ధ్వని సంగతేంటో తేల్చేద్దాం

(ఆసక్తిదాయక ప్రయోగాలతో..)

ఆంగ్ల మూలం: వి. శ్రీనివాస చక్రవర్తి

తెలుగు: పి. విక్రమ్ కుమార్

మనం నివసించే ఈ ప్రపంచమంతా వైవిధ్యభరితమైన శబ్దాలతో కూడుకొని ఉంది. ఆలయాల్లోని గంటలైతేనేమి,

వాహనాల రణగొణధ్వనులూ, హారన్ల చప్పుళ్ళూ,

పక్షుల కిలకిలారావాలు, ఇంటి పైకప్పు రేకులపై పడే వాన చినుకుల సవ్వడి..

ఇలా ఎన్నెన్నో! మన శబ్దజగత్తు నమశక్యంకానన్ని రకరకాల ధ్వనులతో సుసంపన్నమైనది.

కొన్ని శబ్దాలు చెవికి ఇంపుగా ఉంటాయి (వీణ, వేణువు తదితర సంగీత పరికరాల నుండి ఉత్పన్నమయ్యేవి). మరికొన్ని ధ్వనులేమో కర్ణకఠోరంగా వుండటమే కాదు, హానికరంగానూ ఉంటాయి. అధిక శబ్ద తీవ్రతతో చెవులు మోతెక్కించే, చెవుల తుప్పు వదిలించే, లౌడ్ స్పీకర్లు, పేలుడు పదార్థాల విస్ఫోటనం తదితరాలు ఈ కోవలోకి వస్తాయి. ధ్వనులన్నిటినీ మానవులు (మనమేనండీ!) నేరుగా తమ చెవులతో వినలేరు. మనం వినలేని కొన్ని శబ్దాలను కుక్కలు పసిగట్టగలవు. వాటి చెవులకు ఆ శక్తి వుంది మరి!

మొత్తానికి ఏమిటి ఈ 'ధ్వని' అంటే? ఇది ఎలా పుడుతుంది?

'శబ్దం' కంపనం వల్ల పుడుతుంది

ధ్వని పుట్టుకకు కారణం 'కంపనం'. 'కంపనం' అంటే ఒక వస్తువు లేదా పదార్థంలో ముందూ వెనక్కి చలనం (పునరావృత కదలిక) కలగడమే. ఐతే అన్ని కంపనాలనూ ధ్వనులుగా వినలేము (*'వినలేము' అన్నప్పుడు 'మనిషి చెవితో నేరుగా' అని అర్థం చేసుకోవాలి. ప్రస్తుత విజ్ఞానమయ ప్రపంచంలో మనుషులు తమ చెవులతో వినలేని శబ్దాలను సైతం 'ప్రత్యేక సాధనాలు (సెన్సర్స్)' ఉపయోగించి గుర్తించగల్గుతున్నారు).

కంపనాలను ధ్వనిగా వినగల్గాలంటే అవి రెండు నియమాలను పాటించాల్సి ఉంటుంది. మొదటిది – ఆ పునరావృత చలనం, లేక ముందుకూ వెనక్కీ జరిగే కదలిక, తగినంత ఎక్కువ వేగంతో ఉండాలి (అంటే తగినంత ఎక్కువ పౌనఃపున్యం అవసరం); రెండోది – ఈ కదలిక తగినంత 'బలంగా' ఉండాలి. ఈ రెండు విషయాలను కొన్ని ప్రయోగాల ద్వారా అర్థం చేసుకుందాం.

ఒక స్టీలు పళ్ళెం, ఒక స్టీలు చెంచా తీసుకొని చెంచాతో పళ్ళెం అంచుపై గట్టిగా కొట్టండి. అంతే! పళ్ళెం కంపించటం వల్ల 'ఖంగు'మనే 'గట్టి' శబ్దం పుడుతుంది. చేతివేళ్ళతో పళ్ళెమును తాకటం ద్వారా కంపనాలను

అనుభూతి చెందవచ్చు కానీ పళ్ళెం యొక్క ఉపరితలం కంపించడాన్ని అంటే, ముందూ వెనకలకు కదలటాన్ని, నేరుగా కంటితో చూడలేకపోవచ్చు. ఆ కదలికలు సూక్ష్మ స్థాయిలో (మైక్రోస్కోపిక్ గా) ఉండటం వల్ల! ఆ పళ్ళెం నేలపైనో, బల్లపైనో వుందనుకుంటే, చెంచాతో కొట్టిన వెంటనే కొన్ని ఆవాలు పళ్ళెంలో వుంచితే అవి కంపనానికి అనుగుణంగా కదలటం, నాట్యమాడటం మీరు పరిశీలించవచ్చు. కంటితో కంపనాల్ని సులభంగా గుర్తించడం కోసం 'పెద్ద స్థాయి' కదలికలు ఉండే ప్రయోగం చేసి చూద్దాం.

బడిపిల్లలు ఉపయోగించే బెల్టు ఒకటి తీసుకోండి. ఒక్కో చేతిలో ఒక్కో కొసనూ పట్టుకొని చేతుల్ని దూరంగా సాచివుంచండి. రెండు చేతులూ ఒకే ఎత్తులో వుండేలా, బెల్టు భూమికి సమాంతరంగా (సరళరేఖలా) వుండేలా జాగ్రత్త వహించండి. ఇప్పుడు కొక్కెం (తల) భాగాన్ని అలాగే పట్టుకొని మరో చివర (తోక) భాగాన్ని వదిలేయండి.

బెల్టు కిందికి పడే క్రమంలో అది ఏ ఇతర వస్తువునూ తాకకుండా జాగ్రత్త వహించండి. ఏదైనా శబ్దం వినిపించిందా? లేదు!

మరిప్పుడు మరో ప్రయోగం చేద్దాం. ఈసారి బెల్టుని కొక్కెంవైపు ఒక చేతిలో పట్టుకొని కొరడా ఝుళిపించినట్లు విసురుగా కదిలించండి. పదునైన, తీక్ష్ణమైన "ఛళ్" మనే ధ్వని ఒకటి మీకు వినిపిస్తుంది.

నెమ్మదైన కదలిక ధ్వని సృష్టించడంలో విఫలమైనట్టూ, దాదాపు అటువంటి చలనమే వేగవంతంగా, చివ్వున జరిగినప్పుడు శబ్దోత్పత్తి జరిగినట్లు మనము సులభంగా గ్రహించగలం. మనం చెప్పుకున్న రెండు నియమాల్లో మొదటిది – తగు వేగంతో కంపించటం అనేది- పై ప్రయోగం ద్వారా నిరూపించగలిగాం.

ఇక, 'కంపనాలు శబ్దాన్ని ఉత్పన్నం చేయాలంటే తగినంత బలంగా వుండాలి' అనే రెండవ నియమం సంగతి చూద్దాం. దీనిని ప్రయోగాత్మకంగా చూపడానికి బెల్టుకు బదులు అంతే పొడవున్న దారం ముక్కను

తీసుకోండి. బెల్టుతో చేసినట్టే దారంతోనూ చేయడానికి ప్రయత్నించండి. కదలికలు నెమ్మదిగా వున్నా, వేగంగా వున్నా ధ్వని పుట్టించటంలో విఫలమవటం తథ్యం. కారణం – బలీయమైన కదలిక కలిగిన బరువైన, తగు వెడల్పు కూడా కల్గిన బెల్టు (తన కదలిక ద్వారా) పెద్దమొత్తంలో చుట్టూ వున్న గాలిని స్థానభ్రంశం చేయగలదు. తద్విరుద్ధంగా, సత్తువలేని కదలిక ద్వారా దారం కొద్దిపాటి గాలిని మాత్రమే నెట్టగలదు.

ఖచ్చితంగా చెప్పాల్సివస్తే 'ఝుళిపించటం' (ఒక్కసారిగా విదిలించటం) అనేది కంపనంగా పరిగణించలేం. బెల్టును ఒక్కసారిగా విదిలించటాన్ని కంపనంగా పరిగణించలేము అని మీరు వాదించవచ్చు. ఎందుకంటే ఇందులో ముందుకూ వెనక్కీ అనే కదలికగానీ, పునరావృతమయ్యే చలనం కానీ లేవు. ఔను. మీరు చెప్పింది నిజమే. సాధారణంగా చాలావరకు ధ్వని జనకాలు (శబ్దాన్ని సృష్టించేవి) 'అటూఇటూ కదలిక లేక పునరావృత చలనం ద్వారా శబ్దోత్పత్తి చేస్తుంటాయి కనుక మన ప్రయోగంలో చిన్న మార్పు చేద్దాం.

ఈసారి బెల్టు కొక్కెం వద్ద పట్టుకొని, మీ తలమీదుగా నిదానంగా (తక్కువ పౌనఃపున్యంతో అన్నమాట) వలయాకారంలో (సీలింగ్ ఫ్యాన్ మాదిరి) తిప్పండి. మీకేమైనా అలికిడి వినిపించిందా? బహుశా లేదు. ఇప్పుడు క్రమక్రమంగా తిప్పే వేగాన్ని పెంచండి. బెల్టు పయనించేదారిలో ఒక బిందువును ఊహించుకుంటే, తిప్పే వేగం పెరిగినకొలదీ బెల్టు మరింత తరచుగా ఆ కల్పిత బిందువును దాటుకు వెళ్తుంటుంది. ఎంత తరచుగా అనేది పౌనఃపున్యాన్ని నిర్ణయిస్తుంది. బెల్టు కదులుతూ వున్నప్పుడు చుట్టూ ఆవృతమైన గాలిని చీలుస్తూ ఉండటం వల్ల వేగం పెంచే క్రమంలో ఒకానొక దశనుండి ఒకరకమైన ఝుంకార ధ్వని వినిపించటం మొదలౌతుంది. ఇదే ప్రయోగాన్ని తేలికపాటి దారంతో చేస్తే వేగం ఎంత అన్నదానితో నిమిత్తం లేకుండా 'నిశ్శబ్దం' రాజ్యంచేస్తుంది.

సారాంశంగా మనం తెల్సుకోవాల్సిన కంపన ధర్మాలు ప్రధానంగా రెండున్నాయి – పౌనఃపున్యము మరియు వ్యాప్తి (విస్తృతి).

పౌనఃపున్యము (ఫ్రీక్వెన్సీ Frequency)

ఒక వస్తువు లేక ఉపరితలం అటూ ఇటూ కదలటాన్ని కంపనం అంటాం. ఈ ఊగిసలాటకి ఉదాహరణలు నిత్యజీవితంలో మనం తరచూ చూస్తూనే ఉంటాం. ఆట స్థలాల్లో పిల్లలు ఊగే ఉయ్యాల వాటిల్లో ఒకటి. పైకప్పుకి, లేదా దూలానికి తాళ్ళు, చీర కట్టి తయారుచేసే ఉయ్యాల్లో శిశువుల్ని పడుకోబెట్టడం మనదేశంలో సంప్రదాయంగా వస్తున్నదే! అలలు కలిగిన నీటిలో చొప్పబెండు లేక రబ్బరు బిరడా పైకీ కిందికీ (లయాత్మకంగా) కదలటం మరొక ఉదాహరణ. మరింత శాస్త్రీయ ఉదాహరణ కావాలంటే.. క్రమబద్ధంగా ముందుకీ వెనక్కీ కదిలే సాధారణ లోలకం (ఒక దారానికి రాయిని కట్టి వేలాడదీసి మీకంటూ ఓ లోలకం తయారుచేసుకోవచ్చు). ఇలా ఎన్నో చెప్పుకోవచ్చు.

లయబద్ధంగా ముందూవెనకలకు చలించే ద్రవ్యరాశి యొక్క కదలికని డోలనంగా (oscillation) పరిగణిస్తారు. ప్రమాణకాలంలో (అంటే ఒక క్షణంలో) జరిగే డోలనాల సంఖ్యని పౌనఃపున్యం అంటారు. వాస్తవానికి ఉయ్యాల

మరియు లోలకం కదలికల్ని మనం కంపనం యొక్క ఉదాహరణలుగా పరిగణించ(లే)ం. ఎందుకంటే సాధారణ వ్యవహారంలో 'కంపనం' అనే పదప్రయోగం 'శబ్దాన్ని' సృష్టించేవాటికే వాడుతుంటాం.

సాధారణ లోలకం ఎటువంటి శబ్దాన్నీ చేయదు. అలాసే ఉయ్యాలను వేలాడదీసిన కొక్కెములవద్ద ఘర్షణ లేదనుకుంటే అక్కడ కూడా శబ్దం ఉత్పన్నం కాదు. ఈ చలనాలు ఎందుకు 'చప్పుడు చెయ్యవు?'

ఎందుకంటే వాటి పౌనఃపున్యం మరీ స్వల్పం. తగుమాత్రం పౌనఃపున్యం ఉంటేనే మనం వినగలం.

లయబద్ధంగా ముందువెనకలకు చలించే ద్రవ్యరాశి యొక్క కదలికని డోలనమంటారనీ, ఒక క్షణంలో జరిగే డోలనాల సంఖ్యని పౌనఃపున్యమంటామనీ మనమిదివరకే తెలుసుకున్నాం. జర్మనీకి చెందిన ప్రసిద్ధ శాస్త్రవేత్త హెన్రిచ్ హెర్ట్జ్ గౌరవార్థం పౌనఃపున్యాన్ని హెర్ట్జ్ (hertz) అనే ప్రమాణంతో కొలుస్తారు. దీనినే సంక్షిప్తంగా Hz అని వ్రాస్తారు.

మనుషులు సాధారణంగా 20Hz నుండి 20,000 Hz పరిధిలో ఉన్న శబ్దాలనే వినగల్గుతారు. దీనినే శ్రవ్య అవధి అంటారు.

3 మీటర్ల పొడవుగల లోలకం(/ఉయ్యాల) ఒక పూర్తి ఆవర్తనానికి సుమారు 3 క్షణాల (సెకన్ల) సమయం తీసుకుంటుంది. L = లోలకం పొడవు=3మీ; g= గురుత్వాకర్షణ కారణంగా త్వరణం = 9.8 మీ/సె^{2}; వీటిని T = ఆవర్తన కాలం= $2\pi\sqrt{(L/g)}$ అనే సూత్రంలో ప్రతిక్షేపిస్తే T=3.47 సె అని లెక్క తేలుతుంది. పౌనఃపున్యం = f = 1/ T కనుక f విలువ సుమారు 0.3 Hz అవుతుంది.

మరో ఉదాహరణగా దోమ తన రెక్కలల్లార్చే వేగాన్ని గమనిస్తే ఒక క్షణంలో (సెకనుకు) సుమారు 450-600 సార్లు కొట్టుకుంటుందని తెలుస్తుంది. అంటే దోమ తన రెక్కల్నిఆడించడం ద్వారా ఉత్పత్తి చేస్తున్న శబ్దం

యొక్క పౌనఃపున్యం 450-600Hz అన్నమాట. దోమ మీ చెవులదగ్గరిగా ఎగిరినప్పుడు చిరాకు కలిగించే 'బజ్..జ్..' శబ్దం మీకెందుకు వినబడుతుందో ఇప్పుడు అర్థమైంది కదా!

తేనెటీగలు తమ ప్రయాణంలో భాగంగా తమ రెక్కల్ని సెకనుకు సుమారు 230 సార్లు ముందుకూ వెనక్కీ కదిలిస్తాయి. దాంతో 230Hz పౌనఃపున్యం కల శబ్దం జనిస్తుంది. అది మన శ్రవ్య అవధిలో ఉంది కనుక మనం వినగలం.

సంగీత ధ్వనులు (musical notes) ప్రాథమికంగా ఒక్క పౌనఃపున్యాన్ని కలిగివుంటాయి. కర్ణాటక శాస్త్రీయ సంగీతంలో 'సప్తస్వరాలు'గా గుర్తించబడే స,రి,గ,మ,ప,ద,ని,స అనేవి f_1 నుండి f_2 పౌనఃపున్య పరిధి కలిగి f_1:f_2=1:2 అనే సూత్రాన్ని నిక్కచ్చిగా పాటిస్తాయి. ఇలా ఒక నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యం (f_1) నుండి సరిగ్గా దాని రెట్టింపు పౌనఃపున్యం (f_2) వరకు కల విస్తృతినే 'ఆక్టేవ్ (octave)' అని వ్యవహరిస్తారు. సాధారణంగా అల్ప పౌనఃపున్యం కల 'స' స్వరం 240Hz తో వుంటే దానికి అనుగుణంగా 'స' అనే స్వరం రెండు రెట్లు అంటే, 2∗240Hz = 480Hz పౌనఃపున్యం కలిగివుంటుంది. ఇలాంటి పౌనఃపున్యాలే పాశ్చాత్య సంగీతానికీ వర్తిస్తాయి. f_2 అనేది f_1 యొక్క ద్విగుణం (×2) అన్నమాట.

తబలా, మృదంగం, డ్రమ్స్ వంటి వాయిద్యాలు సాధారణంగా 100-200Hz పౌనఃపున్యంతో కంపిస్తూ మంద్రమైన శబ్దాల్ని ఉత్పత్తి చేస్తాయి.

స్వల్ప తీవ్రతతో దడదడ శబ్దంచేసే భూకంప ప్రకంపనాలు 0.2Hz నుండి సుమారు <20Hz వ్యాప్తితో

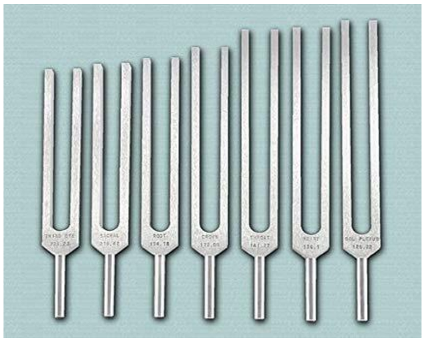
అంటే మనం వినగలిగే పౌనఃపున్యాల పరిధికి ఆవల ఉంటాయి. కనుకనే భూకంపాలు వచ్చే సంగతి మనం నేరుగా మన ఇంద్రియాల ద్వారా గుర్తించలేకున్నాం. వింతలకు, వైవిధ్యాలకు కొదువలేని ఈ విచిత్ర సృష్టిలో కొన్ని ఇతర ప్రాణులకు ఈ స్వల్పస్థాయి ప్రకంపనల్ని గుర్తించేలా వాటి శరీర నిర్మాణం వుంది.

మనం నోటి ద్వారా ఉత్పత్తిచేసే వివిధ శబ్దాల పౌనఃపున్య పరిధి (విస్తృతి) కన్నా మనం (చెవులతో) వినగల్గే ధ్వనుల పౌనఃపున్య పరిధి చాలా ఎక్కువ. సాధారణంగా మగవారు మాట్లాడేది 65-260Hz పరిధిలో ఐతే అది ఆడవారి విషయంలో 100-525Hz గా తేలింది. ఈ తేడా మన మాటల (speech) యొక్క ఒక ముఖ్య లక్షణాన్ని (దీన్నే కీచుదనం లేక 'పిచ్ (pitch)' అంటారు) తెరపైకి తెస్తుంది. ఒక శబ్దం (శబ్దసంచయం) యొక్క సగటు పౌనఃపున్యాన్ని 'కీచుదనం'గా పరిగణిస్తారు. పైనచెప్పుకున్న సంఖ్యలనుబట్టి ఆడవారి మాటలతో పోలిస్తే మగవారిమాటలు తక్కువ కీచుదనాన్ని కల్గివుంటాయని ఇట్టే చెప్పేయొచ్చు. 'పిచ్' లో ఈ భేదానికి కారణం ఆయా వ్యక్తుల స్వరపేటికల పొడవులు వేర్వేరు కావటమే. కంపనం చెందే తీగ పొడవు పెరిగినకొద్దీ అది ఉత్పత్తి చేసే శబ్దం యొక్క పౌనఃపున్యం తగ్గుతుంది.

కొందరు వ్యక్తుల విషయంలో (ఆడ, మగ ఎవరైనా కావచ్చు) మాత్రం ఈ పరిమితి (పైన పేర్కొన్నట్లుగా ఫలానా పౌనఃపున్యాల విస్తృతిలోనే మాట్లాడగల్గటం అనేది) వర్తించకపోవటం మనం గమనించవచ్చు. అధికశాతం మందికి వర్తించే 65-260Hz లేక 100-525Hz అనే నియమం కొందరికి వర్తించదు. http://shorturl.at/puJY7 లంకెలో (లింకు నొక్కటం ద్వారా) ఒక మహిళ హిందీపాటను వెంటవెంటనే ఆడ-మగ-ఆడ-మగ..లాగా గొంతుమారుస్తూ పాడగల్గటం దీనికి ప్రత్యక్ష నిదర్శనం.

భౌతికశాస్త్ర ప్రయోగశాలల్లో ధ్వని సంబంధిత అంశాల పరిశీలనకు ఉపయోగపడే గొప్ప ప్రామాణిక సాధనం 'శృతిదండం' (tuning fork). ప్రాథమికంగా ఇది ఆకారం కల ఒక లోహ పరికరం. దీని ప్రత్యేకత ఏమంటే ఇది ఒక నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యం వద్దనే కంపిస్తుంది.

శృతిదండం యొక్క భుజాల పొడవు మార్చటం ద్వారా అది పుట్టించే పౌనఃపున్యాన్ని మారుస్తూ వుండవచ్చు. పొడవాటి శృతిదండాలు తక్కువ పౌనఃపున్యంతో కంపిస్తాయి.



శ్రవ్యధ్వనుల పౌనఃపున్యం తక్కువలో తక్కువ 20Hz కనుక అలాంటి కంపనాల్ని కంటితో నేరుగా మనం చూడలేము. మనకన్ను ఏదైనా సన్నివేశాన్ని గుర్తించాలంటే అది కంటిపై కనీసం 0.1 క్షణాలైనా వుండాలి. మరి 1/20 = 0.05 (<0.1) కనుక మనం ఆ కంపనాల్ని చూడలేం. కానీ కొన్ని ప్రత్యేక ఉపాయాల ద్వారా మనం ఈ కంపనాల్ని చూడగలం.

ఉదాహరణకు https://shorturl.at/dkRS0 వీడియోలో శృతిదండం యొక్క కంపనాన్ని నెమ్మదైన కదలికలో దృశ్యమానంగా చూడవచ్చు.

https://shorturl.at/bclFO లంకెలో చూపినట్టు ప్రయోగం చేసి 'లౌడ్ స్పీకర్' సృష్టించే కంపనాల్ని చూడవచ్చు.

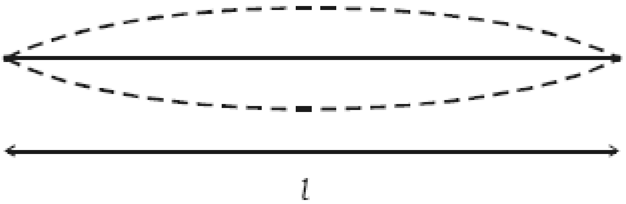
వీణ, ఫిడేలు తదితర తంత్రీ వాయిద్యాల్లో ప్రాథమికంగా రెండు స్థిర ఆధారాల మధ్య తీగల్ని బిగుతుగా కట్టివుంచటం మనం చూస్తాం.

వీణ యొక్క తంత్రులు

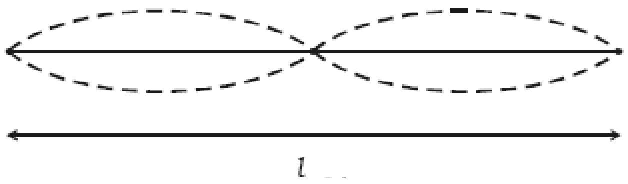
వీణలో ఏదైనా తీగను మీటడం ద్వారా ఆ తీగ కంపించటం, తద్వారా శబ్దం ఉత్పన్నం కావటం జరుగుతుంది. వీణలో ఏదైనా తీగను మీటితే ఆ తీగ కంపించి ధ్వని జనిస్తుంది. తీగలో కలిపే కంపనాల్ని- ఆ తీగలో పైకీ కిందికీ జరిగే కదలికల్ని – నేరుగా కంటితో గుర్తించటం కష్టం. కారణం -

1. ఆ కదలికలు మరీ వేగంగా వుండటం
2. ఆ కదలికల స్థాయి స్వల్పంగా వుండటం

ఐతే https://shorturl.at/otCHV లంకెలోని వీడియోలో తీగ యొక్క కంపనాలను స్పష్టంగా చూడవచ్చు. అందులో పొడవుగల తీగ యొక్క ఎడమవైపున ఉన్న మోటారు క్రమానుగతంగా పెరిగే పౌనఃపున్యాలతో ఆ తీగలో కంపనాల్ని కలుగజేస్తూ వుంది. పౌనఃపున్యం పెరిగేకొద్దీ తీగ కంపించే తీరు మరీ సంక్లిష్టంగా మారుతూవుంటుంది. పౌనఃపున్యం తక్కువగా ఉన్నప్పుడు కంపన విధానం సులభంగానే వుంటుంది. రెండు చివర్లూ బిగించబడివుండటం చేత అక్కడ తీగలో ఉండే కదలిక 'సున్నా'. ఐతే తీగ మధ్యభాగంలో ఈ కదలిక గరిష్ఠంగా ఉంటుంది, కింద పటంలో చూపినట్టు.

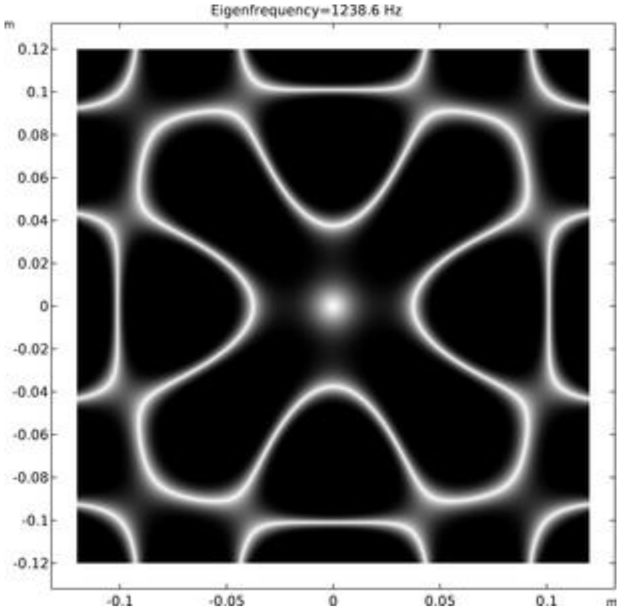


పౌనఃపున్యాన్ని పెంచుతూపోతే ఒకదశలో కింది పటంలో వున్నట్టు కంపనాలు ఏర్పడతాయి.



ఈసారి బిగించిన రెండు చివర్లే కాకుండా మధ్యభాగంలో కూడా అస్పందన (కదలిక లేని) స్థానం ఏర్పడుతుంది. ఇలా కదలికలేని ప్రాంతాన్ని Node ('నోడ్') అని కూడా పిలుస్తారు. మధ్యలోని అస్పందన స్థానానికి రెండు వైపులా గరిష్ఠ స్థానభ్రంశం కలగటం కూడా మీరు పైన ఇచ్చిన వీడియో లంకెలో చూడవచ్చు.

లౌడ్ స్పీకర్ యొక్క ఉపరితల కదలికలకు అనుగుణంగా నీటి ఉపరితలం కంపించటం మీరు గత ప్రయోగం వీడియోలో చూశారు. ఇప్పుడు నేరుగా ఉపరితల కంపనాల్ని చూడటానికి మరో ప్రయోగం చేద్దాం. దీనికోసం సమతలం కలిగిన, నల్లనిపూతకలిగిన, లోహపు రేకును తీసుకోండి. దానిపై తెల్లనిపౌడి అంతటా దాదాపు సమంగా పడేలా వెదజల్లండి. రేకు మీద పౌడి చల్లినప్పుడు ఆ విషయం స్పష్టంగా తెలిసేలా ఆ రెండిటి రంగులు వేర్వేరుగా (contrast) ఉండాలన్నది ఇక్కడ ముఖ్యం! ఆ రేకుకు అనుసంధానించబడిన మోటార్ ద్వారా అందులో కంపనాలు కలుగజేయవచ్చు. అప్పుడు ఆ పౌడిరేణువులు నాట్యం చేస్తున్నట్టు అటూ ఇటూ కదలటం, కాసేపటికి కొన్ని ప్రత్యేక ఆకర్షనీయమైన స్థిర రూపాల్లో, ఆకృతులలో అవి కుదురుకోవటం మీరు చూడవచ్చు. జరిగిందేమంటే రేకు కంపించినప్పుడు ఆ రేకులోని కొన్నిభాగాలు పైకీ కిందికీ కొంత కదులుతాయి. మరికొన్ని భాగాలేమో అస్సలు కదలవు. సరిగ్గా ఇలాంటి కదలిక లేని బిందువులవద్దే ఆ తెల్లని పౌడి రేణువులు గుమిగూడటం మొదలెడతాయి. ఈ తీరుతెన్నులే మనం ధ్వనిని 'చూసేట్టు' చేస్తాయి. వీటినే 'క్లాడినీ చిత్రాలు' (Chladni's patterns) అంటారు. http://Shorturl.at/oEMVZ లో క్లాడినీ చిత్రాలు సృష్టించడానికి అవసరమైన ప్రయోగాత్మక ఏర్పాటును దృశ్యరూపంలో చూడవచ్చు.



క్లాడినీ చిత్రాలు

కంపించే పళ్ళెముల భౌతిక ధర్మాలను గూర్చి విస్తృత పరిశోధనలు చేసిన జర్మనీ శాస్త్రవేత్త మరియు సంగీతకారుడైన 'ఎర్నెస్ట్ క్లాడినీ పేరిట ఈ నమూనాలకు ఆ పేరు పెట్టబడింది.

కంపన పరిమితి(Amplitude)

మరియు ధ్వని తీవ్రత (Loudness) : ఒక వెదురు బొంగు, తాడు ఉపయోగించి ఒక చిన్న విల్లు తయారుచేయండి. తాడుని గట్టిగా (బిర్రుగా) బిగించి కట్టండి. ఇప్పుడు తాడుని కొద్దిగా లాగి వదలండి. 'త్యాంగ్' అనే శబ్దం వినిపిస్తుంది. ఈ ధ్వని తాడు యొక్క కంపనం వల్ల కలిగిందని స్పష్టంగా తెలుస్తోంది. ఈసారి తాడుని మరికాస్త ఎక్కువగా లాగి

గాజిర్ మహల్ పాఠశాల (Gazirmahal school, Bengal)

గాజిర్ మహల్ పాఠశాల (Gazirmahal School, Bengal) సౌజన్యంతో

విడిచిపెట్టండి – గతంలోకంటే బిగ్గరగా 'త్వాంగ్' శబ్దం మీ చెవులకు సోకింది! మొదటి ప్రయత్నంలోకన్నా రెండో ప్రయత్నంలో తాడు ఎక్కువదూరం అటూ ఇటూ కదిలిందని కూడా మీరు గ్రహించారు. తాడు (లేదా కంపించే వస్తువు) తన సమతా స్థితి నుండి అటో ఇటో గరిష్ఠ స్థానభ్రంశం పొందడాన్ని కంపన పరిమితి (amplitude) అంటారు. కంపన పరిమితి ఎక్కువైతే ఆ ధ్వని తీవ్రత (loudness) పెరుగుతుందన్నమాట.

కంపనాల్ని సృష్టించే 'ధ్వని జనకము' కారణంగా చుట్టూవున్న గాలిలో కలిగే పీడనమార్పులే 'ధ్వనులుగా' మనకు విన్పిస్తాయి. గాలి పీడనంలో కలిగే ఈ ఒడిదుడుకులు తదనుగుణంగా చెవిలోపల వుండే సున్నితమైన కర్ణభేరి అనే పొరను కంపింపజేస్తాయి. ఎలాగైతే చర్మం భౌతిక స్పర్శను గుర్తిస్తుందో అలాగే కర్ణభేరి గాలిపీడనంలో కలిగే మార్పుల్ని గుర్తిస్తుంది. ధ్వని బిగ్గరగా వినపడింది అంటే దాని అర్థం గాలి పీడనంలో అధికతేడా (కంపన పరిమితి) వుందని.

కర్ణభేరి అతి సున్నితమైనదే ఐనా అది విస్తృత పరిధిలోని ధ్వని తీవ్రతలను గ్రహించగలదు. కనాకష్టంగా గ్రహించగల అతి స్వల్ప తీవ్రతగల ధ్వని కన్నా కర్ణభేరిని శాశ్వతంగా నష్టపర్చగల, గాయపరచగల ధ్వని తీవ్రత లక్షకోట్ల (10,00,00,00,00,000) రెట్లు ఉంటుంది. ఇంతేసి పెద్ద సంఖ్యల్ని సాధారణ వ్యవహారంలో అర్థం చేసుకోవడానికి అనువుగా ఉండేలా శాస్త్రవేత్తలు ఈ ధ్వని తీవ్రతల నిష్పత్తిని "సంవర్గమానాల్లో " (logarithms) వ్యక్తపరుస్తారు. దీని ప్రకారం నిష్పత్తి పదిరెట్లు పెరిగిందంటే కొలతలో అది కేవలం "20" పెంపుదలగా గుర్తించబడుతుంది. వందరెట్లు పెరిగిందంటే కొలతలో అది కేవలం "20+20=40" పెంపుదలగా గుర్తించబడుతుంది ఈ రకమైన "కొలత"నే డెసిబెల్ (decibel) అని అంటారు. దూరవాణి (telephone) ఆవిష్కరణకు కృషి చేసిన అలెగ్జాండర్ గ్రాహంబెల్ గౌరవార్థం "బెల్"ని డెసిబెల్ గా ఉపయోగిస్తున్నారు. ఇక "డెసి" (deci) అనేది "పది రెట్లు" అనే దాన్ని సూచిస్తుంది. ధ్వని తీవ్రత లెక్కల్లో పదిరెట్లు అనేది ఒక ప్రామాణిక మెట్టు భావించబడుతుంది.

- డెసిబెల్ ని సంక్షిప్తంగా db అని వ్రాస్తారు. సాధారణంగా మనిషి మాటల ధ్వని తీవ్రత సుమారు 60db ఉంటుంది. 85db మరియు ఆ పైస్థాయి తీవ్రత గల ధ్వనులు మన చెవులకు సురక్షితం కావు. హాని

కలిగిస్తాయి. వాహనాల హారన్లు చేసే ధ్వని సుమారు 115db ఉంటుంది. అదే పనిగా ఎవరైనా హారన్ మోగిస్తుంటే అది మన శబ్దగ్రాహక వ్యవస్థపై వారు ఉద్దేశపూర్వకంగా చేస్తున్న దాడిగానే పరిగణించాల్సి ఉంటుంది!

- అత్యవసర సేవలందించే అంబులెన్స్ వంటివి వెలువరించే ధ్వని తీవ్రత కావాలనే ఉద్దేశపూర్వకంగా 120db గా అమర్చి ఉంటుంది. అప్పుడే కదా రహదారిపై ఇతర వాహనాలు, పాదాచారులు వెంటనే విషయం తెలుసుకొని పక్కకు తప్పుకొనేది.

ధ్వని ప్రసరణకు యానకం అవసరం:

- ధ్వని అనేది ఒక కణం, లేదా ద్రవ్య రాశి ముందు వెనకలకు కదలటం ద్వారా ఉత్పన్నమై అన్ని దిశలకు వ్యాపిస్తుందని ఇంతవరకు తెలుసుకున్నాం.
- ఐతే ధ్వని ఒక చోట నుండి మరో చోటకి ఎలా ప్రయాణం చేస్తుంది? రోజువారీ అనుభవాల రీత్యా ధ్వని ప్రయాణించడం తప్పనిసరి అని మనకు తెలుసు. అసలది ప్రయాణించటం వల్లనే కదా మనం వేరే గదిలో వారు మాట్లాడేది వినగలుగుతున్నాం; ఎక్కడో దూరంగా ఆకాశంలో వెళ్ళే సూపర్సోనిక్ (ధ్వని వేగం కన్నా ఆధిక వేగంతో పయనించే) జెట్ విమానపు ధ్వనిని వినగల్గుతున్నాం. ధ్వని జనకం కలుగజేసే ప్రాథమిక కంపనం తన చుట్టూఉన్న గాలిలో అలజడి (కదలిక) సృష్టిస్తే అది అలాఅలా గాలిలో పయనిస్తూ సమీపంలోని, దూరంలోని ప్రాంతాల్ని చేరుతుంది.

ఇక్కడ మరో విషయమూ అర్థం చేసుకోవాల్సివుంది. ధ్వని శూన్యంలో పయనించదు! పూర్తి స్థాయి శూన్యం కాకుండా పాక్షిక శూన్య వాతావరణం కలుగజేస్తే అందులో ధ్వని ప్రభావవంతంగా ప్రయాణం చేయలేదు – మరో విధంగా చెప్పాలంటే – అలాంటి పరిస్థితుల్లో ధ్వని తీవ్రత నశిస్తుంది. దీనిని ఒక చిన్న ప్రయోగం ద్వారా నిరూపిద్దాం.

ఈ ప్రయోగానికి మనకు కావాల్సిన సరంజామా – ఒక పెద్ద గాజు జాడీ లేదా వెడల్పాటి మూతి గల గాజు సీసా, చరవాణి (సెల్ఫోన్, cell phone), ఒక పెద్ద పళ్ళెం, ఒక కొవ్వత్తి మరియు అడుగు సమతలంగా ఉన్న ఒక చిన్న గిన్నె.

1. పళ్ళెమును బల్లపై పెట్టి అందులో (కాసిన్ని) నీళ్ళు పోయండి .
2. గిన్నెను అందులో బోర్లించండి.

3. దానిపై వీలైనంత దూరం పాటిస్తూ సెల్ఫోను మరియు వెలుగుతున్న కొవ్వత్తిని వుంచండి. మీ సెల్ఫోను నిశ్శబ్ద స్థితి (SILENT MODE)లో లేదని రూఢి చేసుకోండి.
4. ఇక గాజు జాడిని వీటిపై బోర్లించండి.
5. ఇప్పుడు ఆ ఫోన్ కి కాల్ చేస్తే అది మోగుతున్న ధ్వని మీకు విన్పిస్తుంది.
3. దానిపై వీలైనంత దూరం పాటిస్తూ సెల్ఫోను మరియు వెలుగుతున్న కొవ్వత్తిని వుంచండి. మీ ఫోనులో ఎక్కువ నిడివి ఉండే ఓ మంచి పాట వినబడేలా ఏర్పాటు చేయండి.
4. ఇక గాజు జాడిని వీటిపై బోర్లించండి.
5. ఇప్పుడు కూడా ఆ ఫోన్ నుండి సంగీతం మీకు విన్పిస్తూ ఉంటుంది.
6. కానీ నెమ్మది నెమ్మదిగా కొవ్వత్తి ఆ జాడీ లోపల ఉన్న ఆక్సిజన్ని ఉపయోగించుకుంటూ వుండటంతో పాక్షికశూన్య స్థితి వంటిది ఏర్పడుతుంది. తదనుగుణంగానే ధ్వని తీవ్రత క్రమముగా తగ్గటం మీరు గ్రహిస్తారు.

స్వయం సమృద్ధ భౌతిక శాస్త్ర ప్రయోగశాలల్లో దాదాపు శూన్య స్థితిని సాధించ గలిగే పరికరాలు ఉంటాయి. అలాంటి శూన్యంలో సెల్ఫోను (/స్పీకర్) వంటి ధ్వని జనకాన్ని ఉంచి ధ్వనిని సృష్టించినా ఆ శబ్దం దాదాపుగా అణగారిపోవడం https://shorturl.at/rwCP2 లో గమనించవచ్చు.

గమ్మత్తైన నిజం!

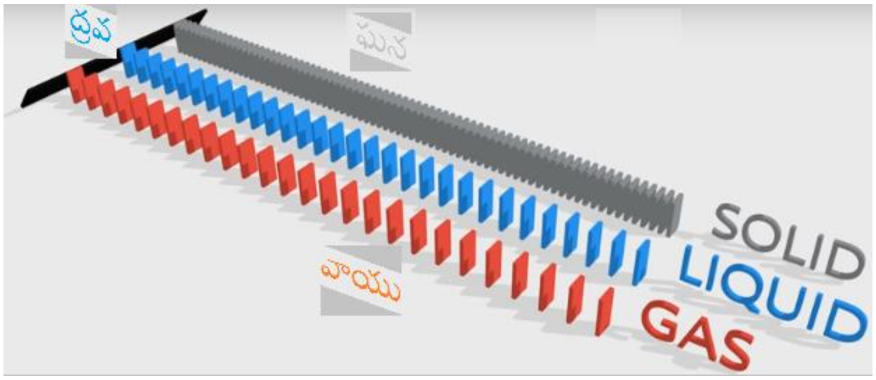
భూ వాతావరణాన్ని దాటి అంతరిక్షంలోకి అడుగిడితే అక్కడ దాదాపు శూన్యస్థితి వుంటుంది. అక్కడి గగనసీమలో పదార్థ సాంద్రత ఎంత స్వల్పంగా వుంటుందంటే ఒక ఘనపు సెంటీమీటరు పరిమాణంలో ఒక అణువును గుర్తించడం కూడా గగనమే! అలాంటిచోట్ల చంద్రునిపై తిరుగాడే వ్యోమగాములు సంభాషణలు సాగించాలంటే విద్యుదయస్కాంత (రేడియో) తరంగాలే శరణ్యం! అంతే తప్ప భూమి మీదల్లే ఆ శూన్యప్రాంతంలో నోరు తెరిచి బిగ్గరగా అరచినా ఫలితం 'శూన్యం'!

యానకంలో ధ్వని ప్రసారం - ఒక పోలిక:

యానకం (పదార్థం) లో శబ్దం ఎలా ప్రయాణం చేస్తుందో తెలుసుకోవడానికి సుపరిచితమైన ఒక సన్నివేశాన్ని ఉదాహరణగా చూద్దాము. పండుగల వేళ ఆలయాల వద్ద, రైల్వే స్టేషన్ టికెట్ కౌంటర్ల వద్ద జనం పొడవాటి వరుసల్లో నిల్చోవడం మన దేశంలో సామాన్య విషయమే. ఆ వరుస మరీ నెమ్మదిగా

కదులుతుంటే ఓపిక చాలక పొరపాటున ఎవరో ఒకరు ముందువారిపై పడటం, అనుకోకుండా జరిగిన ఈ హఠాత్పరిణామానికి ఆ వ్యక్తి తన ముందు వారి పైకి నిస్సహాయంగా తూలటం.. ఆ సదరు మనిషి నిలదొక్కుకోలేక తన ముందున్న వారిపై పడటం .. ఇలా ఈ ప్రభావం ఆ వరుసలో కొంత దూరం మేరకు విస్తరిస్తుంది. నెట్టబడ్డ బాధితుల్లో మీరు లేకున్నా, అలాంటిది జరిగిందన్న సంగతి "అబ్బా ! నెట్టకండి !" అని ఎవరో అరిచినప్పుడు మీకు తెలుస్తుంది. ఈ ఘటనలో తొలి బాధితుల కదలిక స్థాయి ఎక్కువ గాను, ఆ తర్వాత్తర్వాతి బాధితుల కదలిక స్థాయి తక్కువ తక్కువ గాను వుంటుంది. ఒక దశలో ఏదో ఓ వ్యక్తి వద్ద 'ఇక ముందుకు పడటం' అనేది ఆగిపోతుంది.

- పైన పేర్కొన్న సన్నివేశాన్ని మనుషులతో కాకుండా మరో విదంగా చిన్న ప్రయోగంగా చేయవచ్చు దీనికి మీరు చేయాల్సిందల్లా కొన్ని తేలికపాటి దీర్ఘ ఘనాకార చెక్క ముక్కల్ని గాని (ఖాళీ) అగ్గి పెట్టెల్ని గాని సిద్దంగా ఉంచుకోవటమే. ఇప్పుడీ చెక్క ముక్కల్ని పటంలో చూపిన విధంగా నిలువెత్తుగా వరుసలో తగు దూరం పాటిస్తూ నిలబెట్టండి.



ఇప్పుడు ఒక చివర వున్న చెక్కముక్కని అది తన ముందరి దానిపై పడేలా కాస్త నెట్టండి. మొదటిది తనను తాకడమే ఆలస్యం అన్నట్టు రెండోది వెంటనే ముందుకు తూలి మూడోదానిపై పడటం .. ఇలా ఈ అలజడి మున్ముందుకుసాగి ఆ వరుసలో అప్పటి దాకా నిలుచున్నవన్నీ ఒక క్రమ పద్ధతిలో నేలకరవటం మీరు చూస్తారు.

యానకంలో ధ్వని ఎలా ప్రయాణం చేస్తుందో పైన సులభంగా చేయదగిన ప్రయోగం ద్వారా తెలుసుకున్నాం. తొట్టతొలుత కంపనం ఆ యానకంలోని సమీప అణువుల్ని నెడుతుంది. ఆ అణువులు ముందుకు కదిలి ఆ తర్వాత వాటిని నెడతాయి. ఇలా పుట్టిన కంపనం ద్వారా జరిగిన 'నెట్టివేయడం అనే చర్య'కు కొనసాగింపుగా మరికొన్ని 'నెట్టుకోళ్ళు' ఆ పదార్థంలో కొంత దూరం వరకు జరుగుతాయి. ఈ క్రమంలో ప్రతి పరమాణువు తన తదుపరి ఉన్న పరమాణువును ఢీకొనే దాకా చాలా స్వల్ప దూరం మాత్రమే ప్రయాణం చేస్తుంది. ఈ రెండు గుద్దుకున్నాక రెండవది ముందుకు పయనిస్తే మొదటిది గోడకు కొట్టిన రబ్బరు బంతిలా వెనక్కు వచ్చేస్తుంది. ఇదే విధంగా ఆ పదార్థంలో ధ్వని జనక స్థానం నుండి వరుస బెట్టి వున్న పరమాణువులలో కదలిక జరగటం వల్ల ఆయా పరమాణువుల మధ్య శక్తి ప్రసారం జరుగుతుంది. ఘన, ద్రవ, వాయు పదార్థాల్లో ధ్వని ఎలా ప్రయాణిస్తుందో https://shorturl.at/gqBIW వీడియోలో దళసరి అట్టముక్కలు ఉపయోగించి చేసిన ప్రయోగం చూడవచ్చు.

పైన గమనించిన విధానాన్నే మనకు నిత్య జీవితంలో తరచూ ఎదురయ్యే మరో సన్నివేశంతోనూ పోల్చుకోవచ్చు. ఏదైనా భవన నిర్మాణం జరిగే చోట కొందరు వ్యక్తులు (భవన నిర్మాణకార్మికులు) ఓ వరుసలో ఒకరికొకరి మధ్య కాస్త నిడివి పాటిస్తూ నిల్చొని ఇటుకల్ని ఇటుకల రాశి నుండి గోడ కట్టే చోటకి చేరవేస్తుంటారు. ఈ పనిలో ఆ వ్యక్తులు తమ స్థానాలు వదలరు. కానీ ఇటుకలు మాత్రం చేతులు మారుతూ ఒక పద్ధతి ప్రకారం ముందుకు వెళతాయి.

ఘన పదార్థంలో ధ్వని ప్రసారం :

ధ్వనులు ఘన పదార్థాల్లో కూడా పయనిస్తాయి. ఇంకా చెప్పాలంటే గాలిలో కన్నా మరింత బాగా! ప్రతి పిల్ల లేక పిల్లాడు ఏదో ఒక దశలో తమకు తాముగా ఘన పదార్థాల్లో శబ్దం ప్రసరించటాన్ని నిరూపించే సులభమైన ప్రయోగం ఒకటి చేస్తుంటారు. ఆ ఉద్దేశం వారికి లేకపోయినా. కేవలం ఆటవిడుపుగానే ఐనా!

ఈ ప్రయోగం (మరీ చిన్న పిల్లల భాషలో దీన్నే 'ఆట' అంటారు లెండి!) రెండు చిన్న పేపరు కప్పులతో స్వంత దూరవాణి (టెలిఫోన్) తయారు చేయడం గూర్చి. మీకు భలే ఆశ్చర్యం గొలిపే టెలిఫోన్ వ్యవస్థని తయారు చేయటానికి రెండు కప్పుల్లో అడుగు భాగాల్లో మధ్యలో సరిగ్గా దారం పట్టేంత చిన్న రంధ్రాలు (బెజ్జాలు) సూదితో చేసి వాటిగుండా దారం పోనిచ్చి ఆ కప్పుల అడుగు భాగం బయటవైపున దారాల కొసలకు చెరో అగ్గి పుల్ల కట్టండి. దారం పొడవు 5-10 మీటర్లు ఉంటే బాగుంటుంది. ఇప్పుడు మీ మిత్రులు, అన్న దమ్ములు , అక్కచెల్లెళ్ళలో ఎవరో ఒకర్ని ఒక కప్పు పట్టుకొని దారం బిగుతుగా ఉండేంత దూరానికి జరగమనండి. మరో కప్పు మీరు పట్టుకొని ఉండగానే! ఇప్పుడు మీరు సాధారణ స్థాయి లోనో లేక కాస్త గుసగుసగానో మాట్లాడేది అవతలివైపు వారు మరీ పెద్ద ఇబ్బంది లేకుండా వినగలుగుతారు. మెరుగైన ఫలితం కోసం కాస్త లావుగా ఉన్న దారం (ట్వైన్ దారం వంటిది) వాడితే మేలు.

ఈ ప్రయోగంలో (ఆటలో) మీ మాటలు దారం ద్వారా ఒక కొస నుండి ప్రయాణించి అవతలి కొసకి చేరాయన్నమాట!

సర్వ సాధారణంగా మనం వైద్యుల వద్ద చూసే స్టెతస్కోపు కూడా 'ధ్వని ఘన పదార్థాల ద్వారా ప్రయాణిస్తుంది' అనే విషయంలోని వాస్తవానికు నిదర్శనంగా నిలుస్తుంది. అలుపెరుగని శ్రామికుని వలె పని చేస్తుండే గుండె కొట్టుకునే శబ్దం మనం నేరుగా చెవులతో వినలేము. కాన్ని హృదయం లబ్-డబ్ శబ్దంతో కొట్టుకుంటుందని స్టెతస్కోప్ ద్వారా తెలుసుకోగలం. స్టెతస్కోప్ యొక్క ఒక చివర గంట ఆకృతిలో డొల్లగా ఉండి దానిపై బిగుతుగా ఒక రబ్బరు తొడుగు ఏర్పాటు చేసి ఉంటుంది. ఇక (గొట్టం) రెండోవైపు ధ్వనులను రెండు చెవులతో వినడానికి అనువుగా గొట్టం రెండుగా చీలుతుంది.

స్టెతస్కోప్

ఘన పదార్థాల్లో ధ్వని చక్కగా ప్రయాణిస్తుంది అనే విషయం ప్రత్యేక పరిస్థితుల్లో ప్రాణాలు కాపాడే సాధనంగా కూడా ఉపయోగ పడచ్చు. ఉదాహరణకు ఒకానొకచోట రైలు పట్టాలు ఒక కొండ చుట్టూ మలుపు తిరిగి ఉన్నాయి అనుకోండి. మీరు ఉన్న వైపు ఒక రైల్వే వంతెన ఉందనుకుందాం. మీరు వంతెన మీదుగా నడిచి వెళ్లాలంటే మరి రైలు వస్తున్నదో లేదో ముందుగా తెలుసుకోవటామెలా? కొండవద్ద మలుపు ఉన్నందున రైలు నేరుగా కంటికి కనపడే అవకాశం లేదు. రైలు పట్టాలపై చెవి ఆనించటం ద్వారా కొన్ని కిలోమీటర్ల దూరంలో రైలు వున్నప్పుడు కూడా దానికి సంబంధించిన కంపనాలు గ్రహించవచ్చు. ఐతే ఇలాంటి ప్రయోగాలు రైల్వే భద్రతా సిబ్బంది పర్యవేక్షణలో మాత్రమే చేయండి. అది కూడా విషయాన్ని ఆకళింపు చేసుకోవడానికే. సరదాగా ఎప్పుడుపడితే అప్పుడు ఇలాంటివి చేస్తే ప్రాణాంతకమౌతాయి కూడాను. ఉత్తర అమెరికాలో నివసించిన 'రెడ్ ఇండియన్లు' అనబడే జాతికి చెందినవారికి నేలపై చెవి ఆనించి శబ్దాలు వినటం ద్వారా చాలా దూరం నుండి తమవైపుకి వస్తున్న గుర్రపు డెక్కల చప్పుడు గుర్తించగలిగే నైపుణ్యం వుండేదట. ఆ కౌశలాన్ని కాస్త అతి చేసి, నాటకీయత జోడించి పాత తరం హాలీవుడ్ చలనచిత్రాల్లో ఉత్కంఠ భరిత సన్నివేశాలకు రూపకల్పన చేశారులెండి.

ఘన పదార్థాల్లో కంపనాలు చక్కగా పయనిస్తాయి కనుక భూకంపాలకు సంబంధించిన చలనాలను కూడా చాలా దూరం నుండే పసిగట్టవచ్చు. దాదాపు 500 కిమీ దూరంలోని భూకంపాలను కూడా మనుషులు అనుభూతి చెందగలరు. సున్నితమైన ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలను ప్రయోగించి భూమికి ఆవలివైపు (అంటే ~ 2*6400 = 12,800 కిమీ **వరకూ**) ఏర్పడే భూకంపాలను సైతం గుర్తించేలా శాస్త్ర విజ్ఞానం పురోగమించింది. భూమి ద్వారా ప్రయాణించే కంపనాలకు సంబంధించిన అంశాలను 'సెయిస్మిక్స్' (Seismics) పేరిట అధ్యయనం చేస్తారు. తత్సంబంధిత పరిశోధనలు చేసే ఒక కేంద్రం హైదరాబాదులోని జాతీయ భూభౌతిక పరిశోధనా సంస్థ (National Geographical Research Institute, NGRI).

ఎముక గుండా ధ్వనుల ప్రయాణం

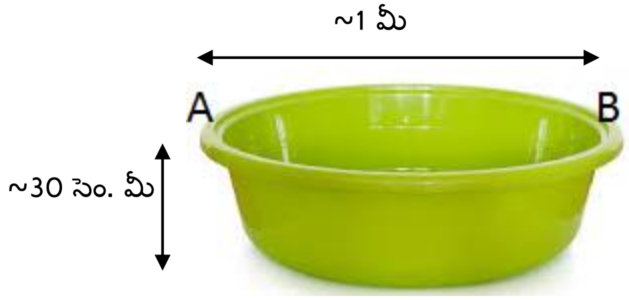
కంపనాల ద్వారా ఉత్పన్నమైన ధ్వని యానకం (సాధారణంగా గాలి) ద్వారా ప్రయాణించి ఎప్పుడైతే చెవిలోని కర్ణభేరి అనే పొరను తాకుతుందో అప్పుడు మనకు వినికిడి జ్ఞానం కలుగుతుంది. కర్ణభేరి కంపించటమే కాదు, ఆ కదలికలు చెవి లోపల భాగంలో సున్నితమైన కొన్ని ఎముకల ద్వారా పయనిస్తాయి. బధిరుల (వినికిడి జ్ఞానం లేని వారి) విషయంలో ఈ వ్యవస్థ పనిచేయదు. అలాంటి పరిస్థితుల్లో ఈ సహజ వ్యవస్థకు ప్రత్యామ్నాయంగా ప్రత్యేకంగా రూపొందించిన వినికిడి యంత్రాన్ని ఉపయోగించవచ్చు. ఈ వినికిడి యంత్రంలో ప్రధానంగా వుండే కంపన పరికరం నేరుగా పుర్రెతో అనుసంధానమై ఉండటం వల్లనూ, ధ్వని పుర్రె వంటి సాంద్రమైన ఘన పదార్థాలలో మరింత బాగా పయనిస్తుంది కనుకనూ, ఆ సదరు వ్యక్తి శబ్దాలను స్పష్టంగా వినగల్గును.

ధ్వనులు ఘన రూపమైన మానవ శరీరం గుండా ప్రయాణించగలవు. మరీ ముఖ్యంగా శరీరంలోని అతి దృఢమైన ఎముకలద్వారా మరింత బాగా ప్రయాణించగలవు. దాని ఆధారంగా రూపొందించబడిన ప్రత్యేక తరహా వినికిడి యంత్రాల్లో ఏర్పాటు చేసే కంపన పరికరం నేరుగా ప్రకంపనల్ని పుర్రెకు అనుసంధిస్తూ పని చేస్తుంది. పుర్రె భాగం గట్టిదైన ఘన పదార్థంతో కూడినది కనుక ఆ యంత్రం ధరించిన వ్యక్తికి శబ్దాలు చాలా స్పష్టంగా వినిపిస్తాయి. ఇలాగే ధ్వనుల్ని స్పష్టంగా వినడానికి మరోలా ప్రయత్నించవచ్చు. మోచేతి భాగంలో

చర్మం మరీ మందంగా ఉండదు, పల్చగా వుంటుంది. కనుక వినదల్చిన ధ్వని తాలూకు ప్రకంపనల్ని https://shorturl.at/bfyY9 (ఈ వీడియోలో చూపినట్లు) మోచేతి ఎముక వద్ద అనుసంధించగల్గితే సరి! ఇలా ఎముకల ద్వారా ధ్వని (కంపనాల) ప్రసారం చేయటమనే మౌలిక విషయం ఆధారంగా రూపొందించబడ్డ వినికిడి యంత్రాల్ని అప్పుడప్పుడు సైనికులు ఉపయోగిస్తుంటారు. దీని వల్ల వారికి కలిగే ప్రయోజనమేమిటో చూద్దాం. ఈ ప్రత్యేక పరికరాలను చెవి వెనక భాగంలోని ఎముకకు తగిలేలా ధరిస్తారు. చెవి భాగాన్ని కప్పివేయకుండా మామూలుగానే ఉంచటం వల్ల (సమీపంలోని) సాధారణంగా వినపడే ధ్వనులన్నీ 'నేరుగా చెవితో' వినగల్గటంతో పాటు ఎక్కడో దూరం నుండి తనతోటి సైనికులు సమాచార యంత్రాల ద్వారా పంపే ధ్వనులను కూడా వినగలరు.

ద్రవ పదార్థాల ద్వారా ధ్వని ప్రసరణ :

ధ్వనులు గాలిలో కన్నా మెరుగ్గా ద్రవ పదార్థాల్లో ప్రయాణం చేస్తాయి. దీన్ని రుజువు చేయటానికి ఓ చిన్న ప్రయోగం చేద్దాం.



పటములో చూపిన విధముగా ఒక తొట్టిని తీసుకోగలరు. చేయనున్న ప్రయోగానికి అనువుగా తగినంత ఎత్తులో పెట్టుకోగలరు. ఇప్పుడు దాదాపు అంచువరకు అందులో నీరు నింపండి. AB అనేది వ్యాసం ఐతే, మీరు A వద్ద ఉంటే, మీ సహచరుల్లో ఒకరు B వద్ద ఉండాలి. ఒక చెవి మాత్రం నీటిలో మునిగేంతగా మీరు నేలపై నిటారుగా కూర్చొని ఒకపక్కకు వంగినప్పుడు మీ మిత్రులొకరు నీటిలో రెండు స్టీలు చెంచాలను మునిగేలా పట్టుకొని ఒకదానితో మరోదాన్ని కొడుతూ ఉండాలి మధ్య మధ్య సుమారు పది క్షణాల నిడివి

ఇస్తూ. (ఈ సమయంలో ముక్కులోకి నీరు పోకుండా ముక్కు మూసుకోవడం మర్చిపోకండేం?) నీటిలో మీ చెవి మునిగి ఉన్నప్పుడు మీకు శబ్దం ఎలా వినపడిందో గుర్తుంచుకోండి. ఈ సారి మీరు మామాలుగా నిటారుగా కూర్చోండి. ఈ పాటికి రెండవసారి చెంచాలు ఒకదాన్ని మరోటి తాకిన శబ్దం మీ చెవికి సోకింది. ఐతే ఈ సారి శబ్ద తీవ్రత తక్కువున్నదని మీరు గ్రహించే ఉంటారు. లేదా? ఐతే మీరు చేయాల్సిందల్లా మరోసారి చేసి 'శ్రద్ధగా' గమనించడమే! ఎందుకిలా జరిగిందో మీ ఊహకి అందిందనుకుంటా. మొదటి పర్యాయం ఉత్పన్నమైన శబ్దం పూర్తిగా నీటిలోనే ప్రయాణం చేసి మీ చెవిని చేరితే, రెండవసారిమాత్రం కాసింత నీటిలో, తతిమ్మా భాగం గాలిలో ప్రయాణం చేయాల్సివచ్చింది. అంటే మొదటిసారి పూర్తిగా ద్రవ యానకం కాగా రెండవసారి మాత్రం ద్రవ మరియు వాయు యానకాల ద్వారా పయనం సాగిందన్నమాట. దానికి తగ్గట్టే శబ్ద తీవ్రతల్లో తేడా. సముద్రం అంతర్భాగంలో ఈతకొడుతూ పరిశోధనలు చేసే వారిమధ్య సంభాషణలు సాగే పైనం విధానం http://shorturl.at/adjW2 లో మీరు గమనించవచ్చు(02:20-02:40ని మధ్య).

తిమింగలాలు సుదూర ప్రాంతాల్లోని ఇతర తిమింగలాలతో సమాచారం ఇచ్చిపుచ్చుకోవడానికి ధ్వనికి వున్న ఈ ప్రత్యేక గుణం ఎంతగానో దోహదపడుతుంది. కొన్ని పక్షులకు మల్లే తిమింగలాలు కూడా తోటి తిమింగలాల కోసం పాటలు పాడగలవు. తద్వారా సమాచార మార్పిడి చేసుకోగలవు. ఒక్కోసారి ఈ ఫలానా పాటల (ధ్వనుల) నిడివి 30 నిమిషాల వరకు ఉండవచ్చు . 'హంప్ బ్యాక్ వేల్' (Humpback whale) అనే జాతికి చెందిన ఒక తిమింగలం పాడే పాట దాదాపు 160 కిలోమీటర్ల దూరంలో ఉన్న అదే జాతికి చెందిన మరో తిమింగలం వినగలదంటే నమ్మండి!

హంప్ బ్యాక్ తిమింగలం

ధ్వనులు గాలిలో కన్నా ద్రవ, ఘన పదార్థాల్లో అధిక తీవ్రతను (కంపన పరిమితిని) కలిగివుండటమే కాదు వేగంగా పయనిస్తాయి కూడాను. వివిధ యానకాలలో (పదార్థాల్లో) ధ్వని వేగం ఎంతెంతో సూచించే పట్టికను గమనించండి.

యానకం	పదార్థం	వేగం (మీ/సె)
ఘన		
	ఇనుము	5950
	స్టీలు	5790
	చెక్క	3850
	ఇటుక	3650
ద్రవ		
	సముద్ర జలాలు	1531
	పాదరసం	1450
వాయు		
	గాలి	343
	నత్రజని	334
	ఆమ్లజని	316
	ఆర్గాన్	319

ఇలా ద్రవ, ఘన, వాయు మాధ్యమాల్లో ధ్వని వేగం వేర్వేరుగా వుండటాన్ని సులభంగా అర్థం చేసుకోవడానికి ఈ కింది ప్రయోగాన్ని చేద్దాం.

గతంలో మనము అగ్గిపెట్టెలతో (చెక్కముక్కలతో) చేసిన ప్రయోగం గుర్తుంది కదా? దానిసే ఈ సారి 3 విధాలుగా కొద్దిపాటి తేడాలతో చేద్దాం. ఘనపదార్థాల సాంద్రత ద్రవపదార్థాల సాంద్రత కన్నా ఎక్కువని, అలాగే ద్రవ పదార్థాల సాంద్రత వాయువుల సాంద్రత కన్నా ఎక్కువని మనకు తెలుసు. అంటే ఈ మూడు రకాల వాహకాలను తీసుకుంటే ఘన పదార్థాలలోని పరమాణువులు ఒకదానికొకటి మరీ దగ్గరగానూ, ద్రవ పదార్థాల్లో ఆ దూరం మధ్యస్థంగానూ, ఇక వాయు పదార్థాల్లో గరిష్ఠంగానూ వుంటుంది.

సరిగ్గా దీనిని ప్రతిబింబించేలా మన ప్రయోగంలో ఒక సారి అగ్గిపెట్టెల్ని బాగా దగ్గరదగ్గరగా, మరోసారి కాస్త దూరం పెంచి, ఇక చివరిగా ఇంకాస్త దూరం పెంచి (అగ్గిపెట్టె ఎత్తు కన్నా పెట్టెల మధ్య దూరం తక్కువ ఉండాలోచ్!) చూడాలి.

మొదటి దశ ప్రయోగములో ఒక చివర ఉన్న అగ్గిపెట్టెను నెడితే అది స్వల్ప వ్యవధిలోనే తక్కువదూరంలోనే ఉన్న రెండోదానిపై పడి దానిని ముందుకు తోస్తుంది. ఇలా తతిమ్మా పెట్టెల విషయంలోనూ జరగటం వల్ల ఆ వరుసలోని పెట్టెలన్నిటికి త్వరితగతిన మనం కలుగజేసిన అలజడి పాకిందని తెలుస్తుంది. ఘన పదార్థాల్లో ధ్వని సంచారం వేగంగా ఉంటుందని చెప్పడానికి ఇదొక చక్కని నమూనా ప్రయోగము.

ఇక రెండవదశ ప్రయోగంలో (ద్రవ యానకాల్ని ప్రతిబింబించేలా) వివిద అగ్గిపెట్టెల మధ్య విడిని కాస్త పెరగటం వల్ల దానికి తగ్గట్టుగానే ఒక పెట్టె మరోపెట్టెపై పడి దానిని ముందుకు నెట్టడానికి ఈసారి కాస్త ఎక్కువ సమయం పడుతుంది. తత్ఫలితంగా మొదటి అంచెతో పోలిస్తే ఇప్పుడు అలజడి కాస్త నిదానంగా పాకినట్లు స్పష్టమవుతుంది.

ఇక మూడవ దశ ప్రయోగంలో వాయువుల్లోని పరమాణువులకు మల్లే అగ్గిపెట్టెల్ని మునుపటి కన్నా దూరంగా పెట్టడంతో అలజడి పయనించడానికి మరింత ఎక్కువ సమయం పడుతుంది.

మూడు అంచెల్లో నిర్వహించిన ఈ ప్రయోగము పరమాణువుల మధ్య దూరానికి ధ్వని వేగానికి గల పరస్పర సంబంధాన్ని స్పష్టం చేస్తుంది.

నిర్దేశిత మార్గాల్లో ధ్వని ప్రసారం

గాలిలో కన్నా ద్రవ, ఘన పదార్థాల్లో ధ్వని వేగంగా ప్రయాణం చేస్తుందని, అలాగే గాలిలో కన్నా ఘన ద్రవ పదార్థాల్లో ధ్వని తీవ్రత ఎక్కువగా ఉంటుందని మనం తెలుసుకున్నాం. ధ్వని వేగం ప్రయాణించే యానకంపై ఆధారపడి ఉంటుంది. మరో పక్క ధ్వని తీవ్రత మాత్రం పదార్థం ఎటువంటిదనే దానిపైనే కాక ఆ యానకం ఏ ఆకారంలో ఉందనే దానిపై ఆధారపడి ఉంటుంది. ఎటువంటి అడ్డంకులు లేని గాలి వంటి స్వేచ్ఛా యానకంలో ధ్వని కూడా స్వేచ్ఛగా అన్నీ దిశలలో ప్రయాణిస్తుంది. ఎలాగైతే ఒక విశాల మైదానంలోని వ్యక్తులు స్వేచ్ఛగా తిరగగలుగుతారో అలా. ఐతే పయనించాల్సిన దారిలో అడ్డంకులు ఉంటే ధ్వని కూడా తదనుగుణంగా తన ప్రయాణ దిశల్ని మార్చుకోవాల్సి వస్తుంది. దానికి పోలికగా రహదారిపై నడిచే పాదచారులను పరిగణించవచ్చు. ఒక చోట నుండి మరొక చోటకి వెళ్ళాలంటే సాధారణంగా బాటసారులు 'ముందుగా ఏర్పర్చి ఉంచిన రహదారిపై' నడిచి వెళ్తారే కానీ అడ్డదిడ్డంగా వెళ్ళే ప్రయత్నం చేయరు. చేస్తే ప్రమాదం కూడాను! అంటే నియమిత దారులలోనే ప్రయాణం సాగుతుంది.

ఈ విషయాన్ని మరింత బాగా అర్థం చేసుకోవడానికి మనం గతంలో చేసి చూసిన 'కప్పులతో దూరవాణి' (cup-telephone) ప్రయోగాన్ని గుర్తు చేసుకుందాం. మీరు మీ మిత్రులకు సుమారు 20మీ దూరంలో వుండి సాధారణ స్థాయి గొంతుకతో (సాధారణ శబ్ద తీవ్రతతో) నేరుగా మాట్లాడితే అవతలివారికి అది సరిగా వినిపించదనే విషయంలో మీకు సందేహమక్కరలేదు. అలా కాకుండా మీరు ఒక వైపు కప్పులో మాట్లాడితే వేరే వైపు కప్పును చెవికి ఆనించుకున్న వారికి అది ఎక్కువ స్పష్టతతో వినబడుతుంధని కూడా మీరు అనుభవపూర్వకంగా తెలుసుకున్నారు. మొదటి సారి మాట్లాడినపుడు ధ్వని గాలిలో నిర్బంధం లేని విధంగా ప్రయాణం చేయగా రెండవ సారి దారం ఆధారంగా ప్రయాణం చేయాల్సి వచ్చింది. ఇక్కడ గమనించాల్సిన సంగతేమంటే కప్పు టెలిఫోన్ ఉపయోగించి నప్పుడు ధ్వని తీవ్రత అధికంగా వున్నట్లనిపించటానికి కారణాలు రెండు –

1. ఘనపధార్థాల్లో (దారంలో) సహజంగానే ధ్వని తీవ్రత అధికంగా వుంటుంది (గాలితో పోలిస్తే)
2. ధ్వనిని నియమిత మార్గంలో దారం ఆధారంగా పయనించేలా చేయటం.

ఐతే దారానికి పరిమితమై ధ్వని పయనించినపుడు శబ్ద తీవ్రత ఎందుకు ఎక్కువ ఉన్నట్టు? ఇది అర్థం చేసుకోవడానికి ప్రయత్నిద్దాం. చుట్టూ చాలా దూరం వరకు ఖాళీగా వున్న ప్రదేశంలో (గాలి తప్ప ఇతర

అడ్డంకులు లేనిచోట) మీరు నిలబడి బిగ్గరగా అరిచారనుకుందాం. అప్పుడు అక్కడినుండి బయలుదేరే ధ్వని శక్తి అన్ని దిశలకు ప్రయాణం చేస్తుంది. r వ్యాసార్ధం కల ఊహాత్మక వృత్తాకార గోళానికి సరిగ్గా కేంద్రం వద్ద మీరున్నారనుకుందాం. మీరు సృష్టించిన ధ్వని కాసేపటికి ఆ గోళం యొక్క ఉపరితలాన్ని దాటుకు వెళ్తుంది. మీ మిత్రులొకరు మీకు r దూరంలో (అంటే ఆ ఊహాత్మక గోళం అంచునందు) వున్నారనుకోండి. వారి చెవి బాహ్య ఉపరితల వైశాల్యము A అయితే, మీరు సృష్టించిన ధ్వని శక్తి W లో తనను చేరేది $\frac{W}{4\pi r^2}$ గా వుంటుంది. అందులో తాను గ్రహించగలిగేది $A\frac{W}{4\pi r^2}$ ఔతుంది. $4\pi r^2$ అనేది ఊహాత్మక గోళం యొక్క ఉపరితలవైశాల్యమని మీరు పసిగట్టే ఉంటారు. ఇప్పుడు తాను మీకు $2r$ దూరంలో వుండేలా కదిలి వెళ్తే అపుడు మీరు సృష్టించే W ధ్వని శక్తిలో తనను చేర కలిగేది $\frac{W}{4\pi\left(2r\right)^2}$ మాత్రమే. అందులోనూ తాను గ్రహించగలిగేది $A\frac{W}{4\pi\left(2r\right)^2}$ మాత్రమే. అంటే r దూరంలో ఉన్నప్పటితో పోలిస్తే మీ మిత్రులు $2r$ దూరంలో వున్నప్పుడు గ్రహించగలిగే శక్తి నాలుగోవంతే అన్నమాట. అదే తాను $3r$ దూరానికి జరిగితే అప్పుడు r దూరంతో పోల్చినప్పుడు తాను గ్రహించే ధ్వని శక్తి తొమ్మిదో వంతు ఔతుంది.

ధ్వని శక్తి (లేదా ధ్వని తీవ్రత) దూరం యొక్క వర్గానికి విలోమాను పాతంలో ఉంటుందని మనం పై ఉదాహరణ ద్వారా తెలుసుకున్నాం. ఐతే ఇది ఎటువంటి అడ్డంకులూ లేని గాలిలో అన్న విషయం గుర్తించాలి.

'కప్పులతో టెలిఫోన్'

కప్పు టెలిఫోన్ విషయంలో 'వర్గానికి విలోమానుపాతం' (inverse square law) అనే సూత్రం వర్తించదు. ఈ సారి ధ్వనిని స్వేచ్ఛగా గాలిలో ఎటెటో పయనించకుండా దారం ద్వారా ప్రయాణించేలా కట్టడి చేయటం వల్ల పయనించే దూరం పెరిగినప్పుడు ధ్వని తీవ్రత తగ్గుతుంది కానీ మరీ గతంలో జరిగినంత వేగంగా మాత్రం కాదు. ఈ ప్రయోగంలో దారం బదులు గాలితో నిండిన సన్నని గొట్టం కూడా వాడవచ్చు. ఇలా గొట్టం వాడినప్పుడు ధ్వని ప్రయాణం ప్రధానంగా గాలి ద్వారా జరుగుతుంది...అయితే...అది ఈ సారి నిర్దిష్ట దిశలోనే (చుట్టూ ఘన రూపమైన గొట్టం కారణంగా) పయనిస్తుంది. కనుక తన శక్తిని అన్ని దిశలలోనూ పంచుతూ తాను వేగంగా తరుగుతూ వెళ్ళాల్సిన అవసరం లేదిప్పుడు.

సరిగ్గా ఇదే సూత్రం వైద్యులు ఉపయోగించే స్టెతస్కోపు విషయంలోనూ వర్తిస్తుంది. స్టెతస్కోపులో ధ్వని ప్రయాణం చేసేది ప్రాథమికంగా ఖాళీ గొట్టంలోంచే (గొట్టం లోపలంతా ఘన పదార్థమేదో ఉంటుందని

పొరబడరాదు). స్టెతస్కోప్ పరికరం ద్వారా శబ్దం స్పష్టంగా తగుమాత్రం బిగ్గరగా వినగల్గడానికి కారణం అది సుభద్రంగా 'నియమిత' దారిలో పయనించటమే. తద్వారా ఎక్కువ శక్తిని కోల్పోకపోవటమే.

మీకు బాగా దూరంలో ఉన్న వ్యక్తిని పిలవాలంటే ఊరకే బిగ్గరగా కేక వేస్తే సరిపోదు. మీరు సహజంగానే నోటి చుట్టూ రెండు చేతులు ఒక దొన్నెలా పెట్టి అప్పుడు పిలిస్తే తనకు (ఆవలి వ్యక్తికి) వినబడే అవకాశం ఎక్కువ. ఇక్కడ జరిగిందేమంటే చేతుల్ని ప్రత్యేక శైలిలో పెట్టడం ద్వారా ధ్వని శక్తి గరిష్ఠంగా నిర్దిష్ట దిశలోకే వెళ్ళేట్లు చేశారు. ఆ విధంగా అనవసర శక్తి పాతాన్ని (అన్ని దిశల్లోకి అనవసరంగా ప్రసరిస్తే అయ్యే శక్తి క్షీణతను) పాక్షికంగానైనా అడ్డుకోగలిగారు.

ఈ మౌలికాంశం ఆధారంగానే లౌడ్ స్పీకర్ ఆకృతి శంకువును (cone) పోలి వుంటుంది. పిల్లలు ఆడుకునే పుంగీలతో సహా సన్నాయి, షెహనాయి వంటి సంగీత పరికరాల్లోనూ గొట్టం చివరి భాగం చూస్తే మీకే తెలుస్తుంది. ఆ ప్రత్యేక ఆకారం ద్వారా ధ్వనిని ఏటెటో కాకుండా శంఖు ఆకృతి గొట్టం గోడలమధ్య (నియమిత దిశలో) కదిలేలా చేయటంతో బయటకు వెలువడే ధ్వని శక్తి గరిష్ఠంగా వుంటుంది. నోటిచుట్టూ చేతుల్ని సరిగ్గా శంఖు ఆకృతిలో పెట్టివుండక పోవచ్చు గాని మౌలికంగా విషయము ఒక్కటే.

గరిష్ఠ ధ్వనిశక్తి ప్రసారం చేయాలనే ఉద్దేశంతో చేతుల్ని 'సరిగ్గా శంఖు ఆకృతిలోకి' మలిచే ప్రయత్నం చేస్తూ వుంటే ఈ లోపు పుణ్యకాలం కాస్తా గడచిపోయి మీరు పిలువదల్చుకున్న వ్యక్తి మరింత దూరం వెళ్ళిపోతే ఎలా? అప్పుడు మీరు పడ్డ శ్రమ అంతా వృధా కదా! కనుక 100% శంఖువే కావాలని మంకుపట్టుపట్టటం వాస్తవ జీవితంలో ఉపయోగపడకపోవచ్చు. కొన్నిసార్లు 100%(చాదస్తం)తో కాకుండా దానికి కాస్త దగ్గర్లో వున్నదానితో సర్దుకుపోవటాన్నే లోకజ్ఞానం అంటారేమో!

చేతుల్ని ప్రత్యేక రీతిలో నోటిచుట్టూ పెట్టి ఏర్పర్చిన ఆకృతికి మరింత పెద్ద పరిమాణంలో కానవచ్చే సంక్లిష్ట రూపమే లౌడ్ స్పీకర్ గొట్టపు ఆకృతి.

- ధ్వనిని నియమిత పథంలో పయనింపచేయటానికి సంబంధించిన మరో ఆసక్తిదాయక ప్రయోగం తెలుసుకుందాం. ఇది ప్రతిధ్వనులకు సంబంధించిన అంశం. ఎప్పుడైనా మీరు పర్వతారోహరణకు వెళ్తే మీ చుట్టూ "తగు దూరంలో" కొండలున్నప్పుడు మీరు "నమస్తే" అని కాస్త బిగ్గరగా అరిస్తే కాసేపటికి "నమస్తే" అనే ప్రతిధ్వనిని మీరు వింటారు మరి కాసేపటికి మరో "నమస్తే" మిమ్మల్ని పలకరిస్తుంది .. ఇలా పరంపరగా కొన్ని నమస్తేలుమీకు వినిపిస్తాయి. అది ఏ అదృశ్య శక్తి వల్ల అనుకుంటున్నారా? మీరు జాగ్రత్తగా వింటే మరో విషయం గమనిస్తారు – "నమస్తే"ల పరంపరలో భాగంగా "నమస్తే"ల సంఖ్య పెరిగిన కొద్దీ ధ్వని తీవ్రత తగ్గుతూ తగ్గుతూ .. కాసేపటికి మనకిక మరిన్ని "నమస్తే"లు వినబడనంత తక్కువ స్థాయికి ఆ శబ్ద శక్తి పడుతుంది.
- మొత్తానికి ఇక్కడ జరిగిన వ్యవహారమేమంటే మీరు తొలుత చెప్పిన 'నమస్తే' మీ ఎదురుగా వున్న కొండ దిశగా పయనించి దానిని తాకి ప్రతిబింబించి వెనక్కు వస్తూ వస్తూ మీకు 'నమస్తే' గా (మొదటి ప్రతిధ్వని) వినిపించి మీ వెనుక వైపుకి పయనించి అక్కడి కొండను ఢీకొని మళ్ళీ ప్రతిబింబించి(పరావర్తనం చెంది) మీ వైపుకి వస్తూ వస్తూ 'నమస్తే' గా మిమ్ము పలకరించి మున్ముందుకు సాగింది. ప్రయాణం చేసిన కొలదీ కొండని ఢీకొట్టినప్పుడల్లా శబ్ద తీవ్రత తగ్గుతూ వుంటుంది.
- ప్రతిధ్వని అన్న సంగతి ఈ పుస్తకంలో మీరు చూసినవెంటనే పంచతంత్ర కథల్లో చదివిన కుందేలు - సింహం కథ మీకు (ఈ పాటికే) జ్ఞాపకానికి వచ్చి వుంటుంది. సందర్భోచితం కనుక కనుక ఒక్కసారి ఆ కథలోకి వెళ్దాం. సింహం బావిలోకి తొంగి చూసి గర్జించినప్పుడు కాసేపటికి ప్రతిధ్వనిగా గర్జన వినపడటంతో కోపావేశంతో అనాలోచితంగా నూతిలోకి దూకిందని, దుర్మరణం చెందిందని మీకు తెలుసు. అక్కడ ధ్వని బావి గోడల మధ్య (లావు పాటి గొట్టంతో బావిని పోల్చుకోండి) పయనించింది.
- కొండ (గుహ) ప్రాంతంలో ప్రతిధ్వనులకు పోలికగా మనకు సుపరిచితమైన క్యారంబోర్డు ఆటను చెప్పుకోవచ్చు. క్యారంబోర్డుకు ఒక వైపు మీరు కూర్చొని స్ట్రయికర్ ని బలంగా సూటిగా ఎదుటి గోడ వైపు కొడితే అది ఆ గోడను తాకి వెనక్కి తిరిగి వచ్చి మీరున్న వైపు గోడను తాకి మళ్ళీ ఎదురు గోడ వైపుకి కదలటం మీకు తెలియని విషయం కాదు. అది విశ్రాంత స్థితికి వచ్చేసరికల్లా అటు ఇటు కొన్ని పర్యాయాలు కొట్టుకోవటం, ప్రతిసారి కొంతకొంత శక్తిని కోల్పోవటం మీరు గుర్తిస్తారు.

క్రమగత శబ్ద సంచార మార్గాలుగా భవంతులు

భవనాలు గోడలు, మూసివున్న పైకప్పు కలిగివుండటం వల్ల వాటిలో ప్రసారం ఒక ఖాళీ మైదాన ప్రదేశంలో కన్నా భిన్నంగా వుంటుంది. నిర్దిష్ట పరిధి, ఆకారం, పరిమితి వుండి అవి సౌకర్యాన్ని, వ్యక్తిగత గోప్యతను మరియు రక్షణను ఇస్తాయి. భవనాల అంతర్గత నిర్మాణం - ఎక్కడెక్కడ ఎంతెంత దూరంలో గోడలున్నాయి, నేల భాగానికి పై కప్పుకి దూరమెంత, గదులలో, వసారాల్లో ఏవైనా వస్తువులు అడ్డుగా వున్నాయా, అసలు నిర్మాణ సామగ్రి ధ్వని వాహకమా కాదా - ఇలా ఎన్నో అంశాలు భవనాల్లో ధ్వని ప్రసారాన్ని ప్రభావితం చేస్తాయి. గోడలు, నేల, పైకప్పుల వద్ద ధ్వని తరంగాలు ఎలా పరావర్తనం చెందుతాయన్న దానిని అధ్యయనం చేయడానికి, అర్థం చేసుకోవడానికి ఆర్కిటెక్చురల్ అకాస్టిక్స్ (Architectural Acoustics) పేరిట ఒక ప్రత్యేక శాస్త్ర విభాగం ఉన్నది.

శబ్దోత్పత్తి

శబ్ద ప్రసారాలను తెలివిగా ఉపయోగించుకునే కొన్ని చారిత్రక కట్టడాలగురించి ఇప్పుడు తెలుసుకుందాం. అందులో తప్పక ప్రస్తావించతగినది హైదరాబాదులోని గోల్కొండ ఖిల్లా. ఈ కోట ప్రధాన ద్వారం వద్దకు చేరుకుంటే అక్కడ గుమ్మం వద్ద బురుజు కింద నిల్చొని చప్పట్లు చరిస్తే అక్కడి వంపు తిరిగిన పై కప్పు యొక్క ప్రత్యేక నిర్మాణ శైలి వల్ల జనించే ప్రతిధ్వనులు దాదాపు ఒక కిలోమీటరు పైగా దూరంలో కొండపై ఉన్న ప్రత్యేక ప్రదేశంలో వినిపిస్తాయి. అలాగే కొండ పైభాగంలో చేసే కరతాళ ధ్వనుల సవ్వడి సరిగ్గా కోట ప్రధాన ద్వారం ముఖమంటపం వద్ద వినపడేలా ఏర్పాటు ఉంది. శత్రువులెవరైనా దూరం నుంచి వస్తున్నట్టు కొండ పైన ఉన్నవారికి కనపడగానే సంకేతభాషలో పైనుండి చప్పట్లు కొట్టి ఆ ఆగమన సమాచారాన్ని అతి వేగంగా (ధ్వని వేగంతో) ప్రధాన ద్వారం వద్దకు చేరవేస్తే అక్కడి భటులు శత్రువులు వచ్చేలోపే కోట తలుపులు మూసివేయడానికి వీలయ్యేందుకట దాని నిర్మాణం!

https://shorturl.at/ehjzU ఎస్తోనియా దేశంలో వోరు(Voru) అనే ప్రాంతంలో నిర్మాణ శాస్త్ర (వాస్తు శాస్త్ర) నిపుణులు సాధారణ లౌడ్ స్పీకర్ గొట్టం కన్నా పరిమాణంలో పెద్దదిగా ఉండేలా చెక్కతో ఒక బాకా వంటిది రూపొందించారు. ఒక వైపు చిన్న మూతి ఉండే ఈ బాకా మరో చివరికి వెళ్తున్నకొద్దీ బయట వైపుకి విచ్చుకుంటూ ఉంటుంది. ఐతే ఇది రూపొందించినది మనుషులు ఉపయోగించటానికి కాదట! మనుషుల మాటలో పాటలో వినిపించటానికి కాదట! అక్కడి అడివిలోని చెట్టూచేమ ప్రకృతి సహజంగా చేసే ధ్వనుల్ని, అడవితల్లి ఊసుల్ని వాటి శబ్దస్థాయిని పెంచి వినిపించటానికట ఈ ఏర్పాటు.

తిరుపతి సమీపంలోని చంద్రగిరి ప్రాంతాన్ని పాలించిన రాజులకు ఒక అలవాటు ఉండేదట. దాని ప్రకారం ప్రతిరోజూ తిరుమల కొండపై ప్రధాన ఆలయంలో దేవునికి నైవేద్యం పెట్టిన తర్వాతే తాము భుజించటం ఆరంభించాలనే నియమం పాటించేవారు. చంద్రగిరి కోటకి (రాజు మామూలుగా ఉండే భవనం అనుకోండి) తిరుమల గుడికి వాయుమార్గంలో చూసుకున్నా పది కిలోమీటర్లకు పైగానే దూరం వుంటుందాయె.

ఖచ్చితంగా ఫలానా సమయంలో నైవేద్యం సమర్పించారు అని తక్కువ వ్యవధిలో తెలుసుకునేదెలా? దీని కోసం తిరుమల కొండ పైన, చంద్రగిరి కోటలో, మధ్యలో అవ్వాచారికోన సమీపంలో (మరో కొండ పైన) ఘంటా మండపాలు ఏర్పాటు చేశారు. నైవేద్యం సమర్పించగానే తిరుమలలో మోగించే గంట నుండి బయల్దేరే ప్రకంపనలు మధ్య నున్న కొండపై గల గంటను స్పందింప చేస్తే, అక్కడనుండి వెలువడే శబ్ద తరంగాలు కోటలోని గంటను మోగించేవని చారిత్రక కథనం. ప్రస్తుతం ఆ గంటలు కనపడట్లేదు గాని ఘంటా మండపాలైతే దర్శనమిస్తున్నాయి. ఈ ఘంటా మండపాల్ని 1417లో మాధవ దాసర్ అనే అమాత్య శేఖర మల్లన ఏర్పాటు చేసెనట. తదితర వివరాల్ని SVBC ఛానల్లో ప్రతిరోజు రాత్రి 07:30-07:40 మధ్య వచ్చే ఘంటానాదం కార్యక్రమంలో చూడవచ్చు.

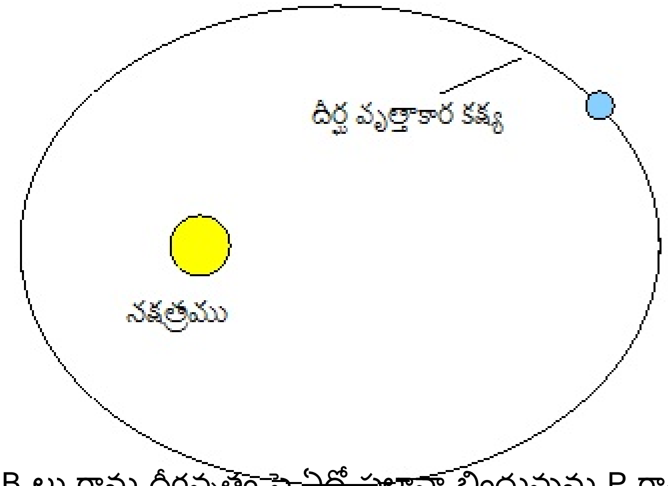
అర్థ గోళాకార లేక గుడ్డు వలె దీర్ఘవృత్తభ (ellipsoid) ఆకృతిలో అంతర్గత నిర్మాణం కలిగిన భవనాలు ధ్వని సంబంధంగా ప్రత్యేకతను కలిగివుంటాయి. ఇలాంటి నిర్మాణాల్లో ఒక గోడ వద్ద అతి స్వల్ప శబ్ద తీవ్రతతో గుసగుసలాడినట్లు చేసే శబ్దం చాలా దూరంలో వున్న మరో గోడ వద్ద కూడా వినిపిస్తుంది. ఇలాంటి వాటిని విష్పరింగ్ గ్యాలరీలు (Whispering Galleries లేదా గుసగుసల వసారాలు) గా వ్యవహరిస్తారు. ఇలా జరగటానికి గల కారణం దీర్ఘవృత్తాకార నిర్మాణమే.

దీర్ఘవృత్తానికి ఒక ప్రత్యేక ధర్మం వున్నది. ఒక వృత్తాన్ని ఒక పక్కకు లాగితే (సాగదిస్తే)ఏర్పడే ఆకారమే ఈ దీర్ఘవృతం అంటే. దీర్ఘవృత్తాని కాగితంపై గీయటానికి పెన్సిల్, రెండు గుండు సూదులు, కాస్త దారం చిత్రఫలకం (drawing board) వుంటే మన పని సులువు అవుతుంది.

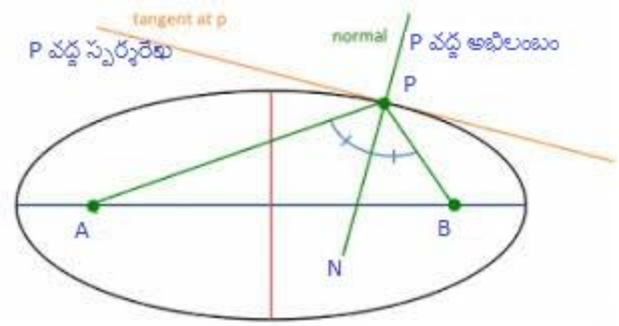
చిత్రఫలకంపై తెల్ల కాగితాన్ని వుంచి అనువైన దూరంలో(మరీ అంచుల్లో కాకుండా మధ్య భాగంలో ఐతే మేలు) రెండు గుండుసూదులను కాస్త లోనికి దిగబడేలాగా గుచ్చండి. ఇప్పుడు దారం రెండు కొసల్ని ముడివేసి ఒక వలయం తయారు చేసి ఆ వలయం లోపల ఈ రెండు గుండుసూదులు వుండేలా చూడండి. ఇప్పుడిక పెన్సిల్ని ఈ వలయంలో పెట్టి దారాన్ని ఒక వైపుకు బిగువుగా లాగి (గుండుసూదులు ఊడివచ్చేంతగా బలప్రదర్శన చేయకండి!) పెన్సిల్ని చిత్రఫలకం తలానికి లంబంగా వుంచి బిగువు సడలకుండా కదిలించండి. ఒక చుట్టు తిరిగేసరికి ములుకు కాగితంపై చేసే ఆకారమే దీర్ఘవృతం! వలయంలో పెట్టిన పెన్సిల్ని ఒక వైపుకు లాగినప్పుడు రెండు గుండుసూదులు మరియు పెన్సిల్ ఒక త్రిభుజాన్ని ఏర్పరుస్తాయి. ఆ దారం ఆ త్రిభుజం యొక్క చుట్టుకొలత ఔతుంది.

https://shorturl.at/tNRUW లంకెలో ఈ విషయాన్ని దృశ్య రూపంలో చూడవచ్చు.

ఈ కృత్యంలో గుండు సూదులు వున్న చోట స్థిరబిందువులు ఉన్నవి. వాటిని నాభులు (Foci) అని అంటారు. సూర్యుని చుట్టూ గ్రహాలన్నీ తిరిగేది దీర్ఘవృత్తాకార కక్ష్యల్లోనే అనేది గమనార్హం. ప్రతి గ్రహము తనకంటూ ప్రత్యేకమైన ఓ దీర్ఘవృత్త కక్ష్యలో పరిభ్రమిస్తున్నది. ఆ అన్ని దీర్ఘవృత్తాలకు సూర్యుడు నాభి(Focus) స్థానంలో ఉన్నాడు.



స్థిర బిందువులను A, B లు గాను దీర్ఘవృత్తం పై ఏదో ఫలానా బిందువును P గాను గుర్తించండి. ఇప్పుడు P వద్ద దీర్ఘవృత్తానికి ఒక స్పర్శరేఖను (అంటే దీర్ఘవృత్తాన్ని P ఒక్కచోటే తాకేలా వుండే సరళరేఖను) గీయండి. ఇప్పుడు P వద్ద స్పర్శరేఖకు లంబంగా ఒక సరళరేఖను(PN) గీయండి. దీన్నే అభిలంబం (normal) అంటారు.

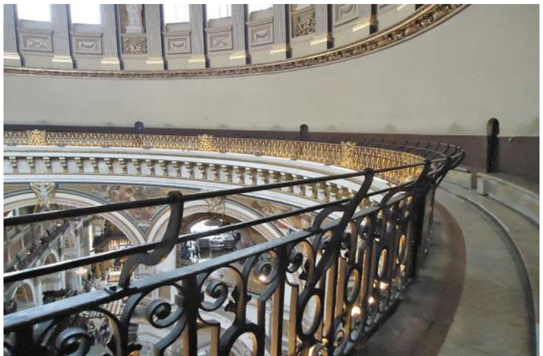


మీరిప్పుడు పరిశీలించి చూస్తే AP అనే రేఖ PN తో ఎంత కోణమైతే చేస్తుందో సరిగ్గా లెక్కకొలిచినట్లు అంతే కోణాన్ని BP అనే రేఖ PN తో చేస్తుంది. దీన్నే మరోలా చెప్పాలంటే PN అనేది $\angle APB$ (కోణం) యొక్క సమద్విభాగిని అన్నమాట. గమ్మత్తేమంటే P అనే బిందువుని మనం దీర్ఘవృత్తంపై ఎక్కడ తీసుకున్నా ఈ విశిష్ట గుణం 'సర్వే సర్వత్ర' అన్నట్టు అంతటా వర్తిస్తుంది. దీర్ఘవృత్తాన్ని అద్దం వలె పరావర్తనం చెందించే గుణమున్న తలంగా భావిద్దాం. AP అనేది A వద్ద బయల్దేరి P వద్ద తలంపై పతనమైన కాంతి రేఖ

అనుకుంటే, కాంతి పరావర్తన సూత్రం ప్రకారం PB అనేది పరావర్తన రేఖ. అంటే A వద్ద బయల్దేరే కాంతి పుంజం ఆ దీర్ఘవృత్త తలంపై ఏ బిందువు వద్ద పరావర్తనం చెందినా తప్పని సరిగా B అనే మరో నాభి గుండా పయనిస్తుందన్నమాట. సరిగ్గా ధ్వని విషయంలో ఇలాగే జరుగుతుంది. అంటే ధ్వని ఎక్కడైతే పరావర్తనం చెందుతుందో ఆ బిందువు వద్ద గల లంబంతో పతన మరియు పరావర్తన ధ్వనులు సమాన కోణాలు చేస్తాయి. దీర్ఘవృత్తభాకారంలో వున్న గదిలో A వద్ద నిలిచి మీరు ఏదైనా శబ్దం చేస్తే అది అన్ని దిక్కులకూ ప్రసరించి గదిలోపల గోడలను వివిధ చోట్ల (P)తాకి గమ్మత్తుగా పరావర్తన ధ్వనులు అన్నీ B అనే నాభి వద్దకు చేరుకుంటాయి. అది కూడా సరిగ్గా ఒకే సమయానికి! ఎందుకంటే AP+PB అనేది ఒక స్థిరవిలువ (ఎందుకంటే మీరు దారంతో చేసిన ప్రయోగంలో AP+PB+BA అనేది త్రిభుజం యొక్క చుట్టు కొలత అని చదివారు కదా. మరి A మరియు B ల మధ్య దూరం మారదు కదా (స్థిర బిందువులు కనుక)). ఈ అద్భుతమైన గణిత సత్యం కారణంగా దీర్ఘవృత్తభంలా రూపొందించిన గది పరిమాణంలో పెద్దదే ఐనా A వద్ద మృదువుగా (తక్కువ శబ్ద తీవ్రతతో) మాట్లాడిన మాటలు సైతం B వద్ద నిల్చున్న వారికి స్పష్టంగా వినిపిస్తాయి. గుసగుసల వసారాల మతలబు ఇదన్నమాట. తేడా ఏమంటే పటంలో చూపినట్లు దీర్ఘవృత్తాకార గోడల బదులు పై కప్పు దీర్ఘవృత్తాకారంలో ఏర్పాటు చేయబడింది.

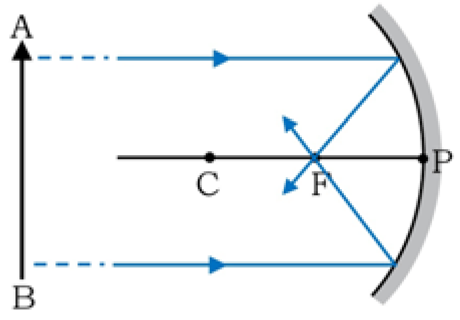
గోల్కొండ కోటలో ఇలాంటి గుసగుసల గదులు అనేకం ఉన్నాయి. అలాంటి వాటిలో ఒకానొక మూలకు దగ్గరలో గోడ వైపు తిరిగి నిలబడి తక్కువ స్వరంతో మీరు ఏదైనా మాట్లాడితే సరిగ్గా అవతల మూలకు నిల్చున్న మీ మిత్రులు దాన్ని స్పష్టంగా వినగలుగుతారు!

బీజాపూర్ (ప్రస్తుతం కర్నాటకలోని విజయపుర) లో గోల్ గుంబజ్ అనే నిర్మాణం (రాజు మహమ్మద్ ఆదిల్షా సమాధి స్థలం)కూడా ఇలాంటి ప్రత్యేకత కలదే. అక్కడి వసారాలో నిల్చుంటే కొద్దిపాటి (స్వల్పస్థాయి) గుసగుసలు కూడా స్పష్టంగా ఆ వసారా అంతటా వినిపిస్తాయి. అలాగే ఎవరైనా కరతాళ ధ్వనులు చేస్తే ప్రతిధ్వని చాలా సార్లు వినిపిస్తుంధి. ఇది అర్ధ గోళాకార పైకప్పుతో అలరారుతోంది.. పేరు లోనే 'గోల్ ' ఉందిగా! లండన్ లోని సెయింట్ పాల్ చర్చిలో కూడా ఇటువంటి 'గుసగుసల వసారా' వంటిది ఉన్నది.



బీజాపూర్ లోని గోల్ గుంబజ్ లండన్ లోని సెయింట్ పాల్ చర్చి

- దర్పణాల విషయంలో మనం గమనించగల్గే మరో దృగ్విషయాన్ని కూడా మనం ధ్వనికి ఆపాదించవచ్చు. పుటాకార దర్పణాలు సుదూరం (infinity) నుండి వచ్చే కాంతిని పరావర్తనం చెందించాక ఆ కాంతిరేఖలు సరిగ్గా నాభి గుండా పయనిస్తాయి అని మనకు ఇదివరకే తెలుసు. ఈ కారణం చేతనే సూర్యకాంతిని ఒక్క చోట కేంద్రీకృతం చేసి వేడి పుట్టించటానికి పుటాకార దర్పణాలు వాడుతుంటారు. అదే పద్ధతిలో ధ్వనులను ఒక చోట కేంద్రీకృతం చేయదలిస్తే పుటాకార తలాలను ఉపయోగించవచ్చని ఊహించవచ్చు.



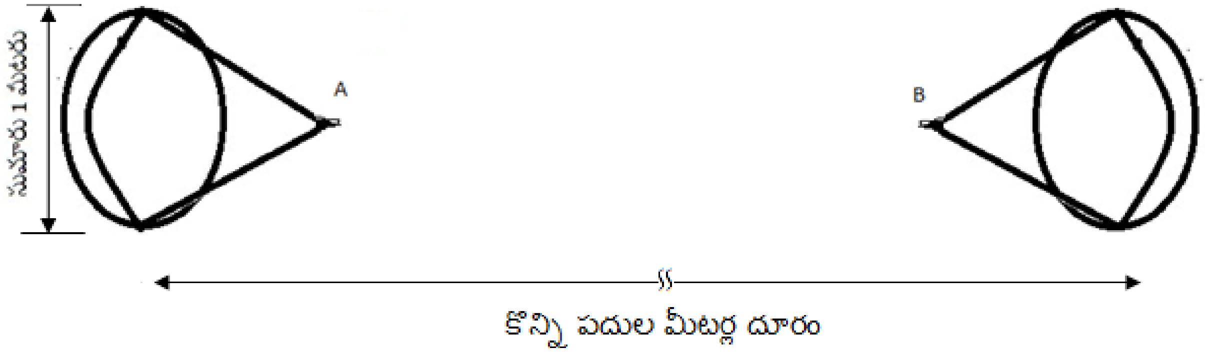
ఈ సూత్రాన్ని అనుసరించే మొదటి ప్రపంచ యుద్ధ సమయంలో దూరం నుండి వస్తున్న శత్రు విమానాల జాడను పసిగట్టడానికి బ్రిటిష్ సైన్యం, వాయుసేన పుటాకార తలాలను వినియోగించింది. ఇంగ్లాండ్ లో తూర్పు యార్క్ షైర్ వద్ద ఏర్పాటైన 4.5 మీటర్ల ఎత్తుకలిగిన అలాంటి ఒక శబ్ద దర్పణాన్ని పటములో చూడవచ్చు. ఈ “ధ్వని అద్దం” యొక్క నాభి వద్ద ఒక శబ్ద గ్రాహకాన్ని (మైక్రోఫోన్ ని) ఉంచటం జరిగింది. ఆ శబ్ద గ్రాహకం నిల్చివుండటానికి ఆధారంగా ఒక నిలువైన సన్నని గొట్టం ఉంది. దర్పణం చేత గ్రహించబడిన ధ్వనులు శబ్ద గ్రాహకం వద్ద ఏకకాలంలో కలుసుకోవటం వల్ల శబ్ద తీవ్రత పెంపు చేయబడి ఆ శబ్దగ్రాహి

ద్వారా నియంత్రణ విభాగానికి (వ్యవస్థకు) చేరుతుంది. విద్యుత్ అయస్కాంత తరంగాల ఆధారంగా పని చేసే రాడార్ (RADAR) ఆవిష్కరణకు ముందు ఈ ధ్వని ఆధారిత దర్పణాలు (ఎక్కువగా) వినియోగంలో ఉండేవి.

యార్క్ షైర్ లోని శబ్ద దర్పణం

- తెలిసో తెలియకో ఈ ధ్వని దర్పణ సూత్రాన్ని మన నిజ జీవితంలో తరచూ ఉపయోగిస్తుంటాం. ఎప్పుడైనా ఎవరైనా మాట్లాడేది మనకు సరిగా వినిపించకుండా ఇబ్బంది పెడుతుంటే, అప్పటికప్పుడు యధాలాపంగా మనం ఒక చేతిని ఒక దొన్నె మాదిరి మడచి చెవి వెనుకగా పెట్టి స్వల్ప స్థాయిలో ఉన్న ధ్వనిని ఆ హస్త దర్పణం వద్ద కాస్త బలపడేటట్లు చేసి మొత్తానికి ఆ మాటల్ని ఆలకిస్తుంటాం. ఈ ప్రక్రియ సహజంగా (మనకెవరూ చెప్పకుండానే) జరుగుతుంది. (బహుశా మనం చిన్నప్పుడెపుడైనా అలాంటి సన్నివేశం చూసి ఫలానా సందర్భంలో అలాచేయాలని మన మెదడులో నిక్షిప్తం చేసుకున్నామేమో!)

ఇటీవలి కాలంలో మన దేశంలో ప్రధాన నగరాల్లో ఏర్పాటైన శాస్త్ర ప్రదర్శనశాలల్లో (సైన్స్ మ్యూజియంలలో) ఈ క్రింద పటంలో చూపినటువంటి ఏర్పాటు వుంటున్నది.



డిష్ యాంటెన్నాల ఆకారంలో ఉన్న ఈ ధ్వని దర్పణాలు సాధారణంగా కాంక్రీటుతో నిర్మితమైనవి. A వద్ద మీరు తక్కువ స్థాయి తీవ్రతతో మాట్లాడినా B వద్ద చెవి ఆనించిన మీ మిత్రులు అది వినగలరు.

ప్రతిధ్వనుల అణచివేత

కొన్ని ప్రత్యేక నిర్మాణాలు చిన్నపాటి శబ్దాలను సైతం బలీయంగా మార్చుతూ, ప్రతిధ్వనులను క్రమబద్ధంగా సృష్టించి వింత అనుభూతికి గురిచేస్తుంటాయి. కాని మరి కొన్ని నిర్మాణాల్లో ముఖ్యంగా సమావేశ మందిరాలు, సంగీత కచేరీలు జరిగే వేదికలు లేక ఆకాశవాణి కేంద్రాల్లో కార్యక్రమాలను రికార్డు చేసే గదుల వంటి చోట్ల 'అనవసరమైన' స్వల్ప స్థాయి శబ్దాలు బలపడటమం అనేది అవాంఛనీయం. కొన్ని రకాల వస్తువులు, వాటితో తయారైన తలాలు (surfaces) ధ్వనులను చక్కగా పరావర్తనం చెందిస్తే మరికొన్నేమో ధ్వనులను తమలో లీనం చేసుకుంటాయి.

- ఒక భవనంలో ధ్వని పరావర్తన గోడలున్నట్లయితే అవి చాలా ప్రతిధ్వనులను సృష్టిస్తాయి. అలాంటి భవనంలో మీరేదైనా శబ్దం చేస్తే (గట్టిగా అరిస్తే) కాస్త వ్యవధి తర్వాత మీ మాటలు మీకు తిరిగి వినబడతాయి. ఈ వ్యవహారం ఇంతటితో పూర్తయిందనుకునేరు. అలా అనుకునే సరికల్లా ఎదురెదురు గోడలనుండి పరావర్తనం చెంది (అచ్చం క్యారమ్ బోర్డులో స్ట్రైకర్ ఎదురెదురు గోడల్ని తాకుతూ వెనక్కి మళ్లినట్లు) మీ చెవులకు ప్రతిధ్వనుల పరంపర వినబడుతుంది. సాధారణంగా చాలా ఎత్తులో పైకప్పు కలిగిన, రాతి లేక గాజు గోడలు కలిగిన గదులు ధ్వనులను ఎక్కువగా ప్రతిబింబింపచేస్తాయి, తద్వారా ప్రతిధ్వనుల్ని సృష్టిస్తాయి.

భవనాల లోపలి భాగం ఎలా ఉండాలో రూపకల్పన చేసే ఇంటీరియర్ డిజైనర్లు వివిధ పద్ధతుల్ని, కిటుకుల్ని తెలివిగా ఉపయోగించి ఆవాంఛిత ప్రతిధ్వనులను అణిచివేసేలా చూస్తారు. ఒకానొక ప్రాథమిక పద్ధతేమంటే

అంతర్గత తలాల్ని బాగా మెత్తగా గాని లేక గరుకుగా కానీ తయారుచేయటం. మెత్తగా ఉండే తలాలు ధ్వనిని చక్కగా పీల్చుకుంటే, గరుకుగా ఉండేవేమో ధ్వనులను అన్నిదిక్కులకూ వెదజల్లడం ద్వారా వాటి శక్తిని, తీవ్రతను క్షీణింపచేస్తాయి. ఈ పని నెరవేర్చడానికి సృజనాత్మక పద్ధతులెన్నో అందుబాటులో వున్నాయి.

1 కళాత్మక చిత్రాలను కలిగిన పెద్ద వస్త్రములను (ఉదాహరణకు మధుబని, కలంకారీ చిత్రాలు) ఎదురెదురు గోడలకు వేలాడదీయటం

2 పెద్ద పుస్తకాల అరని గోడకు వారగా పెట్టడం. గట్టి గోడల వంటి తలాలతో పోలిస్తే పుస్తకాలు పెట్టడం వల్ల ఏర్పడే తలాలు ఎత్తుపల్లాలుగా, కాస్త మెత్తగా వుంటాయి .

3 నేలపై తివాచీలు (జంపఖానా వంటివి) పరవటం .

ఇవే కాకుండా ప్రత్యేక ధ్వని నియంత్రణ ఫలకాలను గోడలకు అమర్చటం ద్వారా ప్రతి ధ్వనులు లేకుండా చేయవచ్చు. ఈ ప్రత్యేక ఫలకాలు నియమిత క్రమగత దూరాల్లో రంపపు పండ్ల వంటి ఆకృతిలో తలాన్ని కలిగివుండి తమవైపుకి వచ్చే శబ్దాల్ని చెల్లాచెదురు చేస్తాయి .

ధ్వని పట్టీ

అతి స్వల్ప లేదా ఏమాత్రం ప్రతిధ్వని లేని గదుల నిర్మాణం చేపట్టటం ఒక కళ. ప్రసంగాల్ని లేదా సంగీతాన్ని రికార్డు చెయ్యాలంటే (ముఖ్యంగా ఆకాశవాణి/ దూరదర్శన్ కేంద్రాల్లో) ఇలాంటి గదులు తప్పని సరి. ఈ ప్రత్యేక తరహా గదుల్ని ప్రతిధ్వని రహిత గదులు (anechoic chambers) అని అంటారు. ఇలాంటి గదుల్లోని గోడలు తమవైపుకి వచ్చిన శబ్దాల్ని దాదాపుగా శోషించుకుంటాయి. కనుక ఆ గదిలో వుండి ధ్వనుల్ని వినేవారికి అసలు ఆ గదికి చుట్టూ గోడలే లేవేమో, ఆ గోడ పరిమాణం అనంతమేమో అనే భావన కలుగుతుంది .

ధ్వని పట్టీ(Acoustic panel)   ప్రతిధ్వని రహిత గది

నిర్బంధ స్థలాల్లో ధ్వని ప్రసరణ - సంగీత పరికరాలు

ధ్వని జనకాల్లో, సంగీత పరికరాల్లో ధ్వని ప్రసారం జరగటానికి ఆయా పరికరాల ఆకృతులు ప్రత్యేక పద్ధతిలో దోహదం చేస్తాయి. వీణ, ఫిడేలు వంటివాటిల్లో డొల్లగా వుండటం, జనించే కంపనాలు ఆ (డొల్ల భాగంలో) లోపలి గోడల్ని తాకుతూ పరావర్తనం చెందుతూ వుండటం, మొత్తానికి వినేవారికి శ్రవణానందం కల్గించటం మనకు తెలిసిన విషయమే! ఈ పరికరాల పనితీరు విషయంలో ప్రధానంగా ప్రస్తావించాల్సింది 'అనునాదం' గురించి. అనునాదం అంటే ఏమిటో బోధపడాలంటే ముందుగా మనకి సహజ పౌనఃపున్యం గురించి అవగాహన ఉండాలి .

- గతంలో మనం చెప్పుకున్న ఉయ్యాల ఉదాహరణనే తీసుకుందాం. లేదా కాస్త పొడవాటి దారానికి ఇనప గుండు లేక కాస్త బరువైన చిన్న వస్తువు ఒకటి కట్టి లోలకంలా వేలాడతీసినా సరే. ఇక ఈ ఉయ్యాలని, లోలకాన్ని ఒక పక్కకు లాగి వదిలితే అది కొన్ని మార్లు అటూ ఇటూ ఊగి కాసేపటికి నిశ్చల స్థితికి వచ్చేస్తుంది. మళ్ళీ మీరు లాగి వదిలితేనే అది కదిలేది. క్షణానికి ఇన్ని మార్లు ఊగాలి అంటూ ఆ లోలకం ఊగిసలాటకు ఓ లెక్క ఉంటుంది. దాన్నే పౌనఃపున్యం అంటాం. ఆ ఉయ్యాల యొక్క ఒకానొక ప్రధాన ధర్మం అది. మీరు మరింత ఎక్కువ దూరం లాగి వదిలారనుకోండి. ఈసారి అది ఎక్కువ దూరం అటుఇటు కదులుతుంది. కానీ గమ్మత్తుగా పౌనఃపున్యం మాత్రం దాదాపు (ఖచ్చితమైన నిర్దిష్ట ప్రమాణాల ప్రకారం ప్రయోగం చేస్తే - under standard test conditions) గతంలో ఉన్నంతే ఉంటుంది. ఇదే ఆ ఉయ్యాల యొక్క సహజ పౌనఃపున్యం ఔతుంది. సహజ పౌనఃపున్యం విలువ లోలకం యొక్క పొడవుపై ఆధారపడి ఉంటుంది. పొడవు ఎక్కువైతే పౌనఃపున్యం తక్కువ ఉంటుంది.
- స్ప్రింగు నుండి ఒక బరువు వేలాడుతుందనుకుందాం. తన సమతాస్థితి (rest position) నుండి మీరు దాన్ని కాస్త కిందికి లాగి వదిలితే అది పైకీ కిందికి కొన్ని సార్లు కదిలి మళ్ళీ తన సహజ నిశ్చల స్థితికి

వచ్చేస్తుంది. ఇక్కడ డోలన పౌనఃపున్యం (f) ఎంత అనేది 'వేలాడదీసిన ద్రవ్య రాశి (m) ఎంత? ' ఆ స్ప్రింగు యొక్క ప్రాథమిక ధర్మమైన 'స్ప్రింగు బల స్థిరాంకము (k)' ఎంత? అనే వాటిపై ఆధారపడి ఉంటుంది

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

- మరో ఉదాహరణగా తనదైన పౌనఃపున్యం తోనే కంపించే శృతి దండాన్ని గూర్చి చెప్పుకోవచ్చు. భుజాల పొడవు పెరిగిన కొలది పౌనఃపున్యం తగ్గుతుంది.
- కాస్త సరదాగా అనిపించే ఉదాహరణ కావాలంటే చిన్న పిల్లలు ఆడుకొనే రబ్బరు బాతు బొమ్మను నీటి తొట్టెలో వదిలి నీరు నిశ్చల స్థితికి వచ్చాక ఆ రబ్బరు బొమ్మని నీటిలోకి కొద్దిగా అదిమి వదిలితే (మరీ ఎక్కువగా నెడితే మనం గమనించాల్సిన అంశం కుదరదు సుమా!) అది పైకీ కిందికీ లయబద్ధంగా ఒక నిర్దిష్ట పౌనపున్యంతో కదలటం మనం పరిశీలించవచ్చు.

ఇన్నేసి ఉదాహరణలతో మొత్తానికి చెప్పొచ్చేదేమంటే అనేకానేక వ్యవస్థలు తమదైన ఒక నిర్దిష్ట, సహజ పౌనపున్యంతో కంపిస్తాయి లేదా డోలనాలు చేస్తుంటాయి. ఆ నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యాన్నే ఆ వ్యవస్థ యొక్క 'సహజ పౌనఃపున్యం'(Natural Frequency) అంటారు.

• ఇదే విషయానికి సంబంధించి మరో ఆసక్తిదాయక ఉదాహరణ తీసుకుందాం. పటంలో చూపినట్లు సన్నని మూతి గల జాడీ లేదా సీసా తీసుకోండి. మీరు అందులోకి నిదానంగా కొద్ది సేపు గాలి ఊదితే అప్పటికి ఆ సీసాలో ఉన్న గాలి లోనికి అదమబడుతుంది తాత్కాలికంగా. ఇలా లోపలి గాలి కాస్త సంకోచించడం లేదా సంపీడనం చెందడం వల్ల మీరు చొప్పించిన గాలి సీసాలోకి ప్రవేశించటానికి ఖాళీ ఏర్పడిందన్న మాట. ఐతే వ్యవహారం అక్కడితో ముగియదు. తొలిగా అదమబడిన గాలి కాసేపటికే వ్యాకోచిస్తుంది లేదా విరళీకరణం చెందుతుంది. దాని వల్ల అదనంగా చొప్పించిన గాలి మళ్ళీ బయటకు నెట్టేయబడుతుంది. ఐతే ఇప్పుడు సీసా లోపల ఒత్తిడి బయటి కన్నా కాస్త తగ్గుతుంది. అందువల్ల మళ్ళీ బయట ఉన్న గాలి సీసా లోనికి పీల్చబడుతుంది. ఇది మళ్ళీ లోపల ఆధిక ఒత్తిడి స్థితికి దారి తీస్తుంది. ఇలా తొలుత ఒక్కసారి కొద్ది సేపు మీరు గాలి ఊదటం ద్వారా లోపలి గాలి ఒత్తిడిలో కలుగచేసిన అలజడి ఆ సీసా లోని గాలిని కంపింప చేయటం మొదలెడుతుంది. ఈ కంపనాల తీరు మనమింతవరకూ 'సహజ పౌనఃపున్యాన్ని' నిర్వచించటానికి చెప్పుకున్న వివిధ ఉదాహరణలకు భిన్నమేమి కాదు. ఈ సీసాలోని గాలిలో జరిగే కంపనాల పౌనఃపున్యమే ఆ సీసా (జాడీ) యొక్క సహజ పౌనఃపున్యం అన్నమాట. ఈ సహజ పౌనఃపున్యం 'శ్రవ్య అవధి' (audible range)లో ఉంటే మనం ఆ శబ్దాల్ని వినగల్గుతాం. సరిగ్గా ఈ సూత్రం ఆధారంగానే సంగీత వాయిద్యాలు పని చేస్తాయి.

మనం ఊహించతగిన, తయారు చేసుకోగలిగిన వాటిలో అత్యంత సులభతర సంగీత వాయిద్యం పెన్ను మూత! బహుశా మీకు తెలిసే ఉంటుంది నోటి దగ్గర పెన్ను మూత పెట్టుకొని గాలి ఊదటం ద్వారా ఈల లాంటి శబ్దం సృష్టించటం. సాధారణంగా బాల్పెన్నుల మూతలు కాస్త చిన్నవిగా (మరీ ఎక్కువగా లోతు లేనివిగా) ఉండి సరిగా శబ్దం ఉత్పత్తి చేయక పోవచ్చు. ఇంకుపెన్నుల మూతలు కాస్త పొడవుగా (రమారమి 5 సెంటీమీటర్లు) ఉంటాయి. శబ్ద సృష్టికి మరింత అనువుగా ఉంటాయి. మూతని నిలువుగా పెదవుల కిందిభాగంలో పట్టుకొని నెమ్మదిగా గాలి ఊదితే, ఆ మూత ఒక ఆహ్లాదకరమైన ధ్వని చేస్తుంది. ఆ మూత లేదా ఒక వైపు మూసి ఉన్న చిన్న గొట్టం తన పొడవుకు తగినట్లు ఒకానొక నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యంతో ఆ ధ్వనిని వెలువరిస్తుంది. గొట్టం పొడవు పెరిగితే పౌనఃపున్యం తరుగుతుంది!

• వేణువు కూడా ఈ సూత్రం ఆధారంగానే పనిచేస్తుంది. లోపలంతా డొల్లగా ఉండే స్థూపాకార గొట్టమేకదా వేణువు యొక్క ఆకృతి. ఏ పౌనఃపున్యంతో ధ్వని జనిస్తుందన్న విషయం ఆ పిల్లన గ్రోవిలో ఏర్పడే గాలి గొట్టం పొడవెంత అనే దానిపై ఆధారపడి ఉంటుంది. కనుక వేణువుకు గల వివిధ రంధ్రాలను వేళ్ళతో

మూస్తూ తెరుస్తూ వివిధ ధ్వనులను (స్వరాలను) సృష్టించవచ్చు. పటంలో చూపిన విధంగా భారతీయ సంప్రదాయ వేణువులో ఒక వైపున కళాకారులు గాలి ఊదటానికి అనువైన రంధ్రం ఉంటుంది .

- దానికి కాస్త దూరం నుండి మొదలై అవతల చివరకు చేరేలోపు 8 రంధ్రాలు ఉంటాయి. వేణువుల్లో వివిధ రకాలున్నాయి. కొన్నిట్లో ఊదేది కాకుండా 6 రంధ్రాలే ఉండవచ్చు. ఇంకా ఎక్కువ కూడా ఉండవచ్చు. ఊదే చోటికి సమీపంలోని రంధ్రాన్ని తెరిచి ఉంచితే ఏర్పడే గాలి స్తంభం (air column) అతి తక్కువ పొడవు కలదై ఉంటుంది. తద్వారా కీచు స్వరం వినిపిస్తుంది.

ఐఐటీ మద్రాసు పూర్వ విద్యార్థి సత్యశేఖర్

వేణువు

- గాలి ఊదే రంధ్రము కాకుండా వక్రతలంపై (వంపుపై) ఉన్న అన్ని ఇతర రంధ్రాల్నీ మూసి వేస్తే ఏర్పడే గాలి అర అత్యంత పొడవైనదిగా ఉండి తక్కువ పౌనఃపున్యంతో స్వరోత్పత్తి చేస్తుంది.
- గాలి స్తంభం పొడవు మారుస్తూ వివిధ స్వరాల్నీ/ధ్వనుల్నీ పుట్టించే వాటిలో మరో మేలిమి ఉదాహరణగా 'జలతరంగిణి' వాయిద్యాన్ని గూర్చి చెప్పుకోవచ్చు. 'జలతరంగిణి' అనేది లోహం లేక పింగాణితో చేసిన కొన్ని దొన్నెల వంటి పాత్రల్లో ఒక్కోదానిలో ఒక్కోమట్టం వరకు నీరు నింపబడి ఉండే ఏర్పాటు. నీటి ఉపరితలం నుండి ఆయా పాత్రల పై అంచువరకు గాలివుంటుంది కనుక ఒక లోహపు కడ్డీతోనో లేక కర్రపుల్లతోనో ఆయా పాత్రల అంచుల్ని సున్నితంగా తాకటం ద్వారా ఆ పాత్రల్లోని గాలి అరలు కంపించి సుమధుర స్వరాలు పలుకుతాయి. ఆ స్వర మాధుర్యానికి మరో కారణం ఆయా పాత్రల్లో కలిగే కంపనాలు

కూడా తగు పాత్ర వహించడమే! జలతరంగిణిపై సుస్వరాలు పలికిస్తున్న దృశ్య సన్నివేశాన్ని https://shorturl.at/djwRT లో మీరు చూడవచ్చు.

- అతి సామాన్యమైన, ప్రాంతీయంగా చూడదగిన మరో చక్కని ఉదాహరణగా సైకిల్‌కి ఉండే గంటని చెప్పుకోవచ్చు. ఒక మోస్తరు అర్ధ గోళాకృతిలో ఉండే స్టీలు డొప్ప లోపలి వైపు గాలి అర ఏర్పడి ఉంటుంది సైకిల్ గంటలో. ఆ డొప్ప నుండి బయిటకు అమర్చబడిఉండే మీటను నొక్కినప్పుడు లోన ఉండే ఒక లోహపు గుండు ఆ స్టీలు డొప్పని లోపలనుండి తాడిస్తుంది. తద్వారా అందులో ప్రకంపనల్ని సృష్టిస్తుంది. ప్రకంపనలు కేవలం లోపల ఉన్న గాలి అరయందేకాక ఆ గంట ఉపరితలమంతటా కూడా కలగటం వల్ల ధ్వని ఉత్పన్నం అవుతుంది. స్టీలుతో చేయబడిన గంట అదురుతున్న సంగతిని తెలుసు కోవాలంటే ఆ మోగుతున్న గంటను అరచేతితో సున్నితంగా తాకితే సరి. గమ్మత్తుగా మీరు గంటను పట్టుకోగానే అతి స్వల్ప వ్యవధిలో 'చప్పుడు' ఆగిపోతుంది. కారణం ఆ స్టీలు డొప్ప కంపనాల్ని మీ అరచేయి శోషింప చేయటమే. మరి కంపనం లేకుండా ధ్వని రాదుగా!

సైకిల్ గంట

గుడి గంట

- అసలు సంగీత పరికరము అని ఏ మాత్రము అనిపించని విచిత్రమైన ఒక సంగీత వాయిద్యము టిబెట్ దేశంలో ప్రత్యేకంగా లభించే 'ఆలపించే గిన్నె' (Singing bowl). దీని పనితీరు సైకిల్ బెల్ లో ధ్వని ఉత్పత్తియే తీరుకి సరిపోలివుంటుంది.

- సాధారణంగా కంచు (bronze) లేక పోత ఇనుము (cast iron) తో రూపొందించబడే దీనిని 'మాలెట్' (mallet) అని పిలువబడే ఒక చెక్కతో కొట్టినప్పుడు అది కొద్దిసేపు పాటు నిలిచివుండే సుశ్రావ్యమైన స్వరాన్ని ఒక నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యంతో వినిపిస్తుంది. పౌనఃపున్యం ఎంత అనేది ఆ పాత్ర పరిమాణం మరియు ఆ పాత్ర తయారీకి ఉపయోగించిన పదార్థ స్వభావంపై ఆధారపడి వుంటుంది. కేవలం 10 సెం .మీ ముఖ వ్యాసం కల చిన్న పాత్ర ను ఒకసారి తాడిస్తే దాదాపు పది క్షణాల పాటు నిల్చివుండే స్వరాన్ని వినవచ్చు. ఈ పాత్రలు ప్రశాంతంగా, ప్రసన్నంగా వుండే ధ్వనులు చేస్తాయి కనుక టిబెట్ (బౌద్ధ) భిక్షువులు తమ ధ్యానానికి ఉపకరిస్తాయిని వీటిని వినియోగిస్తుంటారు .

- తంత్రీ వాయిద్యాలైన వీణ, ఫిడేలు, సితార్, మాండోలిన్ వంటి వాటిలో ప్రకంపనలు డొల్ల భాగంలోని గాలిలోనూ, మీటబడిన తీగలోనూ కలుగుతాయి. ఆయా వాయిద్యాల్లో ఒకటికి మించి తీగలు రెండు చివర్లలో గట్టిగా బిగించి వుంటాయి. గాలి గొట్టాల(/వాయు స్తంభాల్లో) ప్రకంపనలకు, తీగలోని ప్రకంపనలకు ఆసక్తిదాయకమైన పోలిక వున్నది. ఎలాగైతే పొడవాటి వాయు స్తంభాలు అల్పశ్రేణి పౌనఃపున్యాలను సృష్టిస్తాయో అదేవిధంగా పొడవాటి తీగలు కూడా తక్కువ పౌనఃపున్యం గల శబ్దాలను ఉత్పన్నం చేస్తాయి . మనం *** లో 'కంపించే తీగల' గురించి తెలుసుకున్నాం .

- వేణువు ఊదే కళాకారులు వివిధ రంధ్రాలను తమ వేళ్ళతో మూస్తూ తెరుస్తూ వాయు స్తంభం పొడవు మారుస్తూ తదనుగుణంగా వివిధ స్వరాలు ఎలా సృష్టిస్తారో అదే మాదిరి తంత్రీ వాద్యకారులు తీగలపై

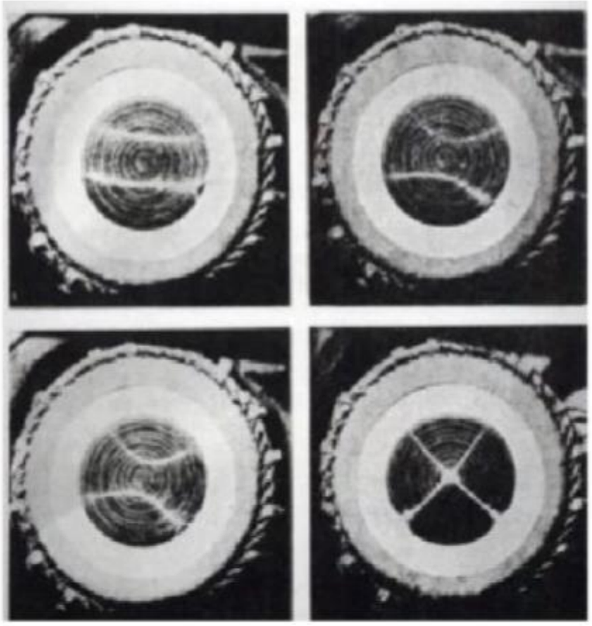
వివిధ చోట్ల నొక్కి పట్టడం ద్వారా తీగల పొడవు మారుస్తూ తదనుసరణీయంగా భిన్న స్వరాలను పలికిస్తారు .

- ఈ విధంగా ఎక్కువ శాతం సంగీతపరికరాల్లో రెండు ముఖ్యాంశాలు మేళవించి వుంటాయి.
- ఒకటి – తీగలు (వీణ, సితార్, ఫిడేలు వంటి వాటిల్లో) లేక జలతరంగిణిలో ఉపయోగించే కర్రపుల్ల వంటి శబ్ద జనకాలు
- రెండు – నిర్దిష్ట ఆకారం కల గాలి అర (ఉదా. ఫిడేలులో డొల్ల భాగం లేక జలతరంగిణి పాత్రల్లో నీటి ఉపరితలం నుండి ఆయా పాత్రల అంచువరకు నిండి వున్న గాలి).
- మొదటి దాని (శబ్ద జనకం) కారణంగా ఉత్పన్నమైన ప్రకంపనలు త్వరగా అంతరించకుండా, కొంత సమయం పాటు నిల్చివుండి శబ్ద సృష్టి కొనసాగేలా రెండోది దోహదం చేస్తుంది.

ఆశ్చర్యకరమైన వాస్తవం!

భారతదేశానికి భౌతిక శాస్త్రంలో మొట్ట మొదటి నోబల్ బహుమతిని సాధించిపెట్టిన ఆచార్య సీవీ రామన్ గారి గురించి మీరు వినేఉంటారు. వారు భారతీయ సంగీత వాయిద్యాల్లో ధ్వనుల ఉత్పత్తి, కంపనాల తీరుతెన్నుల గూర్చి విస్తారమైన పరిశోధన చేశారని మీకు తెలుసా?

పటంలో తబలా యొక్క ప్రకంపనల రీతుల్ని పరిశీలించవచ్చు. తబలా ఉపరితలంపై చిత్రగతులలో అమరిన ఇసుక రేణువులు ఎందుకు అలాగే రూపుదాల్చాయన్న దాన్ని గూర్చి ప్రయోగాలెన్నో చేసి 1935లో 'భారతీయ సంగీత వాయిద్యాలు' అనుపేరిట ఒక పరిశోధనా పత్రాన్ని ఆచార్య రామన్ ప్రచురించటం జరిగింది. ఇక్కడ మీరు చూస్తున్నది అందులోని చిత్రపటమే. రామన్ పరిశోధనల ఫలితంగా మనం పటంలో చూస్తున్న చిత్రాలు మనం గతంలో చెప్పుకున్న క్లాడ్నీ చిత్రాలను పోలినట్టున్నాయి.



అనునాదం(Resonance)

నిర్దిష్ట ఆకృతి మరియు పరిమాణం కలిగిన సంగీత పరికరాలైతేనేమి, పెద్ద భవంతుల వంటి నిర్మాణాలైతేనేమి వాటిలో ఒకసారి కంపనాల్ని సృష్టిస్తే అవి ఊహాతీతమైనంత ఎక్కువ సేపు నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యం వద్ద కంపనాల్ని కొనసాగిస్తూ ఉంటాయి. ఆ పౌనఃపున్యాన్నే ఆ వ్యవస్థ యొక్క 'అనునాద పౌనఃపున్యం' అంటారు.

- అనునాదానికి సంబంధించి కీలక విషయం ఏమంటే ఫలానా నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యం వద్ద ధ్వనిని ఉత్పన్నం చేసేదేదైనా అదే పౌనఃపున్యం వద్ద అత్యంత చురుగ్గా స్పందిస్తుంది.
- అనునాదాన్ని అర్థం చేసుకోడానికి మనం ఒక ప్రయోగం చేయవచ్చు శ్రుతిదండం, వాయుస్తంభం ఆధారంగా! శ్రుతిదండం తనదైన సహజ పౌనఃపున్యం వద్దనే కంపిస్తుందనీ అలాగే గాలిస్తంభం సైతం తనదైన సహజ పౌనఃపున్యంతోనే కంపనాలు సృష్టిస్తుందని మనం ఇదివరకే తెలుసుకున్నాం. f_{tf} అనే పౌనఃపున్యంతో కంపిస్తున్న శృతిదండాన్ని f_{ac} అనే సహజ పౌనఃపున్యం కల గాలిస్తంభం అంచువద్దకు తీసుకొస్తే ఏమౌతుంది? దీని జవాబు నిర్ణయించేది f_{tf} మరియు f_{ac} ల మధ్య ఉన్న సంబంధమే. ఒకవేళ ఆ రెండు విలువలు సమానమైతే ($f_{tf} = f_{ac}$) అప్పుడు బిగ్గరగా ధ్వని ఉత్పన్నమవుతుంది. అప్పుడు ఆ శృతి దండము &

గాలిస్తంభం అనునాద సంబంధం (resonant condition) కలిగి ఉన్నాయన్న మాట. f_{tf} విలువ f_{ac} కి మధ్య మరీ ఎక్కువ తేడా ఉంటే అప్పుడు ధ్వని వినలేం.

దీనిని https://shorturl.at/hrD69 వీడియోలో చూడవచ్చు.

అనునాదం అనే దృగ్విషయంలో ఒక వస్తువు ధ్వని జనకంగానూ మరొకటి ధ్వని గ్రాహకంగాను వుంటాయి. రెండు వస్తువులు అనునాద స్థితిలో వున్నాయంటే అర్థం ధ్వని గ్రాహకము ధ్వని జనకం యొక్క ప్రకంపనలకు అనుగుణంగా స్పందించింది అని! వాస్తవానికి ధ్వని గ్రాహకం కేవలం ఒక్క నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యం f వద్దనే కాక తన సహజ పౌనఃపున్యానికి కాస్త అటూ ఇటూగా (f_1 నుండి f_2) కూడా స్పందించి అనునాద స్వభావాన్ని ప్రదర్శిస్తుంది. $[f_1, f_2]$ పరిధికి ఆవల వుండే శబ్దతరంగాలకు ఈ వస్తువు స్పందించకుండా స్తబ్దుగా వుంటుంది, తనకేం పట్టనట్టు!

ఇలా ఓ చిన్న పరిధిలోని పౌనఃపున్యాలకు స్పందించే సాధనాల్లో శబ్దగ్రాహి (మైక్, microphone) ఒకటి. మీరు మైకు ముందర మాట్లాడినా, పాడినా ఆ మైక్ లోపల వుండే ఒక (పల్చని) పొర మీరు చేస్తున్న శబ్దానికి అనుగుణంగా కంపిస్తుంది. మైక్ లో వుండే విద్యుత్ వలయ ఏర్పాటు వల్ల ఈ యాంత్రిక కంపనాలు విద్యుత్ సంకేతాలుగా మార్చబడతాయి. మైకు మీ మాటలకు పాటలకు అన్నింటికీ స్పందించాలంటే అది మీ స్వరపేటిక సృష్టించగలిగే శబ్ద కంపనాల పరిధియగు 100-1000Hz నిడివిలో అనునాదం చెందగలిగేలా వుండాలి. సాధారణంగా మంచి నాణ్యత కల మైకులు 100-1000Hz ఏం ఖర్మ .. ఎకాయెకి 100-10,000Hz వరకు చక్కని పనితీరు కనబర్చగలుగుతాయి. అలాగే మనిషి చెవులు 20Hz నుండి 20,000Hz పౌనఃపున్యం వరకు ధ్వనులు వినగల్గుతాయి. స్వరపేటిక సృష్టించే ధ్వనుల అవధికన్నా శ్రవ్య అవధి చాలా ఎక్కువ వుండటానికి కారణం, మనం కేవలం మనుషుల మాటలే కాకుండా ఈ ప్రపంచంలోని ఇతరేతర ధ్వనుల్ని కూడా వినాల్సివుంటుంది కదా.

ధ్వని తరంగాలు :

కంపనం చెందే వస్తువు వల్ల ధ్వని ఉత్పన్నమౌతుందని మనము తెలుసుకున్నాం. అలా జనించిన శబ్దం యొక్క పౌనఃపున్యం లేక నిర్దిష్ట పరిధిలోని పౌనఃపున్యాల వద్ద స్పందించే శబ్ద గ్రహకాల పనితీరునూ తెలుసుకున్నాం. మరైతే శబ్దోత్పత్తి స్థానం నుండి శబ్ద గ్రాహకం వరకు ఈ కంపనం ఎలా ప్రయాణం చేసినట్టు? గతంలో మనం చెప్పుకున్నట్టు ధ్వని ప్రసారానికి (ఘన, ద్రవ, వాయు) యానకం

అవసరం. కానీ ఖచ్చితంగా ఈ శబ్ద శక్తి ఒకచోట నుండి మరోచోటకి యానకంలో ఎలా పయనిస్తుందో కొన్ని ప్రయోగాల ద్వారా తెలుసుకుందాం.

నీటి తరంగాలు:

పైన వేసిన ప్రశ్నకు సమాధానంగా ఓ చిన్న ప్రయోగం చేద్దాం. సాధారణంగా కార్యాలయాల్లో కాగితాలు పెట్టడానికి ఉపయోగించే దీర్ఘచతురస్రాకారపు పళ్ళెము వంటిది తీసుకొని అందులో సుమారు ఒక ఇంచ్ (1 inch=2.54 సెం.మీ~రెండున్నర సెం. మీ)లోతు వుండేలా నీరు పోయండి. నీటి ఉపరితలం కదలికలు లేని నిశ్చల స్థితికి వచ్చేదాకా ఓపిక పట్టండి. ఇప్పుడు నెమ్మదిగా కింద పటములో చూపినవైపు సుమారు 2 ఇంచులు (~5 సెం. మీ) పైకెత్తి మళ్ళీ యధాస్థానంలో పెట్టేయండి. మీరు ఎత్తిన వైపు నుండి బయల్దేరిన ఓ చూడచక్కనైన తరంగం ఆవలి వైపుకు పయనించి అక్కడి గోడను ఢీకొని వెనక్కి తిరిగిరావటం, మళ్ళీ ఇటువైపు గోడకు తాకి వెనక్కు మళ్ళటం కనిపిస్తుంది. ఇలా ఈ తరంగాలు అటు కాసేపు, ఇటు కాసేపు పయనిస్తూ ప్రతిసారీ కాస్తకాస్త శక్తిని కోల్పోతూ కాసేపటికి నీరంతా మళ్ళీ నిశ్చల స్థితికి రావడం

కనిపిస్తుంది.

తరంగాల ప్రవాహ వేగం కనుక్కోవటం మీకు కష్టం కాబోదు. ఆ దీర్ఘచతురస్రాకారము పొడవు L ఐతే, తరంగం ఒక చివరి నుండి మరో చివరకు పయనించడానికి T అనే సమయం పడితే, తరంగ వేగం = L/T (పొడవు/సమయం) అని మీరు చటుక్కున చెప్పేయగలరు.

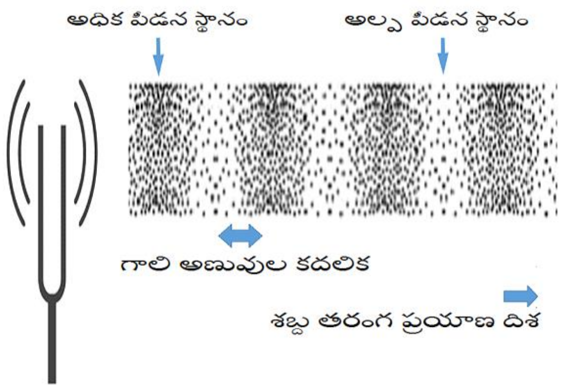
ఈ ప్రయోగంలో గమనించాల్సిన విషయం ఒకటుంది. తరంగాలు పైపైన బాగా కదలడం కనిపిస్తుంది కానీ లోపలి భాగం నీటిలో పెద్దగా కదలిక లేదు. ఇదెలా సాధ్యమో తెలియటానికి చిన్న గమ్మత్తైన ఆట ఒకటి ఆడితే సరి!

మరింకేం.. పిలవండి మీ మిత్రబృందాన్ని. తరగతిలో విద్యార్థులు కూర్చోవటానికి ఉపయోగించే బల్లలు (సాధారణంగా ఒక్కో బల్ల పై ముగ్గురు నుండి ఐదుగురు కూర్చోవచ్చు కాస్త ఎడం పాటిస్తూ, మరీ ఇరుకిరుకుగా కాకుండా) కొన్నిటిని ఒకే వరుసలో పొడవుగా ఒకే బల్ల మాదిరి వుండేలా పేర్చండి. పిల్లలంతా ఒకరి పక్కన ఒకరు కూర్చొని బుద్ధిగా ఇక్కడ చెప్పినట్లు చేయాలి. ప్రతి ఒక్కరూ నిర్దిష్ట సమయానికి తమవంతు వచ్చినప్పుడు లేచి నిలబడి మళ్ళీ వెంటనే కూర్చోవాలి. మొట్టమొదట అందరికన్నా ఎడమవైపు వున్నవారితో ఈ లేచి కూర్చోవటం అనే ప్రక్రియ మొదలు పెడదాం. ప్రతి ఒక్కరూ తమ పక్కనే కుడివైపున ఉన్నవారు పైకి లేవటం మొదలెట్టిన సమయానికి కాస్త తేడాతో తాము లేవటం, తదుపరి కూర్చోవటం చేయాలి. పక్కపక్కనే వున్న ప్రతి ఇద్దరి కదలికల మధ్య ఈ 'కాస్త తేడా' సమయం సమానమైనప్పుడు కొద్ది దూరం నుండి ఈ ప్రక్రియను చూస్తున్న వారికి అది ఓ మానవ తరంగంలా కనిపిస్తుంది. ఈ లేచికూర్చోవటం ఒక్కసారి వ్యవహారం కాకుండా చక్రీయ (ఆవర్తన) పద్ధతిలో కొద్దిపాటి నిడివితో మళ్ళీ మళ్ళీ జరిగితే అప్పుడు నీటి తరంగానికి మల్లె ఈ మానవ తరంగం కూడా గోచరిస్తుంది. ఉదాహరణకు ఇరవైమందికి తగ్గకుండా పిల్లలు వుంటే మొదటి వారు లేవడం మొదలెట్టిన పిమ్మట సుమారు 1 క్షణం వ్యవధితో రెండో వారు లేవటం, ఆ తరువాత మళ్ళీ (దాదాపు) అంతే నిడివితో మూడో వారు లేవటం మొదలెట్టాలి. లేవటంలోను, కూర్చోవటంలోను అందరూ దాదాపు ఒకే వేగం పాటిస్తే మంచిది. ఒకసారి లేచి కూర్చోగానే తమపని అయిపోయిందనుకోవద్దు. ఒకసారి తమవంతు అయిపోయాక సుమారు రెండు లేక మూడు క్షణాల వ్యవధితో మళ్ళీ లేవడం, ఆ తరువాత కూర్చోవడం చేయాలి. ఇదంతా ఒక చక్రీయ పద్ధతిలో జరిగినప్పుడు ఆ మానవ తరంగం చూడ ముచ్చటగా ఉంటుంది. ఈ ఆటలో తరంగం కదిలింది కాని విద్యార్థులు తాము ఉన్నచోటే లేవటం కూర్చోవటం జరిగింది. తలభాగం (నీటి ఉపరితలం) కదిలినంతగా కాళ్ళ భాగం (నీటి అడుగు భాగం) కదలడం లేదని, కదలాల్సిన అవసరం లేదని మీరు గ్రహించారు కదా! సాధారణంగా క్రీడా మైదానాల్లో

విజయం సాధించిన జట్టుకు అభినందనలు అందించేందుకు కొన్ని (పదుల) వేల సంఖ్యలో వున్న ప్రేక్షకులు లయబద్ధంగా లేచి కూర్చోవటం ద్వారా 'మళ్ళీమళ్ళీ చూడాలనిపించేలా' ఈ మానవ తరంగాల్ని సృష్టిస్తుంటారు. అలాంటి ఓ అపురూప సన్నివేశం http://shorturl.at/fFIO1 లో చూడవచ్చు.

1984లో అమెరికా (USA)లోని మిచిగన్ రాష్ట్రంలో ఒకానొక క్రీడామైదానంలో అభిమానులు సృష్టించిన లయాత్మకమైన మానవ తరంగమే మీరు ఈ లంకెలో చూసే దృశ్యం .

- ధ్వని తరంగం సరిగ్గా పైన ఉదాహరించిన నీటి తరంగం / మానవ తరంగం వలెనే ఉంటుంది. తేడా ఏమంటే గాలిలోని తరంగాల్ని కంటితో నేరుగా చూడటం సులభం కాదు. సుసాధ్యం చేయటానికి కాస్త క్లిష్టమైన ప్రక్రియలు లేకపోలేదు .
- గాలితో నిండిన ఒక గొట్టంలోకి మీరు ఊదినప్పుడు అందులోకి గాలి ఒక నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యంతో చక్రీయ పద్ధతిలో ఆవర్తితంగా సంపీడనం (compress) మరియు విరళీకరణం(decompress) చెందుతుందని మనం ఇదివరకే తెలుసుకున్నాం. నీటి తరంగం ప్రయాణించిన పద్ధతిలోనే ఈ గొట్టంలో సంపీడనాలు, విరళీకరణాలు తరంగాల మాదిరి ఎలా పయనిస్తాయో ఈ క్రింది ఉదాహరణ ద్వారా తెలుస్తుంది.
- పటములో ఎడమ వైపున కంపిస్తున్న శృతి దండాన్ని చూడవచ్చు. ఎప్పుడైతే దాని కుడి భుజం కుడివైపుకి కదులుతుందో అప్పుడది అక్కడిగాలిని కాస్త ఒత్తిడికి గురిచేసి ఒక అధిక పీడన స్థానము(/బిందువు) అక్కడ ఏర్పడేలా చేస్తుంది. అతిస్వల్ప వ్యవధిలోనే అలా కుంచించుకున్న గాలి తనంత తానుగా వ్యాకోచించటం మొదలపెడుతుంది. సరిగ్గా ఆ అధిక పీడన స్థానం నుండి! ఇంకేముంది. ఇప్పుడు గత్యంతరం లేని పరిస్థితుల్లో ఈ 'మొదటి' అధిక పీడన బిందువుకి కాస్త ఎడంగా కొత్తగా గాలి ఒత్తిడికి గురికావటం వల్ల అక్కడ 'రెండవ' అధికపీడన స్థానం ఏర్పడుతుంది. ఈపాటికి ఆ మొదటి ఆదిక పీడనస్థానం కాస్తా విరళీకరణ స్థితికి చేరి ఉంటుంది. ఈ విధంగా సంపీడనాలు & విరళీకరణాలు (compressions & rarefractions) శబ్దోత్పత్తి స్థానం నుండి బయటవైపుకి పయనిస్తాయి.



- **డాప్లర్ ప్రభావం** మీరెప్పుడైనా ఆగకుండా కూతపెడుతున్న రైలు వేగంగా మిమ్మల్ని దాటుకు వెళ్ళటం గమనించారా? ఇక్కడ 'ఆగకుండా' అనేది కూతకి మరియు రైలుకీ వర్తిస్తుంది! భారీగా ఉండే రైలు వేగంతో వెళ్తుంటే పట్టాలకి కొద్దిదూరంలో, ప్లాట్ ఫాం పై ఉండి (ప్లాట్ ఫాం అంచు నుండి కనీసం 3మీ లోనికి ఉండాలి) మీరు దాని అమేయ శక్తిని అనుభూతి చెందే ఉంటారు. ఆశ్చర్యపడీ వుంటారు. అది సంభ్రమానికి గురిచేయటం సహజమే ఐనా మీరు కాస్త జాగ్రత్తగా పరిశీలన చేస్తే ఒక వింతైన విషయం మీకు మరింత ఆశ్చర్యం కల్గించక మానదు! ఆ రైలు కూత యొక్క పౌనఃపున్యం గురించి మీరు పెట్టాల్సిన ధ్యాస గురించే ఈ ప్రస్తావన. రైలు మీ వైపుకి కూతపెడుతూ వస్తున్నప్పుడు, అది సమీపిస్తున్న కొద్దీ పౌనఃపున్యం (కీచుదనం) పెరిగినట్లు, ఎప్పుడైతే రైలింజను మిమ్మ్మల్ని దాటుకొని వెళ్ళడం మొదలెట్టిందో అప్పటినుండి క్రమక్రమంగా పౌనఃపున్యం తగ్గినట్లు మీరు గుర్తిస్తారు. ఈ విషయాన్నే https://shorturl.at/cdkmC లో చూడవచ్చు. అమెరికాలో 'Amtrak రైలు' కూత పెడుతూ పరుగెడుతుండగా తీసిన వీడియో ఇది.

- ఈ విచిత్ర విషయాన్ని దానికి గల కారణాన్ని గూర్చి పరిశోధించి తన పరిశీలనల సారాన్ని మొదటిసారిగా 1842లో ఆస్ట్రియా దేశానికి చెందిన డాప్లర్ అనే భౌతిక శాస్త్రవేత్త ప్రచురించటం జరిగింది. అందువల్ల దీనికి 'డాప్లర్ ప్రభావం' అనే పేరు స్థిరపడింది.

- ఒక ధ్వని యొక్క కీచుదనము దాని పౌనఃపున్యమునకు సంబంధించినదై వుంటుంది. ఇంతవరకు మనము చర్చించుకున్న అంశాల ఆధారంగా పౌనఃపున్యము అనేది ధ్వని జనకము యొక్క అంతర్గత, మౌలిక ధర్మము అనే భావనకు లోనై వుంటాము. ఒకవేళ ఆ భావనే నిజమైతే మరి ఈ రైలు ఉదాహరణలో ధ్వని జనకం యొక్క చలనం కూడా పరిశీలకుల పరంగా చూసినప్పుడు పౌనఃపున్యం మారటంలో పాత్రవహిస్తున్నదన్న వాస్తవం సంగతి ఏమిటి?

- ఇలా ఎందుకు జరుగుతున్నదో సూటిగా చెప్పవచ్చు. తొలుత మన పరిశీలనను రెండు దశలలో అర్థం చేసుకుందాం. మొదటి దశలో ధ్వని యొక్క కీచుదనం ఎక్కువగా వున్నప్పుడు రైలు మరియు ధ్వని మీరున్న వైపుకి ప్రయాణిస్తున్నాయి. రెండో దశలో ధ్వని యొక్క కీచుదనం తక్కువ అయినప్పుడు రైలు మీ నుండి దూరంగా వెళ్తువుంటే, ధ్వని మాత్రం రైలు కదలికకి వ్యతిరేక దిశలో మీ వైపుకి పయనిస్తోంది. ఈ మౌలిక తేడానే శబ్ద పౌనఃపున్యములో మార్పుల్ని వివరించటంలో కీలకం.

- ఎప్పుడైతే ధ్వని జనకము శబ్దాన్ని వెలువరించిందో అప్పుడు ఆ ధ్వని శబ్ద వేగంతో మీవైపుకి సంపీడనాలు & విరళీకరణాల రూపంలో పయనిస్తుంది. ఐతే రైలు కూడా ఎంతోకొంత వేగంతో మీవైపే వస్తూ వుంది (ఉదా.గంటకి 100 కి.మీ వేగంతో అనుకుందాం). రైలు మీ వైపుకి వస్తుందనుకునే బదులు మీరే రైలు వైపు అదే 100 కి.మీ/గంట వేగంతో వెళ్తున్నట్లు భావించవచ్చు. మౌలికంగా చూస్తే రైలు మీ వైపు V వేగంతో వచ్చినా, లేక మీరే V వేగంతో రైలు వైపు వెళ్ళినా ఈ రెండు ఒకటే ఎందుకంటే ఇక్కడ ముఖ్యాంశం సాపేక్షికంగా రైలుకి మీకు మధ్య వేగం ఎంత అనేదే తప్ప విడిగా రైలు వేగం ఎంత? లేక విడిగా మీ వేగం ఎంత? అనేవి అప్రాధాన్యాంశాలు. విషయం సులభంగా అర్థం కావటం కోసం రైలు వైపు మీరు ఫలానా వేగంతో పయనిస్తున్నారు అనుకుందాం. తదనుగుణంగా ఈ క్రింద పేర్కొన్న సారూప్యత కలిగిన ఉదాహరణను పరిగణలోకి తీసుకుందాం. ధ్వనికి సంబంధించిన సంపీడన తరంగాలను ఒక వరుసలో నడుస్తున్న కొందరు వ్యక్తులుగా భావించి 3 వేర్వేరు సన్నివేశాలను చర్చిద్దాం.

- 1. మీరు నిశ్చలంగా నిలబడి ఉన్నప్పుడు ఆ వరుసలోని వ్యక్తులు మీ వైపుకి వస్తూవుండటం

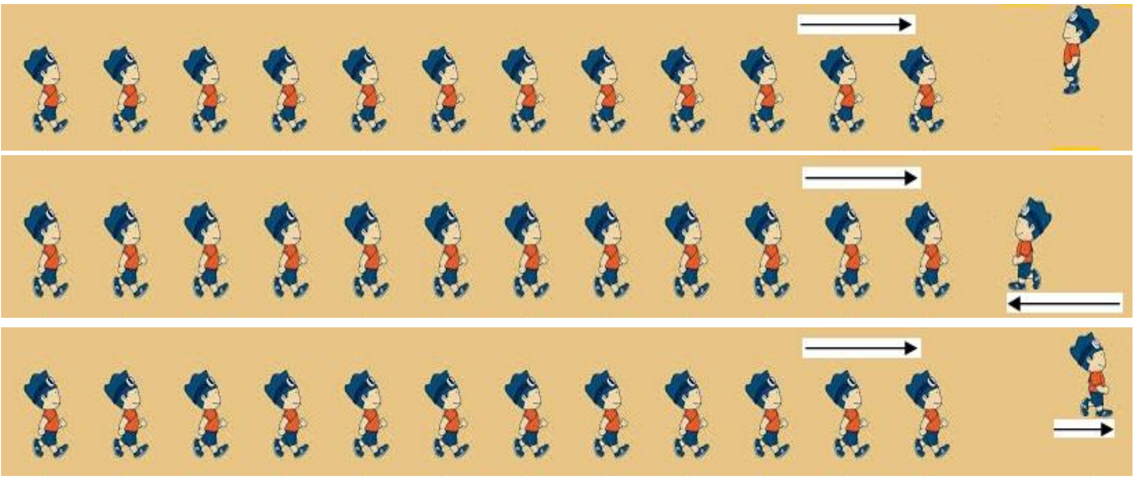
- 2. ఆ వరుసలోని వ్యక్తులు మీ వైపు వస్తుండగా మీరు వారికి అభిముఖంగా వారి వైపు నడవటం

- 3. ఆ వరుసలోని వ్యక్తులు కదులుతున్న దిశలోనే మీరూ నడవటం .

- వరుసలోని ప్రతివ్యక్తిని ఒక సంపీడన తరంగానికి ప్రతి రూపంగా భావిస్తే ఒక క్షణంలో మిమ్మల్ని దాటుకువెళ్లే వ్యక్తుల సంఖ్య ధ్వని యొక్క పౌనఃపున్యం ఔతుంది!

- మొదటి సన్నివేశంలో, మీరు నిశ్చలంగా వుండిన సందర్భంలో మిమ్మల్ని దాటుకెళ్ళిన వ్యక్తుల సంఖ్య ధ్వని జనకం యొక్క సహజ పౌనఃపున్యం అన్నమాట!

- రెండో సన్నివేశంలో, వరుసలోని వ్యక్తులు మీ వైపు వస్తూవుండగా మీరు కూడా వారి వైపు కదులుతున్నందున అంటే ఎదురెదురుగా ప్రయాణిస్తున్నందున వేగాలు (ఆ సమూహ వేగం మరియు మీ వేగం) కూడుకుంటాయి. అందువల్ల ఒక్కో క్షణంలో మొదటి సన్నివేశంలో కన్నా ఎక్కువ మంది వ్యక్తులు మిమ్మల్ని దాటుకెళ్తారు. ఇది పౌనఃపున్యం పెరగడానికి కారణమౌతుంది.
- ఇక మూడవ సన్నివేశంలో వరుసలో కదులుతున్న వ్యక్తుల దిశలోనే సమాంతరంగా మీరు కూడా కదులుతూ వుండటం వల్ల ఆయా వేగాలు (సమూహ వేగం & మీ వేగం) ఒక దాంట్లోంచి మరోటి తీసివేయబడి - అంటే సదిశల వ్యవకలనం జరిగి - ఫలిత వేగం యొక్క పరిమాణం తగ్గుతుంది. తదనుగుణంగా పౌనఃపున్యం /కీచుదనం లో తగ్గుదల ప్రస్ఫుటమౌతుంది .



ఇలా శబ్ద జనకానికి మరియు శబ్ద గ్రాహకానికి మధ్య సాపేక్ష వేగం వుంటే వేర్వేరు సన్నివేశాల్లో గ్రాహకం వద్ద నమోదయ్యే పౌనఃపున్యం విలువల్లో వచ్చే మార్పులేమిటి అనే అంశంపై విస్తృత అధ్యయనం జరిపిన డాప్లర్, పరిశీలకుల అనుభూతికి వచ్చే పౌనఃపున్యం ఎంతో కనుక్కునే సూత్రాన్ని ప్రతిపాదించాడు .

ఈ సూత్రం లో c అనేది గాలిలో ధ్వని వేగాన్ని సూచిస్తుంది

v_s రైలు వేగాన్ని

f_o శబ్దోత్పత్తి సాధినం యొక్క వాస్తవ /సహజ పౌనఃపున్యాన్ని

f పరిశీలకుని అనుభూతికి వచ్చిన పౌనఃపున్యాన్ని సూచిస్తే

సమీపిస్తున్నప్పుడు $f = \left(\frac{c}{c - v_s} \right) f_o$

దూరం వెళ్తున్నప్పుడు $f = \left(\frac{c}{c + v_s} \right) f_o$

హారములో '−' అనేది రైలు గ్రాహకిని (పరిశీలకుణ్ణి)సమీపిస్తున్నప్పుడు

'+' అనేది రైలు దూరం వెళ్ళిపోతున్నప్పుడు ఉపయోగించాలి $f = \left(\frac{c}{c \pm v_s} \right) f_o$ సూత్రంలో అని గమనించగలరు.

రైలు సమీపిస్తున్నప్పుడు హారము విలువ < రైలు వెళ్ళిపోతున్నప్పుడు హారం విలువ

=> సమీపిస్తున్నప్పుడు అనుభూతి చెందే కీచుదనం > దూరం వెళ్తున్నప్పడు అనుభూతి చెందే కీచుదనం

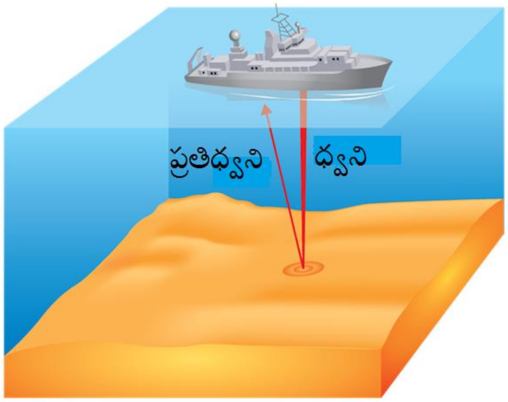
అసలీ రైలు ధ్వని పౌనఃపున్యాల మార్పుని అధ్యయనం చేయాలన్న తలపుతో డాప్లర్ తన పని మొదలుపెట్టలేదు.

విశ్వంలో సుదూర ప్రాంతాల్లో వున్న నక్షత్రాలు వెలువరించే కాంతి రంగుల్లో తేడాలను గుర్తించాలన్నది ఆయన అసలు అభిమతం. ధ్వని విషయంలో కీచుదనం ఎటువంటిదో, కాంతి విషయంలో 'రంగు' కూడా అట్టిదే. ఎలాగైతే కీచుదనం ధ్వని యొక్క పౌనఃపున్యంపై ఆధారపడి వుంటుందో అలా కాంతి రంగు ఆ కాంతి పౌనఃపున్యంపై ఆధారపడివుంటుంది. దృశ్యమానమైన కాంతి సప్త వర్ణాల కలయిక అని మనకు తెలుసు. వీటిలో ఊదా (వంకాయ రంగు) యొక్క పౌనఃపున్యం అన్నిటికన్నా ఎక్కువ కాగా ఎరుపు పౌనఃపున్యం అన్నిటికన్నా తక్కువ. ఎలాగైతే రైలు కూత విషయంలో డాప్లర్ ప్రభావం కనిపించిందో, అలాగే ఎప్పుడైతే ఒక తార పరిశీలకుని వైపు పయనిస్తుందో అప్పుడు అది వెలువరించే కాంతి పౌనఃపున్యం పెరుగుతున్నట్లు అంటే ఎరుపు పౌనఃపున్యానికి దూరంగా ఊదా రంగు పౌనఃపున్యం వైపుకి జరుగుతున్నట్లు ఆ పరిశీలకునికి అనిపిస్తుంది (తన వద్ద వున్న పరికరాల్లో అలా నమోదౌతుంది). అలాగే నక్షత్రము పరిశీలకుని నుండి దూరంగా వెళ్తున్నట్లైతే పరిశీలకునికి (తన వద్ద గల పౌనఃపున్యాన్ని లెక్కించే సాధనానికి) నక్షత్రము వెలువరించే కాంతి పౌనఃపున్యం తగ్గుతున్నట్లు (ఎరుపు రంగు పౌనఃపున్యం వైపుకి జరుగుతున్నట్లు) అనిపిస్తుంది. అంతరిక్ష/ఖగోళ పరిశోధనల్లో భాగంగా చాలా నక్షత్రాలు మనకు అంటే భూమండలానికి దూరంగా జరుగుతున్నట్లు తెలుస్తుంది. అంటే ప్రస్తుతం విశ్వం వ్యాకోచిస్తోందన్న మాట. అంటే మనం

ఒకానొక నక్షత్ర కాంతిని పరిశీలిస్తున్నామంటే అది వాస్తవంగా ఉన్నదానికన్న మరింత ఎక్కువ ఎరుపుగా ఉన్నట్టు మనకు కనిపిస్తుంది. దూరంగా వెళ్తోంది కనుక పౌనఃపున్యం తగ్గినట్లు పరిశీలకుని వద్ద పరికరం నమోదు చేస్తుంది. పౌనఃపున్యం తగ్గటం అంటే ఎరుపుదనం పెరగటం అన్నమాట.

ఇబ్బందులు లేని నౌకాయానానికి సహకరించే ధ్వనులు:

ఆధునికకాలంలో నిర్మితమౌతున్న నౌకలు, జలాంతర్గాముల్లో తప్పనిసరిగా SONAR (సౌండ్ నావిగేషన్ అండ్ రెంజింగ్) పేరిట ఒక వ్యవస్థ ఏర్పాటు చేయబడుతున్నది. అతి సులభంగా అర్థమయ్యే ఒక ప్రాథమిక అంశం ఆధారంగా పనిచేస్తుంది ఈ సోనార్ వ్యవస్థ. ఇది అతిధ్వనులను (1,000 - 1,00,000 Hz పరిధిలో అధిక పౌనఃపున్యం కల శబ్దాలను) సృష్టించనూగలదు మరియు గ్రహించనూగలదు. సోనార్ పరికరం నుండీ నిర్దిష్ట పౌనఃపున్యంతో వెలువడే అతిధ్వని తరంగాలు సముద్ర అంతర్భాగంలో ఏదైనా పరావర్తనం చెందించే వస్తువును (బహుశా శత్రువుల గూఢచార జలాంతర్గామిని, లేదా పెద్ద కొండని, లేదా ఓ పెద్ద మంచుదిబ్బని) ఢీకొని ప్రతిధ్వనిగా మరలి వస్తే అలా వెళ్ళిరావటానికి పట్టిన సమయమును $2T$ గా గణిస్తే అప్పుడు T అనేది ధ్వని జనకం నుండి ఆ ఫలానా అడ్డంకి వున్న ప్రాంతానికి ధ్వని పయనించుటకు పట్టే సమయం అన్న మాట. నీటిలో ధ్వని వేగం c =1500 మీ/సె. కనుక శబ్ద జనకానికి మరియు పరావర్తనం చెందించిన ప్రాంతానికి (లక్ష్యానికి) మధ్య దూరం $d = ct$ గా లెక్కించ్చవచ్చు. సముద్రంలో వివిధ ప్రాంతాల్లో లోతు కనుక్కోవడానికి కూడా సరిగ్గా ఈ సూత్రాన్నే ఉపయోగిస్తారు. సముద్ర అంతర్భాగాన్ని ఈ విధంగా శోధించడం వల్ల నీటి అడుగుభాగం సమతలంగా లేదన్న సంగతి, లోపల ఎన్నెన్నో పర్వతాలు, అగాధాలు ఉన్నాయన్న సంగతి తెలిసింది. ఇతర పద్ధతుల్లో తెలుసుకున్న వాటిని రూఢి చేసుకోవటానికి సోనార్ పరీక్ష చక్కగా ఉపయోగపడుతోంది కూడా. సముద్రపు లోతు వివిధ చోట్ల కనుక్కోవడానికి సోనార్ వ్యవస్థ ఉన్న నౌకని ఆయాప్రాంతాల మీదగా పయనింప చేస్తూ సముద్రం అడుగు భాగాన్ని తాకేలా తగు వ్యవధితో శబ్ద పుంజాల్ని వెలువరిస్తారు. అవి అడుగు భాగాన్ని (అక్కడ కొండ ఉందో, లోయ ఉందో, చదునుగా మామూలు నేల ఉందో.. ఏదైతే అది) తాకి వెనక్కి రావడానికి పట్టిన సమయం ఆధారంగా ఆయా ప్రాంతాల్లో లోతుని కనుక్కోవడం జరుగుతుంది.



సముద్ర తలాన్ని గుర్తించడానికి సోనార్ వ్యవస్థను ఉపయోగిస్తున్న దృశ్యం

గబ్బిలాలు ఒక చోటు నుండి మరో చోటుకు ఎగిరి వెళ్ళేటప్పుడు ఈ సూత్రాన్నే ఆధారం చేసుకుంటాయి. వాటి శరీర నిర్మాణం సహజమైన 'సోనార్ వ్యవస్థ'ని కలిగి ఉంటుంది. అవి మనలాగ, ఇతర ప్రాణుల్లాగా కంటితో చూసి ప్రయాణించవు. అతిధ్వనులు వాటి ప్రతి ధ్వనులు వెరసి సహజ సోనార్ వ్యవస్థని ఉపయోగించుకుంటాయి.

(నేరుగా చెవికి వినపడని) ధ్వనులు - అతిధ్వనులు

మనిషి శ్రవ్య అవధికి బయట ఉన్న శబ్దాలు కూడా సృష్టిలో ఉన్నాయి. ఉదాహరణకు మన గరిష్ఠ శ్రవ్య పౌనఃపున్యమైన 20,000 Hz కన్నా ఎంతో ఎక్కువ పౌనఃపున్యంతో 50,00,000 Hz వరకు ఉండే ధ్వనులను అతిధ్వనులుగా పరిగణిస్తారు. 50,00,000 Hz ని సంక్షిప్తంగా 5 MHz (M=Mega) అని వ్రాయవచ్చు .

అతిధ్వనుల వల్ల వైద్యరంగంలోనే కాక ఇతర రంగాలలోనూ ఇన్నో ఉపయోగాలున్నాయి. ఎలాగైతే సముద్ర అంతర్గత భాగాన్ని శోధించటానికి అతిధ్వనులు ఉపయోగపడతాయో అదేవిధంగా శరీరంలో వివిధ భాగాల అమరికను అర్థం చేసుకోవటానికి, అధ్యయనం చేయటానికి ఇవి ఉపకరిస్తాయి. కొన్ని రకాల క్యాన్సర్ కణితుల సాంద్రతలలో ఉండే అతిచిన్న వ్యత్యాసాలను గుర్తించటంలో సాధారణ X-కిరణాలతో పోలిస్తే అతిధ్వనులు సమర్థ వంతంగా పనిచేస్తాయి. సాంప్రదాయక శస్త్రచికిత్స విధానంలోవలె శరీరంపై పెద్ద

పరిమాణంలో గాట్లు, రంధ్రాలు చేయనవసరం లేకుండా అతిధ్వని ఆధారిత శస్త్ర చికిత్సా విధానాలు ప్రస్తుతం అందుబాటులో ఉన్నాయి.

సూపర్ సోనిక్ విమానం, సూపర్ సానిక్ చలనం:

శబ్దవేగాన్ని అధిగమించి పయనించటాన్నే సూపర్ సోనిక్ చలనం అంటారు. గాలిలో శబ్దవేగం రమారమి గంటకు 1,236 కిమీ (సముద్ర మట్టం వద్ద, అంటే బారమితిలో వాతావరణ పీడనం 76 సెం .మీ గా నమోదైనప్పుడు). ప్రస్తుతం అందుబాటులో ఉన్న పెద్ద పెద్ద పౌర విమానాలు దాదాపుగా గంటకు 900 కిమీ వేగంతో అంటే సుమారుగా శబ్దవేగంలో ¾ వంతు వేగంతో పయనిస్తుంటాయి. ముఖ్యంగా సైనిక విమానాలు ధ్వని వేగాన్ని ధిక్కరిస్తూ పయనించే సామర్ధ్యం కలిగివుంటాయి.

పాశ్చాత్య ప్రపంచంలో ఎంతో కాలంగా ఒక అపోహ ఉండేది– ధ్వని వేగం కన్నా మించి ప్రయాణించలేము అని! అది సత్యదూరమని అక్టోబరు 1947లో ఋజువైంది. శబ్దాతీత వేగం అసాధ్యమన్న భావనను పటాపంచలు చేయటం జరిగింది. ధ్వని వేగాన్ని దాటి ప్రయనించడానికి చేసిన తొలి ప్రయత్నాలు విఫలమయ్యాయి. తొలి ప్రయత్నాల్లో భాగంగా విమాన వేగాన్ని పెంచుతూ దాదాపు ధ్వని వేగాన్ని సాధిస్తున్నామనుకునేంతలో ఆ విమానం మొత్తం భారీ కుదుపులకు లోనైంది, ఏదో అదృశ్యగోడను తాను చీల్చుకెళ్తున్న రీతిలో. అంతకు ఏడాది మునుపు 'జియోఫ్రే డి హావిలాండ్' అనే ఔత్సాహిక ఆంగ్లేయ వైమానికుడు తన విమానం శబ్ద వేగం దరిదాపుల్లోకి వచ్చేలా ప్రయత్నిస్తుండగానే అది భీకరంగా ఊగిసలాడి ముక్కలుచెక్కలై విరిగిపడింది. ఆ సంఘటనతో శాస్త్రవేత్తలు సైతం 'ధ్వని వేగం' అతిక్రమించరానిదిగా భావించటం మొదలెట్టారు. ఆ సంఘటన ధ్వని వేగం అధిగమించలేనిదిగా ఇదివరకే ఉన్న భావన దృఢపడేలా చేసింది.

ఐతే మనుషులు సరైన విధంగా పరిశ్రమిస్తే అన్నిటికీ కాలమే సమాధానం చెప్తుందన్నట్లు 1947 అక్టోబర్ మధ్యభాగానికల్లా 'కలలోని మాట' నిజమై కూర్చొంది! తనకు మునుపు కొందరు ప్రయత్నించి విఫలమైనారని తెలిసికూడా చక్ యేగర్ (Chuck Yeager) అనే సాహసికుడు బెల్ సంస్థ వారు ప్రత్యేక శ్రద్ధతో సైన్సు సూత్రాల ఆధారంగా, సశాస్త్రీయంగా రూపొందించిన X-1 అనే విమానమెక్కి గగనవీధిలోకి రివ్వున దూసుకెళ్ళాడు. రెక్కలు తొడిగిన తూటాగా అభివర్ణించబడిన ఆ లోహ విహంగం వేగాన్ని తాను పెంచుతూ పోగా ఒకదశలో అది దడపుట్టించేలా ఊగినా, వేగాన్ని మరికాస్త పెంచగానే గమ్మత్తుగా ఆ అవాంఛిత

కంపనాలు ఆగిపోయాయి. యధాలాపంగానో, ఆసక్తితోనోగాని విమాన వేగాన్ని సూచించే 'వేగమాపని' (స్పీడోమీటర్) వైపు దృష్టి సారించిన అతనికి కనిపించిందేమిటనుకున్నారు? అందులోని ముల్లు తన గరిష్ఠ పరిధిని దాటి పోయింది! ఇంకేముంది దాంతో శబ్ద వేగము అనుల్లంఘనీయమనే భావన బద్దలయింది. అదే సమయంలో భూమిపైనుండి పరిశీలిస్తున్న వారికి ఏదో పేలుడు పదార్థం గొప్ప తీవ్రతతో విస్ఫోటనం చెందిందేమో అన్నట్లు భయానక శబ్దమొకటి వినవచ్చింది. విమానం శబ్ద వేగాన్ని అధిగమించినప్పుడు వెలువడిన మహా శక్తివంతమైన ధ్వనినే సోనిక్ బూమ్ (శబ్ద విస్ఫోటనం, sonic boom) అంటారు.

సోనిక్ బూమ్ ఎలా పుడుతుంది?

వాస్తవమేమంటే కేవలం విమానాలనే కాదు, ఏ వస్తువైనా సరే గాలిలో ధ్వని వేగాన్ని దాటి ప్రయాణిస్తే అది సోనిక్ బూమ్ ని సృష్టించగలదు. ఇది నిరూపించడానికి ఆసక్తిగొలిపే ఓచిన్న ప్రయోగం ఎవరైనా (అంటే మీరు కూడా సుమండీ!) చేయవచ్చు. కావాల్సిందల్లా ఓ చర్నాకోల (సాధారణంగా ఎడ్లబండి నడిపేవారి వద్ద ఉంటుంది) లేదా హంటర్. మీరు ఓసారి చర్నాకోలను విసురుగా గాలిలో ఇతర వస్తువులు వేటికీ తగలకుండా ఝుళిపిస్తే 'బిగ్గరగా' పగులిచ్చినట్లు ఛళ్ మని ఓ శబ్దం పుడుతుంది కదా. ఏ దృశ్యమానమాయిన వస్తువుని తాకుకున్నా (గాలిలో ఉన్న పరమాణువులు మనకు నేరుగా కనపడవుగా) గాలిని చీలుస్తూ చార్నాకోల కదిలినప్పుడు ఆ శబ్దం ఎలా పుట్టింది? నిపుణులైనవారు చర్నాకోలను అలా ఝుళిపించినపుడు, ఆ తాడు చివరి భాగం శబ్ద వేగాన్ని దాటడమే దానికి కారణం.

మనకేలా తెలిసింది? తాడు చివరి అంచు (వదులుగా ఉన్నవైపు) శబ్ద వేగాన్ని దాటిందని ఎలా ఋజువు చేయటమనేగా మీ సందేహం?

వేగవంతమైన మార్పుల్ని చిత్రీకరించే సామర్థ్యం కల కెమెరాలను ఉపయోగించి ఇంజనీర్లు చర్నాకోల అంచుభాగం కదలికల్ని నమోదుచేశారు. అది ధ్వని వేగాన్ని దాటేప్పుడు అలా గొప్ప శబ్దం రావటం వారు అనుభవ పూర్వకంగా గ్రహించారు. ఈ ప్రయోగ ఫలితాన్ని http://shorturl.at/nuA89 లో చూడవచ్చు

పటము : సూపర్సోనిక్ వేగాన్ని సాధించిన కాంకార్డ్ అనే (పౌర) విమానము

చివరగా రెండు సంగతులు...

అధిక ధ్వని తీవ్రత ప్రాణహాని కలిగించగలదనే నిత్యసత్యం. అలాగే ప్రత్యేక పౌనఃపున్యాల వల్ల ప్రాణులకు బాధ కలుగుతుంది. ఉదాహరణకు ఆకాశవాణి దూరదర్శన్ లలో తెల్లవారుఝామున వందేమాతరం రావటానికి కొద్ది ముందుగా 1000Hz వద్ద ఎంతో శ్రావ్యంగా వినిపించే సైన్ తరంగం (sine wave) ప్రసారమౌతుంది. తరగతిలో విద్యార్థులకు ప్రయోగాత్మకంగా చూపడానికి సైన్ తరంగం పౌనఃపున్యాన్ని 7000Hz చేసి వినడానికి ప్రయత్నించినపుడు అందరి స్పందనా ఒక్కటే – 'ఆ ధ్వని నొప్పి కలిగిస్తుంది'. ఎక్కువసేపు వినవద్దు. వినలేము కూడానూ!)

2006-2008 మధ్య ఐఐటీ మద్రాసులో జింకల్ని కొన్ని కుక్కలు ఇబ్బంది పెడుతున్నాయి కనుక దానిని నివారించడానికి కొన్ని చోట్ల(-ముఖ్యంగా జింకలు నివసించే ప్రాంతాల్లో-) కొన్ని కర్రలు పాతి 'కుక్కల సగటు ఎత్తులో' అతిధ్వనులు సృష్టించే ఎలక్ట్రానిక్(విద్యుత్) పరికరాలను ఏర్పాటు చేయాలని.. అవి వెలువరించే ధ్వనులు కుక్కలకు కాస్త ఇబ్బందిగా అనిపించి అటువైపు అవి రాకుండా ఉంటాయనే ఆలోచన చేసిరి ప్రకృతి సమతుల్యతకోరే కొందరు ఔత్సాహిక విద్యార్థులు జీవకారుణ్యబుద్ధితో!

మూలం : Understanding Sound through fun experiments, Dr.Srinivasa Chakravarthy

ప్రధానంగా పరిశీలించిన(సంప్రదించిన) ఇతర గ్రంథములు

1. ప్రభుత్వ ప్రచురణ, 8వ తరగతి భౌతిక శాస్త్రము పుస్తకము (2013), 5వ అధ్యాయము

2. ప్రభుత్వ ప్రచురణ, 9వ తరగతి భౌతిక శాస్త్రము పుస్తకము(2013), 10వ అధ్యాయము

3. భౌతిక శాస్త్రము, బి.యస్ సి . ప్రధమ సంవత్సరము _సూర్య ప్రచురణలు (2007)

4. భౌతిక శాస్త్ర పారిభాషిక పదకోశము, తెలుగు అకాడమీ ప్రచురణ

అంతర్జాలాన్ని, ఆంగ్లం – తెలుగు, తెలుగు – తెలుగు నిఘంటువుల్ని విస్తృతంగా ఉపయోగించటం జరిగింది.

ఉపయుక్త లంకె : భౌతిక_శాస్త్ర_నిఘంటువు https://shorturl.at/ijsyU

మంచి పుస్తకాలను మీరు చదివి ఇతరులచే చదివించగలరు. ధన్యవాదములు