प, अग्नी आणि वीज यांपासून अभय देणारी मानतात. घंटानाद सर्व देवतांना प्रसन्न करणारा आणि असुरादिकांना पळवून लावणारा आहे, अशी समजूत असून सर्जनसामर्थ्य घंटानादाने सूचित होते,

असे मानतात. भारतातील काही घंटा फार मोठ्या आकाराच्या आहेत. उदा., नासिक येथील नारो शंकराची घंटा. बौद्ध धर्मातही घंटेला धार्मिक महत्त्व प्राप्त झालेले आहे. बौद्धधर्मीय लोक स्तूपघंटा पवित्र मानतात. ही घंटा स्तूपाकार असते.

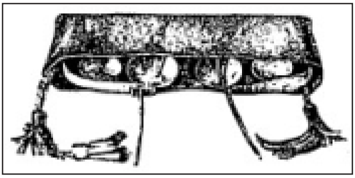
घंटा देवळाच्या गाभाऱ्यात, सभामंडपात वा द्वारात टांगलेली असते. देवदर्शनाला येणाऱ्या प्रत्येकाने देवळात प्रवेश करताना घंटानाद करून देवाला आपल्या आगमनाची सूचना करावयाची असते, असा संकेत आहे. तसेच देवपूजेमध्येही काही उपचारांच्या वेळी घंटानाद करावयाचा असतो.

ख्रिस्ती प्रार्थनामंदिराच्या मनोऱ्यातही घंटा टांगलेली असते. प्रार्थनेची सूचना देण्यासाठी ती वाजवितात, तसेच जन्म, मृत्यू, युद्धातील विजय किंवा पराभव, परकीय आक्रमण, आग आणि महापूर अशा घटनांची सूचना देण्यासाठीही घंटानाद करण्याची प्राचीन रूढी आहे. फक्त इस्लाम धर्मात मात्र घंटेचा वापर टाळलेला आहे. काही आदिम जमातींत घंटानाद त्यांच्या मंत्रतंत्रात्मक उपचाराचा एक भाग असल्याचे आढळते.

गाई-म्हशी, घोडे, उंट, हत्ती वगैरे पाळीव प्राण्यांच्या गळ्यातही घंटा बांधण्याची पूर्वापार पद्धत आहेच. त्यामुळे त्यांचे संरक्षण होते, अशी कल्पना आहे. काही अलंकारांत व दागदागिन्यांतही बारीक बारीक अशा नादमधुर घंटिकांच्या झुपक्यांचा उपयोग केला जातो.

अलीकडे घंटेचे आकार-प्रकार व उपयोग यांबाबत बरेच बदल घडून आले आहेत. हाताने वा स्प्रिंगच्या साहाय्याने वाजविण्यात येणारी टेबलावरील घंटा, पडद्याला लावलेली किंवा दारावरील घंटिका माला अथवा ➪विद्युत् घंटा हे सर्व त्यांचेच आविष्कार आहेत. १९३० पासून इलेक्ट्रॉनिकीमुळे घंटेमध्ये घडून आलेले बदल वैशिष्ट्यपूर्ण स्वरूपाचे आहेत. घंटानादाची निर्दोषता व नादमाधुर्य हा त्यामागील मूळ उद्देश आहे. तसेच घंटानिर्मिती खर्चाच्या दृष्टीने स्वस्त पडावी आणि घंटेची बनावट आकर्षक व अद्ययावत असावी हेही उद्देश त्यामध्ये अनुस्यूत आहेत. आकारवैचित्र्य, नादमाधुर्य आणि सहजसुलभता या गुणांमुळे आज घंटेचा वापर अग्निशामकदले, रेल्वेस्थानके, विद्यालये, कारखाने इ. ठिकाणी सर्रास होऊ लागला आहे.

सांगितिक दृष्ट्या घंटा वाद्य म्हणून वापरले जाण्याचे तीन प्रमुख प्रकार रूढ आहेत.



चर्माच्छादित घंटिकासंच : घोड्यांचा एक साज तिच्या बाजूंवर आपटली जाऊन ध्वनिनिर्मिती होते, त्यास इंग्रजीत ‘चाइम’ असे म्हणतात. पाच ते बारा घंटा संपूर्ण वर्तुळात फिरून वाजतात, त्यास ‘घंटामंडलनाद’ (रिंगिंग) म्हणतात. पाच घंटा असल्यास त्यांच्या वर्तुळक्रमाचे १२० प्रकार शक्य होतात. अशा

प्रकारे केलेल्या घंटावादनास इंग्रजीत 'चेंज रिंगिंग' म्हणतात. या क्रमबदलाचेही काही प्रकार निश्चित झाले असून त्यांस 'ग्रँडसायर ट्रिपल्स', 'बॉब मेजर' इ. नावे आहेत. या तऱ्हेचे घंटावादन करणाऱ्यांच्या संस्था वा संघटना असून इंग्लंडमधील सोसायटी ऑफ कॉलेज यूथ्स ही संस्था १६३७ साली स्थापन झालेली आहे.

यूरोप खंडात 'कॅप्यिल्यन' हा तिसरा घंटावादन प्रकार आढळतो. बेल्जियम आणि हॉलंडमध्ये विशेषेकरून आढळणाऱ्या या प्रकारात सत्तरपर्यंत कितीही घंटांची मालिका ऑर्गनमधील मॅन्युअल आणि पेडलसारख्या भागांनी कुशल वादकांकरवी वाजवली जाते. साध्या स्वरधुनी आणि स्वरसंवाद या तत्त्वांवर आधारलेल्या सुरावटीही यावर वाजविता येतात. सध्या या वादनप्रकाराचा प्रघात वाढता असून त्यासाठी स्वतंत्र अशा स्वररचनाही केल्या जात आहेत.

याशिवाय नलिकाघंटाही प्रचारात आहेत. विवक्षित लांबीच्या धातूच्या नळ्यांवर कातड्याने वेष्टिलेल्या वा साध्या हातोड्याने आघात करून नलिकाघंटेचे वादन होते. पाश्चात्त्य वाद्यवृंदांतील आघात वाद्यांत ही नलिकाघंटा अंतर्भूत असते. आता यांचे इलेक्ट्रॉनिकी स्वरूपही प्रचारात आहे.

घंटा या वाद्याचा शेवटचा प्रकार हस्तघंटा हा होय. एक सप्तक वा अधिक स्वरांच्या छोट्या घंटा असून त्यांतील लोळी अशा तऱ्हेने बांधलेली असते, की तिची हालचाल एकाच दिशेने व्हावी. दोन वादक आपल्या एकेका हातात दोन-दोन घंट्यांच्या दोऱ्या ठेवून वादन करितात.

भारतात नाट्यशास्त्राच्या कालापासून घंट्यांचे उल्लेख सापडतात, पण यापलीकडे वाद्य म्हणून संगीतांत त्याचा व्यापक प्रमाणावर उपयोग झालेला दिसत नाही.

माइक्रोफोन : यालाच माईक असेही म्हणतात. एमिली बर्लिनर यांनी याचाशोध १८७६ मध्ये लावला. ध्वनी लहरींना विद्युतिय सांकेतिक पद्धतीमध्ये रुपांतरीत केले जाते. याचा उपयोग फोन मध्ये आवाजांचे रुपांतर केले जाते. माईक्रोफोन मध्ये टेलीफोन, क्यारीओके, कार्यप्रणाली यासारखे बरेच अनुप्रयोग वापरले जातात. ध्वनी सहाय्य केलेली उपकरणे चित्रपटांची उत्पादने थेट आणि ध्वनीमुद्रण अभियांत्रिकी FRS रेडीओ मेगाफोन रेडिओ आणि दूरदर्शन प्रसारण आणि संगणकात आवाजाचे ध्वनीमुद्रण इत्यादी साठी याचा उपयोग केला जातो. आवाजाची कंपने गोळा करून कानाच्या पडद्यापर्यंत पोहोचवतो.

मोठ्या आवाजामुळे होणारे दुष्परिणाम : मोठय़ा आवाजामुळे उद्भवणाऱ्या समस्यांचे दोन प्रकारात वर्गीकरण करतात. पहिला प्रकार म्हणजे श्रवणशक्तीवर होणारा परिणाम किंवा ऐकण्याच्या समस्या. दुसरा भाग

म्हणजे मानसिक किंवा इतर शारीरिक परिणाम. ऐकण्याच्या समस्यांचा विचार केला तर तात्पुरते कमी ऐकू येणे किंवा अगदी कायमचा बहिरेपणाही येणे. कानावर झालेला परिणाम आवाज ऐकताना जणवत नाही पण त्यानंतर काही वेळाने ऐकू कमी येत असल्याचे किंवा दडे बसल्याचे जाणवते. हा परिणाम दोन-तीन दिवस राहू शकतो. त्यानंतर हळूहळू त्याचा परिणाम कमी होतो आणि ऐकू येऊ शकते. मात्र काहीवेळा मोठ्या आवाजामुळे कानाचा पडदा, नसा यांवर गंभीर आघात होतात आणि परिणामी कायमचा बहिरेपणाही येऊ शकतो.कानात सतत वाजणाऱ्या आवाजाचा (रिंगिंग इअर) त्रास तात्पुरता किंवा कायम स्वरूपाचा होऊ शकतो. ऐकण्याबाबतच्या समस्यांव्यतिरिक्त मोठ्या आवाजाचे शरीरावर इतरही अनेक दुष्परिणाम होतात. रक्तदाब वाढतो, डोके दुखते, घाबरल्यासारखे होते किंवा छातीत धडधडते. मोठा आवाज कानाच्या माध्यमातून मेंदू आणि शरीरापर्यंत पोहोचल्यावर हा शरीराकडून मिळणारा प्रतिसाद असतो.

आवाजाचे परिणाम : ध्वनिप्रदूषण जागरण दिवस हवा प्रदुषित झाली की आपल्याला जाणवते. घाण वास येतात, धूर-धूळ-धुरके यांनी आसमंत भरून जातो. डोळे चुरचुरतात, नाका-डोळ्यातून पाणी येते. गुदमर होते. कधी चक्कर येते, मळमळते कधी बेशुद्धीही येते. पाणी प्रदुषित झाले की त्याची नितळता जाते, विचित्र रंग येतो, ते प्यावेसे वाटत नाही, तसेच प्यायलो तर पोटात ढवळते, उलट्या जुलाब होतात, विकार होतात. ज्यांचे परिणाम माणसाला भोगावे लागतात, आरोग्य बिघडते त्याला प्रदूषण म्हणतात.

ध्वनीप्रदूषणाबाबत काय? आपल्या कानावर कर्कश आवाज येत राहिले की त्याचा आपल्यावर परिणाम होतो. कारखान्यात यंत्रांच्या कोलाहलात काम करणाऱ्या कामगारांना, बांधकाम कामगारांना, बस, ट्रक अशा अवजड वाहने चालवणाऱ्यांच्या कानावर विपरित परिणाम होतात. वयाच्या मानाने त्यांचे कान म्हातारे, बहिरे झालेले आढळतात. तुम्हीही तुमच्या कानांची तपासणी तुमचा स्मार्ट फोन वापरून करू शकता. आपल्या कानांचे वय काय? (How old are you ears?) असा प्रश्न 'गुगल' करून तुम्ही आपल्या श्रवणशक्तीची चाचपणी केव्हाही करून घेऊ शकता. सिनेमागृहात सिनेमा पाहून किंवा एखाद्या लाऊडस्पिकर लावलेल्या समारंभात, ऑर्केस्ट्रात, डिस्कोत, दांडियात, मिरवणुकीत ढणढणाटी आवाज ऐकून 2-3 तासांनी बाहेर आलात की पुन्हा आपल्या कानांची परिक्षा घेऊन पहा. तुम्हाला कानाने कमी ऐकू येत असल्याचे दिसून येईल. हा परिणाम तात्पुरता असेल काही तासात पुर्वीप्रमाणे नीट ऐकूही येईल. मात्र कर्कश आवाजात सतत वावरणाऱ्यांना आपली श्रवणक्षमता कमी होत होत गमवावी लागते.

हवा आणि पाणी प्रदूषणाच्या मानाने ध्वनिप्रदुषणाचे परिणाम दिसायला काही काळ जावा लागतो. अनेक बस वा ट्रक चालकांचा डावा कान बहिरा होतो. कारण वाहन चालवताना त्यांना वाहनाच्या उजव्या बाजूला बसावे लागते.

मिरवणूकीत 4-5 तास ढोल-ताशे वाजवण्यासाठी पथकाचा सराव 3-4 महिने आधीपासून सुरू होतो. अशा वादकांनी आपल्या श्रवणशक्तीची नियमित पहाणी करून घ्यावी. 3-4 वर्षानंतर त्यांच्या श्रवणशक्तीत कमी आल्याचे निरीक्षणे सांगते. दुसरे काय बोलतात हे आपल्याला आलेल्या बहिरेपणामुळे लक्षात येत नाही, त्यामुळे रोजच्या जगण्यात, व्यवहारात कित्येक अडचणी येतात. कमी ऐकू येणारे मोठ्या आवाजात बोलतात असे आपल्याला आढळून आले असेल. गोंगाट असलेल्या जागी एकमेकांशी संवाद साधतांना ओरडून बोलावे लागते. ओरडून बोलणाऱ्यांच्या घशावर ताण येतो, श्वासावर अवाजवी जोर द्यावा लागतो, धाप लागते, रक्तदाबही वाढतो. वारंवार गोंगाटात असणाऱ्यांना रक्तदाबाबरोबर हृदयविकारालाही तोंड द्यावे लागते. प्राणी, पक्षी, बालके, पस्तीशीपुढचे लोक, गर्भार स्त्रिया आणि गर्भांनाही सततच्या गोंगाटाचा त्रास होतो.गर्भार स्त्रियांना आणि गर्भालाही सततच्या गोंगाटाचा त्रास होतो. विमानतळाजवळ राहणाऱ्यांमध्ये गर्भपाताचे तसेच दिवस भरण्याआधी बाळंत होण्याचे प्रमाण लक्षणीय आहे.

१९८६ पर्यंत आपल्याला ध्वनिप्रदूषण हा शब्दही माहिती नव्हता. 1986 साली भारतात प्रदूषण नियंत्रण कायदा आला. त्यात हवा, पाणी, जमीन यांच्यात होणाऱ्या प्रदूषणाप्रमाणे गोंगाटाला ध्वनीप्रदूषण मानले गेले. हवा, जमीन पाणी प्रदूषण करणारे घटक कोणते, त्यांचे मोजमाप कसे करायचे याबाबत काही नियम करण्यात आले. त्यांची प्रदूषणे टिकतात त्याप्रमाणे ध्वनीप्रदूषण टिकत नाही. त्या क्षणी आवाजाची पातळी मोजली नाही तर ती नंतर मोजता येत नाही. तुमच्या गल्लीतले ध्वनीप्रदूषक ढणाढणा लाऊडस्पीकर वरून आवाज करून गुन्हा करत असतील तेव्हा तुम्ही पोलिसात तक्रार केली आणि पोलिस तिथे पोचायच्या आत लाऊडस्पीकर बंद करण्यात गुन्हेगार यशस्वी झाले तर त्यांच्यावर काही गुन्हा दाखल होण्याची शक्यता नाही कारण ध्वनी प्रदूषणाचा पुरावाच पोलिसांना मिळत नाही.

आपण आपल्या स्मार्ट फोनवर ध्वनीपातळी मोजण्यासाठी Noise Meter सारखे ॲप सहजपणे डाऊन लोड करून घेऊन ध्वनिप्रदूषण मोजू शकता. जगात विविध लोकांनी केलेली संशोधने लक्षात घेऊन जागतिक आरोग्य संघटनेने निवासी क्षेत्रात दिवसा 55 डेसिबल आणि रात्री 45 डेसिबल ही सोसवणारी ध्वनिमर्यादा असल्याचे जाहीर केले आहे. त्यापेक्षा अधिक आवाज हा आरोग्याला घातक म्हणून प्रदूषण करणारा आणि शिक्षेस पात्र व्हायला हवा. व्यापारी क्षेत्रात +10 तर औद्येगिक क्षेत्रात +20 इतक्या आवाज वाढीला सवलत दिली आहे. आपल्या इथल्या समारंभात आवाजाची पातळी अनेकदा 100 ते 120 इतकी जबरदस्त असते. अशा पातळीत

राहणाऱ्यांची कार्यक्षमता आणि विवेक-विचारशक्ती घसरते. दारूड्याची घसरलेली कार्यक्षमता त्याला आणि त्याच्या कुटुंबियींना भोगावी लागते मात्र आवाज चढवण्याच्या उत्सवभक्तांच्या नशेची किंमत सर्व समाजाला मोजावी लागते.

सध्याच्या काळात कोणते सण नाहीत अशा वेळी आपण आपल्या स्मार्ट फोन वरून आवाजाची पातळी मोजलीत आणि तिने मर्यादा पार केली असेल तर? त्याचे महत्वाचे कारण वाहतूक असू शकते. हे लक्षात घेऊन वाहन उत्पादक आपल्या वाहनात सुधारणा करत आहेत. साध्या बसचा - प्रवाशांना आणि बाहेरच्यांना येणारा आवाज आणि व्होल्वोसारख्या बसमुळे आतल्या आणि बाहेरच्या लोकांना येणारा आवाज यात लक्षणीय फरक आहे हे तुम्ही अनुभवले असेल. उत्पादकांनी संशोधकांच्या मदतीने यंत्रांचा आवाज कमी करण्यात यश मिळवले आहे. मात्र त्यांनी वाहनाला लावलेला हॉर्न न वापरून शांतता राखणे केवळ आपल्याच निर्धारावर अवलंबून आहे.

लोकशाहीत नागरिकांना जे अनेक अधिकार आहेत त्यात 'प्रत्येकाला शांततेत राहण्याचा अधिकार' दिलेला आहे. त्याची अंमलबजावणी करून या अधिकारांचे हनन करणाऱ्यांवर कारवाई करणे ही जबाबदारी राज्य शासनाची आहे.

जागरूक नागरीक म्हणून आपण प्रदूषण टाळून आपल्या आणि समाजाच्या आरोग्याचे रक्षण करणे, लोकांच्या आरोग्याप्रती गुन्हेगारांना शासन होईल असे कायदे सरकारने करणे आणि त्यांची अंमलबजावणी प्रशासनाने करणे यांची विशेषत: आवाजाच्या बाबतीत आठवण करून देण्यासाठी एप्रिलमधला चौथा बुधवार ध्वनीप्रदूषण जागरण दिवस म्हणून जगभर पाळला जातो.

ध्वनी प्रश्न मंजुषा: मार्गदर्शक उत्तरे

प्रश्न १ : ध्वनीची निर्मिती कोणकोणत्या प्रकारे होते ? प्रत्येक प्रकाराची व्यवहारातील तीन उदाहरणे लिहा.

ध्वनी किंवा ध्वनीची निर्मिती वस्तू अथवा माध्यमाच्या कंपना मधून होते. त्यातले मुख्य प्रकार व त्याची उदाहरणे खालील प्रमाणे -

* कंप पावणारी तार : सतार, एकतारी ,तंबोरा इ .

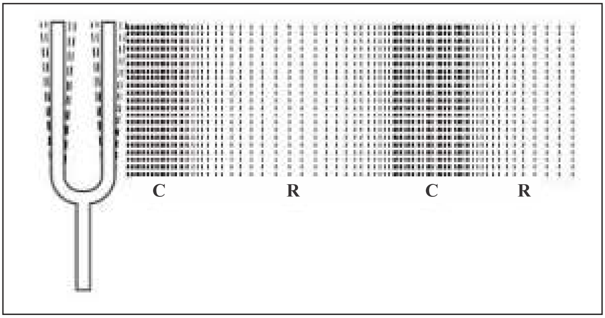
* कंप पावणारे पृष्ठभाग : तबला, ढोलकी, घंटा, ताशा , स्वरयंत्र

* कंप पावणारे हवेचे स्तंभ : स्फोट , बासरी , शिट्टी , तुतारी इ

* हवेचा झोत अडवल्यामुळे अथवा हवेतून वेगाने वस्तू हलल्यामुळे : यामुळे हवेमध्ये भोवऱ्या प्रमाणे प्रवाह निर्माण होऊन कंपने निर्माण होतात.

जोराच्या वाऱ्याने किंवा वादळामुळे येणारा आवाज , विमान किंवा हेलीकोप्टर चा आवाज , हवेतून काठी अथवा जाड दोरी वेगाने फिरवली असता येणारा आवाज .

प्रश्न २: ध्वनी हवेतून एका ठीकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी कसा जातो ते आकृतीच्या सहाय्याने स्पष्ट करा.



कंप पावणाऱ्या पदार्थाच्या सान्निध्यात असलेल्या हवे मध्ये विरळ व दाट थरांची निर्मिती होते . हे थर एका आड एक असतात आणि हवेच्या कंपनामुळे हे थर कंप पावणाऱ्या वस्तूपासून लांब जातात,हवेचे कण मात्र त्यांची जागा सोडत नाहीत . अशा रीतीने ध्वनिउर्जा ध्वनीच्या उद्गमापासून लांब जात राहते .यालाच आपण ध्वनी दुसर्या ठिकाणी गेला असे म्हणतो .

प्रश्न ३ : विविध वायू, द्रव व घन पदार्थामधील ध्वनीच्या वेगा संदर्भातील माहितीचे संकलन करा. माध्यमानुसार ध्वनीचा वेग वेगळा का असतो ते लिहा .

Speed of sound in different media at 25 ºC		
State	**Substance**	**Speed in m/s**
Solids	**Aluminium**	**6420**
	Nickel	**6040**
	steel	**5960**
	Iron	**5950**
	Brass	**4700**
	Glass (Flint)	**3980**
Liquids	**Water (Sea)**	**1530**
	Water (distilled)	**1498**
	Ethanol	**1207**
	Methanol	**1103**
Gases	**Hydrogen**	**1284**
	Helium	**965**
	Air	**346**
	Oxygen	**316**
	Sulphur dioxide	**213**

वरील सारणी मध्ये काही स्थायू , द्रव , वायू पदार्थांत ध्वनीचा वेग किती असतो ते दिले आहे . स्थायू , द्रव , वायू या पदार्थातील ध्वनीचा वेग क्रमशः कमी होत जातो .

ध्वनीचा वेग हा त्या माध्यमाच्या घनतेवर व स्थितीस्थापकत्व गुणधर्मावर अवलंबून असतो .घनता व स्थीतीस्थापकत्वाचे प्रमाण स्थायू, द्रव आणि वायू यांमध्ये वेगवेगळे असल्यामुळे ध्वनीचा वेग माध्यमानुसार बदलतो .

प्रश्न ४ : प्रतिध्वनी म्हणजे काय ते लिहा . प्रतिध्वनी च्या सहाय्याने मोठी भिंत किंवा डोंगर कड्याचे अंतर कसे मोजता येईल ? आवश्यक साहित्य काय लागेल ? अंतराचे सूत्र तयार करा.

ध्वनिलहरी माध्यमामध्ये सर्व दिशांनी पसरतात. त्यात जोवर अडथळा येत नाही तोवर सरळ रेषेत जातात . अडथळा (पुरेसा मोठा) आल्यावर लहरीचा काही भाग उलट दिशेने जाऊ लागतो .अशा उलट दिशेने परावर्तीत झालेल्या लहरींना “प्रतिध्वनी” असे म्हणतात. ध्वनी मर्यादित वेगाने प्रवास करत असल्याने प्रतिध्वनी ऐकू येण्यास काही अवधी लागतो . हा काल निरीक्षकापासून भिंत किंवा कड्याचे अंतर आणि ध्वनीचा वेग या गोष्टींवर अवलंबून असतो .

निरीक्षक आणि कडा यातील अंतर D आहे असे मानू व ध्वनीचा वेग V मानू .आवाज निरीक्षकाला परत ऐकू येण्यासाठी ध्वनीला 2D एवढे अंतर पार करावे लागेल .निरीक्षकाला प्रतिध्वनी ऐकू येण्यासाठी T येवढा वेळ लागला असे मानू.

अंतर = वेग x वेळ म्हणजेच 2D= VxT. अंतराचे सूत्र

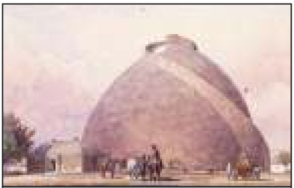
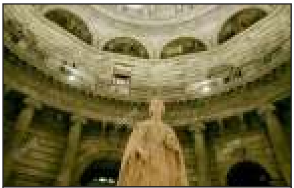
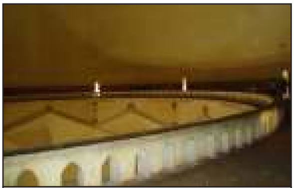
$$D = (VxT) / 2$$

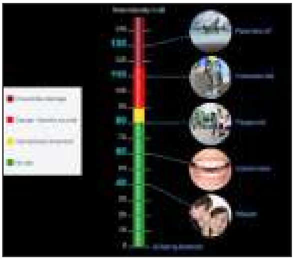
याचा अर्थ कड्याचे अंतर मोजण्यासाठी आपल्याकडे अचूक वेळ मोजणारे घड्याळ हवे आणि ध्वनीचा हवेतील वेग माहित असला पाहिजे .

प्रश्न ५ : ढगात वीज चमकल्यावर गडगडाट ऐकू येतो अशा ढगाचे आपल्या पासूनचे अंतर मोजण्याच्या प्रयोगाचे वर्णन करा व सूत्र मिळवा

पावसाळी दिवसात विजा चमकतात व ढगांचा गडगडाट ऐकू येतो . विजेचा प्रकाश ध्वनीच्या तुलनेत अतिशय प्रचंड वेगाने प्रवास करतो . दर सेकंदाला ३००,००० कि.मी. म्हणून वीज आपणास तत्क्षणी दिसते असे मानता येईल. तथापि ध्वनी साधारण ३४० मीटर प्रती सेकंद वेगाने प्रवास करतो .त्यामुळे गडगडाट वीज पडल्यावर काही वेळाने ऐकायला येतो .किती वेळ लागेल हे वीज पडलेला ढग आपल्यापासून किती अंतरावर आहे त्यावर अवलंबून आहे..वरील प्रमाणे विचार केल्यास D अंतरावर असलेल्या ढंगा साठी सूत्र D=VxT असे होईल.

प्रश्न ६ : भारतात कुजबुजणारे सज्जे (Whispering Galleries) किती व कुठे आहेत ? आकृतीच्या सहाय्याने त्यामागील शास्त्रीय कारण स्पष्ट करा -

		
The Golghar Granary in Bankipore, India	The Victoria Memorial in Kolkata.	The Gol Gumbaz in Bijapur, India.



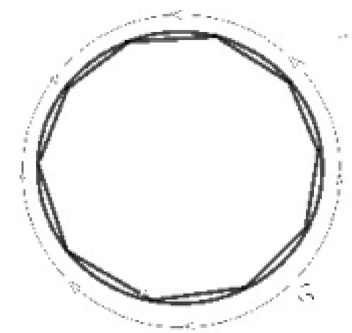
वरील चित्रात भारतातील तीन कुजाबुजाणारे सज्जे दाखवले आहेत.

वरील सर्व छाया चित्रात दाखवल्याप्रमाणे कुजाबुजाणारे सज्जे गोलाकार आणि वर घुमटाकार रचना असणारे आहेत.

वरील आकृतीमध्ये घुमटाचा छेद दाखवला आहे. समजा S या ठिकाणी ध्वनीचा उद्गम आहे. त्या पासून निघणार्या लहरी दोन प्रकारे प्रवास करतात. आकृतीत दाखवल्या प्रमाणे अंतर्वक्र पृष्टभागावरून परावर्तीत होत लहरी पुढे जातात. याप्रकारात आवाजाची तीव्रता अंतराच्या व्यस्त प्रमाणात कमी होतो. याचबरोबर S पासून सर्व दिशांना सरळ रेषेत आवाज जातो. या प्रकारे आवाजाची तीव्रता अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्त प्रमाणात कमी होत जाते. अर्थातच भिंतीच्या कडेने जाणार्या लहरी प्रकर्षाने ऐकू येतात .भिंतीच्या कडेने दोन्ही दिशांनी जाणार्या लहरी अनेकठिकाणी भेटतात. तिथे काही ठिकाणी लहरींचे वर्धन होते व आवाज सुस्पष्ट येतो.

प्रश्न ७ : आवाजाची उच्च-नीचता व लहान -मोठेपणा ध्वनी लहरींच्या कोणत्या गुणधर्मावर अवलंबून असतात?

ध्वनी ही लहर स्वरुपात असते. वारंवारिता आणि आयाम हे लहरींचे गुणधर्म आहेत. आवाजाची उच्च नीचता ही वारम्वारीतेवर अवलंबून असते . जास्त वारम्वारीतेच्या आवाज उच्च तर कमी वर्म्वारीतेचा आवाज नीच स्वराचा समजाला जातो . आवाजाचा लहान मोठेपणा लहरीच्या आयामावर अवलंबून असतो.आयाम जास्त तर आवाज मोठा.



प्रश्न ८ : मानवी कानाला ऐकू येणाऱ्या ध्वनीच्या वारंवाररतेची (Frequency) किमान व कमाल मर्यादा किती असते ? जनमिनीवर व पाण्यात रहाणाऱ्या काही प्राण्यांना ऐकू येणाऱ्या वारंवाररतेच्या किमान व कमाल मर्यादांच्या माहितीचे संकलन करा.

Animal	Approximate Range (Hz)	Upper Range (KHz)
bat	2,000-110,000	110
cat	45-64,000	64
chicken	125-2,000	2
cow	23-35,000	35
dog	67-45,000	45
elephant	16-12,000	12
ferret	16-44,000	44
guinea pig	54-50,000	50
hedgehog	250-45,000	45
horse	55-33,500	33
human	64-23,000	23
house mouse	2300-92,000	92
opossum	500-64,000	64
rabbit	96-49,000	49
raccoon	100-40,000	40
rat	200-76,000	76
sheep	100-30,000	30
cotton rat	1000-72,000	72
brush tailed possum	*??,88,000	88
fox squirrel	113-49,000	49
northern quoll	500-40,000	40
wood rat	940-56,000	56
grasshopper mouse	1850-69,000	69
kangaroo rat	50-62,000	62

मानवी कानाला ऐकू येणारा आवाज ध्वनीच्या वाराम्वारीतेवर आणि ध्वनीच्या तीव्रतेवर अवलंबून असतो. सामान्यपणे मानवाला २० हर्ट्झ ते २० हजार हर्ट्झ दरम्यानच्या वारंवारिता ऐकू येतात . अर्थात त्या वाराम्वारीतेला लागणारी तीव्रता वेगवेगळी असू शकते.

अनेक पक्षी आणि प्राणी यांना ऐकू येणाऱ्या कमाल व किमान वारंवारिता वरील सारणीमध्ये दिल्या आहेत .

प्रश्न ९ : वर्गात / घरात / कार्यालयात रस्त्यामुळे होणाऱ्या आवाजाचा त्रास कमी करण्यासाठी तुम्ही कोणते उपाय कराल? वेगवेगळी वहाने व त्यांच्या होर्नच्या आवाजाची तीव्रता साधारणपणे किती असते? कोणत्या प्रकारच्या होर्नवर शासनाने प्रतिबंध लावले आहेत व का?

सायकलचा होर्न : रबरी फुगा असलेला किंवा विद्युत घटावर चालणारे अथवा ट्रिंग ट्रिंग वाजणारी घंटा यांची वारंवारता किंवा तीव्रता याबद्दल विशेष माहिती उपलब्ध नाही.

मोटार सायकल /स्कूटर चे होर्न : बहुतेक सर्व गाड्यांना १२ V विद्युत घटावर चालणारे , ज्या मध्ये विद्युत चुम्बकाचा वापर केला आहे , असे होर्न वापरतात . यांची वारंवारिता ४०० ते ५०० हर्ट्झ व तीव्रता १०७ ते १०९ dB (डेसिबल) असते .

कारचे होर्न : याचे मुख्यतः दोन प्रकार आहेत . एक ज्यामध्ये विद्युत चुम्बकाचा वापर केलेला असतो . आणि दुसर्यात एयर कोम्प्रेसारचा वापर केलेला असतो .आवाजाची वारंवारता ४०० ते ५०० हर्ट्झ आणि तीव्रता ११० ते ११२ डेसिबल असते.

ट्रकचे होर्न : ट्रकचे होर्न विद्युत्चुम्बकीय व दबलेल्या हवेवर चालतात . त्यांची वारंवारता १५० ते १८० हर्ट्झ तर तीव्रता १२० डेसिबल पर्यंत असते. banned pressure, multi-toned and musical vehicle horns. . Vehicles shall not be fitted with power, pressure or musical horns giving a sharp, shrill and alarming noise. Vehicles found with such horns shall be challenged by the enforcement authority [police] and the horn shall be confiscated . अशा कायदेशीर सुविधा शासनाने लागू केल्या आहेत .त्याशिवाय हॉर्नच्या तीव्रतेची सध्याची मर्यादा ९३ ते ११२ डेसिबल वरून ८८ ते ११० डेसिबल पर्यंत कमी करायचे ठरवले आहे .

या शिवाय प्राण्यांचे किंवा मुलाच्या रडण्याचे आवाज असलेल्या होर्नना बंदी आहे . सतत होर्न वाजवत जाणे हा कायद्याने गुन्हा आहे . हे सर्व कायदे ध्वनी प्रदूषण कमी करण्यासाठी व नागरिकांना त्रास होऊ नये म्हणून केले आहेत .

आवाजाची तीव्रता कमी करण्या साठी खालील उपाय करता येतील.

१. खिडक्या बंद करणे.

२. दारे व खिडक्यांना जाड पडदे लावणे.

३. रहदारीच्या बाजूने इमारतीच्या कडेने दाट पाने असलेली झाडे लावणे.

४. इमारतीच्या कडेने पत्रे लावून अडथळा निर्माण करणे.

५. कानामध्ये कापसाचे बोळे घालणे.

६. रस्त्यावर होर्न वाजवू नयेत अशा पाट्या लावणे.

प्रश्न १० : आवाज जिथे घुमतो अशा काही ठिकाणांची वर्णने करा. आवाज घुमण्यामागे काय कारण असते? चित्रपटगृहे व नाट्यगृहांमध्ये आवाज घुमू नये यासाठी काय यंत्रणा केलेली असते, त्याचे वर्णन करा.कमीखर्चात प्रतीध्वनी टाळण्यासाठी कोणते नैसर्गिक पदार्थ वापराल?

घुमट असलेली देवालये , मोठ्या आकाराची मोकळी सभागृहे , डोंगराळ भागात दरीत अशा ठिकाणी आवाज घुमतो . ध्वनी निर्माण झाल्यावर त्या लहरी सर्व दिशांनी जातात . त्यांच्या मार्गात भिंत, कडा यासारखे अडथळे आले म्हणजे लहरींचे परावर्तन होते व त्यांची दिशा बदलते .बंदिस्त जागेमध्ये या लहरी दुसर्या पृष्ठ भागावरून परावर्तीत होतात . प्रत्येक परावर्तना नंतर आवाजाची तीव्रता कमी होते . हा आवाज श्रवण क्षमतेच्या पेक्षा कमी झाल्यावर ऐकू येत नाही .या प्रकारच्या घटनेला आपण आवाजाचे घुमणे म्हणतो .

चित्रपटगृहे व नाट्यगृहांमध्ये आवाज घुमाल्यास संवाद ऐकू येणार नाहीत म्हणून ध्वनी लहरींचे परावर्तन कमीत कमी झाले पाहिजे . म्हणजेच ती उर्जा शोषली गेली पाहिजे किंवा सर्व दिशांना वितरीत व्हायला हवी .त्यासाठी जाड कापडाचे पडदे , कथ्याचे पडदे, लांबीच्या दिशेने अर्धे कापलेले बांबूचे तत्ते , छिद्रे पडलेले मउ पुट्ठे , चित्रपटगृहे / नाट्यगृहाच्या आतील भिंती / पृष्ठभाग ध्वनी शोषला जाईल आणि सर्व दिशांनी विखुरला जाईल अशा रीतीने बांधने या प्रकारचे उपाय करता येतील .

प्रश्न ११ : मनाला आनंद देणाऱ्या व वेदना / त्रास देणाऱ्या कृत्रिम व नैसर्गीक आवाजांचे वर्गीकरण करून यादी तयार करा.

उत्तरआनंद देणारे ध्वनी : गायन , वाद्यातून निर्माण झालेले आवाज , पानांची सळसळ , पाट किंवा झर्यातून वाहणाऱ्या पाण्याचा आवाज, पक्षांची किलबिल , घंटेचा नाद.

त्रासदायक ध्वनी : होर्न, गलका , ठोकठोक , अवजड यंत्राचा आवाज, विमानाच्या यंत्रांचा आवाज, उत्सवांमध्ये मोठ्या आवाजात लावलेले स्पीकर , रेल्वे इंजिन , विजांचा गडगडाट इ .

प्रश्न १२ : उभट आकाराच्या भांड्यात / बाटलीत पाणी भरत असताना येणाऱ्या आवाजात होणाऱ्या बदलांचे श्रवण करा आणि त्याचे वर्णन करा. या बदलाचे कारण लिहा .

उभट आकाराच्या भांड्यात पाणी भरायला लागल्यावर पाण्याची पातळी वाढू लागते . तसतसा येणारा आवाजही बदलतो. भांडे भरत येताना आवाज उच्च स्वराकडे सरकतो, याचे मुख्य कारण म्हणजे भांड्यातील कमी होत जाणारी

हवेच्या स्तंभाची उंची . या स्तंभाच्या आंदोलनातून येणाऱ्या ध्वनीची वारंवारता स्तंभाच्या उंचीच्या व्यास्तानुपाती असते .

प्रश्न १३ : फुगवलेल्या फुग्याला टाचणीने फोडताना पडलेल्या छीद्रातून हवा सावकाश बाहेर न जाता फट असा आवाज करून फुटतो, असे का होते ? आलेला आवाज तुटणाऱ्या रबराचा की बाहेर पडणाऱ्या हवेचा ?

फुगा फुगवताना हवा आत भरली जाते . त्यामुळे फुग्यातील हवेचा दाब वाढतो आणि रबर ताणले जाते .त्या ताणण्यामुळे रबरामध्ये स्थितीज उर्जेचा संचय होतो . टाचाणीने या ताणलेल्या फुग्याला छिद्र पडले असता छिद्राच्या कडेवरील रेणू छिद्रापासून लांब खेचले जातात . हा ताण सर्व बाजूनी समान नसतो म्हणून कमकुवत जागी फाटायला सुरवात होते .त्याच वेळी ताणलेले रबर आणि हवेच्या दाबामुळे आतील हवा वेगाने बाहेर पडून दाब लहर (Pressure wave) निर्माण करते .त्यावेळी फट असा आवाज येतो. तो आवाज रबराचा नसतो.

प्रश्न १४ : मोबाईल फोनचा उपयोग करून -----

१) घरात निर्माण होणाऱ्या आवाजाचे ध्वनिमुद्रण करा.

२) घराबाहेरील आवाजांचे (नैसर्गिक व मानवनिर्मीत) ध्वनिमुद्रण करा. वरील मेल वर पाठवा

३) वेगवेगळया प्रकारच्या वाद्यांचे आवाज ध्वनिमुद्रण करा.

हे ध्वनीमुद्रण Email-mobilesciencelab1210@gmail.com या मेल वर पाठवा.

प्रश्न १५ : प्राणी,पक्षी आणि कीटक यांच्या आवाजाला विशिष्ठ नावे नदली आहेत. आणि त्यांच्या उदा. सिंहाची गर्जना इत्यादी. अशा प्राणी,पक्षी आणि कीटक आणि त्यांच्या आवाजांची नावे यांचे संकलन करा .

प्रश्न १६ : वटवाघळाला रात्री दिसत नसतानाही ती रात्री उडतात व भक्ष्य पकडतात हे त्यांना कसे शक्य होते ?

वटवाघळाना दिवसा प्रकाशामुळे दिसत . रात्री मात्र अंधारामध्ये ते पाहू शकत नाही. वाटवाघले अशा वेळी त्यांच्या घशातून किंवा जिभेच्या साहाय्याने २० ते २०० किलोहर्तझ चा शिट्टी सारखा आवाज काढतात . या ध्वनिलहरी परिसरातील पदार्थांवर आणि त्यांच्या भक्ष्यांवर पडून त्या परावर्तीत होतात . या परावर्तीत लहरींच्या साहाय्याने

त्याला पदार्थांचे स्थान , आकार व आकारमान याचे ज्ञान होते . भक्ष्य हलत असल्यास ते किती वेगाने हलते याचेही ज्ञान होते. यामुळे त्यांना अडथळे टाळून भक्ष्याला पकडणे शक्य होते.

प्रश्न १७ : स्टेथॅस्कोपचा उपयोग कशासाठी केला जातो, त्याची रचना व कार्य लिहा . (आकृती अपेक्षित)

स्टेथोस्कोप हे बहु उपयोगी व सोपी रचना असलेले उपकरण आहे .त्याचा उपयोग १) हृदयातील रक्ताच्या हालचालीमुळे निर्माण होणारे आवाज ऐकणे २) फुफ्फुसामध्ये श्वासोछावासामुळे विशिष्ठ आवाज निर्माण होतात ते ऐकणे ३) उदरपोकळीत निर्माण होणारे आवाज ऐकणे ४) त्वचेखालील नीला व रोहीणीतील रक्त प्रवाहाचा आवाज ऐकणे .

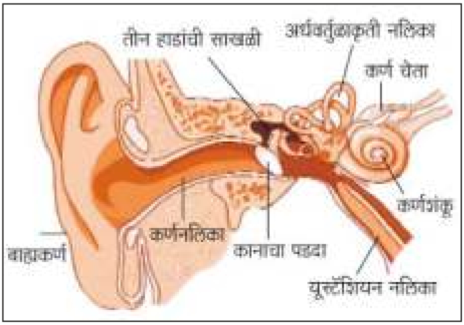
स्टेथोस्कोपचे मुख्य भाग व कार्य खालील प्रमाणे :-

१) Chestpiece :- हा स्टेथोस्कॉपचा महत्त्वाचा भाग आहे . छाती ,पाठ किंवा योग्य ठिकाणी ठेऊन तिथे निर्माण होणारे आवाज ग्रहण करण्याचे काम हा भाग करतो . याच्या आत पी वी सी किंवा फायबर ग्लासची साधारण २ इंच व्यासाची चकती बसवलेली असते . त्याला Diaphragm म्हणतात . आवाजातील उच्च वारम्वारीतेचे घटक या चकतीमुळे ऐकू येतात . या चकतीच्या विरुद्ध बाजूस घुमटाकार मध्यभागी छिद्र असलेला भाग असतो .त्याला Bell असे म्हणतात . बेलच्या सहाय्याने निम्न वारम्वारीतेचे आवाज ऐकू येतात .

२) पी व्ही सी ट्यूब : Chestpieceने एकत्र केलेले आवाज या नळीतून वाहून नेले जातात . या नळीची लांबी १८ ते २७ इंचापर्यंत असते. हि नळी लवचिक असल्याने Chestpiece सहज हलवता येतो.

३) Head piece :- रबरी नळीतून आलेले आवाज कानापर्यंत वाहून न्यायचे काम हा भाग करतो . दोनही कानांना ऐकू यावे म्हणून Y आकाराची धातूची नळी वापरतात. कानाकडे जाणारे भाग बायन्यूरल स्प्रिंगला जोडलेले असतात. कानाला चपखल बसण्यासाठी मउ Ear pieces असतात .

प्रश्न १८ : बाह्य कर्ण , मध्य कर्ण आणि आंतर कर्णच्या रचनेची आकृती काढून त्याच्या विविध भागांचे कार्य लिहा .



बाह्यकर्ण : हा कानाची पाळी आणि तीपासून मधल्या कानापर्यंत जाणारा नलिकेसारखा मार्ग या दोन्हींनी बनलेला असतो. यालाच सामान्यपणे कान असे म्हणतात. कानाची पाळी हा डोक्याच्या त्वचेचा बाहेर आलेला भाग असून तो लवचिक कास्थींचा बनलेला असतो. झडपेसारखी रचना असलेल्या पाळीमुळे कानावर पडणारे आवाज, नरसाळ्यातून बाहेर पडावे तसे, मधल्या कानापर्यंत पोहोचतात.

मध्यकर्ण : हा हवेने भरलेली जागा असून त्याच्या आतील टोकाला एक लंबगोल पडदा उभट आणि तिरकस असतो. ह्यालाच कानाचा पडदा किंवा कर्णपटल असे म्हणतात. या पडद्यामुळे कानाच्या बाहेरचा भाग आतील कानापासून वेगळा होत असून हा पडदा कर्णनलिकेने ग्रसनीला जोडलेला असतो. या रचनेमुळे कर्णपटलाच्या दोन्ही बाजूंकडील दाबांत समतोल राहतो. कर्णनलिका एखाद्या कारणाने (उदा., पडसे, दडा बसणे) बंद झाली तर कान दुखू लागतो व नीट ऐकू येत नाही; कारण कर्णपटलाच्या दोन्ही बाजूंच्या दाबांत असमतोल होतो. विमान प्रवासात हा अनुभव अनेक वेळा येतो. अशा वेळी नाक व तोंड बंद करून श्वास बाहेर टाकण्याचा प्रयत्न केल्यास, ग्रसनीकर्णनलिका उघडून हवा आत शिरते आणि नीट ऐकू येऊ लागते. कर्णपटलाच्या वरील बाजूचा भाग खालच्या बाजूपेक्षा थोडासा रुंद असतो. बाहेरून येणाऱ्या ध्वनिलहरी या पडद्यावर आदळतात, त्यामुळे कर्णपटल कंप पावते.

आंतरकर्ण : याची रचना गुंतागुंतीची असते. कर्णपटलाच्या आतील बाजूस त्याला लागून तीन लहान हाडांची (श्रवण अस्थिकांची) साखळी असते. यातील पहिले हाड हातोडीच्या आकाराचे, दुसरे ऐरणीसारखे तर तिसरे रिकिबीप्रमाणे असते. शेवटच्या रिकिबीसारख्या हाडाला गोगलगायीच्या शंखाच्या आकारासारखा एक अवयव जोडलेला असतो. या अवयवाला कर्णावर्त असे म्हणतात. हे सारे भाग मिळून आंतरकर्ण तयार होतो. हातोडीसारख्या हाडापासून ते शंखाकृती कर्णावर्तापर्यंतचे हे सर्व भाग एका विशिष्ट द्रवात बुडलेले असतात.

मनुष्य आणि प्रगत पृष्ठवंशी प्राणी सारख्याच प्रकारे ऐकतात, हे प्रयोगाने सिद्ध झाले आहे. हवेतील कंपनांचे संक्रमण कर्णावर्तातील द्रव माध्यमात होण्यासाठी कानामध्ये अनुकूलन घडून आले आहे. कानाच्या

पाळीतून, श्रवणनालातून ध्वनिलहरी कर्णपटलापर्यंत पोहोचतात आणि कर्णपटल कंप पावते. ही कंपने श्रवण अस्थिकांद्वारे कर्णावर्तांच्या आत असलेल्या द्रवात पोहोचतात. कर्णावर्ताच्या आतील बाजूला असलेल्या कर्णावर्तपटलावर या कंपनांमुळे लहरी निर्माण होतात. या पटलावर केसांप्रमाणे दिसणाऱ्या २०,००० हून जास्त रोमपेशींचे (संवेदनापेशींचे) जाळे असते. या रोमपेशी ध्वनिग्राही असतात. त्यांच्या जाळ्याने ग्रहण केलेल्या ध्वनिलहरींचे विद्युत् लहरींमध्ये रूपांतर होऊन श्रवण चेतांद्वारे त्या मेंदूकडे पाठविल्या जातात. आवाजातील उच्च-नीचता ओळखण्याची क्षमता रोमपेशींच्या उत्तेजित होण्यावर अवलंबून असते. कमी वारंवारतेमुळे कर्णावर्ताच्या वरच्या भागातील पेशी उत्तेजित होतात, तर जास्त वारंवारतेमुळे कर्णावर्ताच्या तळाच्या भागातील पेशी उत्तेजित होतात. तसेच कर्णावर्त पटलाच्या प्रत्येक भागापासून निघणाऱ्या विद्युत् लहरी मेंदूतील श्रवणकेंद्राच्या एकमेकांपासून थोड्या वेगवेगळ्या भागांत पोहोचतात. तेथे त्या लहरींचे विश्लेषण होऊन त्यांची संगती लावली जाते. मोठ्या व कर्णकर्कश आवाजामुळे रोमपेशी तीव्रपणे उत्तेजित होतात. परिणामी मेंदूकडे कमी वेळात जास्त विद्युत् लहरी पोहोचतात. लहरीच्या या वाढलेल्या संक्रमणाचा अर्थ आवाजाची तीव्रता असा लावला जातो. डाव्या व उजव्या दोन्ही कानांकडून श्रवण चेतांद्वारा मेंदूच्या श्रवणकेंद्रांकडे संदेश जातात. मनुष्य ३० ते २०,००० हटर्झपर्यंत वारंवारता असलेल्या ध्वनिलहरी ऐकू शकतो. कुत्र्याला मात्र ३०,००० हटर्झपर्यंतच्या ध्वनिलहरी ऐकू येतात.

अनेक अपृष्ठवंशी प्राण्यांमध्ये ऐकण्यासाठी आणि तोल सांभाळण्यासाठी कानांऐवजी खास ज्ञानेंद्रिये असतात. उदा., क्रिकेट कीटक आणि कोळी यांच्या पायांवर ऐकण्यासाठी खास पडदा असतो. पतंगाच्या वक्षावर प्राथमिक स्वरूपाचे कर्णेंद्रिय असते. या इंद्रियामुळे त्यांना वटवाघळाच्या हल्ल्याची पूर्वसूचना मिळते. अशा प्राण्यांमध्ये कान या इंद्रियाचा विकास कमी-अधिक प्रमाणात झालेला आढळतो. माशांमध्ये बाह्यकर्ण किंवा मध्यकर्ण हे नसतात; त्यांच्या आंतरकर्णात कर्णावर्तही नसते. या आंतरकर्णाचा उपयोग मुख्यत: तोल सांभाळण्यासाठी होतो. उभयचर प्राण्यांमध्ये मध्यकर्णांची पोकळी असते. त्यात एक पातळ पटल असून ते कानाच्या पडद्यासारखे कार्य करते. कानांची पाळी फक्त सस्तन प्राण्यांमध्ये आढळते.

प्रश्न १९ : बहिरेपणाची कारणे व उपाय यावर सविस्तर माहिती लिहा.

बहिरेपणा : श्रवणशक्तती कमी होण्यालाच बहिरेपण असे म्हटले जाते. थोडे कमी ऐकू येण्यापासून संपूर्ण बहिरेपणासाठी ही संज्ञा वापरतात. परंतु ज्यांना किमान ८२डेसिबलपर्यंतचे (ध्वनीची तीव्रता मोजणाऱ्या एककास डेसिबल हे नाव आहे) ध्वनी ऐकणे शक्य होत नाही त्यांनाच `बहिरा' ही संज्ञा वापरावी आणि ज्यांना कमी ऐकू येते त्यांना `मंद श्रवण' ही संज्ञा वापरावी असा संकेत आहे. बहिरेपणाचे (१)संवाहक, (२)संग्राहक आणि (३)मिश्र असे

तीन प्रकार कल्पिले आहेत.

(१) संवाहक : या प्रकारामध्ये बाह्यकर्ण, कर्णपटल अथवा कर्णास्थिकांमध्ये काही बिघाड झाल्यास ध्वनिलहरींचे संवाहन अंतर्कर्णामध्ये नीट होत नाही त्यामुळे मंद श्रवण उत्पन्न होते.

(२) संग्राहक : श्रवण तंत्रिका ज्या श्रवणांगापासून निघते ते अंतर्कर्णामध्ये असते त्या इंद्रियामध्ये अथवा खुद्द श्रवण तंत्रिकेमध्ये अथवा मस्तिष्कातील श्रवणकेंद्रामध्ये काही बिघाड झाला, तर ध्वनिलहरी अंतर्कर्णापर्यंत पोहोचून सुद्धा श्रवणाची जाणीव होत नाही. या प्रकाराला संग्राहक बहिरेपण म्हणतात.

(३) मिश्र : वरील दोन्ही कारणांमुळे उद्‌भवणाऱ्या बहिरेपणाला मिश्र बहिरेपण म्हणतात. वयोमानाप्रमाणे बहिरेपणाची कारणमीमांसा पुढीलप्रमाणे करण्यात येते.

(१) अर्भक : काही कुटुंबांत बहिरेपण आनुवंशिक दिसते. कानाच्या वाढीमध्ये काही दोष राहिल्यास हा प्रकार जन्मजात असतो.

गरोदरपणाच्या पहिल्या तीन महिन्यांत मातेला कांजिण्या, देवी वा तत्सम साथीचे रोग झाले , तर त्या रोगाच्या विषाणूंचा (अतिसूक्ष्म जीवांचा, व्हायरसांचा) परिणाम रक्तामार्गे गर्भाच्या वाढत्या तंत्रिकाकोशिकांवर होतो व त्यामुळे अर्भकात बहिरेपणा जन्मजात असू शकतो. उपदंश, ऱ्हीसस [वानर विशेष, ऱ्हीसस नावाच्या वानरांच्या रक्तातील कोशिका आणि मानवी रक्तातील कोशिका यांतील एका समान गुणधर्माकरिता वापरण्यात येणारी संज्ञा, ऱ्हीसस घटक विरूद्ध धर्म अथवा प्रसूतिसमयी झालेली इजा यांमुळेही अर्भकवयात बहिरेपण येऊ शकते. जन्मानंतर पहिल्या वर्षामध्ये विषाणुजन्य विकार झाल्यासही श्रवणावर विपरीत परिणाम होतो.

(२) बालवय : मध्यकर्णातील जंतुसंसर्गामुळे कर्णपटलास छिद्र पडते, आतील अस्थिकांच्या साखळीत दोष उत्पन्न होतो व त्यामुळे संवाहक बहिरेपणा येऊ शकतो. गोवर, गिलायुशोथ हे रोग याच वयात अधिक प्रमाणात होत असल्यामुळे बालबहिरेपणाची ती महत्वाची कारणे आहेत.

(३) प्रौढवय : ३० ते ५० वर्षांपर्यंतच्या वयामध्ये कर्णास्थिकाकर्कशीभवन (जाड होणे) हे महत्वाचे कारण असते. या विकारामध्ये लंबगोल रंध्रामध्ये असलेल्या स्थापन्यस्थिकेच्या पायाभोवती अस्थिजनन होऊन ती अस्थिका लंबगोल रंध्रामध्ये घट्ट चिकटून बसते, त्यामुळे ध्वनिलहरींचे संवाहन कमी होऊन बहिरेपणा येतो.

जोराच्या आवाजामुळे कानांतील ग्राहकांवर अभिघात झाल्यामुळे बहिरेपणा येतो, जोराचा स्फोट, यंत्रांचे आवाज, विमानप्रवासातील आवाज वगैरे अलीकडील यांत्रिकयुगामध्ये होणाऱ्या अभिघातांमुळेही बहिरेपणा उत्पन्न होतो.

(४)वृद्धावस्था : वयोमानाप्रमाणे अंतर्कर्णातील तंत्रिका ऊतकाचा अपर्कष (ऱ्हास) होऊ लागून श्रवण मंद होत जाते या प्रकाराला जराबधिरता असे म्हणतात.

उपचार : सर्वसाधारणपणे असे म्हणता येईल की, संवाहक प्रकारात चिकित्सा करून गुण येणे शक्य असते. मध्यकर्णातील संसर्गावर प्रतिजैव व इतर औषधे वापरणे, शस्त्रक्रियेने संवाहक योजना दुरूस्त करणे वगैरे प्रकारांनी बहिरेपणावर चिकित्सा करणे शक्य असते. कर्णपटलछिद्र भरून काढणे, कर्णास्थिका-कर्कशीभवनामुळे होणाऱ्या बहिरेपणासाठी शस्त्रक्रिया करून अवयव बसविण शक्य झाले आहे.⇨श्रवण साहाय्यकांचाही उपयोग होतो. संग्राहक प्रकारात शस्त्रक्रियेचा उपयोग होत नाही. अभिघातजन्य बहिरेपणा येऊ नये म्हणून कर्कसंरक्षकांचा उपयोग करतात. कर्कसंरक्षकांचे (१) कर्णपटलात बसविता येण्यासारखा, (२) बाह्यकर्णावर संपूर्ण बसविता येण्याजोगे आवरण आणि (३) संबंध डोक्याला आच्छादित करता येण्यासारखे शिरस्त्राण असे तीन प्रकार आहेत. बाह्यकर्णपटलावरील आवरण व कर्णपटलावरील संरक्षक हे दोन्ही एकत्र तसेच शिरस्त्राणात वरील दोन्ही संरक्षक वापरण्याचीही पद्धत आहे. पाण्याच्या दाबापासुन कानांचे संरक्षण करण्यासाठीही पाणबुड्यांना अशा प्रकारचे संरक्षक वापरावे लागतात.

प्रश्न २० : टेपरेकॉडार मध्ये ध्वनी मुद्रण कसे केले जाते ते व त्याचे तत्व लिहा. स्टिरीओफोनिक आवाज' कसा ध्वनीमुद्रीत करतात ?

चुंबकीय ध्वनिलेखन व पुनरुत्पादन

लोहचुंबकीय माध्यमावर चुंबकीकरणाच्या स्वरूपात ध्वनीचे (त्याचप्रमाणे इतर अनेक अवगमांचेही, माहितीयुक्त संकेतांचेही) आलेखन करता येते. त्यापासून ध्वनीचे पुनरुत्पादनही करणे सहज शक्य होते. या पद्धतीत उत्तम दर्जाची तद्रूपता मिळते. त्याचप्रमाणे संकेत/गोंगाट या गुणोत्तराचे उच्च मूल्य, संकलन करण्याची सुकरता आणि ताबडतोब पुनरुत्पादन करण्याची क्षमता, तीच फीत पुनःपुन्हा वापरता येणे, फितीवरील आलेखनाचे प्रदीर्घ आयुष्य इ. अनेक गुणांमुळे हल्ली सर्व प्रकारच्या ध्वनिलेखनातील पहिला टप्पा हा चुंबकीय आलेखनाचाच करतात.

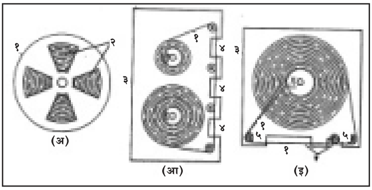
मूलभूत घटक : चुंबकीय ध्वनिलेखन आणि पुनरुत्पादन प्रणालीचे मूलभूत घटक पुढीलप्रमाणे सांगता येतील : (१) आलेखनाचे माध्यम, (२) या माध्यमाची परिवाहक यंत्रणा, (३) निर्लेखक किंवा निकर्षक शीर्ष, (४) आलेखक/पुनरुत्पादक शीर्ष आणि (५) तत्संबंधित विवर्धक.

चुंबकीय आलेखनाचे माध्यम : प्रारंभीच्या काळात आलेखनासाठी पोलादी तार (किंवा फीत) माध्यम म्हणून वापरीत असत. परंतु अशा तारेला पीळ पडतो, ती अधून मधून तुटते व तुटल्यानंतर परत जोडणे कठीण जाते, तसेच तिच्यावरील आलेखन दुर्बल होते व त्याचा दर्जा विशेष उच्च नसतो. या सर्व दोषांमुळे चुंबकीय ध्वनिलेखनाचे माध्यम म्हणून तारेचा उपयोग मागे पडला. हल्ली या कामासाठी लोहचुंबकीय द्रव्याचा पातळ थर दिलेल्या प्लॅस्टिकच्या फिती वापरतात. या फिती गुंडाळण्याला व उलगडण्याला सुलभ होईल इतक्या सुनम्य असाव्यात. थोड्या जागेत मोठी लांबी सामावता येण्याइतक्या पातळ असाव्यात परंतु ताणामुळे सहजा सहजी न तुटण्याइतक्या बळकट असल्या पाहिजेत, तसेच ताणामुळे त्या लांबता कामा नयेत. या सर्व दृष्टींनी पहाता सेल्युलोज ॲसिटेट, पॉलिएस्टर, एथोसेल किंवा व्हिनिल या द्रव्यांच्या सु. ०·०५ मिमी. जाडीच्या फिती वापरतात. नेहमीच्या फितीची रुंदी ६·४ मिमी. असते परंतु विशेष कामासाठी यापेक्षा कमी किंवा जास्त रुंदीच्या फितीही वापरल्या जातात.

या फितीवर सु. ०·०१ मिमी. जाडीच्या चुंबकीय द्रव्याचा थर पक्का बसविलेला असून फीत सुनम्य राहील व तिचे चुंबकीय शीर्षावरील घर्षण कमी होईल अशी द्रव्ये या थरातच समाविष्ट केलेली असतात. या चुंबकीय द्रव्याकडून पुढील अपेक्षा असतात. (१) त्याच्या घर्षणामुळे शीर्षाची विशेष झीज होता कामा नये. (२) अल्प चुंबकीय क्षेत्रानेही त्यांचे सामर्थ्यवान चुंबकीकरण व्हावे म्हणजे ध्वनिमुद्रण जोरदार होऊ शकेल. (३) परंतु हे चुंबकीकरण सहजगत्या कमी होता कामा नये. म्हणजे ध्वनिमुद्रण दीर्घकाळ टिकेल आणि यासाठी द्रव्याची निस्सारकता [चुंबकत्व] उच्च हवी. (४) जरूर तेव्हा मूळचे मुद्रण सहजगत्या ‘पुसून टाकणे’ शक्य व्हावे. (५) फितीच्या एका वेढ्यावरचे ध्वनिमुद्रण आपोआप लगतच्या थरावर संक्रमित होऊ नये. (६) द्रव्य अत्यंत सूक्ष्मकणांच्या स्वरूपात फितीवर एकविधपणे (एकसारखे) वितरित झालेले (पसरलेले) असावे. (७) या द्रव्याचे कण फितीवरून सहजासहजी गळून पडू नयेत.

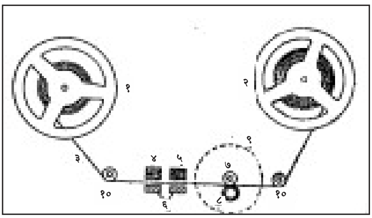
या सर्व गोष्टींचा विचार करता अत्यंत बारीक पुडीच्या स्वरूपात फेरिक ऑक्साइड ($Fe_2 0_3$) या संयुगाचा ‘गॅमा प्रकार’ समाधानकारक ठरला आहे. हा काळपट तपकिरी रंगाचा असतो व जवाहिरे रत्नांच्या खड्यांना झिलई आणण्यासाठी त्याचा उपयोग करतात. १९७० सालानंतर झालेल्या संशोधनानंतर यात नवीन सुधारणा झाल्या आहेत. फेरिक ऑक्साइडावर विशेष प्रक्रिया करून त्याच्या कणांचा आकार बदलला तर, अथवा त्याला कोबाल्टाची भावना दिली तर किंवा कोबाल्टाचा सूक्ष्म थर फेरिक ऑक्साइडाच्या थरावर दिला, तर ध्वनिमुद्रण जास्त चांगले मिळते, असे दिसून आले. काळ्या क्रोमियम ऑक्साइडाचा (CrO2) वापर केल्यास जास्त उच्च दर्जाचे व गोंगाटाचे प्रमाण कमी असलेले ध्वनिलेखन मिळते, असे दिसून आले. परंतु या प्रकारच्या फितींचा वापर करण्यासाठी नेहमीच्या उपकरणात काही फेरफार करणे आवश्यक असते.

नेहमीच्या उपयोगासाठी या फिती प्लॅस्टिकच्या रिळावर गुंडाळलेल्या मिळतात. या रिळांच्या त्रिज्या समान्यतः १८ सेंमी., १२ सेंमी., ६ सेंमी. अशा असून त्यांवर अनुक्रमे ३७० मी., २८० मी. व १८५ मी. लांबीची नेहमीची फीत गुंडाळलेली असते. परंतु यापेक्षा कमी जाडीची फीत घेऊन ही लांबी दीडपट (दीर्घकालिक) ते दुप्पटही (जादा दीर्घकालिक) मिळू शकते. आंतरराष्ट्रीय संकेतानुसार उच्च दर्जाच्या ध्वनिपुनर्निर्मितीसाठी मुक्रर केलेल्या १९ सेंमी./ से. या वेगाने ३७० मी. च्या रिळाचा एक ध्वनिमार्ग ३० मिनिटे व ४ ध्वनिमार्ग मिळून २ तास वाजू शकतात.



आ. १९. चुंबकीय फितीचे तीन प्रकार : (अ) प्लॅस्टिक रीळ (आ) कॅसेट (इ) कारट्रिज : (१) रीळ, (२) फीत, (३) पेटी, (४) कॅप्स्टन व शीर्षासाठी उघडा भाग, (५) मार्गदर्शक कप्पी.

याशिवाय कॅसेट व कारट्रिज या स्वरूपातही फिती मिळू शकतात. कॅसेटमध्ये दोन रिळे एकाच प्लॅस्टिकच्या पेटीत बंद केलेली असून फीत वाजत असताना एक रीळ उलगडत जाऊन दुसऱ्या रिळावर ही फीत गुंडाळली जाते. कॅप्स्टन (रहाटासारखे कार्य करणारा भाग) व शीर्ष यांच्याशी संयोग होण्याइतकाच फितीचा भाग पेटीबाहेर उघडा असतो. ४·७५ सेंमी./मि. वेगाने ही कॅसेट एकूण ६० मिनिटे, ९० मिनिटे किंवा १२० मिनिटे वाजू शकतात. यातील फितीची रुंदी ३·८ मिमी. असते, कॅसेटावर ते वापरणारी व्यक्ती ध्वनिलेखन करू शकते किंवा पूर्व आलेखित कॅसेटेही मिळतात. कारट्रिज प्रकार फक्त पूर्वआलेखित स्वरूपातच मिळतो व तो ३० मिनिटे वाजू शकतो. मध्याजवळून यातील फीत उलगडत जाते व परिघावर ती आपोआप गुंडाळत जाते. ही फीतही प्लॅस्टिक पेटीत बंद केलेली असते. कॅसेट व कारट्रिजच्या स्वरूपातील फीत वाजविताना ती उपकरणामधून ओवून घेण्याचा त्रास पडत नाही. शिवाय फीत धुळीपासून संरक्षित राहते. आ. १९ मध्ये हे तीन प्रकार दाखविले आहेत.



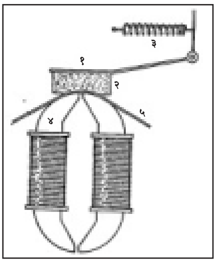
आ. २०. फितीची परिवाहक यंत्रणा : (१) उलगडणारे रीळ, (२) गुंडाळणारे रीळ, (३) चुंबकीय फीत, (४) निकर्षक शीर्ष, (५) आलेखक/ पुनरुत्पादक शीर्ष, (६) संपीडक, (७) कॅप्स्टन, (८) चिमट चक्र, (९) कॅप्स्टनाशी संलग्न प्रचक्र, (१०) फितीसाठी मार्गदर्शक कप्पी किंवा कंगोरा.

फितीची परिवाहक यंत्रणा : ध्वनिलेखन किंवा पुनरुत्पादन करताना शीर्षासमोरून फीत अत्यंत सुस्थिर वेगाने सरळ

रेषेत ओढली जाणे अत्यावश्यक असते. यासाठी वापरली जाणारी प्रणाली आ. २० मध्ये दाखविली आहे. यासाठी लागणारी शक्ती स्थिर वेगाने फिरणाऱ्या विद्युत् चलित्राकडून घेतली जाते. यासाठी घरगुती वापराच्या उपकरणात अंशावृत ध्रुव पद्धतीचे व उच्च दर्जाच्या उपकरणात समकालिक पद्धतीचे चलित्र वापरतात [विद्युत् चलित्र]. काही उपकरणांत ट्रँझिस्टराकडून चलित्राचे वेगनियंत्रण केले जाते. चलित्राचा परिभ्रमणाचा वेग फार (सु. १,४०० ते ३,६०० फेरे/मि.) असल्याने कप्पी वगैरे वापरून तो खूपच कमी करावा लागतो. असे करून उपकरणातील कॅप्स्टन हा स्थिर वेगाने फिरत ठेवला जातो. चलित्राच्या वेगात अल्पकालिक फेरफार झाले, तरी कॅप्स्टनाच्या वेगात फरक पडू नये यासाठी त्याला जड प्रचक्राची जोड दिलेली असते.

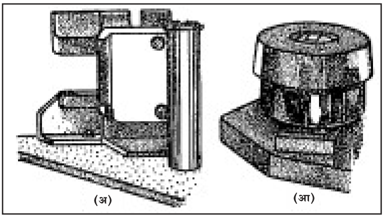
कॅप्स्टन हा एक धातूचा दांडा असून चलित्राशी पट्ट्याने किंवा रबरी कप्पीने संलग्न केलेला असतो. त्याची त्रिज्या सु. १ ते ५ मिमी. असून त्याचा फिरण्याचा वेग सु. १० ते २० फेरे/से. असतो (हे आकडे वेगवेगळ्या उपकरणांत त्याचप्रमाणे फितीच्या वेगानुसार बदलतात).

कॅप्स्टनाच्या जवळ एक रबरी चक्र (चिमट चक्र) असून एक खटका दाबून त्याचा कॅप्स्टनाशी संयोग करता येतो व मग (एका स्प्रिंगेच्या ताणामुळे) कॅप्स्टन व चिमट चक्र यांमध्ये फीत दाबून धरली जाते. त्यामुळे कॅप्स्टनाच्या परिघीय वेगाने फीत पुढे (आकृतीत डावीकडून उजवीकडे) ओढली जाते. या क्रियेमध्ये फितीवर एकसारखा ताण रहाण्यासाठी उलगडणाऱ्या रिळाला वेगनिरोधक लावून त्याची गती अंशतः अवरुद्ध केली जाते. त्याचबरोबर गुंडाळणाऱ्या रिळाला चलित्राकडूनच (आकृतीत घड्याळाच्या काट्यांच्या उलट दिशेने) परिभ्रमण गती देऊन कॅप्स्टनावरून पुढे आलेली फीत गुंडाळली जाते. जसजशी जास्त फीत गुंडाळली जाते तसतसा या रिळाचा परिणामी व्यास वाढतो व त्या प्रमाणात त्याची परिभ्रमण गती आपोआप कमी व्हावी अशी योजना करावी लागते. या मार्गक्रमणात फीत इकडे तिकडे हालू नये यासाठी दोन्ही बाजूंना मार्गदर्शक कप्प्या किंवा कंगोरे अथवा खाचा असतात. त्याचप्रमाणे ध्वनिलेखन किंवा पुनरुत्पादन करताना फीत शीर्षांवरून घासून जावी यासाठी दोन बुरणुसाचे बारीक तुकडे स्प्रिंगेच्या साहाय्याने फीत त्या शीर्षांवर दाबून धरतात. त्यांना संपीडक असे म्हणतात.



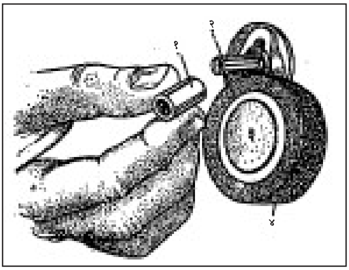
आ. २१. संपीडक फीत शीर्षावर दाबून धरतो : (१) संपीडक दांडा, (२) बुरणुसाचा तुकडा, (३) स्प्रिंग, (४) शीर्ष, (५) फीत.

आ. २१ मध्ये संपीडकाचे कार्य दाखविले असून आ. २२ मध्ये मार्गदर्शक खाच व कंगोरा दाखविलेले आहेत.



आ. २२. मार्गदर्शक खाच (अ) आणि मार्गदर्शक कंगोरा (आ).

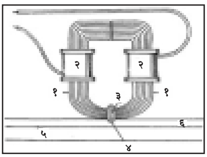
आ. २३ मध्ये एका उपकरणाचा कॅप्स्टन व चिमट चक्र दाखविले आहेत. कित्येक उपकरणांत इच्छेनुसार फीत ओढण्याचा वेग बदलता येतो. यासाठी एका पद्धतीत कॅप्स्टनावर बरोबर बसणारी पोकळ वृत्तचिती वापरून त्याचा परिणामी व्यास वाढवला जातो.



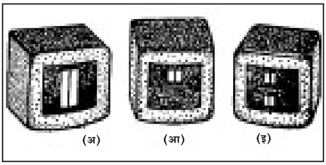
आ. २३. कॅप्स्टन व चिमट चक्र : (१) पोकळ वृत्तचिती, (२) कॅप्स्टन, (३) चिमट चक्र, (४) चिमट चक्रावरील रबराचे आवरण.

(आ. २३). आणखी एका पद्धतीत चलित्राच्या विद्युत् मंडलामध्ये फेरफार करून त्याचाच वेग बदलता येतो. तिसऱ्या पद्धतीत चलित्र व कॅप्स्टन यांना संलग्न करण्यासाठी टप्प्यांची कप्पी वापरतात. कप्पीचा टप्पा बदलला की वेग बदलतो. आंतरराष्ट्रीय संकेतानुसार उच्च दर्जाच्या आलेखन/पुनरुत्पादनासाठी फितीचा वेग १९ सेंमी./से. मान्य झाला आहे परंतु हल्लीच्या सुधारलेल्या उपकरणांतून ९·५ सेंमी./से. या वेगानेही उच्च दर्जाचे आलेखन/पुनरुत्पादन शक्य होते. ४·७५ सेंमी./से. या वेगाने फीत ओढूनही समाधानकारक प्रतिसाद मिळू शकतो वेग जितका कमी तितकी फीत कमी लागून काटकसर साधता येते. फितींच्या जलद नकला काढण्यासाठी ३८ सेंमी./से. हा वेग कित्येकदा वापरतात. हे सर्व वेग प्रमाणित झालेले असून बहुवेगी प्रकारच्या उपकरणांत ते मिळण्याची सोय केलेली असते.

आलेखक/पुनरुत्पादक शीर्ष : चुंबकीय ध्वनिलेखक उपकरणातील हा भाग सर्वांत जास्त महत्त्वाचा आहे. घरगुती वापराच्या उपकरणात दोन्ही कार्यांसाठी एकच शीर्ष वापरतात. तर व्यावसायिक उपकरणात आलेखन व पुनरुत्पादन यांसाठी अलग शीर्षे वापरतात. या दोन्ही प्रकारच्या शीर्षांची रचना सामान्यतः एकसारखीच असते. आ. २४ मध्ये अशा एका शीर्षाची रचना दाखविली आहे.

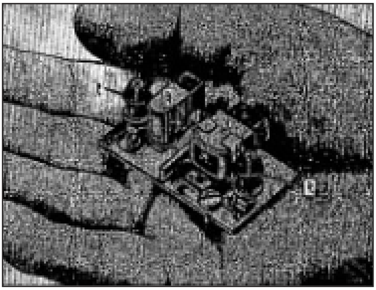


आ. २४. आलेखक/पुनरुत्पादक शीर्षाची रचना : (१) अंतरक, (२) वेटोळी, (३) आलेखन फट, (४) फटीनजीकच्या चुंबकीय प्रेरणा रेषा, (५) फीत, (६) फितीवरील लोहचुंबकीय द्रव्याचा थर.



पर्म–अलॉय किंवा म्यू–मेटल यासारख्या चुंबकीय मृदू (सहज चुंबकीकरण होणाऱ्या) पातळ पट्ट्यांचा आकृतीत दाखविल्यासारखा एक अंतरक (गाभा) घेऊन त्याच्यावर विद्युत् निरोधित तारांच्या अनेक वेढ्यांची दोन वेटोळी गुंडाळतात.

या वेटोळयांची जोडणी अशी केलेली असते की, त्यांच्यामधून विद्युत् प्रवाह पाठविल्यास अंतरकाच्या मधील आलेखन फटीच्या एका बाजूवर चुंबकीय उत्तर ध्रुव व दुसऱ्या बाजूवर दक्षिण ध्रुव उत्पन्न होईल.



आ. २६. कॅसेट चुंबकीय आलेखकासाठी संपूर्ण शीर्ष प्रणाली : (१, २) मार्गदर्शक कप्पी, (३) निकर्षक शीर्ष, (४) आलेखक/पुनरुत्पादक शीर्ष.

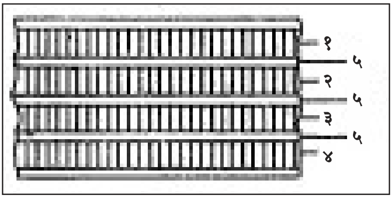
आलेखन फट जितकी कमी रुंदीची तितका उच्च कंप्रतांना जास्त चांगला प्रतिसाद मिळतो परंतु ही रुंदी जास्त असेल, तर संवेदनशीलता वाढते. तथापि कमी संवेदनशीलतेचे निराकण विवर्धन वाढूनही करता येते. त्यामुळे हल्ली या फटीची रुंदी कमी ठेवण्याकडे कल आहे. साधारणतः ०·००१ ते ०·०२ मिमी. पर्यंत रुंदीच्या फटी वापरात आहेत. फितीशी स्पर्श करणारा फटीचा पृष्ठभाग घासून अगदी आरशासारखा गुळगुळीत केलेला असतो. यामुळे फट व फीत परस्परांच्या अत्यंत निकट येऊ शकतात. उपकरण वापरले जाते तसतसा फितीवरील चुंबकीय द्रव्याचा बारीक थर फटीवर जमा होत जातो. त्यामुळे फट व फीत यांमधील अंतर वाढून आवाजाची गुणवत्ता कमी होते. यासाठी शीर्ष नेहमी साफ करावे लागते.

फितीच्या घर्षणामुळे शीर्ष हळूहळू झिजत जाते व फट मोठी होत जाते त्यामुळेही हळूहळू उपकरणाच्या ध्वनीची गुणवत्ता कमी होत जाते. शेवटी फट इतकी मोठी होते की, मग त्याच्या साहाय्याने ध्वनीचे आलेखन होऊ शकत नाही व पुनरुत्पादन निष्कृष्ट दर्जाचे होते. मग हे शीर्ष बदलणेच भाग पडते.

म्यू–मेटल, पर्म–ॲलॉय इ. मिश्रधातू मऊ असल्याने जलद झिजतात व त्यांच्यापासून बनविलेल्या शीर्षांचे आयुष्य तुलनेने कमी असते. यासाठी अलीकडे ⇨ फेराइटांचा अंतरक असलेली दीर्घ आयुष्याची शीर्षे तयार करण्यात आलेली आहेत. फेराइटे काचेप्रमाणे अत्यंत कठीण असल्याने त्यांची झीज कमी होते. झीज मुख्यतः फितीवर असलेल्या धुळीच्या कणांमुळे होते. यासाठी फिती धूळरहित असणे महत्त्वाचे आहे. त्याचप्रमाणे संपीडकाचा शीर्षावर पडणारा दाब जास्त झाला किंवा वेड्यावाकड्या दिशेने पडू लागला, तरीही शीर्षाची झीज जलद होते.

सामान्यतः सु. ५० तास ते १,००० तासांपर्यंत शीर्ष काम देऊ शकते.

निकर्षक शीर्ष : फितीवर नवीन ध्वनीचे आलेखन करण्यापूर्वी ती संपूर्णपणे निकर्षित करणे (तिच्यावरील चुंबकत्व नष्ट करणे) आवश्यक असते. यामुळे तिच्यावर पूर्वी आलेखित केलेले ध्वनीही पुसले जातात. म्हणून या कार्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या शीर्षाला निर्लेखक किंवा निकर्षक शीर्ष असे म्हणतात. या शीर्षाची रचना सर्वसामान्यतः आलेखक शीर्षासारखीच असते परंतु फट मात्र जास्त रुंद (०·०१ ते ०·०५ मिमी.) असते. या शीर्षाच्या वेटोळ्यातून उच्च कंप्रतेचा (सु. ४०, ००० ते १,५०,००० हर्ट्झ) कंप्रतेचा प्रत्यावर्ती विद्युत् प्रवाह सोडून त्याच्यामुळे निकर्षण केले जाते. यासाठी या शीर्षाचा संरोध (सर्व प्रकारचा एकूण विद्युत् रोध) आलेखक शीर्षापेक्षा कमी असावा लागतो.



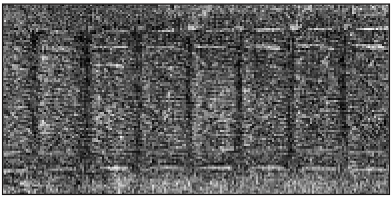
आ.२७. फितीवरील चतुर्मार्गी ध्वनिलेखन : (१, २, ३, ४) मार्ग क्रमांक, (५) मार्गांमध्ये सोडलेल्या कोऱ्या जागा.

बहुमार्गी आलेखन : कित्येक उपकरणांत फितीच्या संपूर्ण रुंदीवर एकच ध्वनिमार्ग आलेखिला जातो. या प्रकारच्या उपकरणाला एकमार्गी आलेखक असे म्हणतात. दुसऱ्या प्रकारात फितीचे दोन भाग करून दोन्ही भागांवर दोन समांतर ध्वनिमार्ग आलेखिले जातात. या प्रकाराला द्विमार्गी आलेखक म्हणतात. यामुळे परिणामतः फितीची उपयुक्त लांबी दुप्पट होते. तिसऱ्या प्रकाराला चतुर्मार्गी आलेखक असे म्हणतात. चतुर्मार्गी आलेखक मूर्तस्वरित ध्वनी आलेखन/पुनरुत्पादन करण्यासाठी आता घरगुती वापरामध्येही प्रचारात आले आहेत. आ. २७ मध्ये हे मार्ग फितीवर कसे आलेखित झालेले असतात ते दाखविले आहे. लगतच्या दोन मार्गांमध्ये थोडी कोरी जागा सोडलेली असते. मूर्तस्वरित ध्वनीसाठी एकाच वेळी मार्ग १ वर (डाव्या बाजूच्या ध्वनीचे) व मार्ग ३ वर (उजव्या ध्वनीचे) आलेखन केले जाते. उलगडणाऱ्या रिळावरील सर्व फीत संपल्यानंतर दोन रिळांची अदलाबदल करून मग मार्ग २ व ४ वर आलेखन केले जाते.

प्रकाशीय तबकड्यांवरील ध्वनिमुद्रणाचा पहिला टप्पा हल्ली प्रथम चुंबकीय फितीवरच आलेखित केला जातो. यासाठी ८, १६ किंवा २४ मार्ग एकाच फितीवर व एकाच वेळी आलेखित केले जातात. यासाठी खास उपकरणे व जास्त रुंदीच्या फिती तयार केल्या आहेत. प्रत्येक वाद्य व गायकाचा आवाज अलग अलग ध्वनिग्राहक वापरून अलग मार्गावर आलेखित करतात. मग या मार्गांवर योग्य ते संस्कार करून जरूरीप्रमाणे त्यावरील ध्वनीमध्ये सुधारणा करून मिश्रकाच्या साहाय्याने त्यांचे एकत्रीकरण करतात आणि त्यावरून ध्वनिमुद्रिकेवर ध्वनिमुद्रण करतात.

चुंबकीय ध्वनिलेखनाची क्रिया : आलेखन करावयाच्या ध्वनीचे प्रथम ध्वनिग्राहकाच्या साहाय्याने तद्नुरूप प्रत्यावर्ती विद्युत् संकेतात रूपांतर करतात. विवर्धकाच्या साहाय्याने विवर्धन करून हे संकेत समाकारकात सोडतात. तेथे त्यांचे अभिलक्षण चुंबकीय आलेखनायोग्य केले जाते. आणखी विवर्धन करून हे संकेत तीव्रता नियंत्रकामधून शक्तिविवर्धकात जातात व तेथे त्यांची शक्ती वाढवून आपणाला मूळचे ध्वनी प्रत्यावर्ती विद्युत् प्रवाहाच्या स्वरूपात मिळतात.

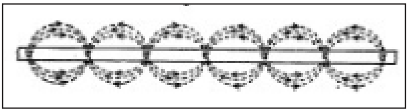
हे विद्युत् प्रवाह आलेखकावरील वेटोळ्यातून जाऊ दिले की, आपणाला तद्नुरूप सामर्थ्यवान प्रत्यावर्ती चुंबकीय क्षेत्र मिळते. या चुंबकीय क्षेत्राच्या प्रेरणा रेषा अंतरकातून जाऊन आलेखक फटीच्या विरुद्ध बाजूच्या अग्रात पुन्हा प्रवेश करतात.या चुंबकीय क्षेत्राची कंप्रता व तीव्रता मूळ ध्वनीच्या कंप्रता–तीव्रतांनुसार क्षणोक्षणी बदलत असतात.



आ. २८. सूक्ष्मदर्शकातून दिसणारे चुंबकीय ध्वनिलेखन : (उभ्या) जास्त काळ्या रेषा जास्त सामर्थ्यवान चुंबकीय ध्रुव दर्शवितात.

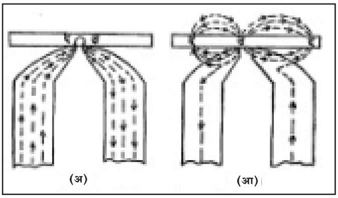
आलेखन करतेवेळी फटीला अगदी चिकटून चुंबकीय फीत ठराविक वेगाने पुढे ओढली जात असते. फितीवरील चुंबकीय द्रव्याच्या थराची चुंबकीय पार्यता हवेपेक्षा खूपच जास्त असते आणि प्रेरणा रेषा नेहमी जास्त पार्यतेच्या माध्यमातून जाणे पसंत करतात. त्यामुळे फटीसमोर हवेतून जाऊ पहाणाऱ्या रेषा आता एका बिंदूमध्ये फितीवरील चुंबकीय थरात प्रवेश करतात आणि थोडे अंतर त्या थरातून जाऊन परत थराबाहेर पडतात व फटीच्या दुसऱ्या बाजूला अंतरकाच्या अग्रात प्रवेश करतात. रेषा जेथे चुंबकीय थरात शिरतात तेथे चुंबकीय दक्षिण ध्रुव व जेथून बाहेर पडतात तेथे उत्तर ध्रुव तयार होतो म्हणजेच दोन्ही ध्रुव मिळून एक छोटासा कांडचुंबक तयार होतो. या कांडचुंबकाची लांबी ही फितीचा वेग, फटीची रुंदी आणि आलेखित होणाऱ्या ध्वनीची कंप्रता या तिन्हींवर अवलंबून असते. अशा तऱ्हेने फितीवर वेगवेगळी लांबी, उलटसुलट दिशा आणि वेगवेगळे सामर्थ्य असलेल्या कांडचुंबकांची एक मालिकाच तयार होते. ही मालिका म्हणजेच फितीवरील ध्वनीचे आलेखन होय. या मालिकेवर निकर्षक परिणाम न केल्यास ती दीर्घकाळ तशीच राहू शकते. म्हणजेच हे ध्वनिलेखन चिरकाल टिकू शकते. कार्बोनिक आयर्नाच्या सूक्ष्म कणांचे अल्कोहॉलमधील निलंबन (लोंबकळत्या स्वरूपातील कण) आलेखित फितीवर टाकल्यास ते कण चुंबकीय प्रेरणा रेषांच्या दिशेने आरेखित होतात व सूक्ष्मदर्शकातून पाहिले असता आ. २८ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे कांडचुंबकमाला दृग्गोचर होते.

ध्वनीचे पुनरुत्पादन : कोणत्याही संवाहकाशी निगडित होणारा चुंबकीय स्रोत (एकूण प्रेरणा रेषांची संख्या) बदलू लागला की, त्या संवाहकात विद्युत् चालक प्रेरणा (वि. चा. प्रे.) निर्माण होते आणि या वि. चा. प्रे. चे मूल्य स्रोतबदलाच्या त्वरेच्या सम प्रमाणात असते. या परिणामाला विद्युत् चुंबकीय प्रवर्तन असे म्हणतात. चुंबकीय फितीवरील आलेखित ध्वनीचे पुनरुत्पादन या तत्त्वांवर आधारलेले आहे.



आ. २९. एका शुद्ध स्वरकाच्या आलेखनामुळे फितीवर तयार झालेली कांडचुंबकमाला.

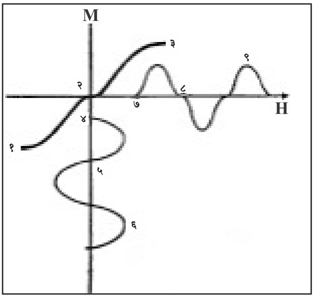
आ. २९ मध्ये एक शुद्ध स्वरक [ध्वनि] आलेखित केलेली चुंबकीय फीत दाखविलेली आहे. अशा फितीवरील दोन लागोपाठच्या कांडचुंबकाचे उत्तर व दक्षिण ध्रुव उलटसुलट असतात हे आकृतीवरून लक्षात येईल. आलेखित ध्वनीच्या एका पूर्ण आंदोलनात कांडचुंबकांची अशी एक जोडी तयार होते. या कांडचुंबकांच्या हवेतून जाणाऱ्या प्रेरणा रेषा तुटक रेषांनी दाखविल्या आहेत.



आ. ३०. वेटोळ्याशी संलग्न चुंबकीय स्रोतात होणारा बदल

पुनरुत्पादकाच्या फटीसमोर जेव्हा अशी फीत ओढली जाते तेव्हा तिच्यावरील कांडचुंबकांच्या हवेतून जाणाऱ्या प्रेरणा रेषा जास्त पार्यता असलेल्या (शीर्षाच्या) अंतरकातून जाऊ लागतात व अशा तऱ्हेने अंतरकाभोवती गुंडाळलेल्या वेटोळ्याशी संलग्न होतात. फितीच्या गतीमुळे या संलग्न होणाऱ्या रेषांची संख्या म्हणजेच चुंबकीय स्रोत एकसारखा बदलत जातो व त्यामुळे गुंडाळीत वि. चा. प्रे. प्रवर्तित होते. या वि. चा. प्रे. ची सर्व अभिलक्षणे आलेखित ध्वनीला अनुरूप असतात. ही वि. चा. प्रे. म्हणजे शीर्षाचा प्रदान संकेत होय. तो फार दुर्बल असतो. यासाठी त्याचे विवर्धन करावे लागते. त्याचप्रमाणे समाकारकाकरवी आलेखनसमयी केलेल्या समाकरणाला पूरक असे त्याचे समाकरण करावे लागते. नंतर शक्तिविवर्धकाकरवी त्याचे शक्तिविवर्धन करून तो संकेत ध्वनिक्षेपकाला देतात आणि ध्वनिक्षेपक मूळ ध्वनीचे पुनरुत्पादन (पूर्ण) करतो. आ. ३० (अ) व (आ) मध्ये शीर्षाच्या फटी समोरच्या आलेखित फितीच्या दोन स्थिती दाखविल्या आहेत. त्यावरून वेटोळ्याशी संलग्न होणारा चुंबकीय स्रोत कसा व का बदलतो याची कल्पना येईल.

झुकाव : चुंबकीय आलेखन समाधानकारक होण्यासाठी आलेखक शीर्षाला विशिष्ट मूल्याचे कायमचे किंवा प्रत्यावर्ती चुंबकीय क्षेत्र द्यावे लागते. त्याला 'झुकाव' असे म्हणतात. हल्ली प्रत्यावर्ती झुकावच सर्वत्र वापरला जातो म्हणून त्याचीच थोडी चर्चा येथे केली आहे.



आ. ३१. फितीच्या अरेखीय प्रतिसादामुळे उत्पन्न होणारी विकृती : (१, २, ३) फितीचा M – H वक्र (४, ५, ६) आदान संकेत (७, ८, ९) फितीवरील आलेखन वक्र.

आ. ३१ मध्ये फितीवरील चुंबकीय माध्यमाचा, चुंबकीय क्षेत्र (H) व चुंबकीकरण तीव्रता (M) यांचा आलेख जाड रेषेने दाखविला आहे. हा आलेख सरळ रेषेच्या आकाराचा नाही म्हणजेच अरेखीय आहे. याचा परिणाम असा होतो की, फितीवरील चुंबकीकरण तीव्रता लावलेल्या चुंबकीय क्षेत्राच्या सम प्रमाणात होत नाही. खास करून अल्प मूल्याच्या H साठी M चे मूल्य फारच कमी येते. यामुळे आलेखित ध्वनीमध्ये विकृती उत्पन्न होते. त्याचप्रमाणे फितीची संवेदनशीलताही फार कमी होते. आ. ३१ मध्ये ज्या–वक्रीय (त्रिकोणमितीतील 'ज्या' गुणोत्तराच्या आलेखासारख्या) आदान संकेतामुळे फितीवर आलेखित झालेल्या चुंबकीकरणाचा वक्र यांच्यामधील फरक हीच आलेखनातील विकृती होय.

प्रयोगांती असे दिसून आले आहे की, आलेखन करावयाच्या ध्वनिकंप्रतेवर त्याच वेळी एक उच्च कंप्रतेचे प्रत्यावर्ती ज्या–वक्रीय चुंबकीय क्षेत्र अध्यारोपित केल्यास या दोषाचे निराकरण होते. या जादा चुंबकीय क्षेत्राला प्रत्यावर्ती झुकाव असे म्हणतात. आलेखित करावयाच्या ध्वनिकंप्रतेपेक्षा झुकावाची तीव्रता बरीच जास्त (जास्तीत जास्त १० पटीपर्यंत) असावी लागते. त्याचबरोबर झुकावाची कंप्रता श्राव्य कंप्रतांच्यापेक्षा खूपच जास्त असणे जरूर आहे. नाहीतर त्या कंप्रतेमुळे पुनरुत्पादित ध्वनीत एक शिटीसारखा आवाज ऐकू येतो. झुकावाची कंप्रता ६०,००० ते १,५०,००० हर्ट्झ वापरली जाते.

हा झुकाव निर्माण करण्यासाठी उपकरणामध्ये एक इलेक्ट्रॉनीय आंदोलक असतो. तो फक्त आलेखनाच्या वेळीच क्रियाशील व्हावा अशी स्विचांची योजना असते.

समाकरण व त्याची आवश्यकता : उपकरणाचा प्रतिसाद सर्व कंप्रताना समान असल्यास त्याला रेखीय प्रतिसाद असे म्हणतात व तसा नसल्यास तो अरेखीय आहे असे म्हणतात. उत्तम तद्रूपतेसाठी ध्वनीमध्ये सु. ३० ते १५,००० हर्ट्झच्या सर्व कंप्रतांचे मूळ ध्वनीबरहुकूम पुनरुत्पादन होणे आवश्यक असते. भाषण व संगीत यांच्या ध्वनीत उच्च कंप्रतांचे स्वरक, प्रगुण संनादींच्या (मूळ कंप्रतांच्या पूर्णांकी पटींतील कंप्रतांच्या) स्वरूपात उपस्थित असतात. त्यांचे प्रमाण यथापूर्व न झाल्यास पुनरुत्पादित ध्वनी बरोबर मूळच्यासारखा वाटत नाही.

परंतु आलेखक शीर्षाची रचना अशी असते की, कंप्रता वाढत जाते तसतसा त्याचा प्रतिसाद कमी होत जातो. याचे निराकरण करण्यासाठी पुढील विवर्धकाचा प्रतिसाद कंप्रतेच्या उच्चतेबरोबर वाढत जाणारा असा

ठेवतात व अशा संस्कारित स्वरूपात ध्वनीचे आलेखन केले जाते. याला पूर्व–समाकरण असे म्हणतात. याचा परिणाम असा होतो की, फितीवरील गोंगाटांपेक्षा (सु. २,००० हर्ट्झपेक्षा जास्त) उच्च कंप्रतांचे आलेखन जास्त जोरदार होते व पुनरुत्पादनाच्या वेळी या कंप्रता स्पष्टपणे उमटू शकतात.

फितीवरील आलेखित कांडचुंबकांची लांबी नीच कंप्रतांच्या बाबतीत कमी असते. त्यामुळे पुनरुत्पादनात नीच कंप्रतांच्या ध्वनींचा जोर कमी होतो. याचे निराकरण करण्यासाठी (सु. २,००० हर्ट्झच्या खाली) जसजशी कंप्रता कमी होईल तसतसा विवर्धकाचा प्रतिसाद पुनरुत्पादनाच्या वेळी वाढत जावा अशी विद्युत् मंडले वापरतात. याला पश्चात्–समाकरण असे म्हणतात. प्रत्यक्षात पुनरुत्पादनासाठी व आलेखनासाठी एकच विवर्धक प्रणाली वापरली जाते. म्हणून स्विचांच्या साहाय्याने या दोन वेळचा प्रतिसाद बदलला जाण्याची व्यवस्था केलेली असते. भारी किंमतीच्या उपकरणात समाकरण यथायोग्य प्रकारे केलेले असते परंतु स्वस्त किंमतीच्या उपकरणात तेवढे केले जात नाही. यामुळे भारी उपकरणावर आलेखन केलेली फीत कमी दर्जाच्या उपकरणावर तितका चांगला आवाज देऊ शकत नाही. त्याचप्रमाणे उलट म्हणजे कमी दर्जाच्या उपकरणावर आलेखित केलेली फीत उच्च दर्जाच्या उपकरणावर कित्येकदा (तितका) चांगला आवाज देत नाही.

चुंबकीय ध्वनिलेखनाचे विविध उपयोग : इतर पद्धतींच्या ध्वनिमुद्रणामधील पहिली पायरी म्हणून चुंबकीय ध्वनिलेखनाचा हल्ली सर्वत्र उपयोग करतात, याचा वर उल्लेख आला आहेच. चर्चामंडळातून अथवा कंपन्यांच्या बैठकांच्या वेळी होणाऱ्या भाषणांचा साद्यंत अहवाल चुंबकीय ध्वनिलेखनाने संग्रहित केला जातो.

रेडिओवरून विशिष्ट वेळी प्रेषित करावयाचे भाषण, चर्चा किंवा संगीत कार्यक्रम आधीच ध्वनिलेखित करून ठेवतात व मग ठरलेल्या वेळी त्यांचे प्रेषण करतात. बालकाचे पहिले बोबडे बोल, दुर्मिळ पक्षाचे कूजन, अलौकिक गायकांचे गाणे–बजावणे यांचे ध्वनी आलेखित करून कायम संग्रही ठेवता येतात. ध्वनिमुद्रिकांप्रमाणे गाणी आलेखित केलेल्या फितीही बाजारात मिळू शकतात. भाषांच्या शिक्षणासाठी, विशेषतः निर्दोष उच्चार शिकण्या–शिकविण्यासाठी चुंबकीय ध्वनिलेखक अत्यंत उपयोगी पडतात. शिक्षकाचे उच्चार आलेखित केलेली फीत शिकणाराने घरी घेवून जावी. हवी तितक्या वेळा पुनःपुन्हा ऐकावी. मग ते उच्चार स्वतः करून त्याचे दुसऱ्या फितीवर आलेखन करावे व त्याचे पुनरुत्पादन करून आपले बोलणे दुसऱ्याला कसे ऐकू येते त्याचे प्रात्याक्षिक घ्यावे. मग आपली फीत शिक्षकाला 'तपासण्यासाठी' द्यावी. अशी पद्धत प्रगत देशांत बरीच रूढ झालेली आहे. अशाच प्रकारे संगीताचे धडे घेण्यासाठीही चुंबकीय ध्वनिलेखकाचा उपयोग करण्यात येतो. परभाषेच्या अभ्यासाला चुंबकीय आलेखकाचे इतके महत्त्व आहे की, यासाठी खास उपकरणे तयार करण्यात आली आहेत.

दूरध्वनी उपकरणाशी चुंबकीय आलेखक जोडून ठेवता येतो. मग दूरध्वनी ग्राहक घरी नसताना एखादा

दूरध्वनी आला तर 'मालक घरी नाहीत अमुक वाजता परत येतील' अशा सारखे पूर्वलेखित संदेश आपोआप दिले जावेत अशी व्यवस्था करता येते किंवा 'तुमचा निरोप सांगा' असा पूर्वलेखित संदेश दिला जाऊन नंतर येणारा संदेश फितीवर आलेखित करून घेतला जाईल अशी योजना करता येते. मोठ्या कचेऱ्यांतून लघुलेखकाला तोंडाने मजकूर सांगून त्यावरून पत्रे टंकलिखित करून घेण्याची पूर्वी पद्धत होती. आता या सर्व पत्रांचा मजकूर फितीवर आलेखित करून ठेवतात. मगच टंकलेखक ही फीत ऐकून त्यावरून पत्रे टंकलेखित करू शकतो. या कामासाठी पायाने एक कळ दाबून फितीचे परिवहन सुरू अथवा बंद करता येणारे खास चुंबकीय आलेखक/पुनरुत्पादक मिळू शकतात.

चतुरंग ध्वनीचे आलेखन व पुनरुत्पादन : प्रेक्षागृहात बसून एखादा श्रोता जेव्हा संगीताचा कार्यक्रम ऐकतो तेव्हा समोरच्या प्रत्येक ध्वनि–उद्‌गमापासून निघणारा ध्वनी त्याच्या दोन्ही कानांवर पडत असतोच पण त्याखेरीज प्रेक्षागृहाच्या भिंतीवरून पुनःपुन्हा परावर्तित होऊन विशेषतः आपल्या मागच्या भिंतीवरून परावर्तित होणारा ध्वनीही त्याच्या कानावर पडत असतो. मूर्तस्वरित ध्वनिलेखनात समोरच्या बाजूने दोन कानांना ऐकू येणारे किंचित वेगळ्या स्वरूपाचे ध्वनी आलेखित केलेले असतात. त्यामुळे पुनरुत्पादनाच्या वेळी फक्त समोरूनच येणारे ध्वनी उपलब्ध होतात. त्यामुळे प्रत्यक्ष प्रेक्षागृहात बसून आपण कार्यक्रम ऐकतो आहोत ही भावना उत्पन्न होत नाही. ही भावना उत्पन्न व्हावयाची असेल, म्हणजेच त्या कार्यक्रमाचे संपूर्णपणे वास्तविक असे आलेखन/पुनरुत्पादन करावयाचे असेल, तर समोरून दोन कानांवर पडणाऱ्या दोन ध्वनींना मागल्या बाजूने दोन कानांवर पडणाऱ्या सूक्ष्म परावर्तित ध्वनींच्या पार्श्वभूमीची जोड दिली पाहिजे. अशा चार घटकयुक्त ध्वनीला चतुरंग (क्वाड्रूफोनिक) ध्वनी असे म्हणतात.

कार्य अहवाल

ध्वनी प्रश्नमंजुषा स्पर्धा

‘स्व’- रूपवर्धिनी विज्ञान तंत्रज्ञान फिरती प्रयोगशाळा विभागाच्या वतीने आंतरराष्ट्रीय ध्वनी वर्षाच्या अनुषंगाने ध्वनी प्रश्नमंजुषा या स्पर्धेचे आयोजन उन्हाळी सुट्टीत करण्यात आले होते. लॉक डाऊन मुळे प्रश्नावली सर्वच शाळांमध्ये पाठवणे शक्य झाले नाही. पर्यायी काही शाळांत पोस्टाने तर काही शाळांतील शिक्षकांकडे मोबाईलद्वारे प्रश्नावली पाठवण्यात आल्या. पुणे जिल्ह्यातील भोर, मुळशी, हवेली, खेड त्याचप्रमाणे सातारा जिल्ह्यातील खंडाळा, पाटण येथून एकूण ६४० विद्यार्थी सहभागी झाले होते. प्रा. विनायक शुक्ल यांनी प्रश्नावली तयार करणे तसेच आदर्श उत्तरपत्रिका निश्चित करणे या साठी मार्गदर्शन केले. परीक्षक म्हणून कुमारी ऋतुजा जगदाळे तसेच सौ. मेखला निखळ यांनी काम पाहिले.

‘ध्वनी प्रश्नमंजुषा- गुणगौरव समारंभ’- शनिवार दि. ३ ऑक्टोबर २०२० रोजी ऑनलाईन पद्धतीने आयोजित करण्यात आला. परीक्षक प्रमुख कु. ऋतुजा जगदाळे यांनी त्यांचे अनुभव कथन केले. त्या म्हणाल्या विद्यार्थांसाठी व परीक्षकांसाठी नवीन तंत्रज्ञानाचा वापर करून उत्तरपत्रिका पाठवणे व तपासणे आव्हानात्मक तसेच खुप सारे शिकवणारे होते.

कार्यक्रमाचे प्रमुख पाहुणे डॉ. विजय रायबागकर (मा. प्राचार्य) होते. त्यांनी ध्वनी विज्ञानाची शास्त्रीय माहिती व संज्ञा सोप्या भाषेत सांगितल्या. बासरी चे शास्त्र आणि प्रत्यक्ष बासरी बनवणे याचे प्रात्यक्षिकासह विषद केले विजेत्यांचे, स्पर्धकांचे कौतुक केले.

रविराज पाटील यांनी स्पर्धेचे निकाल जाहीर केले.

विजेत्यांची नावे

क्रमांक	विद्यार्थ्यांचे नाव	संपर्क क्रमांक
विशेष पुरस्कार	वरद संतोष पोतदार – दिघी	9823251102
विशेष पुरस्कार	श्रीदेश संजय माताडे- राजगुरुनगर	9850984681
प्रथम	पायल मच्छिंद्र लाहोट- आंबोली	9011718520
प्रथम	विराज संतोष गावडे- पिरंगुट	9850996465
प्रथम	मानसी उमेश पाटोळे – दोंदे	9226959950
प्रथम	साक्षी सुनील डावरे- कुरकुंडी	9370528894
द्वितीय	सोनल कैलास सुतार- आंबोली	7218055694
द्वितीय	सायली नामदेव भोकसे - कुरकुंडी	7083856226
द्वितीय	अनिकेत नितीन कांबळे- आंबोली	7745847507
द्वितीय	समृद्धी रमेश भोकसे- कुरकुंडी	8767310464
द्वितीय	गौरव नितीन कांबळे- आंबोली	7745847507
तृतीय	मेधा श्रीपती सुतार- आंबोली	7745087413
तृतीय	सुहानी दत्ता गिरटकर- खडकवाडी	80037740594
तृतीय	ओंकार संतोष गायकवाड- शिंदेवाडी	7744904114
तृतीय	निहारिका शांतीलाल पुरोहित- कापूरव्होळ	9112090565
तृतीय	द्वारका सुर्यकांत राचेवार- सोळू	8080048121/ 7517910949

श्री. विश्वास कुलकर्णी यांनी उपस्थितांचे आभार व्यक्त केले.

परीक्षक प्रतिक्रिया

नमस्कार,

नाव - ***ऋतुजा प्रकाश जगदाळे***

आज आपल्याला कोणत्याही प्रश्नाचे उत्तर शोधायचे असेल तर पटकन आपले हात मोबाईलच्या दिशेने धाव घेतात. इंटरनेटच्या मदतीने आपल्याला कोणत्याही प्रश्नाचे उत्तर सहज मिळू शकते. पण हे उत्तर बरोबर आहे की नाही हे समजून घेण्यासाठी शेवटी पुस्तक हाच गुरू बनतो आणि हीच गोष्ट आजच्या पिढीतील मुलांना समजणे गरजेचे आहे.

'स्व'-रुपवर्धिनीच्या "ध्वनी प्रश्नमंजुषा" या स्पर्धेच्या उत्तरपत्रिका तपासताना मला मुलांची वैचारिक दृष्टी जवळून अनुभवता आली आणि यातूनच मी या निष्कर्षावर येऊन पोहचले की मुले सहसा आपल्या शंकांचे निरसन करण्यासाठी पुस्तकांचा, शिक्षकांचा आधार कमी घेऊ लागली आहेत. या स्पर्धेला मुलांनी दिलेला प्रतिसाद हा खरोखरच उल्लेखनीय होता, संपूर्ण महाराष्ट्रातून विद्यार्थ्यांनी या स्पर्धेत सहभाग घेतला होता.

प्रत्येक विद्यार्थ्याने आपल्या कला-कौशल्याच्या जोरावर स्वतःची उत्तरपत्रिका कशी उत्तम बनू शकते, याचा प्रयत्न केला. सध्याच्या या कोविड विषाणूच्या सामाजिक संकटात घरी बसून आपल्या वेळेचा अपव्यय न करता या वेळेचा सदुपयोग करून विद्यार्थ्यांनी प्रश्नमंजुषेतील जास्तीत जास्त प्रश्नांची उत्तरे लिहिली. काही विद्यार्थ्यांनी सुबक आकृती काढून तर काही विद्यार्थ्यांनी वेगवेगळी कात्रणे चिटकवून आपला उपक्रम सादर केला. सादरीकरण हे आपल्या व्यक्तिमत्वाच्या जडणघडणीतील महत्त्वाचा पैलू आहे. या सादरीकरणात सुबक व डौलडार हस्ताक्षर, अचूक उत्तर, नीटनेटकेपणा आणि सुबकता आवश्यक असते.

ध्वनी प्रश्नमंजुषेतील दैनंदिन जीवनावर आधारित असलेल्या प्रश्नांच्या उत्तरांमध्ये विनोदी छटा होती. या उपक्रमामुळे विद्यार्थ्यांच्या मनातील ध्वनी विषय संबंधितील सर्व शंकांचे निरसन होण्यास मदत झाली. विद्यार्थ्यांनी असेच वेगवेगळे प्रकल्प करून आपल्या सुप्त गुणांना वाव दिला पाहिजे.

विद्यार्थ्यांच्या मनात विज्ञानाची गोडी निर्माण व्हावी म्हणून 'स्व'-रुपवर्धिनी असे वेगवेगळे उपक्रम राबवत असते आणि अशाच एका उपक्रमामध्ये माझा सहभाग आहे, याचा मला अभिमान वाटतो.

विद्यार्थी प्रतिक्रिया

नमस्कार,

नाव - ***सुहानी दत्ता गिरटकर***

कोणत्याही कार्याच्या पूर्णत्वाचा आनंद काही वेगळाच असतो. विद्यार्थ्यांना थोडे वेगळे ज्ञान प्राप्त व्हावे म्हणून वेगवेगळ्या स्पर्धा आयोजित केल्या जातात. अशीच एक स्पर्धा यावर्षीही आयोजित केली होती. स्पर्धेचे नाव होते 'स्व'-रुपवर्धिनी ध्वनी प्रश्नमंजुषा.

या परीक्षेत मी सुद्धा सहभाग घेतला होता. ध्वनी प्रश्नमंजुषा मधील प्रश्न अवघड तर काही सोपे होते. या प्रश्नांची उत्तरे शोधताना सरांनी मदत केली. काही प्रश्नांची उत्तरे इंटरनेटवर शोधली त्यामुळे इंटरनेटवर प्रश्नांची उत्तरे कशी मिळवायची हेही कळाले. काही उत्तरे पुस्तकात शोधल्यामुळे माझे पुस्तकी ज्ञान देखील वाढले.या प्रश्नपत्रिकेत काही प्रयोग करायचे होते. त्यात मानवनिर्मित व नैसर्गिक आवाज रेकॉर्ड करुन इमेल वर पाठवले. जसे घरातील मिक्सर, पंखा, टीव्ही यांचा आवाज रेकॉर्ड करुन पाठवला. यातून मला इमेल काय असते व त्याचा उपयोग कसा करतात हेही कळाले.

सगळ्या प्रश्नांची उत्तरे शोधून झाली, पण थोडी भिती आणि काळजी वाटत होती कारण दरवेळेस मी शाळेत उत्तरपत्रिका लिहून सरांकडे द्यायचे पण आता कोरोनाच्या काळात शाळा बंद आहेत म्हणून यावेळेस पोस्टाने उत्तरपत्रिका पाठवली.ही परीक्षा खुपच छान होती. म्हणतात ना केलेली मेहनत कधी वाया जात नाही. तसच माझीही मेहनत वाया गेली नाही. माझा यात तृतीय क्रमांक आला. आपण मेहनत आणि कठोर परिश्रम केल्यास आपण काहीही करु शकतो.

प्रकाशकाचे मनोगत -

संस्थेचे अध्यक्ष मा. डॉ. रघुनाथ माशेलकर यांच्या मार्गदर्शनानुसार जागतिक ध्वनी वर्ष २०२० च्या अनुषंगाने 'ध्वनी प्रश्न मंजुषा' स्पर्धेचे आयोजन करण्यात आले होते.

प्रश्नमंजुषा स्पर्धेचे प्रश्न निश्चितीसाठी निवृत्त प्रा. विनायक शुक्ल (आबासाहेब गरवारे महाविद्यालय, पुणे) यांचे महत्त्वपूर्ण योगदान लाभले. गुण गौरव समारंभासाठी प्रा. डॉ. विजय रायबागकर (निवृत्त प्राचार्य SSR कॉलेज, सिल्वासा, पुणे) तसेच डॉ. राजेंद्र देवपूरकर (मा. विभागप्रमुख सूक्ष्म जीवशास्त्र सावित्रीबाई फुले, पुणे विद्यापीठ, पुणे), डॉ. प्रमोद खांडेकर (Former Chair Professor Biotechnology SPUNE University and former scientist NII.DELHI), डॉ. मनोहर जोशी (मा. संशोधक भाभा अणुशक्ती संशोधन केंद्र, तुर्भे, मुंबई), श्री. सुनील कुलकर्णी (विज्ञान तंत्रज्ञान विभागाचे पालक), श्री. सुहास काणे (संचालक डी. आर. डी. ओ., पुणे) यांनी विद्यार्थ्यांना मार्गदर्शन केले.

याबरोबरच प्रकल्प प्रमुख श्री. विश्वास कुलकर्णी, समन्वयक श्री. योगेश तांबट, श्री. राहुल ताम्हाणे, श्री. विजय पाटील, सौ. मंजुषा कुलकर्णी यांनी या स्पर्धेचे आयोजन केले.

सहभागी शाळांचे शिक्षक आणि विद्यार्थी यांच्या सहभागाशिवाय हा उपक्रम होणे अशक्य होते. यासाठी टाटा मोटरर्स, पुणे यांचे अर्थसहाय्य लाभले आहे.

या सर्वांचे मन:पूर्वक आभार...

- रविराज पाटील

'स्व'-रूपवर्धिनी , विज्ञान तंत्रज्ञान फिरती प्रयोगशाळा

पंजीकृत न्यास रजि. नं.एफ/१६९४, पुणे. सोसायटी रजिस्ट्रेशन अॅक्ट नोंदणी क्र. : MAH/588/Pune/80

फॉरिन कॉन्ट्रीब्युशन रेग्यु. अॅक्ट (FCRA) नुसार नोंदणी क्र. ०८३९३०२६०

PAN NO. : AAATS 5461K

संपर्काचा पत्ता :- 'स्व'-रुपवर्धिनी, २२/१, मंगळवार पेठ, पारगे चौक, पुणे - ४११०११.

दूरध्वनी :- (कार्यलय) - (०२०) २६१२१७०४, मो. ९०११३८६३८६

भ्रमण दूरध्वनी क्र. :- ९०९६८३३७८७ (रविराज पाटील) ९८२२४33632 (योगेश तांबट)

ई-मेल : mobilelab@swaroopwardhinee.org वेबसाईट : http://www.swaroopwardhinee.org

धनादेश 'स्व'-रुपवर्धिनी या नावाने काढावेत.

देणगीसाठी आयकर सवलतीचा तपशील :

50% Exemption available under Sec. 80G of the Income Tax Act 1961

Design & Print : **Nikhil Lonkar : +91 8888105867**