ஸங்கீத ஒலி நூல்

(ACOUSTICS)

BY

R. K. VISWANATHAN, B.A (HONS.),

Lecturer in Physics,

Member, Board of Studies in Indian Music,

Annamalai University.

TNSDA

07497

TRICHINOPOLY:
ST. JOSEPH'S INDUSTRIAL SCHOOL PRESS.

1936

ஸங்கீத ஒலி நூல்

(ACOUSTICS)

BY

R. K. VISWANATHAN, B.A. (HONS.),
Lecturer in Physics,
Member, Board of Studies in Indian Music,
Annamalai University.

Printed by Rev. Br. F. M. Ponnuswamy, S.J.,
Superintendent, St. Joseph's Industrial School Press,
TRICHINOPOLY.

1936

அரசு தொல் பொருள் ஆய்வுத்துறை
7497
780

PREFACE

This book was written, by direction of the Syndicate of the Annamalai University, to serve as an introductory text-book in Tamil for Students studying Acoustics for the Sangeetha Bushana Title. I have divided the subject-matter of their course in Acoustics into eleven chapters and these I have arranged in the order which, as I learnt while teaching the subject, presents the least difficulty to the student. For the greater convenience of students preparing for examinations, I have given for each chapter a synopsis at the beginning and a list of questions at the end.

I am persuaded that there is no real need to invent Tamil equivalents for the scientific terms which I used in my lectures and use here, and so I am content with their transliteration. A list of such terms is given at the end of the book.

I must express my cordial thanks to Mr. E. S. Varadaraja Iyer, B.A., of the University Tamil Research Department, who kindly read the proofs. I am thankful to the Authorities of the University for giving me occasion to write this book.

ANNAMALAINAGAR,
April, 1936.

R. K. VISWANATHAN.

(CONTENTS)

பொருளடக்கம்

(Chapter) அத்தியாயம் — (Page) பக்கம்

1. (Production and Transmission of Sound)—ஒலி உண்டாவதன் காரணமும், பரவும் விதமும் 1
2. (Waves)—அலைகள் 20
3. (Vibration of Strings)—கம்பிகளின் அசைவு 33
4. (Vibration of Air Columns)—காற்றுத் தூண்களின் அசைவு 55
5. (Intervals, Musical Scale and Temperament)—இண்டர்வல்கள், மியூஸிக்கல் ஸ்கேல், டெம்பரமெண்டு 82
6. (Musical Instruments)—ஸங்கீத வாத்தியங்கள் 97
7. (Larynx and Ear)—பேசும் அவயவமும், காதும் 126
8. (Analysis and Synthesis of Sounds)—சப்தங்களின் விபாகமும், அவைகளின் கலவைகளும் 138
9. (Phonograph, Gramophone, Radio)—போனோகிராப், கிராமபோன், ரேடியோ ... 156

10. (Reflection of Sounds, Echoes, Reverberation and Interference)—ரிப்ளெக்ஷன் ஆப் ஸவுண்ட்ஸ், எக்கோ அல்லது எதிரொலி, ரெவர்பெரேஷன், இண்டர்பியரென்ஸ் 177

11. (Principles of Staff Notation)—ஸ்டாப் நொடேஷனின் முக்கிய அம்சங்கள் ... 186

List of Terms used—பதங்களின் ஜாப்தா 195

Index—பொருட் குறிப்பு 201

ஸங்கீத ஒலி நூல்

(ACOUSTICS)

அத்தியாயம் 1

(Production and Transmission of Sound)

ஒலி உண்டாவதன் காரணமும், பரவும் விதமும்

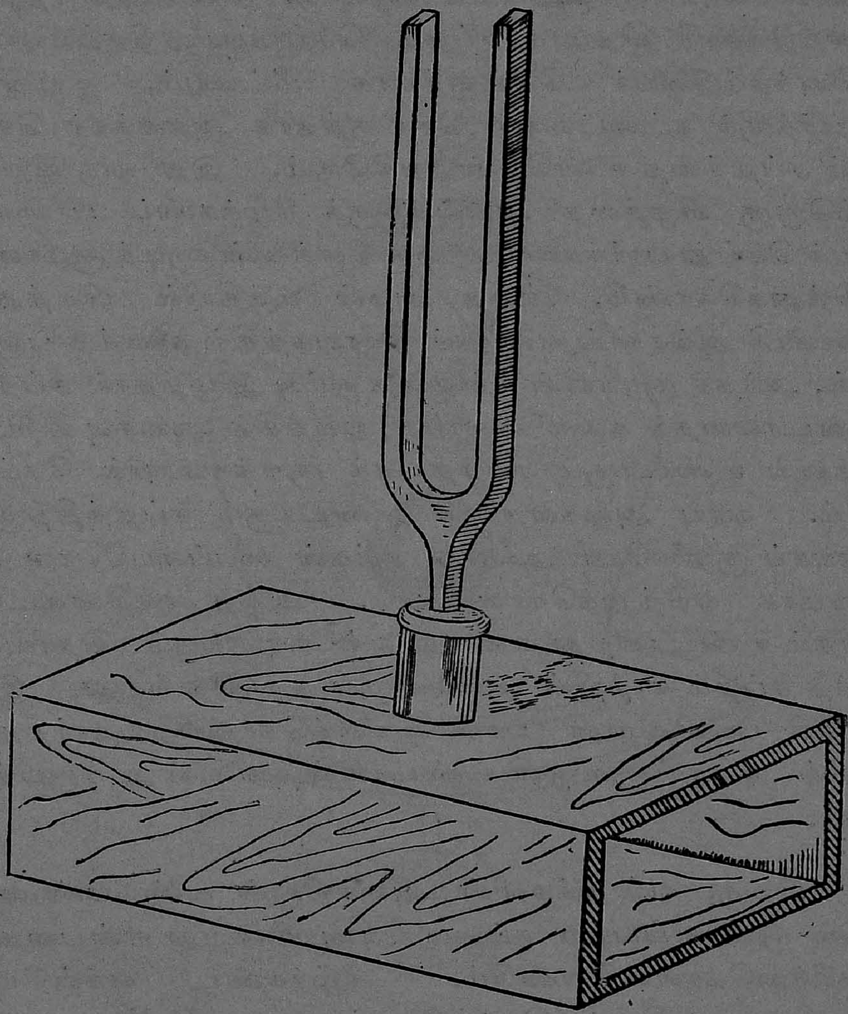
[பதார்த்தங்களின் அசைவினால் காற்றில் அதிர்ச்சி ஏற்படுகின்றது—நரம்புகளும் அவைகளினால் ஏற்படும் உணர்ச்சியும்—ஒலிக்குக் காரணமாயுள்ள அதிர்ச்சி ஏற்படும் விதமும், பரவும் விதமும்—பதார்த்தங்களில் ஒலி பரவும் வேகம்—ஒலியின் இனிமை, வெறுப்பு இவைகளின் காரணம்—ஸிம்பிள் பெண்டுலமும், ஸ்பிரிங்கும், எடைகல்லும்,—வைபரேஷன் எண்ணும் ஒலியின் சுருதியும்—ஆம்பிளிடியூடும் ஒலியின் ஏற்றக் குறைவும்—பல்சக்கரத்தினால் இனிமையான ஒலி உண்டுபண்ணும் விதம்—டிரெவிலியன் ராக்கர்—ஸைரனின் அமைப்பும், அதிலிருந்து உண்டாகும் ஒலியின் சுருதியைக் கண்டுபிடிக்கும் விதமும்]

நம்மை எல்லாப் பக்கங்களிலும் காற்று சூழ்ந்துகொண்டிருக்கிறது என்பது எல்லோருக்கும் தெரிந்த விஷயம். அதாவது நாம், காற்று சமுத்திரத்தில் வசித்துக்கொண்டிருக்கிறோம் என்று சொல்லலாம். நம்முடைய செய்கைகள் எல்லாம் காற்றில்தான் நடந்துகொண்டிருக்கின்றன. உதாரணமாக ஒரு சாமானை ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்தில் வைப்போமானால் காற்றைத் தள்ளித்தான் வைக்கவேண்டியிருக்கிறது. அதுபோலவே நம்முடைய

செய்கைகள் எல்லாம் காற்றிற்கு அதிர்ச்சியைக் கொடுக்கின்றன. நாம் பேசும்போது நம்முடைய வாய்க்குச் சமீபத்திலிருக்கும் காற்றில் அதிர்ச்சியை உண்டுபண்ணுகிறோம். அந்த அதிர்ச்சிதான் காற்றில் பரவி நாம் கேட்கும் சப்தத்திற்குக் காரணமாகவிருக்கின்றது. காற்றில் ஏற்படும் அதிர்ச்சியை உணருவதற்குக் காதுகள் என்ற நுட்பமான அவயவங்கள் எல்லா ஜீவராசிகளுக்கும் ஏற்பட்டுள்ளன. நாம் பலவித உணர்ச்சிகளை அறிய நரம்புகள் காரணமாயிருக்கின்றன என்பது எல்லோருக்கும் தெரிந்த விஷயம். உதாரணமாக ருசியைக் கண்டுபிடிப்பதற்குச் (Nerves of Taste) சுவை நரம்புகளும், கண்களால் பார்ப்பதற்குப் (Optic Nerves) பார்வை நரம்புகளும், இம்மாதிரி பலவிதமான நரம்புகளும் இருக்கின்றன. அதைப்போலவே நாம் கேட்பதற்கு உதவியாயுள்ள நரம்புகளுக்கு (Auditory Nerves) கேள்வி நரம்புகள் என்று பெயர். காற்றில் ஏற்படும் அதிர்ச்சி வெளிக்காது, நடுக்காது, உட்காது மூலமாகச் சென்று (Auditory Nerves) கேள்வி நரம்புகளில் பரவி மூளைக்குச் சென்று சப்தத்தின் உணர்ச்சியைக் கொடுக்கிறது. எந்தக் காரணத்திலாவது (Auditory Nerves) கேள்வி நரம்புகள் அறுந்துவிட்டால் நமக்கு சப்தத்தின் உணர்ச்சி ஏற்படாது.

இம்மாதிரி உணர்ச்சி ஏற்படுவதற்கு காற்றில் அதிர்ச்சி ஏற்படவேண்டும். அவ்வாறு அதிர்ச்சியை உண்டுபண்ணுகிற வஸ்துக்களும் சப்தத்திற்குக் காரணமாகவிருக்கின்றனவென்று கருதுவதும் உண்டு. ஒரு டியூனிங் போர்க் (Tuning Fork) என்று சொல்லப்படும் ஒலிக்கவையை எடுத்துக்கொண்டு அதைத் தட்டின மாத்திரத்தில் காதில் ஒரு இனிமையான சப்தம் விழுவதை அறிகிறோம். இதன் அமைப்பை 1-ம் படத்திலிருந்து தெரிந்துகொள்ளலாம். அந்தக் கருவியை உற்று நோக்கிப் பார்த்தால் அசைவது நன்ருகத் தெரியும். அந்த அசைவைக் கையினுல் நிறுத்திவிட்டால் சப்தமும் நின்றுவிடுவதைச் சுலபமாக அறியலாம்.

அதைப்போலவே வீணைக் கம்பியை மீட்டினவுடன் சப்தத்தைக் கேட்கிறோம். உடனே கம்பியை அசையாமல் பிடித்துக்கொண்டால் சப்தம் நின்றுவிடுகின்றது. இந்த



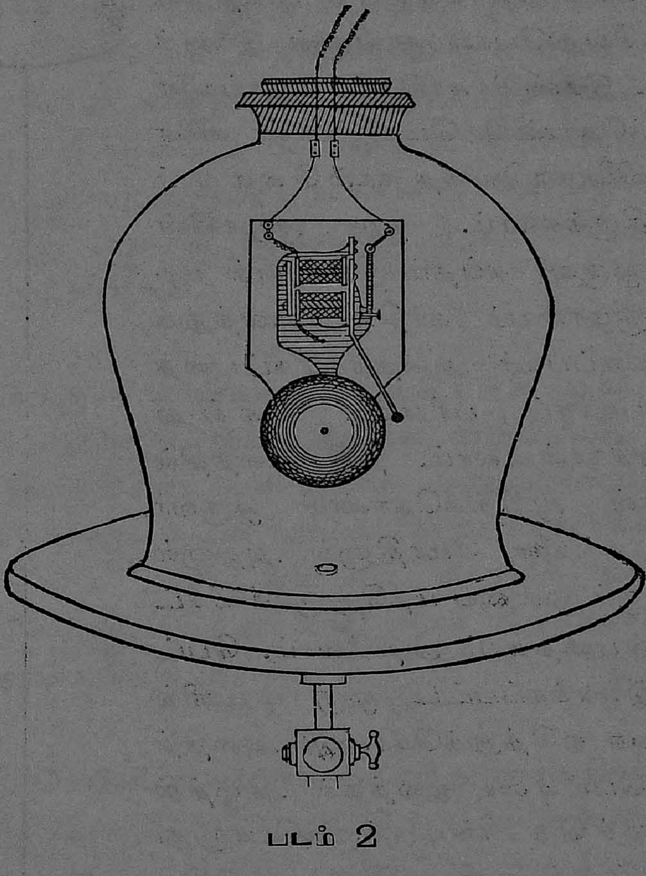
படம் 1

உதாரணங்களைக்கொண்டு சப்தத்திற்கு ஆரம்பம் வஸ்துக்களின் அசைவு என்று தெரிகின்றது. வஸ்துக்கள் அனேகமிருக்கின்றன. பொதுவாக அவைகளை மூன்று வகுப்பாகப் பிரித்துக்கொள்ளலாம். அவை, கன பதார்த்தம், திரவ

பதார்த்தம், வாயு பதார்த்தம் எனப்படும். கன பதார்த்தத்தின் அசைவினால் உண்டாகும் சப்தத்திற்கு மேற்கூறிய டியூனிங் போர்க்கையோ அல்லது வீணைக் கம்பியையோ உதாரணமாக எடுத்துக்கொள்ளலாம். கன பதார்த்தங்களை இரண்டு விதமாக சப்தம் செய்யும்படி செய்யலாம். வீணைக்கம்பியைச் செங்குத்தாக மீட்டியும், டியூனிங் போர்க்குக் கட்டையைச் செங்குத்தாக அசைக்கச் செய்தும் சப்தத்தை உண்டுபண்ணுகிறோம். இது ஒரு விதம். மற்றொரு விதத்தை அறிவதற்குக் கீழ்க்கண்ட பரீக்ஷையைச் செய்து பார்க்கலாம். ஒரு நீளக் கண்ணாடிக் குழாயை எடுத்துக்கொண்டு, அதை அதன் மத்தியில் பிடித்துக்கொண்டு ஆல்ககால் என்னும் திராவகத்தில் நனைத்த பஞ்சினால், அந்தக் குழாயின் நீளத்தை ஒட்டி இழுத்தால் சப்தம் உண்டாவதைக் கவனிக்கலாம். ஜலத்தில் அசைவு ஏற்படுவதனால் உண்டாகும் சப்தத்தைக் குளக்கரையில் கேட்கலாம். வாயு அசைவதனால் உண்டாகும் சப்தத்திற்குப் புல்லாங் குழலையோ அல்லது ஆர்கன் பைப்பையோ உதாரணமாக எடுத்துக்கொள்ளலாம். அதை ஊதினவுடன் சப்தம் உண்டாகிறது என்பது எல்லோருக்கும் தெரியும். அந்த சப்தம் காற்றின் அசைவினால் ஏற்படுகின்றது. இம்மாதிரி பலவிதமான பரீக்ஷைகளைக்கொண்டு பதார்த்தங்களின் அசைவினால் ஒலி உண்டாகின்றது என்று நிரூபிக்கலாம்.

பிறகு, வஸ்துக்களின் அசைவினால் உண்டுபண்ணப்படும் ஒலி எவ்வாறு நம்மை அடைகின்றது என்பதைத் தெரிந்துகொள்ளவேண்டும். கீழ்க்கண்ட எக்ஸ்பெரிமெண்டை எடுத்துக்கொள்வோம். ஒரு Bell ஜாடியை வாயுவாங்கியின் தகட்டின்மேல் வைத்துக்கொண்டு அதற்குள் மின்சார சக்தியினால் அடிக்கும் மணியை 2-ம் படத்தில் காணப்படுவதுபோல் தொங்கவிட்டு மணி அடிக்கும்படி செய்தால் கண்ணாடிப் பாத்திரத்திலிருக்கும் வாயுவின் மூலமாக ஒலி பரவி நம்மை அடைவதனால் நாம் சப்தத்

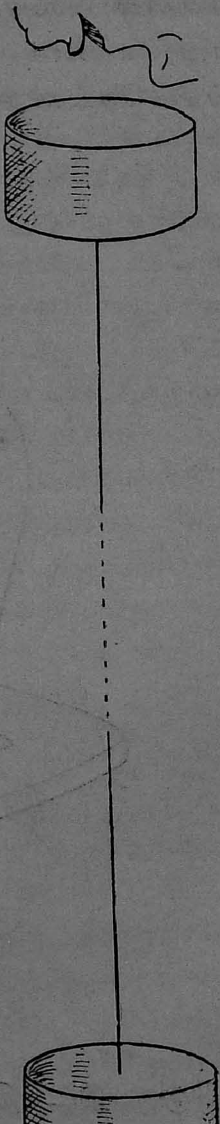
த்தைக் கேட்கிறோம். இப்பொழுது வாயுவாங்கியைக் கொண்டு வாயுவைக் கண்ணாடிப் பாத்திரத்திலிருந்து வாங்கி விட்டால் வரவர சப்தம் குறைவதைக் காணலாம். இவ்வாறு எல்லாக் காற்றையும் வெளியே எடுத்துவிட்டால் சப்தம் கேட்காது. இதிலிருந்து ஒலி ஒரு இடத்திலிருந்து



படம் 2

மற்றொரு இடத்திற்குச் செல்ல காற்று சாதனமாகவிருக்கின்றது என்று அறியலாம். வாயுவைப்போலவே கன பதார்த்தமும், திரவ பதார்த்தமும், ஒலி ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குப் பரவுவதற்கு சாதனங்களாகவிருக்கின்றன என்று தெரிந்துகொள்ளவேண்டும். ஒரு

நீளக் கழியை எடுத்துக்கொண்டு, அதன் அடிப் பாகத்தை ஒருவர் காதில் வைத்துக்கொண்டு மற்றொருவர் நுனிப் பாகத்தைச் சுரண்டினால், அதனால் உண்டாகும் ஒலியை அடி பாகத்தைக் காதில் வைத்துக்கொண்டு இருப்பவர் கேட்கிறார் என்பதைச் சுலபமாக நாம் அறியலாம். சிறுவர்கள், 3-ம் படத்தில் காணப்படுவதுபோல் நூலினால் இணைக்கப்பட்ட இரண்டு காகிதக் குழாய்களை வைத்துக்கொண்டு டெலிபோன் விளையாட்டு விளையாடுவதை எல்லோரும் கவனித்திருக்கலாம். ஒரு குழாயின் எதிரில் ஒருவர் சப்தம் செய்தால் மற்றொரு குழாயைக் காதில் வைத்துக் கொண்டிருப்பவர் அதைக் கேட்பதை நாம் சுலபமாகப் பரீக்ஷை செய்து தெரிந்துகொள்ளலாம். தவிர ஜலத்தில் இருவர்கள் மூழ்கிக்கொண்டு ஒருவர் இரண்டு கல்களை மோதினால் அதனால் உண்டாகும் ஒலியை மற்றொருவர் கேட்கிறார் என்பதை நாம் அறிவோம். பெட்டியில் இணைக்கப்பட்ட ஒரு டியூனிங் போர்க்கை எடுத்துக்கொண்டு அதைத் தட்டிப் பெட்டியை ஜலத்தில் அழுத்தி வைத்துக்கொண்டிருக்கும்பொழுது நாம் கேட்கும் ஒலி எவ்வாறு வருகிறதென்பதை சுலபமாக அறிந்துகொள்ளலாம். ஆகையால், ஒலி பதார்த்தங்களின் மூலமாகப் பரவி நம்மை அடைகின்றது என்பதைத் தெரிந்துகொள்ளுகிறோம். ஆனால் ஒலியினால் உண்டாகும் அதிர்ச்சி



இலேசான பதார்த்தத்திலிருந்து கன பதார்த்தத்திற்குச் செல்லும்பொழுது குறையும். அதனால்தான் முதலில் சொன்ன எக்ஸ்பெரிமெண்டில் கண்ணாடி ஜாடி கவிழ்ந்து இருக்கும்பொழுது மணி சப்தம் குறைவாகவும் கண்ணாடி ஜாடி இல்லாமலிருக்கும்பொழுது மணி சப்தம் அதிகமாகவும் கேட்கின்றது என்பதைத் தெரிந்துகொள்ளலாம். ஏனெனில் மணியிலிருந்து பரவும் அதிர்ச்சி முதலில் பாத்திரத்திலிருக்கும் காற்றில் பரவி, கண்ணாடிப் பாத்திரத்திற்கு வந்து கண்ணாடிப் பாத்திரத்திலிருந்து வெளிக் காற்றில் பரவி நம்மை அடைகின்றது. அவ்வாறு தொடர்பாக வரும்பொழுது கண்ணாடியானது கன பதார்த்தமாதலால் அதில் அசைவு குறைவாக ஏற்பட்டு ஒலி குறைவாகக் கேட்கின்றது.

ஒலியினால் உண்டாகும் அதிர்ச்சி ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குக் காற்றிலோ, கட்டையிலோ, ஜலத்திலோ பரவி நம்மை அணுகுகின்றது என்று தெரிந்துகொண்டவுடன் அம்மாதிரி செல்ல நேரம் பிடிக்கிறதா என்று அறியவேண்டும். காற்றில் ஒலி பரவுவதற்கு நேரம்பிடிக்கிறது என்பதைக் கீழ்க்கண்ட உதாரணத்தைக்கொண்டு அறியலாம்.

நாம் ரெயில்வே லயனுக்குச் சற்று தூரத்திலிருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். அப்பொழுது அம்மார்க்கமாகச் செல்லும் ஒரு என்ஜின் ஊதுவதாக வைத்துக்கொள்ளுவோம். என்ஜின் ஊதல் குழாயிலிருந்து நீராவி வெளி வருவதால் ஒலி ஏற்படுகின்றது என்பது எல்லோரும் அறிந்த விஷயம். தவிர நீராவி குழாயிலிருந்து வருவதும் ஒலி உண்டாவதும் ஒரே காலத்தில் ஏற்படுகின்றது. ஆனால் நீராவி வெளிவருவதை முதலில் பார்ப்

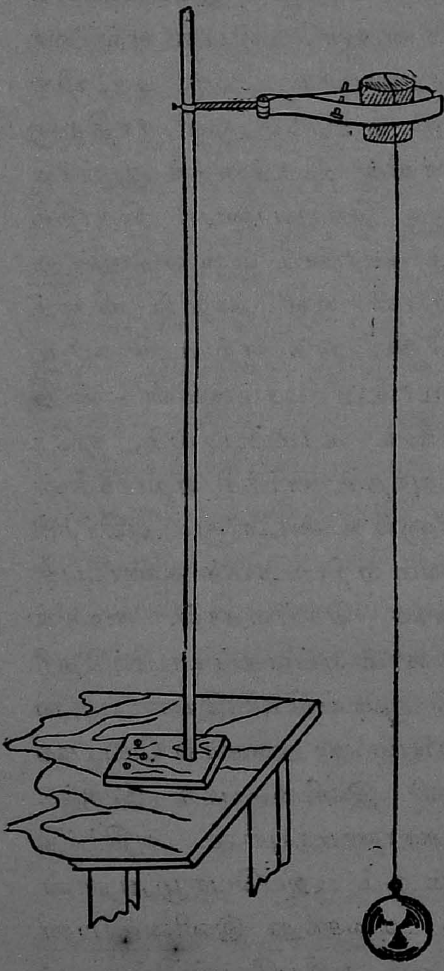
போம். சற்றுநேரம் கழித்துத்தான் ஒலி காதில் விழும். ஏனெனில் நீராவி வெளிவருவதும், ஒலி உண்டாவதும் ஒரே காலத்தில் ஏற்பட்டபோதிலும், வெளிச்சம் வெகு சீக்கிரமாகப் பரவுவதால் நீராவி வெளிவருவதை முதலில் பார்க்கிறோம். ஒலி வெளிச்சத்தைக்காட்டிலும் தாமத மாகப் பரவுவதால் பின்னால்தான் ஒலி கேட்கின்றது. மற்றொரு உதாரணம் கூறலாம். அவுட்வாணம் வெடிக்கும் பொழுது பூக்கள் உதிருவதும், வெடி சப்தம் உண்டாவதும் ஒரே காலத்தில் ஏற்பட்டபோதிலும் பூக்கள் விழுந்த பிறகு வெடி சப்தம் காதில் விழுவதை எல்லோரும் கவனித்திருப்பீர்கள். ஏனெனில் வெளிச்சம் வெகு சீக்கிரத்தில் பரவிவிடுகிறது. ஒலி பரவுவதற்குத் தாமதம் ஆவதால் தான் அவைகள் இரண்டையும் தனித்தனியாக உணருகிறோம். ஒலி காற்றில் பரவும்பொழுது அதன் வேகத்தைக் கணக்கெடுத்திருக்கிறார்கள். ஒரு ஸகிண்டிற்கு சுமார் 1100 அடி பரவுகிறதாகக் கூறப்படுகின்றது. கன பதார்த்தத்திலும், ஜலத்திலும் ஒலி காற்றில் பரவுவதைக்காட்டிலும் அதிக வேகமாய்ப் பரவுகின்றது. உதாரணமாக ஒலி காற்றில் பரவும் வேகத்தைக்காட்டிலும் பதினைந்து மடங்கு அதிகமாக இரும்பில் பரவுகின்றது, என்று கண்டுபிடிக்கப் பட்டிருக்கின்றது. ஜலத்தில் ஒலியின் வேகம் காற்றிலிருக்கும் வேகத்தைக்காட்டிலும் நான்கு மடங்கு அதிகமாக இருக்கின்றது. கன பதார்த்தத்தில் பரவும் வேகம் காற்றில் பரவுவதைவிட அதிகமாகவிருக்கின்றது என்பதை விளக்கிக்காட்டக் கீழ்க்கண்ட பரீக்ஷை செய்து பார்க்கலாம். ஒரு நீண்ட இரும்புத் தண்டவாளம் ஒன்றை எடுத்துக்கொண்டு அதன் ஒரு நுனியில் ஒருவர் ஒரு சுத்தியினால் அடிக்கும்பொழுது மற்றொரு நுனியில் ஒருவர் தண்டவாளத்தில் காதைப் பொருத்திவைத்துக்கொண்டிருந்தால் சுத்தியினால் ஏற்பட்ட சப்தம் முதலில் இரும்பு மூலமாகப் பரவிக் காதில் விழும். சிறிது நேரம்கழித்து

அதே சப்தம் மறுபடியும் காதில் விழும். இரண்டாவதாகக் கேட்கும் சப்தம் காற்றில் பரவி வருகின்ற சப்தம்.

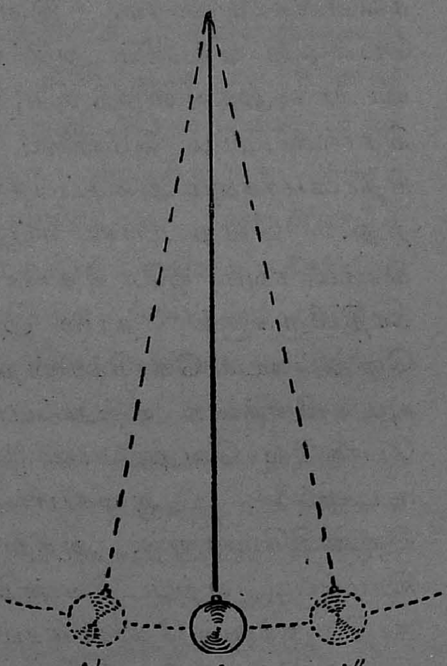
நாம் கேட்கும் ஒலிகளில் சில காதிற்கு இனிமையாகவும், சில வெறுப்பாகவும் இருக்கின்றனவென்பது எல்லோரும் அறிந்த விஷயம். உதாரணமாக: ஒரு டியூனிங் போர்க்கைத் தட்டினால் அதனால் ஏற்படும் ஒலி காதிற்கு இனிமையாகவிருக்கின்றது. சாவிக் கொத்தைக் குலுக்கினால் உண்டாகும் ஒலி காதிற்கு வெறுப்பைக் கொடுக்கின்றது. இவை இரண்டிற்கும் காரணம் என்னவென்று கவனிக்கவேண்டும். இனிமையான ஒலி காதில் விழும்பொழுது ஏற்படும் அதிர்ச்சி தொடராக ஏற்பட்டு நம்முடைய காதுகளிலிருக்கும் (Drum Skin) டிரம்ஸ்கின் என்று சொல்லப்படும் மெல்லிய தோலைக் கிரமப்படியும், ஒரே நிதானமாகவும் அசைப்பதனால் அந்த உணர்ச்சி ஏற்படுகின்றது. வெறுப்பான சப்தத்தினால் உண்டாகும் அதிர்ச்சி கிரமமாகவும், ஒரே நிதானமாகவும் ஏற்படாமல் கண்டபடி காதிலிருக்கும் தோலை அசைக்கச் செய்வதால், நமக்கு வெறுப்பைக் கொடுக்கின்றது. நாம் எப்படிப் படர்ந்தெரியும் விளக்கை உற்றுப்பார்க்க முடியவில்லையோ அது போலவே வெறுப்பான ஒலியையும் காதுகளால் கேட்கக் கூடவில்லை. ஆகையால் ஒலி இனிமையாக இருக்க வேண்டுமென்றால், அதற்குக் காரணமாயுள்ள அதிர்ச்சி கிரமப்படி ஏற்படவேண்டுமென்றும் அப்பொழுதுதான் காதிலிருக்கும் தோல் கிரமப்படி அசைந்து இனிமையான உணர்ச்சியைக் கொடுக்கும் என்றும் அறியவேண்டும்.

கிரமப்படி காற்றில் அதிர்ச்சி ஏற்படுவதற்கு வஸ்துக்களின் அசைவும் கிரமப்படியிருக்கவேண்டும். இப்பொழுது கீழ்க்கண்ட எக்ஸ்பெரிமெண்டை எடுத்துக் கொள்வோம். ஒரு நூலில் ஒரு கன உருண்டையைக் கட்டித் தொங்கவிட்டு அதன் நுனியை ஒரு ஸ்டாண்டில்

கட்டி இருப்பதை 4-ம் படத்தில் காணலாம். அந்தக் கருவிக்கு (Simple Pendulum) ஸிம்பிள் பெண்டுலம் என்று பெயர் சொல்லப்படும். அசைவு இல்லாமல்



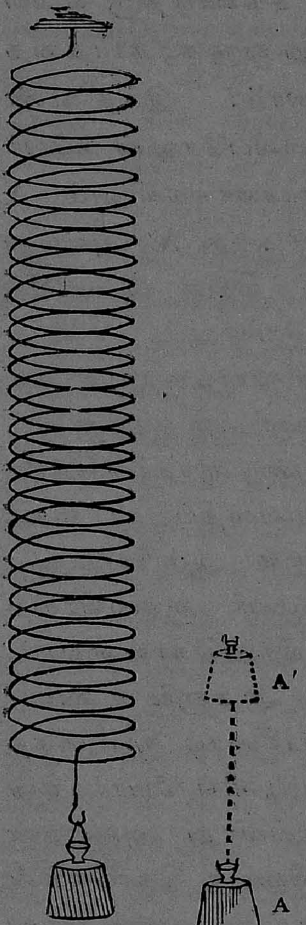
படம் 4



படம் 5

இருக்கும்பொழுது உருண்டையானது 5-ம் படத்தில் A என்று போடப்பட்டிருக்கும் நடு இடத்திலிருக்கும். அந்த உருண்டையைச் சற்று பக்கத்தில் A′ என்று போடப் பட்டிருக்கும் அளவு வரையில் இழுத்துவிட்டு உருண்

டையைப் பக்கத்திலிருந்து பார்க்கும்பொழுது முன்னும் பின்னுமாகப் போவதைக் கவனிக்கலாம். அந்த அசைவை உற்றுநோக்கிப் பார்த்தால் கிரமப்படி ஒரே நிதானமாக முன்னும் பின்னுமாகப் போய்க்கொண்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அவ்வாறு ஏற்படும் அசைவிற்கு வைபரேஷன் என்று சொல்லப்படும். அதுபோலவே ஏற்படும் அசைவுக்கு மற்றொரு உதாரணத்தைக் கவனிப்போம். இவ்விடம் காணப்படும் 6-ம் படத்தை உற்று நோக்கிப் பார்த்தால் அதில் ஒரு (Spring) ஸ்பிரிங்கை அல்லது துள்ளுவை ஒரு பிடிப்பிலிருந்து தொங்கவிட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். மற்ற நுனியில் ஒரு எடைக் கல்லை தூக்கியிருக்கிறது. அந்தக் கல்லை சற்று கீழே இழுத்து விட்டு விட்டால் கல் மேலும் கீழுமாகக் கிரமப்படி ஒரே நிதானமாகப் போய்க்கொண்டிருக்கும் என்பதைப் பரீக்ஷையினால் அறியலாம். இரண்டு உதாரணங்களிலும் A', A" என்று எல்லைகள் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன. முதல் சொன்ன உதாரணத்தில் உருண்டை A'-லிருந்து A"-க்கு வந்து மறுபடியும் A'-க்கு வந்தவுடன் ஒரு வைபரேஷன் பூர்த்தி ஆகிவிட்டது என்று சொல்லப்படும். அதேமாதிரியாக இரண்டாவது சொன்ன உதாரணத்தில், கல் A"-லிருந்து மேலே



படம் 6

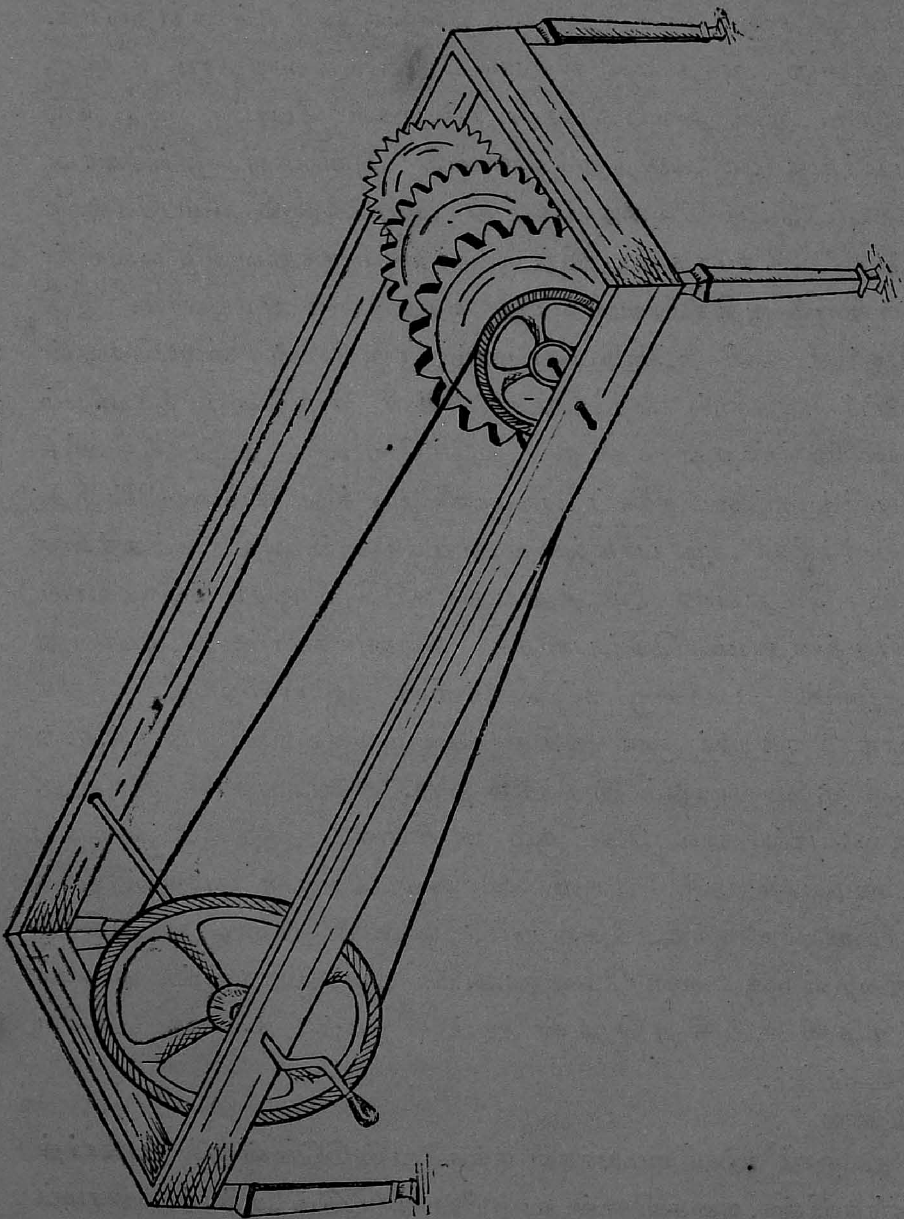
A'-க்குப் போய் மறுபடியும் கீழே A"-க்கு வந்தவுடன் ஒரு வைபரேஷன் ஆகிவிட்டது என்று சொல்லப்படும். இம்

மாதிரியாக உருண்டையும், கல்லும், வைபரேஷன் செய்து கொண்டேயிருக்கும். இவ்வாறு ஒரு சகிண்டிற்கு எவ்வளவு வைபரேஷன் செய்கின்றது என்று ஒரு கடிகாரத்தை வைத்துக்கொண்டு கண்டுபிடித்துவிடலாம். இந்த எண்ணிக்கைக்கு (Vibration Number) வைபரேஷன் நம்பர் என்று சொல்லப்படும். இரண்டு உதாரணங்களிலும் A என்று போடப்பட்டிருக்கும் இடத்திலிருந்து A′ அல்லது A″ என்று போடப்பட்டிருக்கும் இடத்திற்கு இடையே உள்ள தூரம் (Amplitude) ஆம்பிளிடியூட் என்று சொல்லப்படும். இதில் மற்றொரு விஷயத்தையும் கவனிக்கவேண்டும். இரண்டு உதாரணங்களிலும் உருண்டையும் கல்லும் வைபரேஷன் செய்துகொண்டிருந்தால் நேரம் செல்லச்செல்ல ஆம்பிளிடியூட் குறைவதைப் பரீக்ஷை செய்து தெரிந்துகொள்ளலாம். ஆனால் ஆம்பிளிடியூட் குறைவாக ஆவதால் வைபரேஷன் நம்பர் குறைவாகிறதில்லை என்று பரீக்ஷையினால் அறிந்துகொள்ளலாம். டியூனிங் போர்க்கைத் தட்டிவைத்தால் அதனால் உண்டாகும் ஒலி இனிமையாக இருப்பதைப் பரீக்ஷை மூலமாகத் தெரிந்துகொண்டோம். அந்த டியூனிங் போர்க்கின் இரண்டு கட்டைகளும் பெண்டுலம் எவ்வாறு அசைகின்றதோ, அதுபோலவே அசைந்து ஒலியைக் கொடுக்கின்றன. அதாவது டியூனிங் போர்க்கின் கட்டைகளும் வைபரேஷன் செய்கின்றன என்பதுதான் கருத்து. ஒலி உண்டாகும்பொழுது அதை உற்றுநோக்கிப் பார்த்தால் கட்டைகள் அசைவது நன்றாகத் தெரியும். அவ்வாறு வைபரேஷன் ஏற்படும்பொழுது காற்றில் அதிர்ச்சியை உண்டு பண்ணுகின்றது. அந்த அதிர்ச்சி பரவி நம் காதுகளில் மோதுவதால் அதன் ஒலியைக் கேட்கிறோம். டியூனிங் போர்க்கு ஒரு ஸகிண்டிற்கு எவ்வளவு வைபரேஷன் செய்கின்றதோ அவ்வளவு தடவை காற்றிலும் அதிர்ச்சி ஏற்

பட்டு நம்முடைய காதுகளிலிருக்கும் (Drum Skin) டிரம் ஸ்கின் என்னும் தோலை அவ்வளவு தடவை அசைக்கச்செய்யும். அதனுல் நாம் கேட்கும் ஒலிக்கு ஒரு எல்லை ஏற்படும். அதாவது அந்த ஒலியினுடைய சுருதியை நாம் உணருவோம். பல வைபரேஷன் நம்பர்கள் போட்ட டியூனிங் போர்க்குகளை எடுத்துக்கொண்டு அவைகள் ஒவ்வொன்றையும் தட்டி மேஜையின்மீது அமுக்கினுல் வைபரேஷன் நம்பர் அதிகமாக டியூனிங் போர்க்கிலிருந்துவரும் ஒலியின் சுருதியும் அதிகமாவதைப்-பரீக்ஷையினுல் அறியலாம். இதிலிருந்து ஒலி உண்டுபண்ணும் கருவியின் வைபரேஷன் நம்பர் அதனுல் ஏற்படும் ஒலியின் சுருதியை நிர்ணயம் பண்ணுகின்றது என்று அறிகிறோம். தவிர டியூனிங் போர்க் கட்டைகளைப் பலமாக அடித்து மேஜையின்மீது போர்க்கின் அடி பாகத்தை அமுக்கினுல் அதிக சப்தத்தையும், மெதுவாக அடித்துவைக்கும்பொழுது குறைவான சப்தத்தையும் கேட்பதைக் கவனிக்கலாம். அதாவது டியூனிங் போர்க்கு கட்டைகளின் ஆம்பிளிடியூட் அதிகமாக இருந்தால் ஒலி அதிகமாகவும், குறைவாக இருந்தால் ஒலி குறைவாகவும் இருக்கின்றது, என்பதுதான் கருத்து. ஆகையால் நாம் கேட்கும் ஒலியின் சுருதிக்கு ஒலியை உண்டுபண்ணும் கருவியின் வைபரேஷன் எண்ணிக்கை காரணமாயிருக்கிறதென்றும், ஒலியினுடைய அதிகம் குறைவிற்கு வைபரேஷனுடைய ஆம்பிளிடியூட் காரணமாகவிருக்கிறதென்றும் நாம் நன்ருக அறியவேண்டும்.

ஒலி இனிமையாகவிருக்கவேண்டுமென்ருல் பதார்த்தங்களின் அசைவினுல் காற்றில் ஏற்படும் அதிர்ச்சி கிரமப்படி இருக்கவேண்டுமென்பதுதான் முக்கிய கருத்து. எவ்வாறு அம்மாதிரி அதிர்ச்சிகளைக் காற்றில் உண்டுபண்ணலாம் என்பதற்குக் கீழ்க்கண்ட சில உதாரணங்களைக் கவ

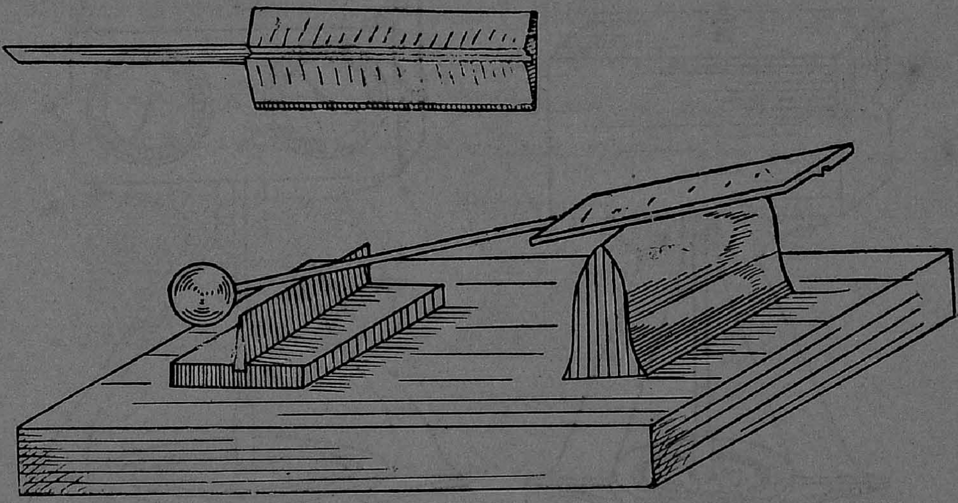
ணிப்போம். 7-ம் படத்தில் காணப்படும் கருவியை உற்று நோக்கிப்பார்த்தால் பற்கள் உள்ள சக்கரங்கள் ஒரே



படம் 7

துண்டிலிணைக்கப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அவைகளைச் சுற்றுவதற்குப் பிடியுள்ள மற்றொரு சக்கரம் இணைக்கப் பட்டிருப்பதையும் கவனிக்கலாம். அது சுழலும்பொழுது

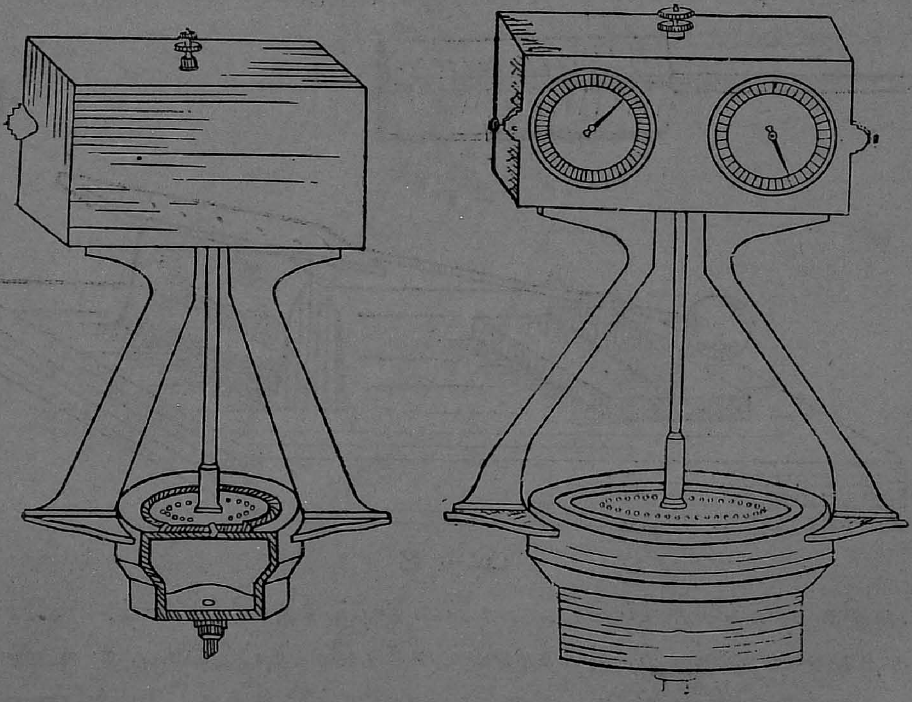
ஏதாவது ஒரு சக்கரத்தின் பல்களில் எப்பொழுதும் படும் படி ஒரு கெட்டிக் காகிதத்தை வைத்துக்கொண்டிருந்தால் டக் டக் என்று ஓசை கேட்பதைப் பரீக்ஷையினால் தெரிந்து கொள்ளலாம். அவ்வாறு ஒவ்வொரு டக் டக் என்று சப்தம் ஏற்படும்பொழுது காற்றில் அதிர்ச்சி உண்டாகிப் பரவுகிறது. சக்கரத்தை வேகமாகச் சுற்றினால் இம்மாதிரி ஏற்படும் அதிர்ச்சிகள் அதிகமாகி இனிமையான ஒலியாக மாறுவதைக் கவனிக்கலாம். அந்த ஒலியின் சுருதியும்



படம் 8

அதிகமாகிக்கொண்டே வருவதையும் கவனிக்கலாம். ஒரே நிதானமாக சுழற்றிக்கொண்டிருந்தால் அப்பொழுது உண்டாகும் ஒலி ஒரே சுருதியாகவிருக்கின்றது என்பதை அறியலாம். ஒரு சகிண்டிற்கு எவ்வளவு தடவைகள் சுழலுகின்றது என்று கண்டுபிடித்துவரும் எண்ணைச் சக்கரத்திலுள்ள பற்களின் எண்ணினால் பெருக்கி வருகின்ற தொகை எவ்வளவோ, அது வைபரேஷன் நம்பரைக் குறிக்கும். அதாவது அப்பொழுது தொனிக்கும் ஒலியின் (Pitch) சுருதியைக் குறிக்கும் என்பதை அறியவேண்டும். டக் டக் என்று அதிர்ச்சி காற்றில் தொடராக ஏற்படுவதினால் உண்டாகும் இனிமையான ஒலிக்கு மற்றொரு உதாரணம் சொல்லலாம். 8-ம் படத்தில் காணப்படும்

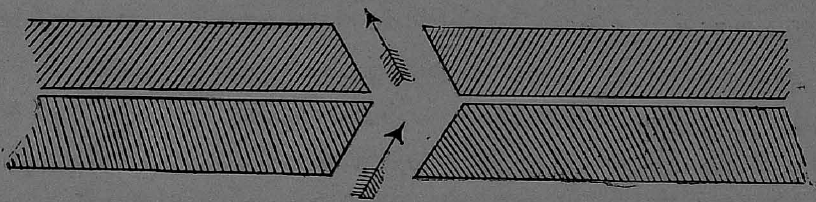
கருவியை உற்றுநோக்கிப் பார்க்கவும். அதற்கு (Trevelyn Rocker) ட்ரெவிலியென் ராக்கர் என்று பெயர் சொல்லப் படும். ஈயத்துண்டின்மேலும் மற்றொரு சிறிய சாய்மானத் தின்பேரிலும் கைப்பிடியுடன் சேர்க்கப்பட்ட பட்டை யான துண்டு ஒன்றைப் படுக்கவைத்திருப்பதைக் கவனிக்க லாம். அது (Rocker) ராக்கர் என்று சொல்லப்படும். அதைப் புரட்டிப்பார்த்தால் அதன் வயிற்றின் நடுமத்தி



படம் 9

யில் அதன் நீள முழுவதும் ஒரு குழிவு இருப்பதைக் கவ னிக்கலாம். குழிவின் பக்கங்களுக்குப் பித்தளையினால் விளிம்புகள் இயற்றப்பட்டிருக்கின்றன. இந்தக் கருவியை நன்றாகச் சூடுசெய்து ஈயத்துண்டின்மேல் வைத்தவுடன் ஒரு இனிமையான ஒலி காதில் விழுவதைக் கவனிக்கலாம். சூடு பண்ணாமல் முதலில் ராக்கரை ஈயத்துண்டின்மேல் வைத்திருக்கும்பொழுது பித்தளை விளிம்புகள் இரண்டும் நன்றாகப் படிந்துகொண்டிருக்கும். உஷ்ணப்படுத்தி

வைத்தவுடன் இரண்டு விளிம்புகளும் ஒரேகாலத்தில் படிந் திராது. மாறிமாறி ஈயத்துண்டைத் தொட்டுக்கொண்டிருக் கும். அவ்வாறு ஏற்படுவதனால் எவ்வெப்பொழுது மாறு கின்றதோ, அவ்வப்பொழுது, டக் டக் என்று சப்தம் ஏற் படுகின்றது. அவைகள் ஒரு ஸகிண்டிற்கு அநேகம் தடவை கள் ஏற்படுவதனால் இனிமையான ஒலியாக மாறி நம்மு டைய காதுகளில் விழுகின்றது. இன்னும் ஒரு உதாரணத் தைப் பார்ப்போம். 9-ம் படத்தில் காணப்படும் கருவிக்கு (Siren) ஸைரென் என்று பெயர் சொல்லப்படும். அதன் அமைப்பை உற்றுநோக்கினால் பித்தளையினால் செய்யப் பட்ட பாத்திரம் ஒன்று இருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அந்த பாத்திரத்தின்மேல் மூடப்பட்டிருக்கும் தகட்டில்



படம் 10

சிறு துவாரங்கள் இருக்கின்றன. அவைகள் ஒரு வட்டமான கோட்டின்மேல் இடைக்கிடையே இயற்றப் பட்டிருக்கின்றன. தவிர துவாரங்கள் நேராக இல்லா மல் சரிவாகத் துளைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அந்தப் பாத்திரத்திற்கு அடியில் ஒரு குழாய் சேர்க்கப்பட் டிருக்கிறது. அதன்மூலமாக அந்த பாத்திரத்திற்குள் காற்றை அனுப்பலாம். அந்தப் பாத்திரத்தின் மேல்மூடி யின் பேரில் மட்டமாக மற்றொரு தகடு சுழலுவதைக் கவனிக்கலாம். அது மேலேயிருந்து வரும் கனத் துண்டின் அடிப்பாகத்தோடு இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அந்தத் தகட்டிலும் மூடியில் உள்ளதுபோல் துவாரங்கள் இருக் கின்றன. அவைகளும் செங்குத்தாகவிராமல் சரிவாக விருக்கின்றன. ஆனால் இவைகளினுடைய சரிவானது மூடியிலிருக்கும் துவாரங்களினுடைய சரிவுக்கு எதிரிடை யாக இருக்கின்றது. இதை 10-ம் படத்திலிருந்து காண

லாம். இந்தத் தகட்டிலும் மூடியில் எவ்வளவு துவாரங்கள் இருக்கின்றனவோ அவ்வளவு துவாரங்கள் இருக்கின்றன. பாத்திரத்தின் அடியிலிருக்கும் குழாயின் வழியாக ஒரு துருத்தியினல் காற்றை அனுப்பினல் மேல்தகட்டி லிருக்கும் துவாரங்களும் மூடியிலிருக்கும் துவாரங்களும் மட்டமாக இருக்கும்பொழுது பாத்திரத்திலிருந்து காற்று வெளியே வரும். அப்படிக் காற்று வெளிவரும்பொழுது மேல்தகட்டை மோதிக்கொண்டு வருவதால் மேல்தகடு சுழலும். அப்படிச் சுழலும்பொழுது மேல்தகட்டிலிருக் கும் துவாரங்களும் மூடியிலிருக்கும் துவாரங்களும் நேராக இல்லாமல் இடம் மாறிவிடுகிறபடியால் காற்று வெளி வருவதற்குத் தடை ஏற்படும். மறுபடி துவாரங்கள் ஒன்றுக்கொன்று நேராக வரும்பொழுது காற்று வெளி வரும். இம்மாதிரியாக எப்பொழுது துவாரங்கள் ஒன்றுக்கொன்று நேராக வருகின்றதோ அப்பொழுது காற்று குப் குப் என்று வெளியே வரும். இரண்டிலும் 12 துவாரங்கள் இருக்குமானல் தகடு ஒரு சுற்றுச் சுற்றினல் 12 தரம் குப் குப் என்று காற்று வெளிவரும். காற்றை வேகமாக அனுப்பிவித்தால் தகடு வேகமாகச் சுழன்று குப் குப் என்பது ஒரு ஸகிண்டிற்கு அதிகமாக ஏற்படும். அப் பொழுது குறைந்த சுருதியுள்ள ஒலி உண்டாகும். தகடு வேகமாகச் சுற்றச் சுற்ற அதன் சுருதியும் அதிகமாக ஆவதைக் கவனிக்கலாம். ஒரு ஸகிண்டிற்கு எவ்வளவு தரம் சுழலுகின்றது என்பதைச் சுலபமாகக் கண்டுபிடிக்க ஸாத னம் அதில் இயற்றப்பட்டிருக்கின்றது. ஒரே நிதானமாக சுழன்றுகொண்டிருந்தால் அப்பொழுது ஏற்படும் ஒலியின் சுருதி மாருமலிருந்துகொண்டிருக்கும். தகட்டிலிருக்கும் துவாரங்களின் எண்ணை ஒரு ஸகிண்டிற்குத் தகடு எவ்வளவு தரம் சுற்றுகின்றதோ அந்த எண்ணினல் பெருக்கி வரு கிற தொகை அப்பொழுது ஏற்படும் ஒலியின் சுருதியைக் கொடுக்கும்.

கேள்விகள்

1. ஒலிக்குக் காரணம் பதார்த்தங்களின் அசைவு என்று உதாரணங்களுடன் கூறுக.

2. ஒலி ஒரு இடமிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குச் செல்ல மூன்று வகைப் பதார்த்தங்களும் சாதனமாக இருக்கின்றன என்பதற்கு உதாரணங்கள் கூறி விளக்கி எழுதவும்.

3. ஒலி ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குச் செல்ல நேரம் பிடிக்கின்றது என்று சொல்லப்படுகின்றது. இதை நீ ஒப்புக்கொள்ளுவாயா? ஏன்?

4. ஒலிகளில் சில இனிமையாகவும், சில வெறுப்பாகவும் இருக்கின்றன. இதன் காரணம் என்ன?

5. ஸிம்பிள் பெண்டுலம் என்ற கருவியின் அமைப்பைப் படத்தில் காட்டி, அதன் வைபரேஷன், ஆம்பிளிடியூட் இவை இரண்டையும் படத்திலிருந்து விளக்கிக் காட்டுக. வைபரேஷன் எண் என்றால் என்ன? அதை எப்படி ஸிம்பிள் பெண்டுலத்திற்குக் கண்டுபிடிப்பாய்?

6. பிட்சு (சுருதி) என்றால் என்ன? அது எதைப் பொருத்து இருக்கின்றது. பிட்சுக்கும், ஆம்பிளிடியூடிற்கும் சம்பந்தமுண்டா? ஆம்பிளிடியூடை மாற்றுவதால் சப்தம் எவ்வாறு மாறுதல் அடைகின்றது?

7. காற்றில் கிரமப்படி அதிர்ச்சி ஏற்படுவதனால் இனிமையான ஒலி உண்டாகின்றது என்பதை விளக்கிக் காட்ட இரண்டு உதாரணங்கள் கூறுக.

8. ஸைரனின் அமைப்பைப் படத்தில் காண்பித்து அதன் ஒவ்வொரு பாகத்தின் உபயோகத்தை விவரித்து எழுதுக.

9. கீழ்க் கண்டவைகளைப்பற்றி உனக்குத் தெரிந்தவற்றை எழுதுக:

1. டிரெவிலியன் ராக்கர். 2. பல் சக்கிரம். 3. வைபரேஷன்.

அத்தியாயம் 2

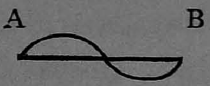
(Waves) அலைகள்

[அலைகளினால் சப்தம் ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குச் செல்லுகின்றது—நீரில் ஏற்படும் அலைகள்—வெளிந்த அசைவு—அலைகள் தொடராகப் பரவுவதற்கு உற்பத்தி ஸ்தானத்தில் அதிர்ச்சி கிரமப்படி ஏற்படவேண்டும்— அலைகள் செல்லும் பொழுது அணுக்களின் அசைவு ஏற்படும் விதம்—அலையின் நீளம், உயரம், அமைப்பு—மூன்றுவகைப் பதார்த்தங்களிலும் அலைகள் ஏற்படலாம்—(Transverse waves) டிரான்ஸ்வெர்ஸ் அலைகள் அல்லது ஊடுருவலைகள்—(Longitudinal waves) லான்ஜிடியூடினல் அலைகள் அல்லது நேரோடலைகள்—ஒலி அலைகள் நேரோடலைகள்—(Progressive waves) ப்ரோக்ரெஸிவ் அலைகள் அல்லது தொடர்ந்துசெல்லும் அலைகள்—(Stationary waves) ஸ்டேஷனரி அலைகள் அல்லது நிலையாயிருக்கும் அலைகள்—இவைகளைக் காட்ட ஒரு எக்ஸ்பெரிமெண்டு.]

ஒலியானது பதார்த்தங்களை சாதனமாகக்கொண்டு ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குப் பரவுகின்றது, என்பதை முன்பே பார்த்தோம். அதாவது ஒலி காற்றிலும், ஜலத்திலும், கட்டையிலும், பரவி ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குச் செல்லுகின்றது. எவ்வாறு செல்லுகின்றது என்பதைப்பற்றி விசாரிக்கவேண்டும். ஒலிக்குக் காரணமாய் உள்ள வஸ்து அசையும் பொழுது உண்டாகும் அதிர்ச்சியினால் காற்றிலோ, ஜலத்திலோ, கட்டையிலோ அலைகள் உண்டாகி அந்த அலைகள் பரவுவதினால் சப்தம் பரவுகின்றது என்று கருதப்படுகின்றது. ஆகையால் அலைகள் எப்படி ஏற்படுகின்றனவென்றும், அவைகளின் குணாதிசயங்களையும் தெரிந்துகொள்ள வேண்டியது அவசியமானது. சமுத்திரத்தில் உண்டாகும் அலைகளை எல்லோரும் பார்த்திருக்கலாம். அவைகளை

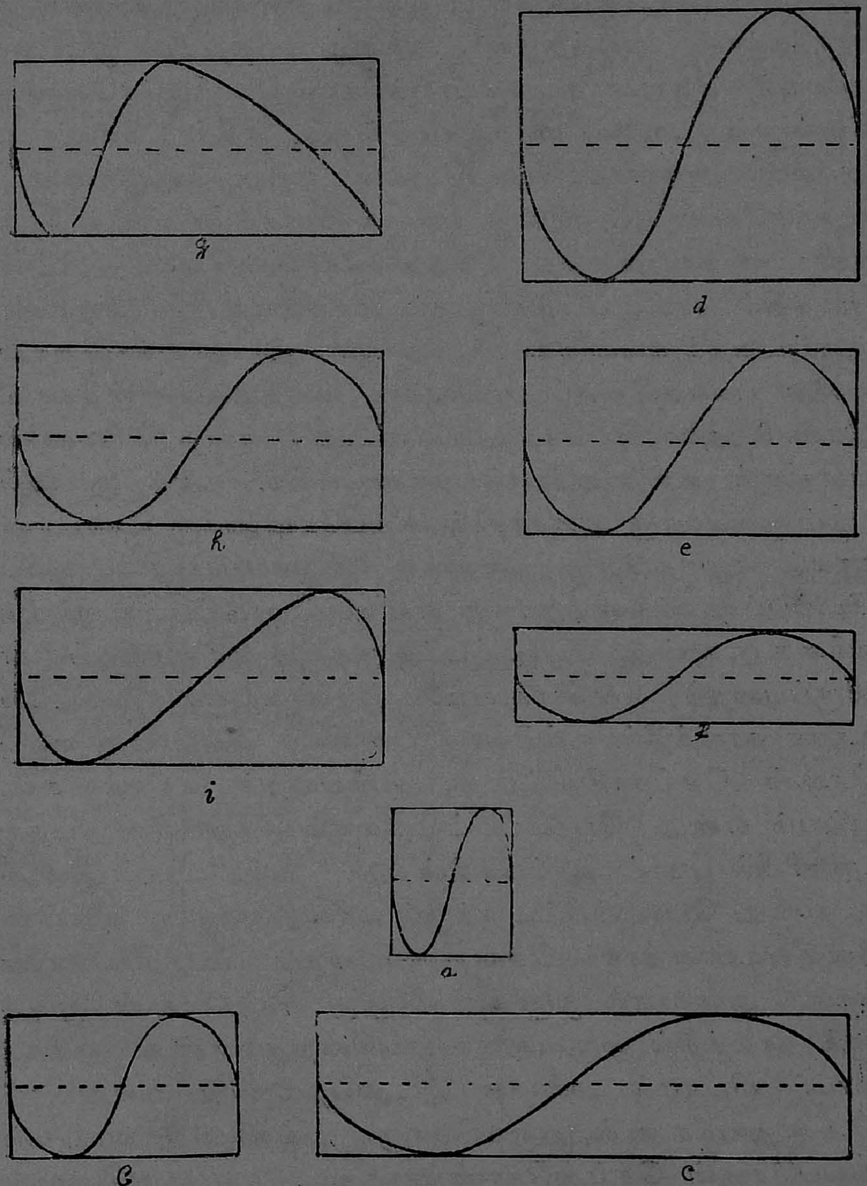
உற்று நோக்கிப்பார்த்தால் சில இடங்களில் ஜலம் குவிந்தும், சில இடங்களில் ஜலம் தாழ்ந்தும் இருப்பதைக் கவனிக்கலாம். தவிர அவ்வாறு ஏற்படும் வளைவானது கரையை நோக்கி வருவதைக் கவனித்திருப்பீர்கள். உயர்ந்த பாகத்திற்கு (Crest) சிகரம் என்றும், தாழ்ந்திருக்கும் பாகத்திற்குப் (Trough) பள்ளம் என்றும் சொல்லப்படும். ஒரு கிரெஸ்டை அடுத்தாற்போல் ஒரு டிராபும், இவ்வாறு மாறி மாறி இருப்பதையும் கவனிக்கலாம். ஒரு கிரெஸ்டும் டிராபும் சேர்ந்து அலை (Wave) என்று சொல்லப்படும். அவ்வாறு ஏற்படும் அலைகளை சமுத்திரத்தில்மட்டுமல்ல, குளக்கரையிலும் காணலாம். ஜலத்தில் ஒரு இடத்தில் ஒரு சிறு கல் போட்டமாத்திரத்தில் அந்த இடத்தைச் சுற்றி வட்டமான அலைகள் நாலா பக்கங்களிலும் பரவுவதை எல்லோரும் பார்த்திருப்பீர்கள். அலைகள் சிறிது தூரம் சென்றவுடன் மறைந்துவிடும். அலைகள் எப்பொழுதும் உண்டாகிப் பரவிக்கொண்டு இருக்கவேண்டுமென்றால் ஒன்றின்மேலொன்றாகக் கற்களைப் போட்டுக்கொண்டேயிருக்கவேண்டும். அவ்வாறு அலைகள் பரவும்பொழுது, கற்கள் விழுந்துகொண்டிருக்கும் இடத்திலிருந்து ஜலம் மற்றொரு இடத்திற்குப் பரவாமல் ஒருவிதமான நெளிந்த அதிர்ச்சிமட்டும் பரவுவதைக் காணலாம். அந்த நெளிந்த அசைவைத்தான் அலை என்று சொல்லுகிறோம். கற்கள் விழுந்துகொண்டிருக்கும் இடத்திலிருந்து சிறிது தூரத்தில் ஒரு மெல்லிய கட்டை மிதப்பதாக வைத்துக்கொள்ளுவோம். அலைகள் பரவும்பொழுது அது இருந்த இடத்திலேயே அமுங்கி எழுந்திருப்பதைக் கவனிக்கலாம். நாம் ஒரு ஸகிண்டிற்கு எவ்வளவு கற்கள் போடுகிறோமோ அவ்வளவு தடவைகள் அந்த கட்டையும் அமுங்கிக் கிளம்பிக்கொண்டிருக்கும். எந்த இடத்தில் இந்த கட்டையைப் போட்டாலும் அவ்வாறே அமுங்கிக் கிளம்பிக்கொண்டிருப்பதையும் கவனிக்கலாம். இதிலிருந்து அலைகள் அதிர்ச்சி ஏற்படுமிடத்திலிருந்து கிளம்பிப் பரவும்பொழுது ஒவ்

வொரு இடத்திலிருக்கும் நீர்த்துளிகளும் மேலும் கீழுமாக அசைவதினால் அலைகள் ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குப் பரவுகின்றது என்று ஊகிக்கலாம். அலையின் அமைப்பைப் படத்தில் காண்பிக்கவேண்டுமென்றால்



இவ்விடம் காணப்படுவதுபோல் வரைய வேண்டும். A, B என்று போடப்பட்டிருக்கும் நேர்க்கோட்டிற்கு (Level line) லெவல் லயின் என்று சொல்லப்படும். அலை லெவல் லயினுக்கு ஒரு பக்கத்தில் உயர்ந்தும் மற்றொரு பக்கத்தில் தாழ்ந்தும் இருக்கின்றது. உயர்ந்த பாகம் (Crest) சிகரம் என்றும், தாழ்ந்த பாகம் (Trough) பள்ளம் என்றும் சொல்லப்படும். லெவல் லயினில் கிரஸ்டின் ஆரம்பம் முதல் டிராபின் முடிவு வரையில் உள்ள தூரம் அலையின் நீளம் என்று சொல்லப்படும். அதாவது A, B என்று போடப்பட்டிருக்கும் நேர்க்கோட்டின் தூரம் அலையின் நீளத்தைக் குறிக்கும். லெவல் லயனிலிருந்து கிரெஸ்ட் அல்லது டிராப் எவ்வளவு உயரமாகவோ அல்லது தாழ்வாகவோ இருக்கின்றதோ அதற்கு ஆம்பிளிடியூட் என்று சொல்லப்படும். கிரஸ்டினுடையவும் டிராபுனுடையவும் சுவரூபத்தைக்கொண்டு அலையின் சுவரூபத்தைத் தீர்மானப் படுத்தலாம். எப்படி ஒரு கட்டியினுடைய பரிமாணத்தைக் குறிக்கும்பொழுது அதன் நீளம், அகலம், உயரம் இவற்றைச் சொல்லுகிறோமோ அதுபோலவே ஒரு அலையைக் குறிக்கும்பொழுது அதன் நீளம், ஆம்பிளிடியூட், Form (அமைப்பு) இவைகளைச் சொல்லவேண்டும். 11-ம் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கும் அலைகள் (a, b, c) மூன்றும் நீளத்தில்மட்டும் வேறாக இருக்கின்றன. (d, e, f) என்ற மூன்று அலைகளும் நீளத்திலும், அமைப்பிலும் ஒன்றாக இருக்கின்றன. ஆனால் உயரத்தில் மாறுதல் அடைந்திருக்கின்றன. (g, h, i) என்ற மூன்று அலைகளும் அமைப்பில்மட்டும் வேறாக இருக்கின்றன.

அலைகள் ஜலத்தில்மட்டும் அல்ல மற்ற பதார்த்தங்களிலும் பரவுவதைப் பார்க்கலாம். உதாரணமாக ஒரு

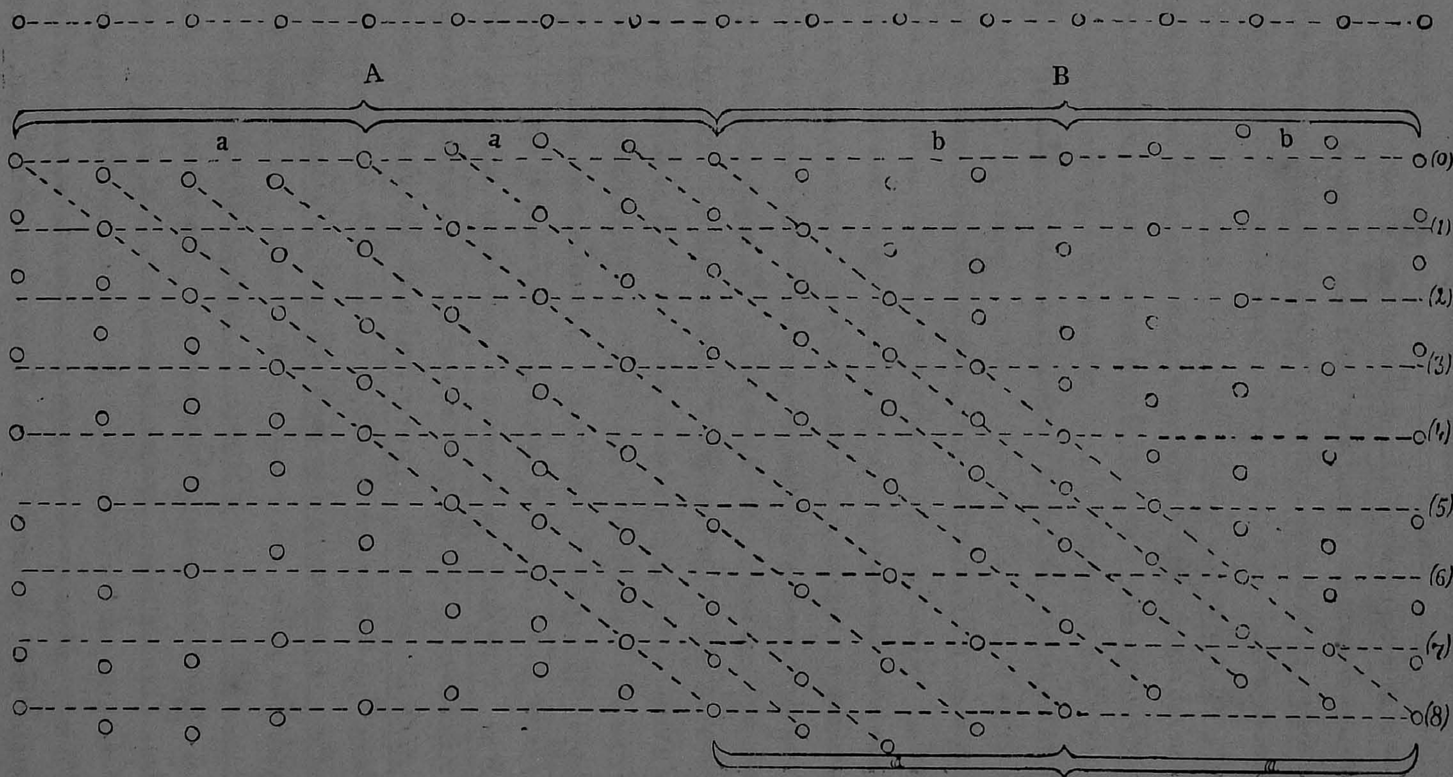


படம் 11

நீளக் கயிற்றை எடுத்துக்கொண்டு அதன் ஒரு நுனியைக் கையில் பிடித்துக்கொண்டு சற்று முன்னும் பின்னுமாக

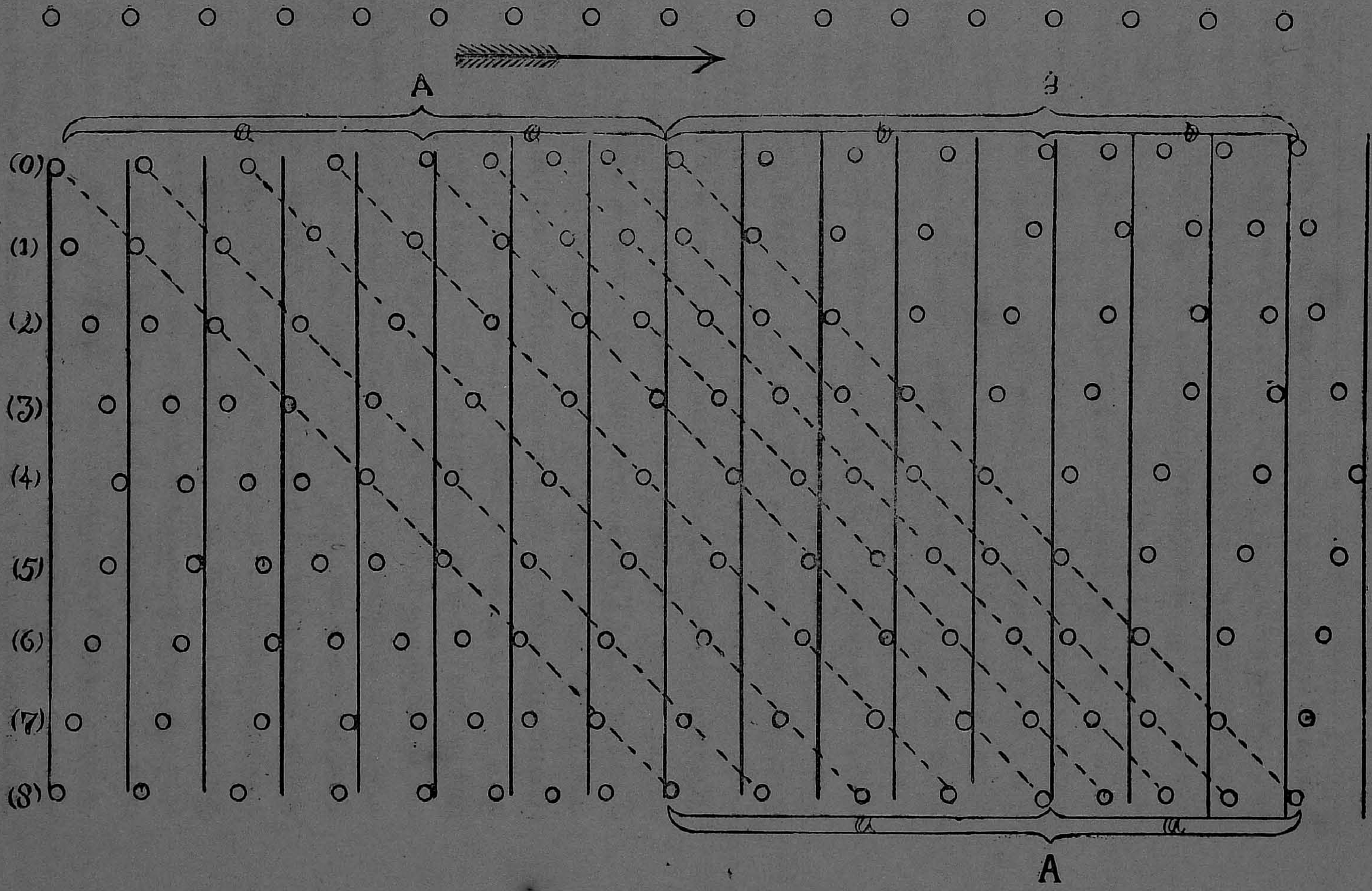
அசைத்துக்கொண்டேயிருந்தால் கயிற்றில் அலைகள் பரவுவதைக் கவனிக்கலாம். நீளக் கம்பளியை உதறும்பொழுது அலைகள் உண்டாகி அதில் பரவுவதை எல்லோரும் கவனித்திருக்கலாம். ஜலத்திலோ, அல்லது கயிற்றிலோ ஓயாமல் அலைகள் தொடராகப் போய்க்கொண்டேயிருக்கவேண்டுமென்றால் அலைகள் ஆரம்பிக்குமிடத்தில் கிரமப்படி அசைவு, அதாவது, வைபரேஷன் ஏற்பட்டுக்கொண்டேயிருக்கவேண்டும். இதை நன்றாக விளக்கிக்காட்டக் கீழ்க்கண்ட உதாரணத்தை எடுத்துக்கொள்ளுவோம். 12-ம் படத்தில் காட்டப்படும் முதல் வரிசையில் 17 புள்ளிகள் இருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அலைகள் இடது பக்கமிருந்து வலது பக்கத்திற்குப் பரவுவதாக வைத்துக்கொள்வோம். இரண்டு அலைகள் செல்லும்பொழுது 0 என்ற வரிசையில் புள்ளிகள் உள்ளதுபோல் காணப்படும். அதற்கு அப்புறம் ஒவ்வொரு அரைக்கால் வைபரேஷனுக்கு உண்டான காலம் கழிந்தபிறகு புள்ளிகள் இருக்கும்மாதிரி குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றது. 8 என்று போடப்பட்டிருக்கும் வரிசை 0 என்று போடப்பட்டிருக்கும் வரிசையைப்போலிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். இரண்டிற்கும் இடையே உள்ள காலத்தில் ஒவ்வொரு புள்ளியும் ஒவ்வொரு வைபரேஷன் செய்தாகிவிட்டது, என்பதைக் காணலாம். பூஜ்யம் என்று போடப்பட்டிருக்கும் வரிசையின் முதல் புள்ளியில் டிராப் ஆரம்பிக்கின்றது. அந்த டிராப் ஆனது 8 என்று போடப்பட்டிருக்கும் வரிசையில் ஒரு அலையின் நீளம் முன்னதாகச் சென்றிருப்பதைப் படத்தில் காணலாம். ஆகையால் ஒரு புள்ளி ஒரு வைபரேஷன் முடிக்கும் காலத்தில் ஒரு அலை பரவுகின்றது என்று ஊகிக்கலாம். விடாமல் அலைகள் இடதுபுறமிருந்து வலதுபுறம் செல்லுமானால், ஒவ்வொரு புள்ளியும் விடாமல் வைபரேஷன் செய்துகொண்டிருக்கும். ஒரு ஸகிண்டில் எவ்வளவு வைபரேஷன் ஏற்படுகின்றனவோ அவ்வளவு அலைகள் ஒரு ஸகிண்டிற்குப் பரவும். தவிர, அலையின் ஆம்பிளிடியூட் புள்ளிகளின் ஆம்பிளிடியூடை ஒட்டியிருக்

படம் 12



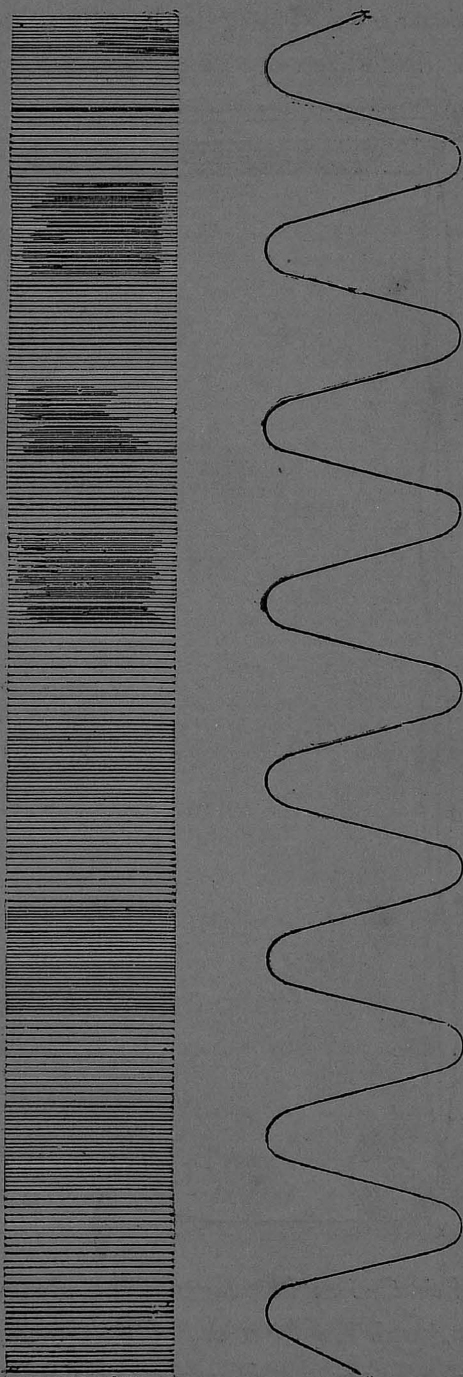
கின்றது என்பதைப் படத்திலிருந்து காணலாம். மற்றும் ஒரு ஸகிண்டில் புள்ளிகள் அதிகம் வைபரேஷன் செய்யுமானல் அலைகளின் நீளம் குறைவாகவும், குறைவாக வைபரேஷன் செய்யுமானல், அலைகளின் நீளம் அதிகமாகவும் இருக்கும். அலையின் நீளத்தைப் புள்ளிகளின் வைபரேஷன் எண்ணிக்கையினல் பெருக்கி வரும் தொகை எப்பொழுதும் ஒன்ருக இருக்கும். அந்த எண் அலையின் வேகத்தைக் குறிக்கும். அலைகளில் இரண்டுவகையுண்டு. (Transverse Waves) ஊடுருவலைகள், (Longitudinal Waves) நேரோட்டலைகள். நாம் முதலில் பார்த்த அலைகளுக்கு, (Transverse Waves) டிரான்ஸ்வெர்ஸ் அலைகள் என்று பெயர். ஏனெனில் அம்மாதிரி அலைகள் பதார்த்தங்களில் செல்லும்பொழுது பதார்த்தங்களின் அணுக்கள் அலைகள் பரவுகிற மார்க்கத்திற்கு செங்குத்தாக வைபரேஷன் செய்துகொண்டு அதிர்ச்சியைப் பரவச்செய்யும். அலைகள் பரவுகிற மார்க்கத்திலேயே அணுக்களின் அசைவு ஏற்பட்டால் அம்மாதிரி அலைகளுக்கு (Longitudinal Waves) லாஞ்ஜிடியூடினல் அலைகள் என்று பெயர் சொல்லுவார்கள். அறுவடையாகுமுன் நெற்பயிர்களை உற்றுநோக்கினல் இம்மாதிரி அலைகள் பரவுவதைக் கவனிக்கலாம். காற்று ஒரு பக்கமாக அடித்துக்கொண்டிருந்தால் பயிர்கள் சற்று முன்னும் பின்னுமாக அசைந்து அதனல் அலைகள் பரவுவதை எல்லோரும் கவனித்திருக்கலாம். அம்மாதிரி ஏற்படும் அலைகளை (Longitudinal Waves) லான்ஜிடியூடினல் அலைகளுக்கு உதாரணமாகச் சொல்லலாம். புள்ளிகளின் உதவியைக்கொண்டு இம்மாதிரியுள்ள அலைகளின் குணத்தையும் பார்க்கலாம். முன் படத்திலிருப்பது போல், 13-ம் படத்திலும் முதல் வரிசையில் 17 புள்ளிகள் இருக்கின்றதைக் காணலாம். அவைகளின் இடைக்கிடையே உள்ள தூரம் எல்லாவற்றிற்கும் ஒன்ருக இருப்பதைக் காணலாம். இடதுபுறமிருந்து வலதுபுறத்திற்கு அலைகள் செல்வதாக வைத்துக்கொள்ளுவோம். அம்மாதிரி இரண்டு அலைகள் செல்லும்பொழுது, பூஜ்யம்

படம் 13



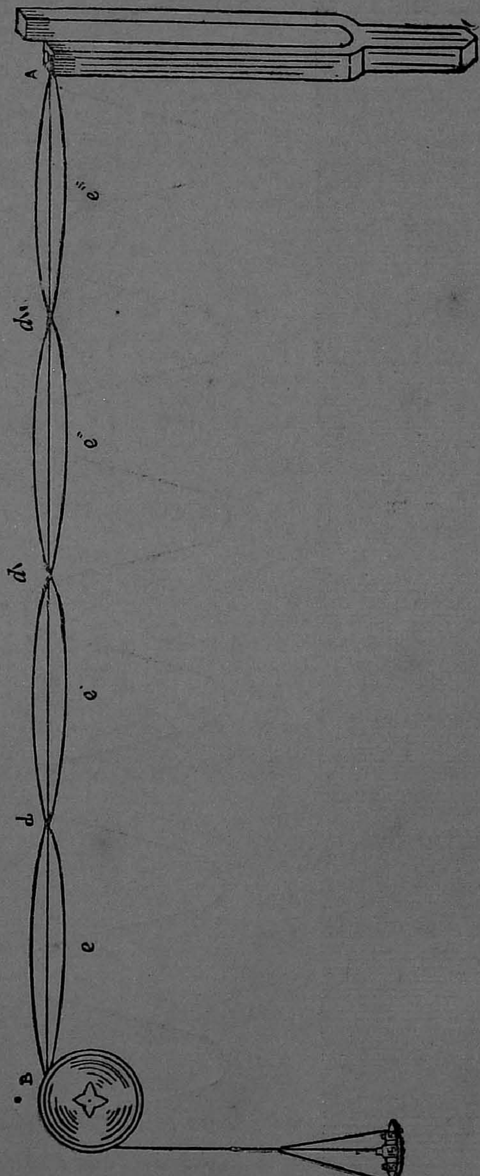
என்று போடப்பட்டிருக்கும் வரிசையிலுள்ளவாறு புள்ளிகள் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு புள்ளியும் அதற்காக உள்ள கட்டத்தினிடையே சற்று முன்னும் பின்னுமாக அசைவதினால் அலைகள் இடதுபுறமிருந்து வலதுபுறத்திற்குச் செல்லும். பூஜ்யம் என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் வரிசையில் முதல் புள்ளி முன்பு செல்லும் தருணத்திலிருக்கிறது. அதுபோலவே அதே வரிசையில் ஒன்பதாவது புள்ளியும் இருப்பதைக் காணலாம். அந்த வரிசையை உற்றுப்பார்த்தால், முதல் புள்ளியிலிருந்து ஐந்தாம் புள்ளிவரையிலும், இடைக்கிடையே விசாலமாகவும், ஐந்தாம் புள்ளிமுதல் ஒன்பதாம் புள்ளிவரையில் நெருக்கமாகவும் இருப்பதைக் கவனிக்கலாம். நெருக்கமாக இருக்கும் இடத்தை (Crest) கிரெஸ்டிற்கும் விசாலமாகவிருக்குமிடத்தை (Trough) டிராபிற்கும் ஒப்பிடலாம். அவைகள் (Condensation) நெருக்கம் என்றும் (Rarefaction) விசாலம் என்றும் சொல்லப்படும். எப்படி ஒரு (Crest) கிரெஸ்டும் (Trough) டிராபும் சேர்ந்து ஒரு (Transverse wave) டிரான்ஸ்வெர்ஸ் அலை என்று சொல்லுகிறோமோ, அதுபோலவே ஒரு (Condensation) நெருக்கமும் (Rarefaction) விசாலமும் சேர்ந்தது ஒரு லான்ஜிடியூடினல் அலை (Longitudinal wave) என்று சொல்லப்படும். பூஜ்யம் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் வரிசையிலிருந்து எட்டு என்று போடப்பட்டிருக்கும் வரிசைவரையில் ஒவ்வொரு அரைக்கால் வைபரேஷனுக்கு உண்டான காலம் கழிந்தபின் உள்ள புள்ளிகளின் ஸ்தானங்கள் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன. எட்டு என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் வரிசையிலுள்ள புள்ளிகள் பூஜ்யம் என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் வரிசையிலிருந்து ஒரு வைபரேஷனுக்கு உண்டான காலம் கழிந்தபின் உள்ள ஸ்தானங்களைக் குறிக்கின்றன. அதற்குள் அலையும் தன் நீளம் முன்பாகப் போயிருப்பதைப் படத்திலிருந்து கவனிக்கலாம். (Transverse) டிரான்ஸ்வெர்ஸ் அலைகளுக்குப் பார்த்ததுபோல் இவ்விடமும் அணுக்கள்

ஒரு வைபரேஷன் முடித்ததும் அலை தன்னளவு நீளம் முன் செல்லுகின்றது என்று தெரிகின்றது. ஆனால் (Transverse waves) டிரான்ஸ்வெர்ஸ் அலைகள் பதார்த்தங்களில் செல்லுங்கால் அணுக்கள் பரவுகிற மார்க்கத்திற்கு செங்குத்தாக அசைகின்றதென்றும் (Longitudinal waves) லான்ஜிடியூடினல் அலைகள் பதார்த்தங்களில் செல்லுங்கால் அணுக்கள் பரவுகிற மார்க்கத்திலேயே அசைகின்றன என்றும் நன்றாகத் தெரிந்துகொள்ளவேண்டும். இந்த வித்தியாசத்தைத் தவிர மற்ற குணங்கள் இரண்டு விதமான அலைகளுக்கும் ஒன்றுதான். இரண்டு விதங்களையும் 14-ம் படத்தில் காண்பித்திருப்பதைக் கவனிக்கவும். இந்த இரண்டு வித அலைகளும் கனபதார்



படம் 14

த்தத்தில் செல்லும் ஆனால் காற்றில் (Longitudinal waves) லான்ஜிடியூடினல் அலைகள் மட்டும்தான் பரவும். ஆகையினால் வஸ்துக்கள் காற்றில் வைபரேஷன் செய்யும்பொழுது காற்றில் அதிர்ச்சி ஏற்பட்டு, அந்த அதிர்ச்சி லான்ஜிடியூடினல் அலைகளாக வாயு சமுத்திரத்தில் பரவி நம்முடைய காதுகளில் மோதுவதனால் நமக்கு ஒலியினுடைய உணர்ச்சி ஏற்படுகின்றது என்று அறியவேண்டும். அவ்வாறு லான்ஜிடியூடினல் அலைகள் காற்றில் செல்லும்பொழுது காற்று அணுக்கள் சற்று முன்னும் பின்னுமாக அசைந்து ஒலியை ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குப் பரவச்செய்யும்.



படம் 15

மேலேசொன்ன விதங்களைத் தவிர அலைகளில் மற்றும் இரண்டு வகுப்புகளிருக்கின்றன. அவைகளின் பெயர் (Progressive waves) தொடர்ந்து கொண்டிருக்கும் அலைகள், (Stationary waves) நிலையாயிருக்கும் அலைகள். ஒவ்வொரு வகுப்பிலும்

(Longitudinal waves) லான்ஜிடியூடினல் அலைகளும், (Transverse waves) டிரான்ஸ்வெர்ஸ் அலைகளும் உண்டு. (Stationary waves) ஸ்டேஷனரி அலைகளுக்கு உதாரணம் கீழ்க்கண்ட எக்ஸ்பெரிமெண்டை எடுத்துக்கொள்ளலாம். 15-ம் படத்தில் காணப்படுவதுபோல் ஒரு டியூனிங் போர்க் கட்டையில் சுமார் 3 கஜம் நீளமுள்ள பட்டைநூலின் ஒரு நுனியைக் கட்டி மற்ரெருரு நுனியில் ஒரு திராசுத் தகடு ஒன்றைக் கட்டி ஒரு வளையத்தின்பேரில் தொங்கவிட வேண்டும். அந்தத் தகட்டில் ஏதாவது சில எடைக் கற்களைப் போட்டுக்கொண்டு டியூனிங் போர்க்கைத் தட்டினுல் அந்த நூலில் அலைகளிருப்பதைக் காணலாம். நூலைச் சற்று உற்றுப்பார்த்தால், எவ்வளவு பிரிவுகளாக (Loops) அசைந்துகொண்டிருக்கின்றது என்பதை எண்ணிவிடலாம். இம்மாதிரி நூலில் ஏற்படும் அலைகள் தொடர்ந்து செல்லாமல் இருந்த இடத்திலேயே யிருப்பதால் அவைகளுக்கு (Stationary waves) ஸ்டேஷனரி அலைகள் என்று பெயர் சொல்லப்படும். தவிர அவைகளைப் பார்க்கும்பொழுது நூலில் சில இடங்களில் அசைவேயில்லாமலிருப்பதையும், சில இடங்களில் தாராளமாக அசைகின்றதையும் கவனிக்கலாம். அசையா இடங்களுக்கு (Nodes) நோட்ஸ் என்றும் அதிகமாக அசையும் இடங்களுக்கு (Antinodes) ஆண்டிநோட்ஸ் என்றும் பெயர் சொல்லப்படும். இரண்டு (Nodes) நோடுகளுக்கோ அல்லது இரண்டு (Antinodes) ஆண்டிநோடுகளுக்கோ இடையிலுள்ள தூரம், அலையின் நீளத்தில் பாதியைக் குறிக்கிறது. B, d, d′, d″, A, என்ற இடங்கள் நோடுகள் என்ற அசைவில்லாத இடங்கள். e, e‵, e‵‵, e‵‵‵, என்ற இடங்கள் ஆண்டிநோடுகள்.

கேள்விகள்

10. **நீரில் அலைகள் செல்லுங்கால் நீர் ஒரு இடத்திலிருந்து மற்ரெருரு இடத்திற்குச் செல்லாமல் ஒரு விதமான நெளிந்த அசைவுமட்டிலும் செல்லுகின்றது என்று எவ்வாறு கூறுவாய்?**

11. அலையின் நீளம், உயரம், அமைப்பு இம்மூன்றும் என்ன என்பதைப் படங்களுடன் விவரித்து எழுதுக.

12. (Transverse waves) டிரான்ஸ்வெர்ஸ் அலைகள், (Longitudinal waves) லான்ஜிடியூடினல் அலைகள் என்றால் என்ன? இவைகளின் வித்தியாசம் யாது?

13. புள்ளிகளின் உதவியைக்கொண்டு அணுக்கள் ஒரு வைபரேஷன் முடிக்கும் காலத்தில் டிரான்ஸ்வெர்ஸ் அலைகளோ அல்லது லான்ஜிடியூடினல் அலைகளோ தன்னளவு நீளம் முன்செல்லுகின்றது என்பதை விளக்கிக்காட்டுக.

14. காற்றில் ஏற்படும் ஒலி அலைகள் எந்த வகையைச் சேர்ந்தன? அதன் போக்கைப் படத்தில் காண்பிக்கவும்.

15. ஸ்டேஷனரி அலைகளை (Stationary waves) காண்பிக்க ஒரு எக்ஸ்பெரிமெண்டை எழுதுக.

16. கீழ்க்கண்டவைகளைப்பற்றி உனக்குத் தெரிந்தவற்றை எழுதுக:—

(1) (Crest) கிரெஸ்ட்டும், ((Trough) டிராபும்.

(2) (Condensation) நெருக்கமும், (Rarefaction) விசாலமும்.

(3) (Nodes) நோடுகளும், (Antinodes) ஆண்டி நோடுகளும்.

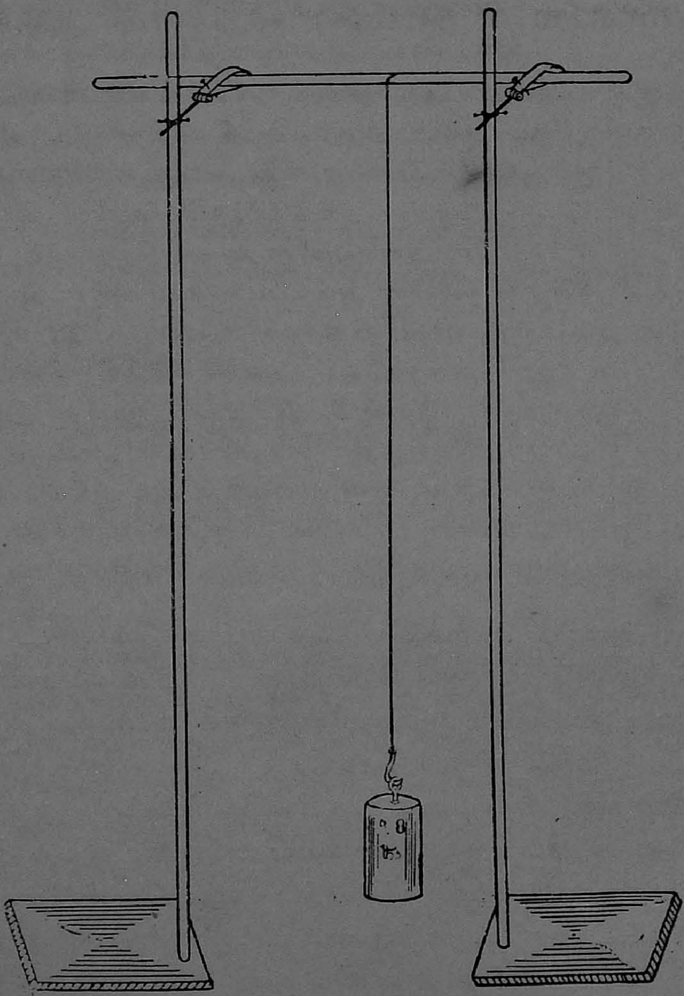
அத்தியாயம் 3

(Vibration of Strings) கம்பிகளின் அசைவு

[தனிக் கம்பியின் அசைவினுல் காற்றில் ஏற்படும் அதிர்ச்சி குறைவாகவிருக்கும் என்ற கருத்தை விளக்கிக்காட்ட எடுத்துக் கொண்டிருக்கும் எக்ஸ்பெரிமெண்டு, டியூனிங்போர்க்குடன் இணைக்கப்பட்ட பெட்டியின் உபயோகம்—கம்பி வாத்தியங்களுக்கு ஸவுண்டு பாக்ஸ் அவசியமானது—மாஞேகார்டு அல்லது ஸோஞமிடர் என்ற கருவியின் அமைப்பு—கம்பிகளின் அசைவைப் பொருத்த அடிப்படையான விதிகள்—கம்பி ஒரு லூப்பாகவோ அல்லது பல லூப்புகளாகவோ அசையக்கூடும் என்பதற்குக் காரணம்—ஒரு லூப்பு, இரண்டு லூப்புகள், மூன்று லூப்புகள் இவ்வாருக அசையும்பொழுது வைபரேஷன் எண்ணும் ஒரு மடங்கு, இரண்டு மடங்கு, மூன்று மடங்கு ஆக ஆகின்றது என்ற கருத்து—ஓவர்டோன்கள், பீட்ஸ், ஸோஞமிடரினல் சுருதி நிர்ணயம் செய்வது எப்படி?]

கம்பிகளின் அசைவை ஆதாரமாகக்கொண்ட வாத்தியங்கள் அநேகமிருக்கின்றன. அந்த வாத்தியங்களிலிருந்து உண்டாகும் ஒலிகளின் சுருதி எவ்வாறு கம்பிகளினுடைய நீளம், பிகு, மொத்தம் இவைகளைப் பொருத்திருக்கின்றன என்பதை அறியவேண்டும். ஒரு கம்பி அசைந்து சப்தம் செய்யவேண்டுமென்ருல், அதை இரண்டு நுனிகளிலும் இரண்டு பிடிப்பில் கட்டவேண்டும். அவ்வாறு கட்டப்பட்ட கம்பியை மீட்டினுல் ஒலி ஏற்படும். ஆனுல் அப்பொழுது ஏற்படும் ஒலி மெல்லியதாக இருக்கும். ஏனெனில் அந்தக் கம்பி அசையும்பொழுது வாயு சமுத்திரத்தில் உண்டாகும் அலைகள் மிகவும் குட்டையாக இருக்கும். அதாவது, அலைகளின் ஆம்பிளிடியூட் குறைவாக இருக்கும். ஆம்பிளிடியூட் குறைவாக இருந்தால் சப்தத்தின் தென்பும் குறைவாயிருக்கும். இதை நன்ருக

உணருவதற்குக் கீழ்க்கண்ட எக்ஸ்பெரிமெண்டைப் பார்ப் போம். 16-ம் படத்தில் காணப்படுவதுபோல் இரண்டு ஸ்டாண்டுகளுக்கு இடையே ஒரு கழியைக் கெட்டியாக



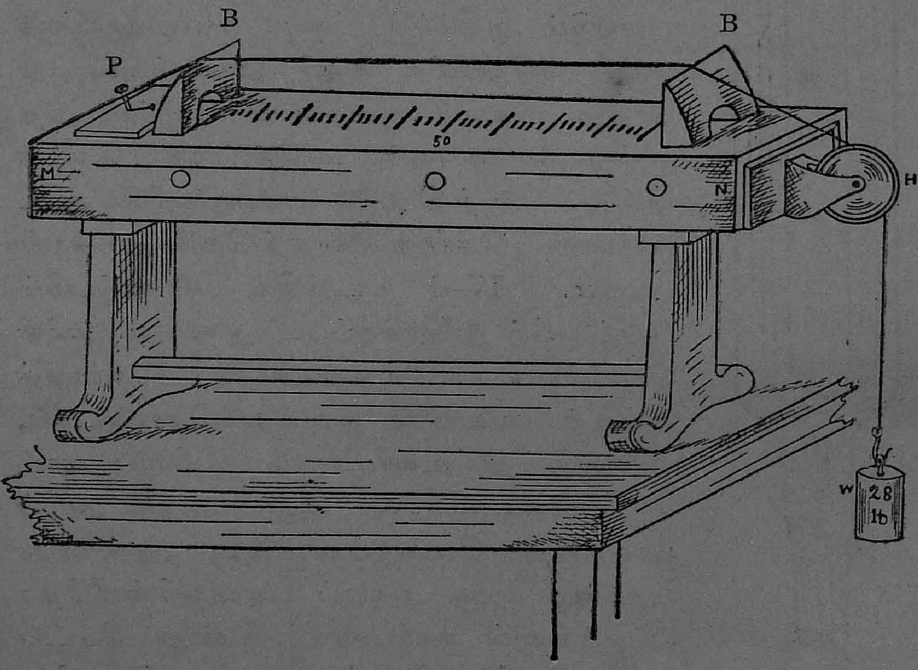
படம் 16

அமைத்து அதிலிருந்து சுமார் ஒரு கஜம் நீளமுள்ள ஒரு கம்பியைத் தொங்கவிடவேண்டும். அதன் மற்றொரு நுனி யில் பாரமான எடைக்கல் ஒன்றைக் கட்டி அந்தக் கம்பியை

வைபரேஷன் செய்யச்செய்தால், அப்பொழுது மிகவும் க்ஷீணமான ஒலி உண்டாவதைக் கவனிக்கலாம். அந்தக் கம்பியை எவ்வளவு விஸ்தாரமாக மீட்டியபோதிலும் ஒலி அதிகமாக ஏற்படவில்லை என்பதையும் தெரிந்துகொள்ள லாம். எவ்வாறு கம்பியிலிருந்து ஒலி உண்டாகி நம்மை அடைகின்றது என்பது நமக்குத் தெரியும். அதாவது, கம்பி வைபரேஷன் செய்து அதனால் காற்றில் அதிர்ச்சி ஏற்பட்டு அலைகள் உண்டாகி அவைகள் உங்களுடைய காதுகளில் மோதுவதால், அதன் ஒலியைக் கேட்கிறீர்கள். அவ்வாறு காற்றில் ஏற்படும் அதிர்ச்சி மிகவும் குறைவாயிருக்கும். ஏனெனில் கம்பி அசைக்கக்கூடிய காற்று மிகவும் குறைவாயிருக்கும். அதனால்தான் சப்தம் அதிகமாகக் கேட்கவில்லை. மற்றொரு எக்ஸ்பெரிமெண்ட் (பரீக்ஷை) செய்து இதைத் தெரிந்துகொள்ளலாம். 17-ம் படத்தில் காணப்படும் பெட்டியில் இணைக்கப்படாத ஒரு டியூனிங் போர்க்கை எடுத்துக்கொண்டு அதைத் தட்டிக் கையில் வைத்துக்கொண்டால், அதிலிருந்து உண்டாகும் ஒலியை நாம் கேட்கக்கூடவில்லை. ஆனால் அதன் அடிப் பாகத்தை மேஜையின்மீதோ அல்லது ஏதாவது ஒரு அகலப் பலகையின்மீதோ அமுக்கினால் ஒலி கணீர் என்று கேட்பதைத் தெரிந்துகொள்ளலாம். ஏனெனில், முதலில் டியூனிங் போர்க்கு அசைந்துகொண்டிருக்கும்பொழுது அது காற்றில் தானே அதிர்ச்சியை உண்டுபண்ணிற்று. அதன் கட்டைகளின் பரப்பு குறைவாயிருப்பதால் அது அசைக்கச்செய்யும் காற்றும் குறைவாயிருக்கின்றது. அதனால்தான் நாம் முதலில்

படம் 17

அதன் ஒலியைக் கேட்க்கூடவில்லே. அதன் அடிப் பாகத்தை மேஜையின்மேல் பொருத்திவைத்தபொழுது அதிர்ச்சி மேஜையின்மீது இறங்கி மேஜை அதிர்ச்சியைக் காற்றுக்குக் கொடுப்பதால் அதிகமான அசைவு காற்றில் ஏற்பட்டு ஒலி அதிகமாகக் கேட்கின்றது. அதனுல்தான் டியூனிங் போர்க்குகள் அதற்குத் தகுந்த (Sound Box) ஸவுண்ட் பாக்ஸ்களில் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. கம்பி வாத்தியங்கள் எல்லாவற்றிலும் கம்பியினுல் ஏற்படும் சப் தத்தை அதிகப்படுத்த சாதனங்கள் இயற்றப்பட்டிருக் கின்றன. அவைகளைப் பின்பு நன்ருகக் கவனிப்போம்.

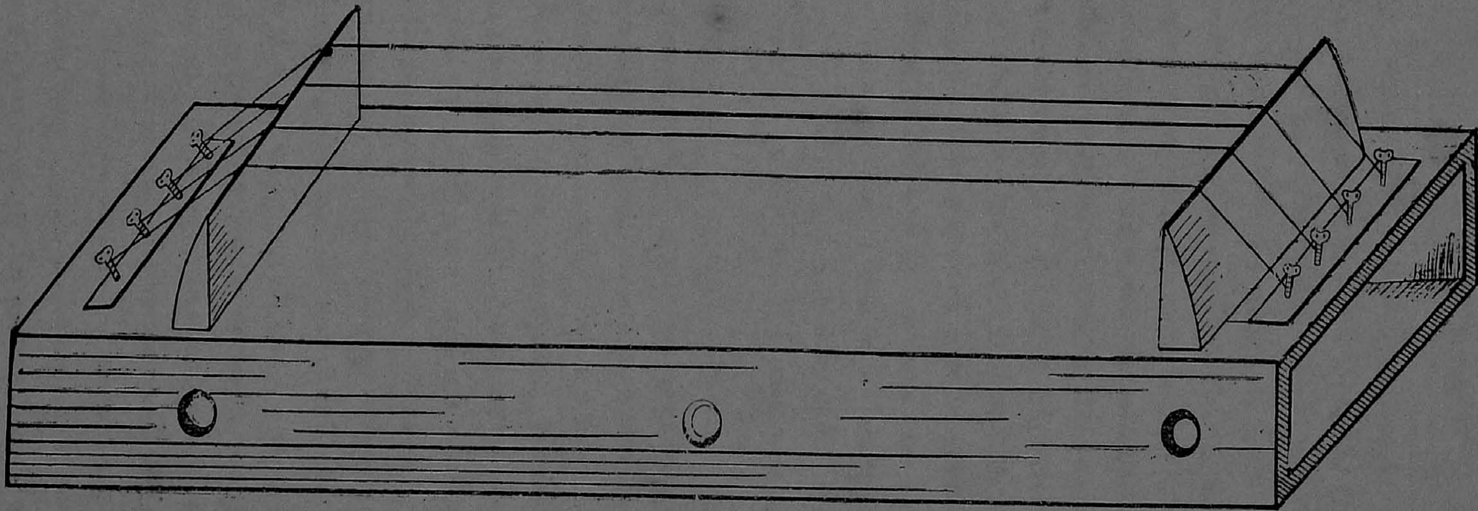


படம் 18

கம்பிகளின் அசைவினுல் உண்டாகும் ஒலியின் சுருதி எவ்வாறு கம்பிகளின் நீளம், பிகு, மொத்தம் இவைகளை யொட்டியிருக்கின்றது என்பதை அறிய 18-ம் படத்தில்

காணப்படும் கருவியின் அமைப்பை முதலில் அறியவேண்டும். அதற்கு (Monochord) மானோகார்டு என்று பெயர். M N என்ற ஒரு நீளப்பெட்டியின் மேல்மூடியில் இரண்டு கோடிகளிலும் B B என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்ற இரண்டு குதிரைகள் (Bridges) அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். B என்ற குதிரைக்குச் சமீபத்தில் P என்ற ஒரு முளை (Peg) யிருப்பதைக் காணலாம். மற்றொரு குதிரைக்குச் சமீபத்தில் ஒரு சகடை இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. முளையில் ஒரு கம்பி கட்டப்பட்டு அது இரண்டு குதிரைகளின்மேலும் தாவிச் சகடையின் வழியாகத் தொங்குவதைக் கவனிக்கலாம். பிகுவாகத் தொங்குவதற்கு நுனியில் ஒரு பாரமான எடைக்கல் கட்டப்பட்டிருக்கின்றது. அந்தப் பெட்டி மெல்லிய பலகையினால் செய்யப்பட்டிருக்கின்றது. அந்தப் பெட்டியினுள்ளே யிருக்கும் காற்றிற்கும், வெளியிலிருக்கும் காற்றிற்கும் சம்பந்தம் இருப்பதற்காக இரண்டு பக்கப் பலகைகளிலும் துவாரங்கள் செய்யப்பட்டிருக்கின்றன. அந்தப் பெட்டி இரண்டு கால்களினால் நிற்பதையும் கவனிக்கலாம். பெட்டியின் மேல்மூடியில் கம்பியின் நீளத்தை அளக்கும் பொருட்டு அளவுகோல் (Scale) ஒன்று அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இவ்வாறு ஒரு கம்பியுடன் இருந்தால் அந்தக் கருவிக்கு (Monochord) என்று சொல்லப்படும். நாலு ஐந்து கம்பிகளும் அவ்வாறு கட்டப்படுவதற்கு சாதனங்கள் இயற்றப்பட்டிருக்கிற கருவிகளும் உண்டு. இவைகளைக்கொண்டு சுருதி நிர்ணயம் செய்வதால் அவைகளை ஸோனமீட்டர் (Sonometer) என்றும் சொல்லுவது உண்டு. எல்லாக் கம்பிகளையும் எடைக் கற்களைக் கட்டித் தொங்கவிடுவதற்கு இடம் வசதியில்லாமையால் அதற்குப் பதிலாக இரண்டு குதிரைகளின் பக்கங்களிலும் முளைகள் வரிசையாக அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அதை

19-ம் படத்திலிருந்து அறியலாம். ஒரு பக்கத்து மூளையிலிருந்து, மற்றொரு பக்கத்து மூளைக்குக் கம்பி இணைக்கப்படும். ஒரு பக்கத்து மூளையைத் திருகுவதினால் கம்பியினுடைய பிகுவை அதிகப்படுத்தவோ குறைக்கவோ முடியும்.

கம்பியை மீட்டினவுடன் கணீர் என்று ஒலி காதில் விழுவதைக் கேட்கலாம். கம்பி அசையும்போது அதனால் ஏற்படும் அதிர்ச்சி இரண்டு குதிரைகளின் வழியாக இறங்கிப் பெட்டிக்கு வந்து அதிலிருந்து காற்றில் பரவுகின்றது. பெட்டியின் பரப்பு அதிகமாக இருப்பதாலும், பெட்டியின் பலகை மெல்லியதாயிருப்பதாலும், கம்பியினுடைய அதிர்ச்சியை வாங்கி அதிகமான காற்றுக்குக் கொடுப்பதால் சப்தம் அதிகமாகக் கேட்கிறது. கம்பி முழுவதையும் அசைக்கச்செய்யலாம். அல்லது அசையும் கம்பியின் நீளத்தைக் குறைக்கவோ, அதிகப்படுத்தவோ முடியும். அதற்கு மற்றொரு குதிரையின் உதவி வேண்டும். கம்பியில் ஒரே பிகுவை வைத்துக்கொண்டு நீளத்தைக் குறைத்துக்கொண்டு கம்பியை மீட்டிவந்தால், அப்பொழுது உண்டாகும் ஒலியின் சுருதி அதிகமாவதைக் கவனிக்கலாம். அதே மாதிரியாகக் கம்பியின் நீளத்தை அதிகப்படுத்தி மீட்டிக்கொண்டேவந்தால் ஒலியின் சுருதி குறைந்துகொண்டே வருவதைக் கவனிக்கலாம். தவிர சுருதி, நீளம், இவை இரண்டிற்கும் உள்ள சம்பந்தத்தைக் கணக்காக அறியலாம். முழு நீளத்தை வைத்துக்கொண்டு மீட்டினால் அப்பொழுது கேட்கும் ஒலியின் சுருதியை மனதில் வாங்கிக்கொண்டு கம்பியின் நீளத்தை மற்றொரு குதிரையின் உதவியைக்கொண்டு சரிபாதியாகச் செய்து, அப்பொழுது மீட்டினால் உண்டாகும் ஒலியின் சுருதி முதல் கேட்ட சுருதிக்கு மேல்ஷட்ஜமமாகக் கேட்பதைக் கவனிக்கலாம். சுருதி இரட்டிப்பாக ஆகவேண்டுமென்றால் வைபரேஷன் எண்ணிக்கையும் இரட்டிப்பாக ஆகவேண்டுமென்று முன்பே பார்த்திருக்கிறோம். ஆகை

படம் 19

யால் கம்பியின் நீளத்தை சரிபாதியாகச் செய்தவுடன் முதலில் ஏற்பட்ட வைபரேஷன் எண்ணிக்கையில் இரண்டு மடங்காக வைபரேஷன் எண்ணிக்கை ஆகிறதென்றும், அதனால் மேல் ஷட்ஜமத்தைக் கேட்கிறோம் என்றும் தெரிகின்றது. அதுபோலவே கம்பியின் நீளத்தை மூன்றில் ஒரு மடங்காகச் செய்து குறைந்த பாகத்தை மீட்டியவுடன் கேட்கும் ஒலியின் சுருதி முதலில் கேட்ட ஒலியின் சுருதியைக்காட்டிலும் மூன்று மடங்காகக் கேட்பதைக் கவனிக்கலாம். அதே மாதிரியாகக் கம்பியின் நீளத்தை நான்கில் ஒரு மடங்காகச் செய்து மீட்டினால் உண்டாகும் ஒலியின் சுருதி முதலில் கேட்ட ஒலியின் சுருதிக்கு நான்கு மடங்காக இருக்கின்றது. ஒரே பிகுவுள்ள ஒரு கம்பியின் நீளத்திற்கும் அதன் அசைவினால் ஏற்படும் ஒலியின் சுருதிக்கும் இம்மாதிரி உள்ள சம்பந்தம் கம்பியின் அசைவைப் பொருத்த முதல் விதி என்று சொல்லப்படும்.

கம்பியின் நுனியில் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும் எடைக்கல்லின் நிறையை அதிகப்படுத்தி, கம்பியை மீட்டிக்கொண்டே வந்தால் கேட்கும் ஒலியின் சுருதி அதிகமாகிக்கொண்டே வருவதையும் கவனிக்கலாம். அதாவது, பாரத்தை அதிகப்படுத்தினால் கம்பியின் வைபரேஷன் எண்ணிக்கை அதிகமாகவும், பாரத்தைக் குறைத்துக்கொண்டே வந்தால், கம்பியின் வைபரேஷன் எண்ணிக்கை குறைவாகவும் ஆகின்றது என்பதுதான் கருத்து. முதலில் ஒரு பவுண்டு கல்லைக் கட்டித் தொங்கவிட்டு முழுக் கம்பியையும் மீட்டினால், அப்பொழுது அதற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட வைபரேஷன் எண்ணிக்கை உண்டு. அதனால் உண்டாகும் ஒலியின் சுருதியை மனதில் வாங்கிக்கொண்டு ஒரு பவுண்டுக்குப் பதிலாக நாலு பவுண்டு கற்களைக் கட்டித் தொங்கவிட்டுக் கம்பியை மீட்டினால், அப்பொழுது ஏற்படும் ஒலியின் சுருதி முதலில் கேட்ட ஒலியின் சுருதியைக் காட்டிலும் இரண்டு மடங்காக விருப்பதைக் கவனிக்கலாம்.

இப்பொழுது கம்பியின் வைபரேஷன் எண்ணிக்கை முதலி லிருந்ததைக்காட்டிலும் இரட்டிப்பாக ஆகிவிட்டது. இங்கு கவனிக்கவேண்டியது என்னவென்றால் ஒரே நீள முள்ள ஒரு கம்பியின் சுருதியை இரட்டிப்பாகச் செய்ய வேண்டுமென்றால் பாரத்தை நான்கு மடங்காகச் செய்ய வேண்டுமென்பதுதான். அதுபோலவே கம்பியின் சுரு தியை முதலில் இருப்பதைக்காட்டிலும் மூன்று மடங் காகச் செய்யவேண்டுமென்றால் பாரத்தை ஒன்பது மடங் காகச் செய்யவேண்டும். ஒரே நீளமுள்ள கம்பியின் சுரு திக்கும் அதன் பிகுவிற்கும் இவ்வாறு உள்ள சம்பந்தம் கம்பியினுடைய அசைவைப் பொருத்த இரண்டாவது விதி என்று சொல்லப்படும்.

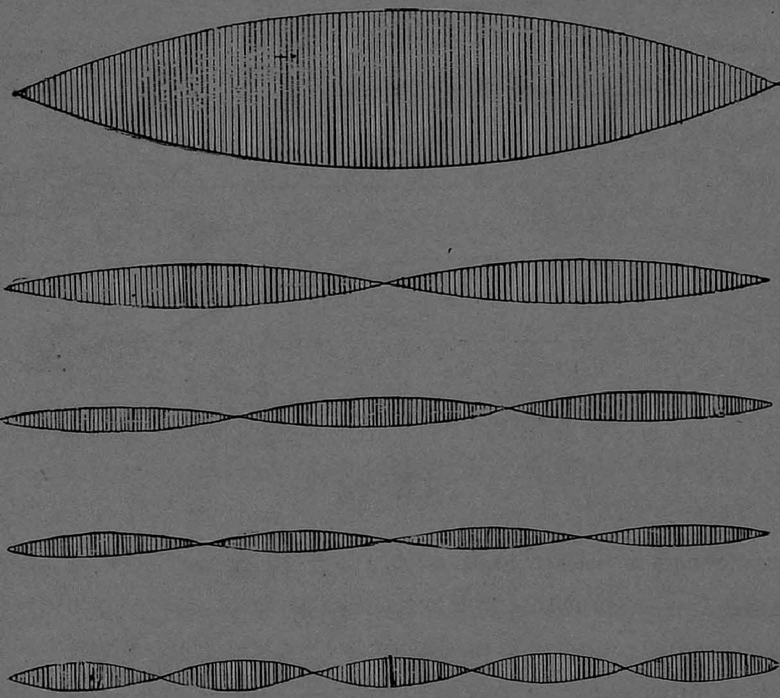
ஒரே பிகு, ஒரே நீளம் உள்ள இரண்டு ஸ்டீல் கம்பி களை எடுத்துக்கொள்வோம். அவைகளில் ஒன்று மொத்த மாகவும் மற்றொன்று மெல்லியதாகவுமிருந்து, இரண் டையும் மீட்டினால் மெல்லிய கம்பியினுடைய ஒலியின் சுருதி மொத்தக் கம்பியினுடைய ஒலியின் சுருதியைக்காட் டிலும் அதிகமாக இருப்பதைக் கவனிக்கலாம். உதாரண மாக, ஒரு கம்பியின் மொத்தம் மற்றொன்றில் பாதியிருந் தால் மொத்தம் குறைவாக உள்ள கம்பியின் சுருதி மற்ற தைக்காட்டிலும் இரண்டு மடங்காக இருக்கின்றதைப் பரீக்ஷை மூலமாக அறியலாம். அதாவது, மெல்லியதாக வுள்ள கம்பியின் வைபரேஷன் எண்ணிக்கை, மற்ற கம்பியி னுடைய வைபரேஷன் எண்ணிக்கையைக்காட்டிலும் இரண்டு மடங்கு அதிகமாயிருக்கும். அதுபோலவே ஒன்றின் சுருதி மற்றொன்றின் சுருதியைக்காட்டிலும் மூன்று மடங்காக இருக்கவேண்டுமென்றால், முதல் கம்பி யின் மொத்தம் இரண்டாவது கம்பியின் மொத்தத்தில் மூன்றில் ஒரு மடங்காயிருக்கவேண்டும். அப்பொழுது தான் முதல் கம்பியின் வைபரேஷன் எண்ணிக்கை இரண் டாவது கம்பியின் வைபரேஷன் எண்ணிக்கையைக்காட் டிலும் மூன்று மடங்கு அதிகமாயிருக்கும். இவ்வாறு

உள்ள சம்பந்தம் கம்பியினுடைய அசைவைப் பொருத்த மூன்ருவது விதி என்று சொல்லப்படும்.

மற்றும் ஒரே பிகு, ஒரே நீளம், ஒரே மொத்தம் உள்ள இரண்டு விதமான கம்பிகளை எடுத்துக்கொள்வோம். அவைகளில் ஒன்று ஸ்டீல் கம்பியாகவும் மற்ருென்று பித்தளைக் கம்பியாகவும் இருக்குமானுல், இரண்டையும் மீட்டினவுடன் உண்டாகும் சப்தத்தில் ஸ்டீல் கம்பியின் சுருதி அதிகமாகவும், பித்தளைக் கம்பியின் சுருதி குறைவாகவும் இருப்பதைக் கவனிக்கலாம். இதிலிருந்து பிகு, நீளம், மொத்தம் இவை மூன்றையும் ஒன்ருக வைத்துக்கொண்டு (Density) திண்மையை அதிகப்படுத்தினுல் சுருதி குறைவதையும் (Density) திண்மையைக் குறைத்தால் சுருதி அதிகமாவதையும் உணரலாம். அவ்வாறு பிகு, நீளம், மொத்தம், இவைகள் ஒன்ருயுள்ள இரண்டு விதமான கம்பிகளை எடுத்துக்கொண்டால் ஒன்றின் சுருதி மற்ருென்றின் சுருதியைக் காட்டிலும் இரண்டு மடங்காக இருக்கவேண்டுமென்ருல், முதல் கம்பியின் (Density) திண்மை மற்ருெரு கம்பியின் (Density) திண்மையில் நாலில் ஒரு மடங்காயிருக்கவேண்டும். அதுபோலவே சுருதி மூன்று மடங்காக இருக்கவேண்டுமென்ருல் முதல் கம்பியின் (Density) திண்மை இரண்டாவது கம்பியின் (Density) திண்மையில் ஒன்பதில் ஒன்ருயிருக்கவேண்டும். இந்த சம்பந்தம் கம்பியின் அசைவைப் பொருத்த நான்காவது விதி என்று சொல்லலாம்.

ஸோனுமிடரில் கம்பி வைபரேஷன் செய்யும் பொழுது, கம்பி முழுவதும் ஒரு (Loop) லூப்பாக அசைகின்றது. கம்பிகள் ஒரு லூப்பாக அல்லது பல லூப்புகளாக வைபரேஷன் செய்யலாம் என்பதைக் கவனிக்கவேண்டும். முன் அத்தியாயத்தில் (Stationary Waves) ஸ்டேஷனரி அலைகளை நிரூபிக்க எடுத்துக்கொண்ட எக்ஸ்பெரிமெண்டில் நூலில் கட்டித் தொங்கவிட்டிருக்கும் திராசுத்

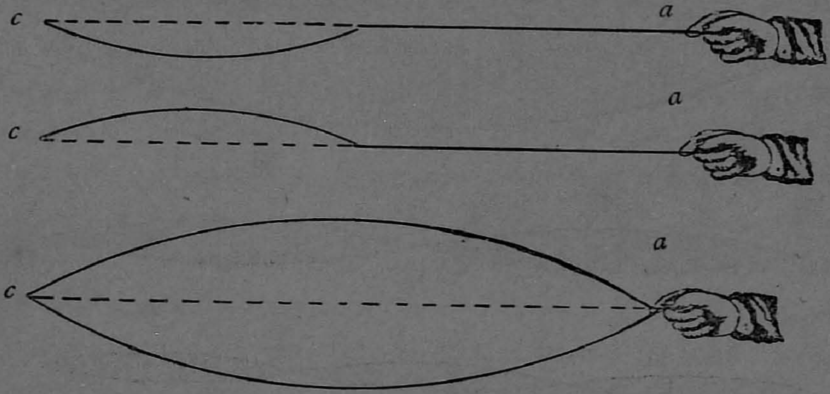
தட்டில் வைத்திருக்கும் நிறை கல்களை மாற்றுவதால் நூலில் உண்டாகும் லூப்புகளின் எண்ணிக்கை மாற்ற முடியும் என்பதைப் பரீக்ஷை செய்து தெரிந்துகொள்ளலாம். அதாவது நூல் வைபரேஷன் செய்யும்பொழுது ஒரு லூப்பாகவோ, பல லூப்புகளாகவோ அசையும்படி செய்யலாம்



படம் 20

என்பதுதான் கருத்து. இதை 20-ம் படத்திலிருந்து நன்றாக அறியலாம். எவ்வாறு அம்மாதிரிக் கம்பிகளில் லூப்புகள் ஏற்படுகின்றன என்பதை அறிய, கீழ்க்கண்ட எக்ஸ்பெரிமெண்டை கவனிப்போம். நீள ரப்பர் டியூப் ஒன்றை எடுத்துக்கொண்டு, அதன் ஒரு நுனியை C என்ற இடத்தில்

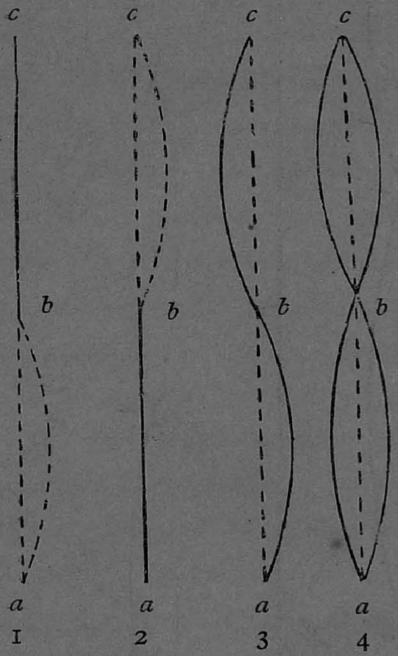
ஒரு பிடிப்பில் கட்டி a என்ற மற்றொரு நுனியை 21-ம் படத்தில் காணப்படுவதுபோல் கையில் பிடித்துக்கொண்டு, சற்று கீழ்புறமாகச் சொடுக்கினால், ஒரு வளைவு உண்டாகி மற்ற நுனியை நோக்கிச்செல்லும். அந்த நுனியை அடைந்தவுடன் அவ்விடமிருந்து திரும்பிக் கையை நோக்கி வரும். ஆனால் இப்பொழுது மேல்புறமாக வளைவுடன் வரும். இவை இரண்டையும் படத்தில் காணலாம்.



படம் 21

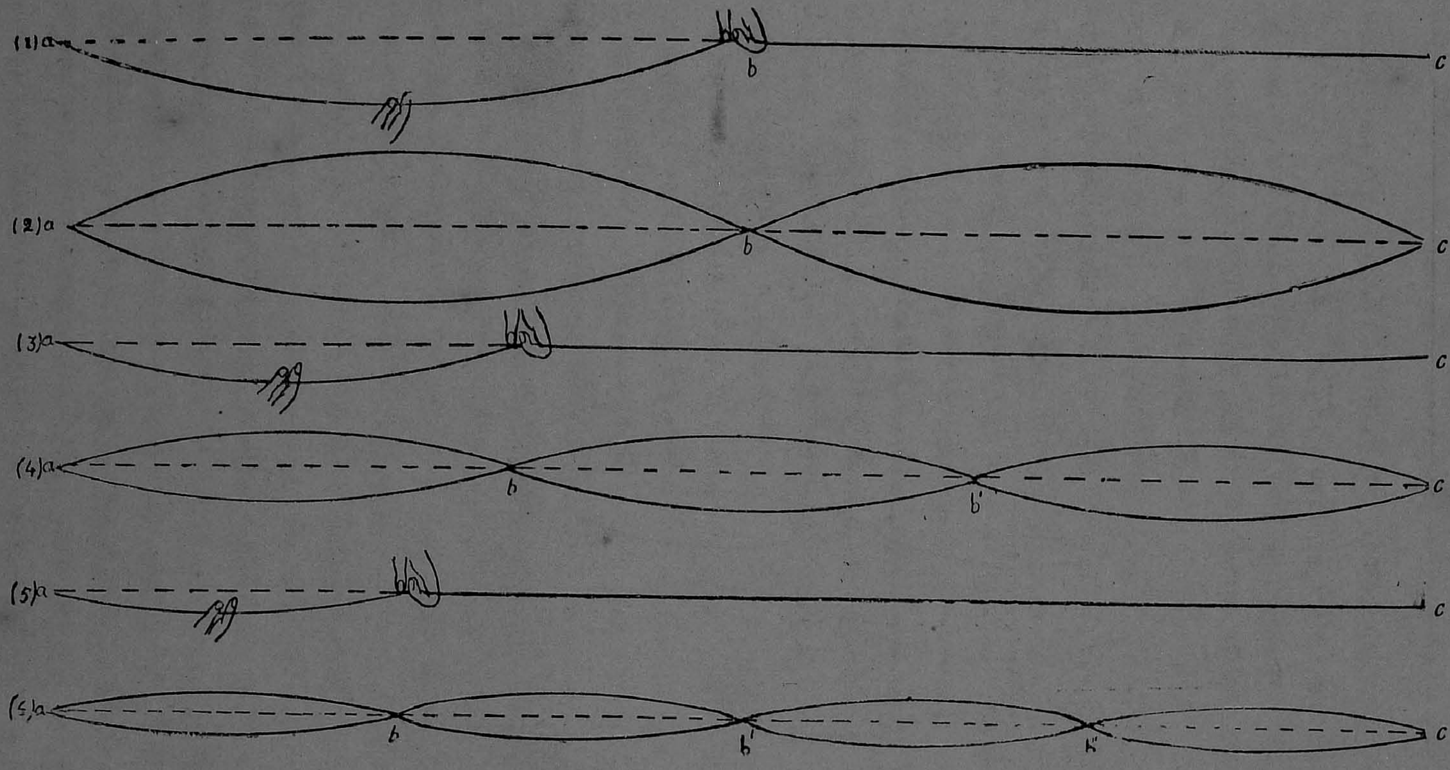
உதாரணமாகக் கையினால் உற்பத்தி பண்ணப்படும் வளைவு, கட்டப்பட்ட நுனிக்குச் செல்ல ஒரு ஸகிண்ட் பிடிப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். அரை ஸகிண்டில் 22-ம் படத்தில் 1 என்ற இடத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருப்பதுபோல் வந்திருக்கும். வளைவின் தலைப்பு டியூபின் நடுமத்தியை அடைந்திருக்கும். ஒரு ஸகிண்ட் ஆனவுடன் இரண்டாவது படத்தில் காணப்படுவதுபோல் வந்திருக்கும். அதாவது வளைவின் தலைப்பு கட்டப்பட்ட இடத்திற்குச் சென்றிருக்கும். அதே சமயத்தில் a என்ற இடத்தைச் சொடுக்கி மற்றொரு வளைவை அனுப்பினால், முதலில் சென்ற வளைவு எதிர்த்துத் திரும்பி வரும்பொழுது இரண்டாவது தடவை அனுப்பிய வளைவை நடுமத்தியில் சந்

திக்கும். a b என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் வளைவு c என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் இடத்தை நோக்கிச் செல்ல விரும்பும். ஆனால் c, b என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் வளைவு a என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் இடத்தை நோக்கிச் செல்ல விரும்பும். அதனால் b என்ற இடம் இரண்டு வளைவுகளினால் ஒரே (force) வலிமையுடன் இழுக்கப்படும். ஒன்று b என்ற இடத்தை ஒருபக்கம் இழுக்கும். மற்றொன்று அதற்கு மாறாக இழுக்கும். இரண்டினுடைய வலிமை சமமாயிருப்பதால் b என்ற இடம் அசையாது. இம்மாதிரி கிரமப்படி சொடுக்கிக் கொண்டேயிருந்தால் நான்காவது படத்தில் காணப்படுவது போல டியூபின் இரண்டு பாதிகளும் தனித்தனியே வைபரேஷன் செய்துகொண்டிருக்கும். வளைவுகள் செல்லாமல் இருந்த இடத்திலே இருக்கும். a b



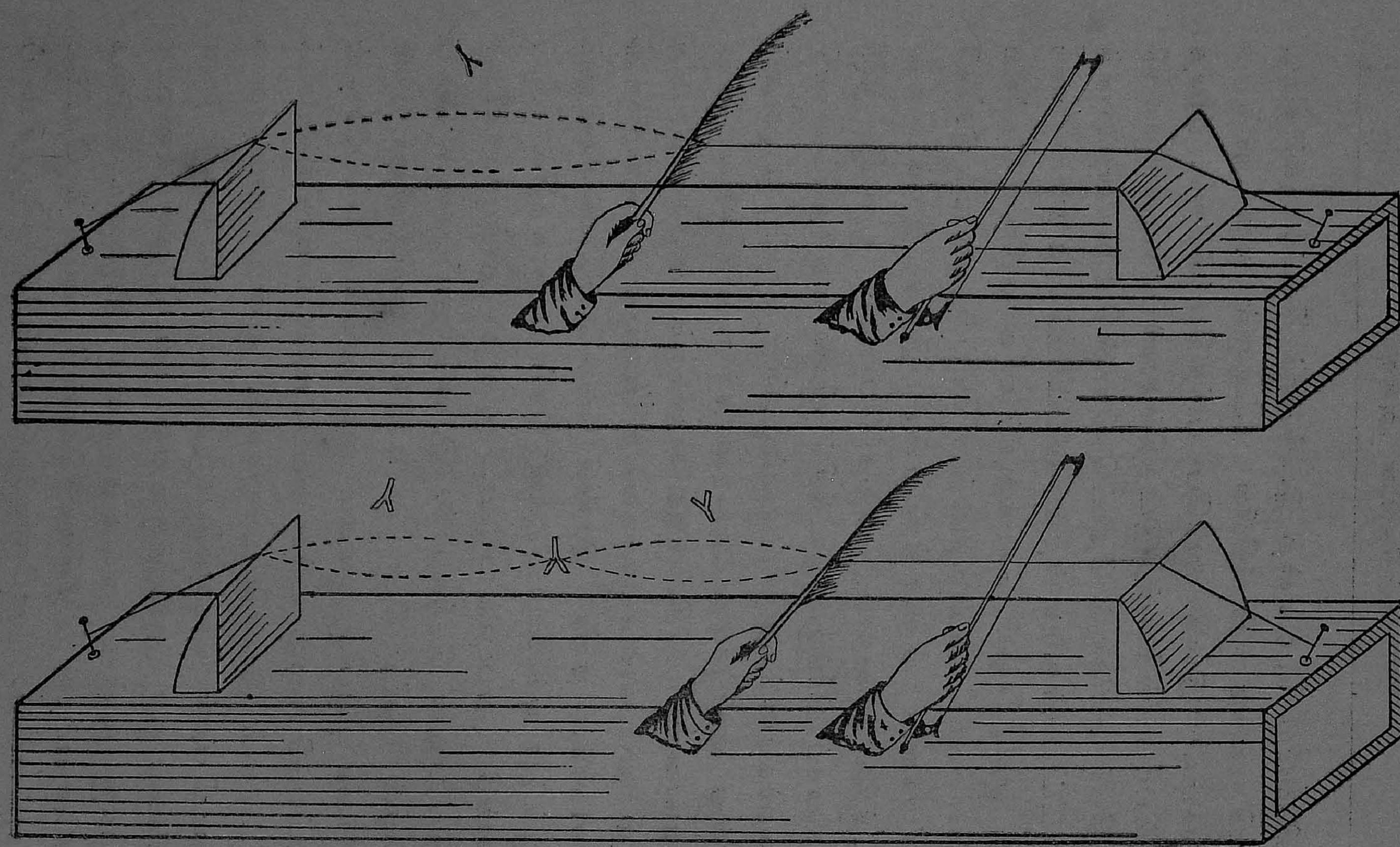
படம் 22

என்ற பாகமும், b c என்ற பாகமும் (Loop) என்று சொல்லப்படும். b என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்குமிடம் (Node) நோடு என்று சொல்லப்படும். a b என்ற பாகத்தின் நீளமோ அல்லது b c என்ற பாகத்தின் நீளமோ அலையின் நீளத்தில் பாதியைக் குறிக்கும். இம்மாதிரியாக அதே ரப்பர் டியூபில் 3, 4, 5, 6 லூப்புகள் உண்டாகும்படி நுனியைச் சொடுக்கிக் கொண்டேயிருக்கலாம். இப்பொழுது வேறொருவிதமாக எக்ஸ்பெரிமெண்டைச் செய்வோம். ரப்பர் டியூபின் இரண்டு



படம் 23

நுனிகளையும் a, c என்ற இடங்களில் கெட்டியாகக் கட்டி விட்டு அதை நடுமத்தியில் மீட்டினால் ஒரு லூப்பாக அசையும். இதை முன்பே பார்த்திருக்கிறோம். அதை 23-ம் படத்தில் 1 என்ற இடத்தில் காணப்படுவதுபோல் நடுமத்தியில் விரலினால் தொட்டுக்கொண்டு a b என்ற பாகத்தை மீட்டினால் a b என்ற பாகம்மட்டுமல்ல, b c என்ற பாகமும் வைபரேஷன் செய்வதைப் பரீக்ஷையினால் தெரிந்து கொள்ளலாம். அதாவது ரப்பர் டியூப் முழுவதும் இரண்டு லூப்புகளாக அசைகின்றன. இதை இரண்டாவது படத்தில் காணலாம். அதைப்போலவே மூன்றில் ஒரு பாகமாகப் பிரிக்கும் இடத்தில் விரலை வைத்துக்கொண்டு குறைந்தபாகத்தை மீட்டினால் ரப்பர் டியூப் முழுவதும் மூன்று லூப்புகளாக அசைவதைக் கவனிக்கலாம். இதை நான்காவது படத்திலிருந்து காணலாம். அதேமாதிரியாக நாலு லூப்புகளாக அசைவதை ஆறாவது படத்திலிருந்து காணலாம். தவிர இரண்டு எக்ஸ்பெரிமெண்டுகளிலும் டியூப் பூராவும் வைபரேஷன் செய்யும் காலத்தில் டியூப் இரண்டு லூப்புகளாகவோ, மூன்று லூப்புகளாகவோ வைபரேஷன் செய்வதால், இரண்டு லூப்புகளாக வைபரேஷன் செய்யும்பொழுது டியூபின் வைபரேஷன் எண்ணிக்கை டியூப் முழுவதும் ஒரு லூப்பாக வைபரேஷன் செய்யும்பொழுது உள்ள வைபரேஷன் எண்ணிக்கையைக் காட்டிலும் இரண்டுமடங்காகவும், மூன்று லூப்புகளாக வைபரேஷன் செய்யும்பொழுது, வைபரேஷன் எண்ணிக்கை ஒரு லூப்புக்கு உள்ள வைபரேஷன் எண்ணிக்கைக்கு மூன்று மடங்காகவும் இருக்கும். இதை மானோகார்டின் உதவியைக்கொண்டு நன்றாகத் தெரிந்து கொள்ளலாம். மானோகார்டில் கம்பியின் நடுமத்தியைப் பிடித்து மீட்டினால், ஒரு லூப்பாக அசையும். அப்பொழுது ஏற்படும் ஒலியின் சுருதியை மனதில் வாங்கிக்



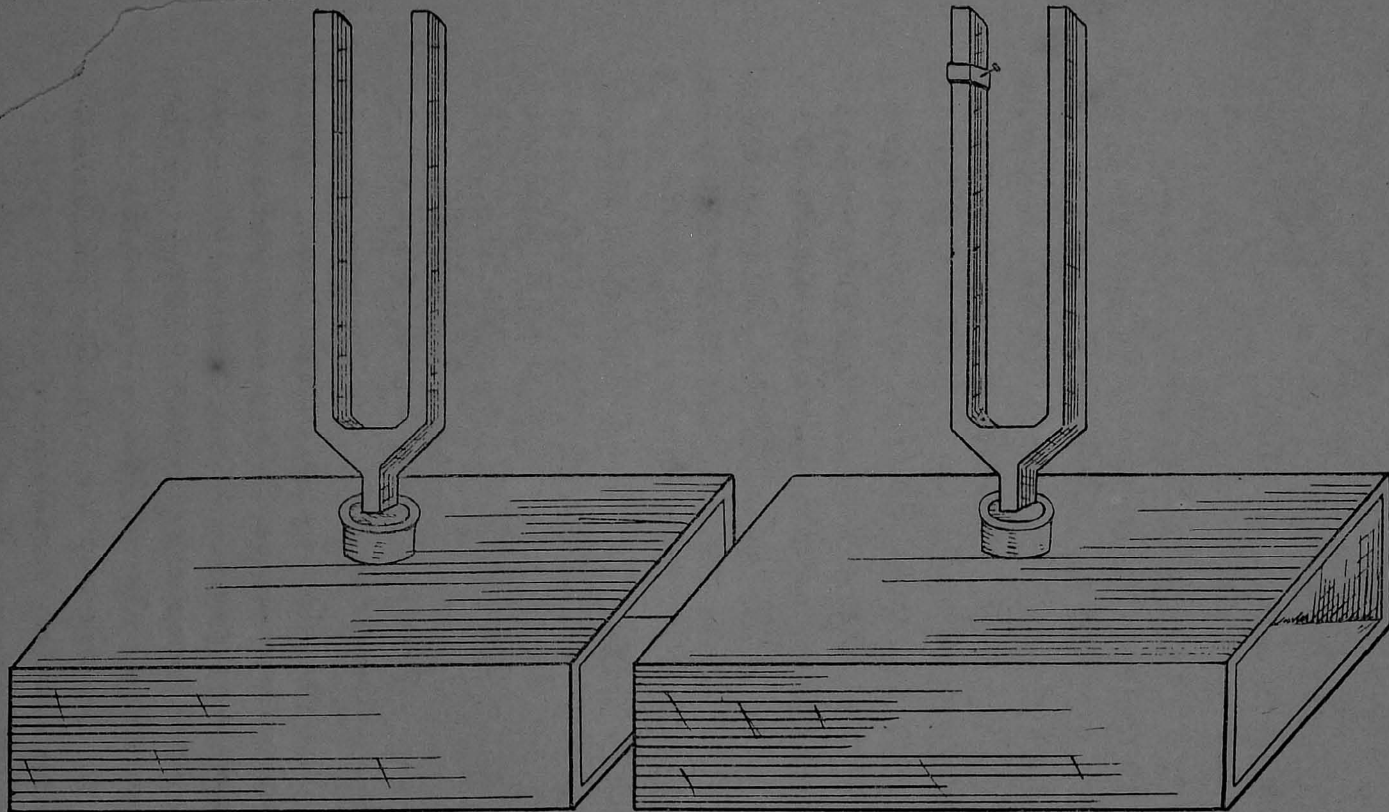
படம் 24

கொண்டு கம்பியை 24-ம் படத்தில் காணப்படுவதுபோல், இறகினல் நடுமத்தியில் லேசாகத் தொட்டுக்கொண்டு ஒரு பாதியை மீட்டி இறகை எடுத்தவுடனே, முன்பு கேட்ட சுருதிக்கு மேல்ஷட்ஜமம் கேட்பதைக் கவனிக்கலாம். இப்பொழுது கம்பி இரண்டு லூப்புகளாக அசைவதினல் முதலில் இருந்த வைபரேஷன் எண்ணிக்கையைக்காட்டிலும் இரண்டு மடங்காயிருக்கின்றது. அதனல்தான் மேல் ஷட்ஜமம் கேட்கிறது. இரண்டு லூப்புகளாகக் கம்பி அசைகின்றது என்பதையும், பரீக்ஷை மூலமாகத் தெரிந்துகொள்ளலாம். மீட்டப்படாத பாதியின் நடுமத்தியில் ஒரு சிறு துண்டுக் காகிதத்தை வைத்து முன்பு செய்ததுபோல் இறகினல் நடுமத்தியைத் தொட்டுக்கொண்டு மற்றப் பாதியை மீட்டி இறகை எடுத்துவிட்டால் துண்டுக் காகிதம் எகிறிக் கீழே விழுவதைக் கவனிக்கலாம். (இதைப் படத்தில் காணலாம்). ஏனெனில் இந்த பாகமும் ஒரு லூப்பாக அசைவதினல் காகிதத்துண்டைக் கீழே தள்ளிவிடுகின்றது. இதிலிருந்து மேல் ஷட்ஜமம் கேட்கும் பொழுது ஸோனுமீட்டரின் கம்பி இரண்டு லூப்புகளாக அசைந்து சப்தத்தைக் கொடுக்கின்றது என்று தெரிந்து கொள்ளலாம். அதுபோலவே மானேகார்ட் கம்பியின் மூன்றில் ஒரு பாகத்தைக் குறிக்கும் இடத்தை இறகினல் லேசாகத் தொட்டுக்கொண்டு இரண்டாவது படத்தில் காணப்படுவதுபோல் குறைந்த பாகத்தை மீட்டி இறகை உடனே எடுத்தவுடன் இரண்டாவது கேட்ட சுருதிக்கு மேல்பஞ்சமம் கேட்பதைக் கவனிக்கலாம். முன்பு பரீக்ஷை செய்வதுபோல் காகிதத் துண்டுகளைக்கொண்டு இப்பொழுது மானேகார்டின் கம்பி மூன்று லூப்புகளாக அசைந்து ஒலி உண்டாகின்றது என்று அறியலாம். இதிலிருந்து லூப்புகள் ஒன்று, இரண்டு, மூன்று இம்மாதிரி அதிகப்பட, சுருதியும், ஒன்று, இரண்டு, மூன்று இம்மாதிரி அதிகப்படுகின்றது என்று தெரிந்துகொள்ள வேண்டும்.

கம்பி ஒரு லூப்பாகவோ அல்லது பல லூப்புகளாகவோ அசைந்து ஒலி உண்டாகலாம் என்று பார்த்தோம். கம்பி முழுவதும் ஒரு லூப்பாக அசையும்பொழுது உண்டாகும் ஒலியில் ஒரு லூப்புக்கு உண்டான சுருதிமட்டுமல்ல பல பிரிவுகளுக்கு உண்டான சுருதிகளும் கலந்து வருகின்றன. இதைப் பரீக்ஷையினுல் தெரிந்துகொள்ளலாம். அவ்வாறு ஒரு லூப்புக்கு உண்டான சுருதியுடன் கலந்துவரும் சுருதிகளுக்குப் (Overtones) பரிவார சுருதிகள் என்று பெயர் சொல்லப்படும். ஒரு லூப்புக்கு உண்டான சுருதிக்கு மூலசுருதி அல்லது (Fundamental tone) என்று பெயர். இம்மாதிரி எல்லா ஒலிகளிலும் (Fundamental Tone) மூலசுருதியுடன் (Overtones) ஓவர்டோன்கள் கலந்துவருகின்றன என்பது கம்பிகளினுல் உண்டாகும் ஒலிகளுக்கு மட்டுமல்ல, எல்லா விதமான ஒலிகளுக்கும் உண்டு என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. எவ்வாறு வெள்ளை ஒளியில் ஏழு விதமான நிறங்களும் அடங்கி இருக்கின்றனவோ, அதேமாதிரியாக எல்லா சப்தங்களும் தனித்த சப்தங்களாக இல்லாமல் ஓவர்டோன்களுடன் கலந்து வருகின்றன என்பதை அறியவேண்டும். அதனுல்தான் ஒரு வாத்தியத்தினுடைய ஒலி மற்றொரு வாத்தியத்தினுடைய ஒலியைப்போலிருப்பதில்லை. உதாரணமாக, ஒரே சுருதியில் பிடில், வீணை, பில்லாங்குழல் இவை மூன்றும் சப்தம் செய்தால் நாம் எந்த சப்தம் பில்லாங்குழலிலிருந்து வருகின்றதென்றும், எது பிடிலிலிருந்து வருகின்றதென்றும், எது வீணையிலிருந்து வருகின்றதென்றும், சுலபமாக அறிகிறோம். ஏனெனில் மூன்று ஒலிகளின் (Fundamental Tone) மூலசுருதிகள் ஒன்றுகவிருந்தபோதிலும் அவ்வவற்றினுடைய (Overtones) ஓவர்டோன்களின் வித்தியாசத்தினுல் சப்தங்களின் வேறுபாடு ஏற்படுகின்றது என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது.

எண் 149
தேதி

பிறகு ஸோனுமீடரால் எவ்வாறு சுருதி நிர்ணயம் பண்ணலாம் என்று பார்ப்போம். வைபரேஷன் எண்ணிக்கை ஒத்ததாயும், பெட்டியில் அமைக்கப்பட்டதுமான இரண்டு டியூனிங்போர்க்குகளை எடுத்துக்கொண்டு, அவைகளிரண்டையும் ஒரே சமயத்தில் தட்டினால் இரண்டினுடைய ஒலிகளின் சுருதியும் ஒத்திருப்பதால் காதிற்கு மிருதுவான உணர்ச்சியைக் கொடுக்கின்றது. இப்பொழுது 25-ம் படத்தில் காணப்படுவதுபோல் ஒரு டியூனிங் போர்க்கின் கட்டையில் ஒரு சிறிய துண்டைச் சேர்த்து இரண்டையும் சப்தம் செய்தால், அப்பொழுது இரண்டு சுருதிகளும் ஒன்றுசேராமல் குடுகுடு என்ற ஒலி ஏற்படுகின்றது. அவ்வாறு ஒலியில் ஏற்படும் ஏற்றக் குறைவிற்கு (Beats) பீட்ஸ் என்று சொல்லப்படும். இரண்டினுடைய வைபரேஷன் எண்ணிக்கை எவ்வளவு வித்தியாசப்படுகின்றதோ அவ்வளவு தரம் ஒலியில் ஏற்றக் குறைவு ஒரு ஸகிண்டிற்கு ஏற்படும். இதிலிருந்து நாம் தெரிந்துகொள்ளவேண்டியது என்னவென்றால், எப்பொழுது இரண்டு ஒலிகளினுடைய சுருதி ஒத்திருக்கின்றதோ, அப்பொழுது பீட்ஸ் என்பது கேட்காது, ஒத்திராவிட்டால் பீட்ஸ்கள் கேட்கும். பீட்ஸ்கள் கேட்பதைக் கொண்டு இரண்டு சுருதிகளும் ஒத்திருக்கின்றனவாவென்று சொல்லிவிடலாம். மானோகார்டைக்கொண்டு சுருதி நிர்ணயம் செய்வதற்கு எடுத்துக்கொண்ட ஒலியின் சுருதி மானோகார்டு கம்பியிலிருந்து வரும் ஒலியின் சுருதியுடன் ஒத்திருக்கும்படி செய்யவேண்டும். கம்பியின் நீளத்தைக் குறைத்தோ, அதிகப்படுத்தியோ சுருதியை மாற்றி எடுத்துக்கொண்ட ஒலிக்கும் கம்பியின் ஒலிக்கும் பீட்ஸ் இல்லாமலிருக்கும்படி செய்துவிடவேண்டும் பிறகு கம்பியின் நீளத்தையும், பிருவையும், மொத்தத்தையும், கனத்தையும் கணக்கெடுத்து அதனுடைய சுருதி



படம் 25

யைக் கண்டுபிடித்துவிடலாம். இந்த எண் எடுத்துக் கொண்ட ஒலியின் வைபரேஷன் எண்ணிக்கையைக் கொடுக்கும். அந்த எண்ணிலிருந்து ஒலியின் (Pitch) சுருதியை அறியலாம். முதல் அத்தியாயத்தில் சொல்லப் பட்டிருக்கும் ஸைரன் என்ற கருவியைக்கொண்டும் இம் மாதிரியே சுருதி நிர்ணயம் செய்யலாம். அவ்விடம் சுரு தியை ஏற்றுவதற்கோ, குறைப்பதற்கோ துருத்தியிலி ருந்து வரும் காற்றின் வேகத்தை அதிகப்படுத்தவோ, குறைக்கவோ வேண்டும்.

கேள்விகள்

17. ஏன் தனிக்கம்பியின் அசைவினால் உண்டாகும் சப்தம் குறைவாயிருக்கின்றது. அதை எவ்வாறு அதிகப்படுத்தலாம்?

18. பெட்டியில் இணைக்கப்பட்ட டியூனிங் போர்க்கிற்கும், பெட்டியில் இணைக்கப்படாத டியூனிங் போர்க்கிற்கும் உள்ள வித்தியாசம் என்ன?

19. மானோகார்டின் அமைப்பைப் படத்தில் வரைந்து காண் பித்து அதன் ஒவ்வொரு பாகத்தின் உபயோகத்தை எழுதவும்.

20. கம்பிகளின் அசைவைப் பொருத்த அடிப்படையான நான்கு விதிகள் என்ன? அவைகளை விவரித்து எழுதுக.

21. மானோகார்டைக் கொண்டு இந்த நான்கு விதிகளையும் எவ்வாறு பரீக்ஷை செய்து நிரூபிப்பாய்?

22. ஒரே கம்பி, ஒரு லூப்பாகவும், இரண்டு, மூன்று, நான்கு லூப்புகளாகவும் அசையும்பொழுது உள்ள தோற்றத்தைப் படத்தில் காண்பிக்கவும். எவ்வாறு மானோகார்டின் கம்பி பல லூப்புகளாக வைபரேஷன் செய்கின்றதா என்று பரீக்ஷைசெய்து பார்ப்பாய்?

23. எவ்வாறு கம்பி அசையும்பொழுது பல லூப்புகள் உண்டாகின்றன என்று விளக்கி எழுதவும்.

24. மானோகார்டைக் கொண்டு கம்பி ஒன்று, இரண்டு, மூன்று, நான்கு லூப்புகளாக அசையும்பொழுது அதன் சுருதி ஒரு மடங்கு, இரண்டு மடங்கு, மூன்று மடங்கு, நான்கு மடங்கு அதிகமாக இருக்கின்றது என்பதை எவ்வாறு பரீக்ஷைசெய்து காண்பிப்பாய்?

25. ஓவர்டோன்கள் என்றால் என்ன? அவைகள் எதனால் உண்டாகின்றன?

26. பீட்ஸ் என்றால் என்ன? இதை விளக்கிக்காட்ட ஒரு எக்ஸ்பெரிமெண்டை விவரித்து எழுதுக.

27. ஸோனாமிடரைக்கொண்டு எவ்வாறு சுருதி நிர்ணயம் செய்வாய்?

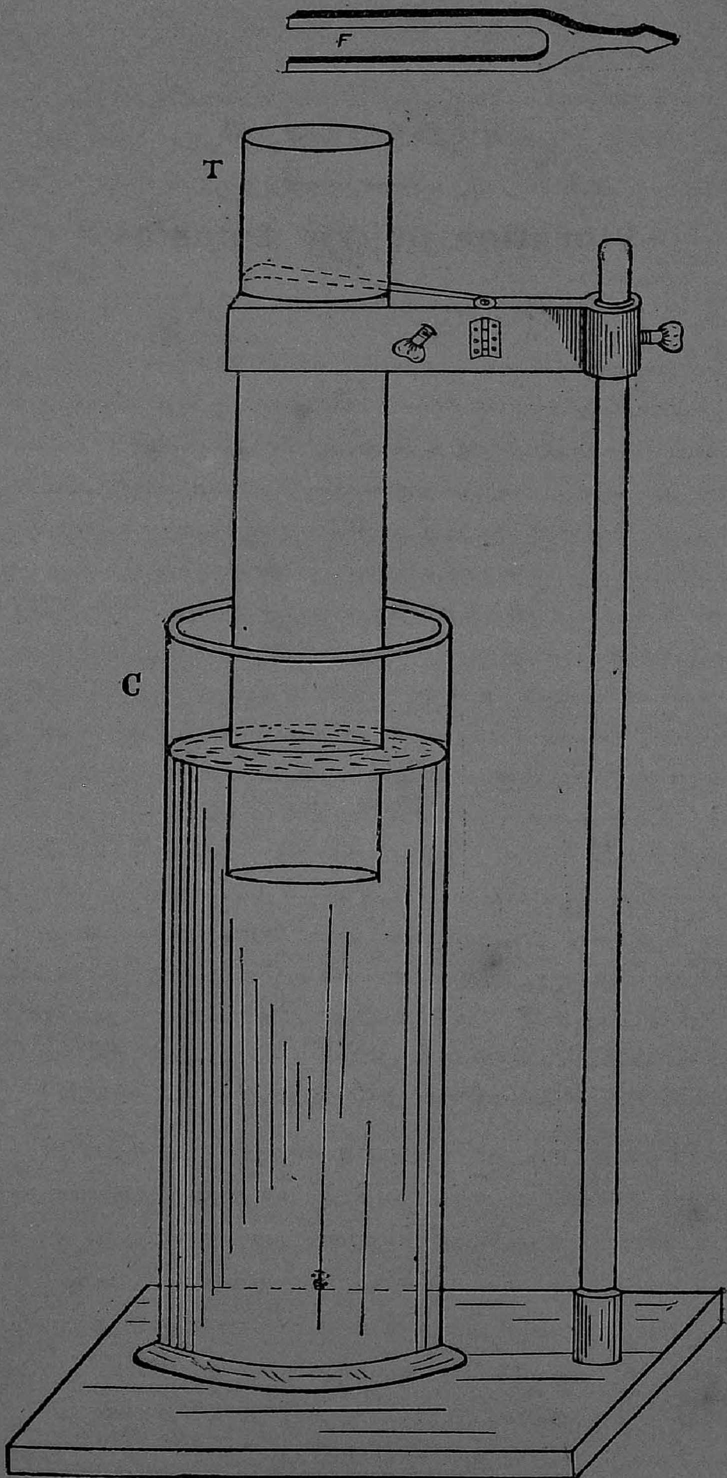
அத்தியாயம் 4

(Vibration of Air Columns)

காற்றுத் தூண்களின் அசைவு

[ரிஸொனன்ஸ் என்பதை விளக்கச் செய்ய ஒரு எக்ஸ்பெரிமெண்டு—ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன்—இதை நன்முக உணர ஒரு பரீக்ஷை—ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷனினுல் ரிஸொனன்ஸ் ஏற்படுகின்றது என்ற கருத்து—ஒரு பக்கம் மூடப்பட்டிருக்கும் குழாயின் உயரத்திற்கும் அதில் ரிஸொனன்ஸை உண்டுபண்ணும் டியூனிங்போர்க்கின் வைபரேஷன் எண்ணிற்கும் உள்ள சம்பந்தம்—இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாயும், அதன் நீளத்திற்கு உண்டான டியூனிங்போர்க்கும்—குழாயின் நீளத்திற்கும், வைபரேஷன் எண்ணிற்கும் உள்ள சம்பந்தம்—குழாய்களிலிருக்கும் காற்று வைபரேஷன் செய்யும் விதம்—காற்றில் ஒலி அலேயின் நீளத்தைக் கண்டுபிடிக்கும் விதம்—குழாய்களிலிருக்கும் காற்றில் சப்தத்தின் வேகத்தைக் கண்டுபிடிக்கும் வழி—குழாய்களிலிருக்கும் காற்றிற்கும் பல லூப்புகளாக வைபரேஷன் செய்யும் தன்மை உண்டு—ஆர்கன்பைப்புகள்—அவைகளில் காற்று அசையும் விதம்—ஆர்கன் பைப்புகளிலும் சாதாரண குழாய்களிலும் உள்ள காற்று பல லூப்புகளாக வைபரேஷன் செய்யும்பொழுது ஏற்படும் ஸ்டேஷனரி அலேகளின் நோடுகள் ஆன்டிநோடுகள் இவைகளே கண்டுபிடிக்கும் வழிகள்—பாட்டில் ரிஸொனேடர்—ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் ரிஸொனேடர்—அதன் உபயோகம்.]

கம்பிகளினுடைய அசைவினுல் ஏற்படும் சப்தங்களின் குணத்தைப் பார்த்தபின் காற்றுத் தூண்கள் அசைவதினுல் உண்டாகும் ஒலியினுடைய குணத்தை விசாரிக்க வேண்டும். 26-ம் படத்தில் காண்பதுபோல் C என்ற ஒரு ஆழமுள்ள பாத்திரத்தில் ஜலத்தை எடுத்துக்கொண்டு அதில் T என்ற ஒரு நீளத் தகரக் குழாயையோ, அல்லது கண்ணுடிக் குழாயையோ வைத்துக்கொண்டு அதைத் தூக்கினுலோ, அல்லது அமுக்கினுலோ, குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரத்தை மாற்றமுடியும் என்பதை சுலப

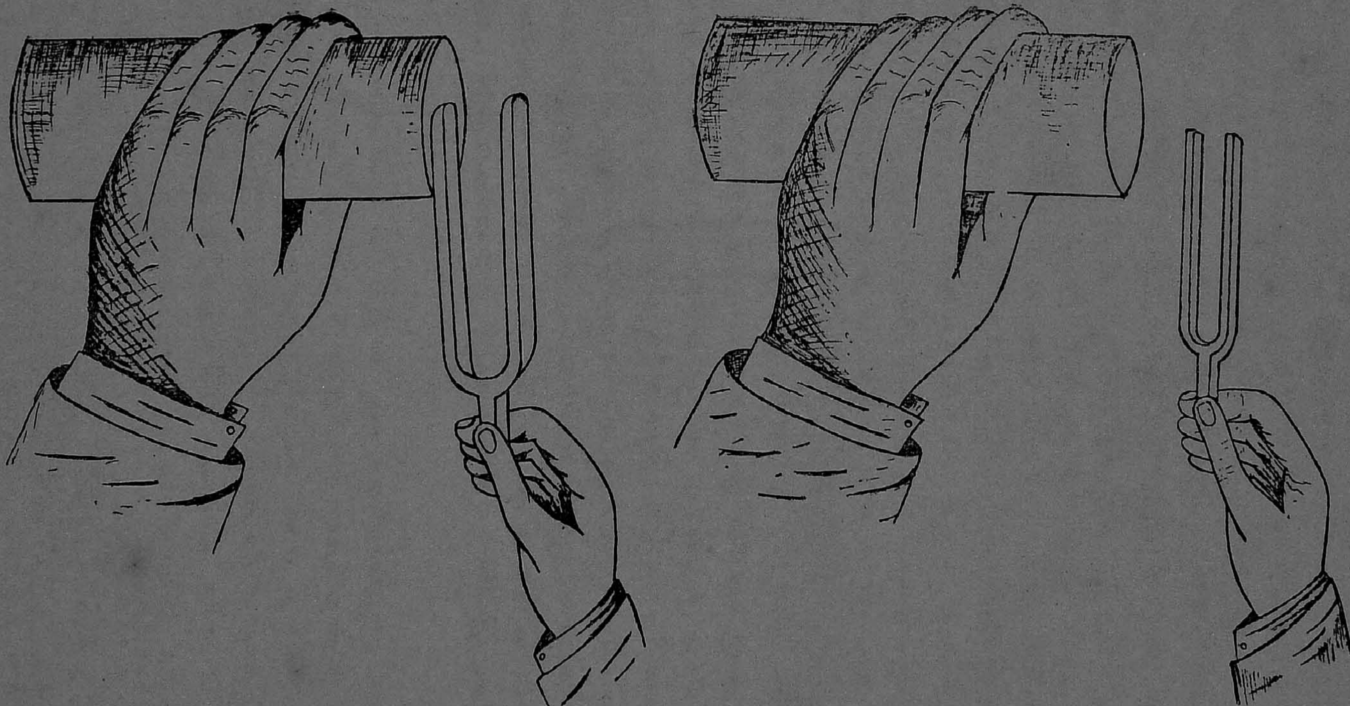


படம் 26

மாகத் தெரிந்துகொள்ளலாம். ஏதாவது ஒரு டியூனிங் போர்க்கை எடுத்துக்கொண்டு அதைத் தட்டி குழாயின் மேல் படாமல் வைத்துக்கொண்டு குழாயைச் சற்றுத் தூக்கி அல்லது தாழ்த்தி, ஒலி எந்த இடத்தில் அதிகமாகக் கேட்கின்றதோ அந்த இடத்தில் குழாயை அசையாமல் பிடித்துக்கொள்ளவேண்டும். மறுபடியும் அதே டியூனிங்போர்க்கைத் தட்டி குழாயின்மேல் காட்டி சப்தம் மிகவும் அதிகமாகக் கேட்கும் வரையில் லேசாக குழாயை அசைத்து, அம்மாதிரி இடம் அகப்பட்டபின் ஸ்டாண்டின் உதவியைக்கொண்டு அதைக் கெட்டியாக அவ்விடத்திலேயே நிறுத்தவேண்டும். இவ்வாறு ஒலி அதிகமாகக் கேட்பதற்கு (Resonance) ரிஸொனன்ஸ் அல்லது பிம்ப ஒலி என்று பெயர். டியூனிங் போர்க்கைத் தட்டி கையில் வைத்துக்கொண்டிருக்கும்பொழுது அதன் ஒலி கேட்கவில்லை. ஆனால் அந்தக் குழாயிலிருக்கும் காற்றிற்கு சமீபத்தில் வைத்தவுடன் ஒலி அதிகமாகக் கேட்கின்றது. (Sympathetic vibration) ஸிம்பதடிக் வைபரேஷனினால் அவ்வாறு ஏற்படுகின்றது என்று கூறப்படுகின்றது.

(Sympathetic vibration) ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன் என்றால் என்ன என்பதை உணருவதற்கு, கீழ்க்கண்ட எக்ஸ்பெரிமெண்டை எடுத்துக்கொள்ளுவோம். வைபரேஷன் எண் ஒத்ததாயுள்ளவும் பெட்டியிலிணைக்கப் பட்டனவுமான இரண்டு டியூனிங் போர்க்குகளை எடுத்துக்கொண்டு, அவைகளில் ஒன்றைத் தட்டி மற்றொன்றிற்குச் சமீபத்தில் சிறிது நேரம் வைத்தபின் நிறுத்திவிட்டால் இரண்டாவது டியூனிங் போர்க்கு தானே சப்தம் செய்வதைப் பரீக்ஷை செய்து தெரிந்துகொள்ளலாம். இரண்டாவது டியூனிங் போர்க்கு (Sympathetic vibration) ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன் செய்து சப்தம் செய்கின்றது என்று சொல்லப்படும். தவிர இவ்வாறு ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன் ஏற்படுவதற்கு, இரண்டினுடைய வைபரேஷன் எண்ணிக்கைகளும் ஒத்ததாயிருக்கவேண்டும். அப்

படியில்லாவிடில் ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன் ஏற்படாது. ஆகையால் டியூனிங் போர்க்கைத் தட்டி குழாயின்மேல் வைத்தவுடன் ஒலி உண்டாவதன் காரணம் என்னவென்ருல் குழாயிலிருக்கும் காற்றின் நீளத்திற்கு ஏற்பட்ட சுருதியும், டியூனிங்போர்க்கின் சுருதியும் ஒத்திருப்பதால் ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன் ஏற்பட்டு சப்தம் கேட்கின்றது என்று அறியவேண்டும். டியூனிங்போர்க்குடன் ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன் செய்யும் காற்றின் உயரம் ஒன்றுதான் என்றும் அறியலாம். ஏனெனில் குழாயை முன்னிருந்த விடத்தைக்காட்டிலும் சற்று தூக்கிளுலோ அல்லது இறக்கிளுலோ ஒலி ஏற்படவில்லை. இதிலிருந்து காற்றின் ஒவ்வொரு உயரத்திற்கும் ஒரு சுருதி உண்டென்று அறியவேண்டும். பல டியூனிங் போர்க்குகளை வைத்துக்கொண்டு அவையவைகளுக்குண்டான குழாயின் உயரத்தைக் கண்டுபிடித்துவிடலாம். இவ்வாறு பரீக்ஷைசெய்து பார்த்தால் டியூனிங்போர்க்கின் சுருதி அதிகமாக, குழாயின் உயரம் குறைவதை கவனிக்கலாம். இதிலிருந்து குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரம் அதிகமாயிருக்கும்பொழுது அதன் சுருதி குறைவு என்றும், உயரம் குறைவாகவிருக்கும்பொழுது அதன் சுருதி அதிகமாகவிருக்கின்றதென்றும் அறிகிறோம். மேலே சொன்ன குழாய் ஒருபக்கம்மட்டுந்தான் திறந்திருக்கின்றது. ஏனெனில் கீழ்பக்கத்தில் ஜலத்திளுல் அடைக்கப்படுகின்றது. இம்மாதிரி குழாயை (Closed pipe) ஒரு பக்கம் மூடப்பட்ட குழாயென்று சொல்லலாம். (Closed pipe), அல்லது ஒரு பக்கம் மூடப்பட்டிருக்கும் குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரத்திற்கும் அதன் சுருதிக்கும் உள்ள மேலே கூறிய சம்பந்தம் குழாய்களில் காற்றின் அசைவைப் பொருத்த விதி எனப்படும். மேற்சொன்னது போலவே இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாயிலிருக்கும் காற்றும் ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன் செய்து, சப்திக்கும் என்பதைக் கவனிக்கலாம். 2 அடி 2 அங்குலமுள்ள ஒரு கண்ணுடிக் குழாயை எடுத்துக்கொண்டு 256 வைபரேஷன் எண் உள்ள டியூனிங்போர்க்கைத் தட்டி 27-ம் படத்தில் காணப்

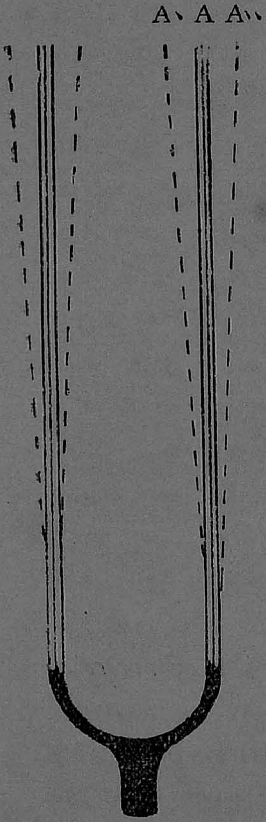


படம் 27

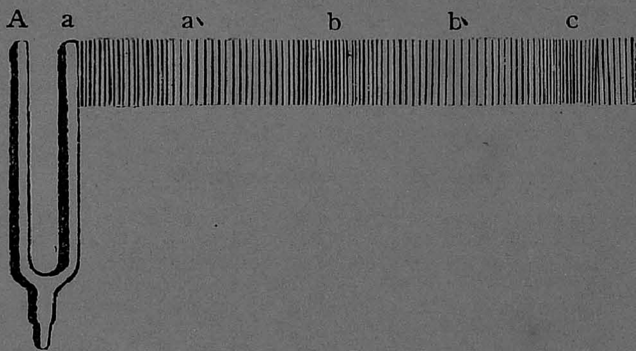
படுவதுபோல் குழாயின் வாயிலில் காண்பித்தால் ரிஸொனன்ஸ் ஏற்படுவதைக் கவனிக்கலாம். அவ்வாறு கேட்கும் சப்தம் ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷனினுல் ஏற்படுகின்றது என்பது திண்ணம். குழாயிலிருக்கும் காற்றின் இயற்கை சுருதி 256 ஆனதால்தான் சப்தம் கேட்கின்றது. முன்பு செய்ததுபோல் பல குழாய்களை எடுத்துக்கொண்டு பரீக்ஷை செய்துபார்த்தால் ஒவ்வொரு குழாய்க்கும் ஒவ்வொரு சுருதி இருக்கின்றது என்பதை அறியலாம். முன்போல குழாயின் உயரம் அதிகமாக, சுருதி குறைவதையும், உயரம் குறைய, சுருதி அதிகமாவதையும், கவனிக்கலாம். ஆனுல் ஒருபக்கம் மூடப்பட்டிருக்கும் குழாய்க்கும், இரண்டுபக்கம் திறந்த குழாய்க்கும் ஒரு வித்யாசம் உண்டு. ஒரே நீளம் உள்ள இரண்டு குழாய்களை எடுத்துக்கொண்டு அவைகளில் ஒன்று, இரண்டு பக்கம் திறந்ததாயும், மற்றொன்று ஒரு பக்கம் திறந்ததாயும் இருக்குமானுல், ஒரு பக்கம் திறந்த குழாயின் காற்றிற்குரிய சுருதியைக் காட்டிலும் இரண்டுபக்கமும் திறந்த குழாயின் காற்றிற் சுருதி இரண்டுமடங்காயிருப்பதைப் பரீக்ஷை செய்து அறியலாம். இரண்டுவிதமான குழாய்களிலும் சுருதி, குழாய்களின் நீளத்தைப் பொறுத்ததேயல்லாமல், சுற்றளவைப் பொறுத்து இல்லை என்பதையும் பரீக்ஷையினுல் அறியலாம்.

பிறகு குழாயிலிருக்கும் காற்று எவ்வாறு வைபரேஷன் செய்கின்றதென்றும், ஏன் சுருதி அதிகமாக குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரம் குறையவேண்டுமென்றும் தெரிந்துகொள்ளவேண்டும். முதலில் 256 எண் உள்ள டியூனிங் போர்க் ஒன்றை எடுத்துக்கொண்டு அத்துடன் ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன் செய்யக்கூடிய காற்றின் உயரத்தை ஒருபக்கம் மூடப்பட்ட குழாயில் நிர்ணயம்செய்து அந்த இடத்தில் குழாயை முன்பு செய்ததுபோல் ஸ்டாண்டின் உதவியைக்கொண்டு கெட்டியாகவிருக்கும்படிச்செய்ய வேண்டும். 28-ம் படத்தில் காணப்படும் டியூனிங் போர்

கின் கட்டை A' என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் இடத்திலிருந்து (A") என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் இடத்திற்கு வந்தால், அரை வைபரேஷன் ஆகின்றது என்பது உங்களுக்குத் தெரியும். மறுபடியும் A" என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்குமிடத்திலிருந்து A' என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்குமிடத்திற்குப் போனால், மற்றொரு பாதி வைபரேஷன்



படம் 28

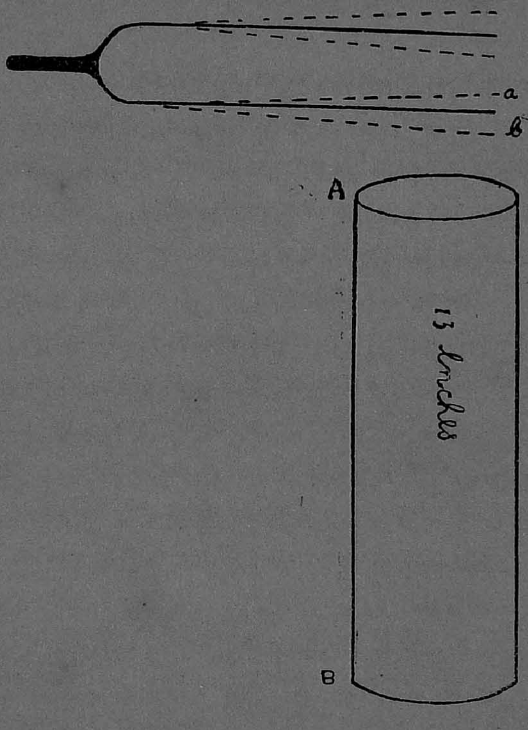


படம் 29

ஆகின்றது. நாம் எடுத்துக்கொண்ட டியூனிங்போர்க்கு ஒரு ஸகிண்டிற்கு 256 வைபரேஷன் செய்கின்றது. டியூனிங் போர்க்கின் ஒவ்வொரு வைபரேஷனுக்கும் காற்றில் ஒரு அலை உண்டாகிறது என்று முன்பே பார்த்திருக்கிறோம். 29-ம் படத்தில் டியூனிங்போர்க்கின் ஒரு வைபரேஷனுக்கு உண்டான a, c என்ற ஒரு லான்ஜிடியூடினல் அலையுடன்

போர்க்கைக் காணலாம். அலையினுடைய வேகத்தை, வைப ரேஷன் எண்ணினால் வகுத்துவருகிற எண், அலையின் நீளத் தைக் குறிக்கும் என்று அறிவோம். காற்றில் ஒலியின் வேகம் எவ்வளவென்று கண்டுபிடித்திருக்கிறார்கள். அதை 256-ல் வகுத்து, வருகிற எண் $4\frac{1}{3}$, அதாவது 256 வைப ரேஷன் எண் உள்ள கருவி காற்றில் சப்திக்கும்பொழுது காற்றில் ஏற்படும் அலையின் நீளம் 4 அடி 4 அங்குலம் என்று அறியவேண்டும். இப்பொழுது குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரத்தை அளந்து வருகிற எண், அலையின் நீளத்தில் நாலில் ஒரு மடங்காயிருப்பதை கவனிக்கலாம். இம்மாதிரி பல எண்கள் போட்ட டியூனிங்போர்க்குகளை எடுத்துக்கொண்டு ஒவ்வொன்றிற்கும் ஏற்பட்ட குழாயின் நீளத்தைப் பரீக்ஷை மூலமாகக் கண்டுபிடித்து அளந்து பார்க்கும்பொழுது, அந்தந்த நீளம் அந்தந்த டியூனிங் போர்க்கினால் உண்டுபண்ணப்படும் அலையின் நீளத்தில் நாலில் ஒரு பங்காகவிருப்பதை கவனிக்கலாம். இது எவ்வாறு ஏற்படுகின்றது என்பதற்கு சுலபமான சமாதானம் சொல்லலாம். நாம் முதலில் எடுத்துக்கொண்ட 256 போர்க்கை அதற்குத்தகுந்த குழாயின்மேல் வைத்துக் கொண்டிருக்கும்பொழுது டியூனிங்போர்க்கின் கட்டை 30-ம் படத்தில் a என்று போடப்பட்டிருக்கும் இடத்தி லிருந்து b என்று போடப்பட்டிருக்கும் இடத்திற்கு வரும் அளவில் அது a என்ற இடத்திலிருக்கும்பொழுது காற்றில் கிளம்பின அதிர்ச்சி (Condensation) நெருக்கம், குழாயின் கீழ்ப்பக்கத்திற்கு வந்து, அவ்விடமிருந்து எதிர்க் கப்பட்டு மறுபடியும் மேல்பக்கத்திற்குச் செல்லும். ஏனெ னில், குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரத்தை அளந்து பார்த்தபொழுது அந்த உயரம் 256 எண் உள்ள டியூனிங் போர்க்கினால் காற்றில் உண்டாக்கப்படும் அலையின் நீளத் தில் நாலில் ஒன்றாயிருந்ததை முன்பே பார்த்திருக்கிறோம். ஆகையினால் காற்றின் உயரம் 13 அங்குலமிருக்கும். டியூ னிங்போர்க்கின் கட்டை a என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கு மிடத்திலிருந்து b என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் இடத்

திற்கு வருவதற்குள் பாதி அலை காற்றில் உண்டாயிருக்கும். அதாவது அலையின் முன்பாகமானது 26 அங்குலம் பரவியிருக்கும். 26 அங்குல தூரம் பரவுவதற்கு மேலேயிருந்து கிளம்பிய அதிர்ச்சியானது குழாயிலுள்ள ஜலமட்டத்திற்கு வந்து அவ்விடம் எதிர்க்கப்பட்டு மறுபடியும் குழாயின் வாய்க்கு வந்திருக்கவேண்டும். அதுபோலவே



படம் 30

டியூனிங் போர்க்கின் கட்டை b என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் இடத்திலிருந்து a என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்குமிடத்திற்குப் போகும் அளவில் போர்க்கினால் காற்றில் ஏற்பட்ட அதிர்ச்சி (Rarefaction) விலாசமானது குழாயின் வாயிலிருந்து கிளம்பிக் கீழ்ப்பாகத்திற்கு வந்து எதிர்க்கப்பட்டு குழாயின் வாயிற்கு மறுபடியும் வருகின்

றது. இதிலிருந்து டியூனிங்போர்க் கட்டை ஒரு வைபரே ஷன் செய்து முடிப்பதற்குள் குழாயிலிருக்கும் காற்றும் ஒரு வைபரேஷன் செய்கின்றது என்பதை அறிகின்ருேம் ஆகையினுல் டியூனிங்போர்க் கட்டை ஒரு ஸகிண்டிற்கு எவ்வளவு வைபரேஷன் செய்கின்றதோ, அவ்வளவுதடவை குழாயிலிருக்கும் காற்றும் வைபரேஷன் செய்து ரிஸொ னன்ஸ் ஏற்பட்டு சப்தத்தை நன்ருகக் கேட்கிருேம்.

அலைகளில் (Stationary waves) ஸ்டேஷனரி அலை கள் என்ருல் என்ன என்பதை முன்பு பார்த்திருக்கிருேம். அதை நிரூபிக்க எடுத்துக்கொண்ட எக்ஸ்பெரிமெண்டில் உண்டான லூப்புகளும், நோடுகளும், (Transverse Stationary waves) ட்ரான்ஸ் வெர்ஸ் ஸ்டேஷனரி அலைகளைக் குறிக்கின்றன என்று அறியவேண்டும். அதே மாதிரியாக (Longitudinal Stationary waves) லான்ஜி டியூடினல் ஸ்டேஷனரி அலைகளும் உண்டென்று அறிய வேண்டும். மேலே சொன்ன குழாயிலிருக்கும் காற்று ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷனிஞல் சப்தம் செய்யும்பொழுது அந்த காற்றில் ஸ்டேஷனரி அலைகள் ஏற்படுகின்றன. ஸ்டேஷனரி அலைகளின் குணங்களை முன்பே பார்த்திருக் கிருேம். அவைகள் ஏற்படும்பொழுது சில இடங்களில் அசைவு இல்லாமலிருப்பதையும் கவனித்திருக்கிருேம். அதிகமான அசைவுள்ள இடங்களுக்கு (Anti-nodes) ஆன்டி நோடுகள் என்றும், அசைவேயில்லாத இடங்களுக்கு (Nodes) நோடுகள் என்றும் பெயர் சொல் லப்படுவதை அறிவோம். குழாயிலிருக்கும் காற்றில் ரிஸோனன்ஸ் ஏற்படும்பொழுது, ஸ்டேஷனரி அலைகள் உண்டாவதால், குழாயின்வாய் ஆன்டிநோடாகவும், ஜல மட்டம் அதாவது மூடப்பட்டபக்கம் நோடு ஆகவும் தானிருக்கவேண்டுமென்று அறியலாம். எனெனில் திறந்த பக்கத்தில்தான் அசைவு அதிகமாக ஏற்படுவதற்கு ஹேது உண்டு. அடியில், அதாவது மூடப்பட்ட பக்கத்தில்

அசைவு தடைபடும். ஆகையினல் குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரம் ஒரு நோடிற்கும், ஒரு ஆன்டி நோடிற்கும் இடையிலுள்ள தூரமாகவிருக்கின்றது. அதாவது அரை லூப்பாக இருக்கின்றது. ஒரு லூப்பின் நீளம், அலையின் நீளத்தில் பாதி என்று முன்பு பார்த்திருப்பதால், இங்கு அரை லூப்பாக காற்று அசைவதினல், குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரம், அலையின் நீளத்தில், நாலில் ஒரு பாகமாகத்தானிருக்கவேண்டுமென்று ஊகிக்கலாம்.

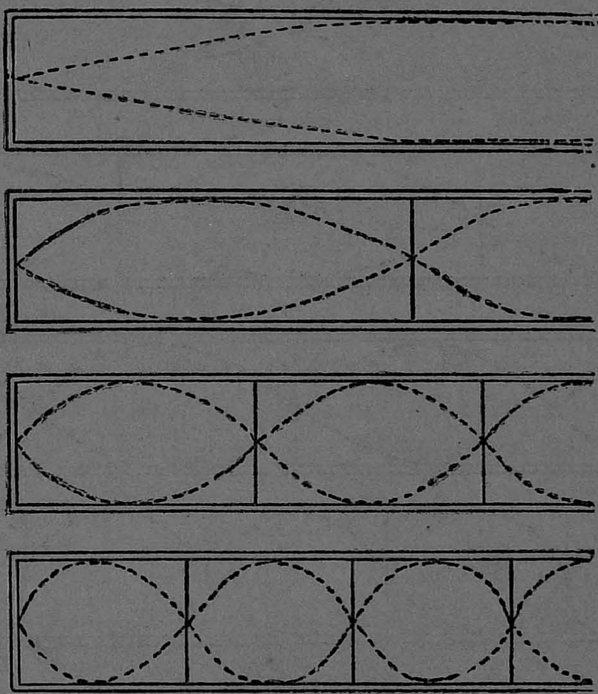
இந்த எக்ஸ்பெரிமெண்டைக்கொண்டு காற்றில் ஒலி பரவும் வேகத்தைக் கண்டுபிடிக்கலாம். காற்றில் சப்தத்தின் வேகம், கருவியின் வைபரேஷன் எண்ணை அது உண்டுபண்ணும் அலையின் நீளத்தால் பெருக்கிவருகிற தொகை என்று முன்பே பார்த்திருக்கிறோம். ஆகையால் வேகத்தை சுலபமாக இந்த எக்ஸ்பெரிமெண்டைக் கொண்டு கண்டுபிடித்துவிடலாம். குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரத்தை அளவு கோலைக்கொண்டு அளந்து அதை நாலால் பெருக்கிவருகிற் தொகை அலையின் நீளத்தைத் தருகின்றது. அவ்வாறு கண்டுபிடிக்கப்பட்ட தொகையை டியூனிங்போர்க்கின் எண்ணினல் பெருக்கிவருகிற எண்ணை ஒலியின் வேகம் என்று சொல்லிவிடலாம்.

நாம் பரீக்ஷை செய்த குழாயின் மேலே 256 எண் உள்ள டியூனிங் போர்க்கை வைப்பதற்குப் பதிலாக 768 எண்ணுள்ள டியூனிங்போர்க்கை வைத்தவுடன் அதே உயரமுள்ள காற்றில் ரிஸொனன்ஸ் ஏற்பட்டு சப்தம் கேட்கின்றது. அதுபோல 1280 எண் உள்ள டியூனிங் போர்க்கை வைத்தாலும் ஒலி ஏற்படும். 256 எண்ணுள்ள போர்க்கைக் குழாயின் மேலே வைக்க, குழாயிலிருக்கும் காற்றில் ஏற்படும் ஸ்டேஷனரி அலைகளால் குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரம் முழுவதும் அரைலூப்பாக அசைந்து ரிஸொனன்ஸ் ஏற்படுகின்றது. அடுத்த டியூனிங்போர்க் அதாவது 768 எண்ணுள்ள போர்க்கை

வைக்கும்பொழுது அதே உயரமானது $1\frac{1}{2}$ லூப்புகளாக அசைந்து சப்தத்தைப் பெருக்கிக்கொடுக்கின்றது. ஒரு நீளத்தில் ஏற்படும் ஒரு லூப்புக்கு உண்டான வைபரேஷன் எண்ணைக்காட்டிலும், 2 லூப்புகளுக்கு உண்டான வைபரேஷன் எண்ணிக்கை இரண்டு மடங்கென்றும், மூன்று லூப்புகளுக்கு உண்டான வைபரேஷன் எண்ணிக்கை மூன்று மடங்கென்றும், இம்மாதிரி அதிகமாகிக்கொண்டிருக்குமென்றும் முன்பு பார்த்தோம். ஆகையினால்தான், குழாயிலிருக்கும் காற்றில் இரண்டாவது தடவை ரிஸொனன்ஸ் ஏற்படுவதற்கு 256 எண்ணைக் காட்டிலும் மூன்று மடங்கு அதிகமாயுள்ள அதாவது 768 எண்போட்ட டியூனிங் போர்க்கை வைத்தவுடன் சப்தம் அதிகமாக ஏற்படுகின்றது. அதே மாதிரியாக மூன்ருவது தடவை ரிஸொனன்ஸ் ஏற்படுவதற்கு அதே உயரக்காற்று $2\frac{1}{2}$ லூப்புகளாக அசையவேண்டுமாதலால் 256 எண்ணுக்கு 5 மடங்கு உள்ள 1280 வைத்தால்தான் சப்தம் அதிகமாக ஏற்படும். நான்காவது தடவை ரிஸொனன்ஸ் ஏற்படுவதற்கு காற்று $3\frac{1}{2}$ லூப்புகளாக அசையவேண்டும். இந்த நான்குவித அசைவுகளும் 31-ம் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஆகையினுல் (Closed Pipe) அல்லது ஒரு பக்கம் மூடப்பட்டிருக்கும் குழாயிலிருக்கும் காற்று, அரை லூப்பாகவோ, ஒன்றரை லூப்புகளாகவோ, இரண்டரை லூப்புகளாகவோ, மூன்றரை லூப்புகளாகவோ, இம்மாதிரியாக அசையும் தன்மையை யுடையதாயிருக்கின்றது. அப்பொழுது ஏற்படும் ஒலிகளின் சுருதிகளும், 1 மடங்கு, 3 மடங்கு, 5 மடங்கு, 7 மடங்கு, இம்மாதிரியாக இருந்துகொண்டிருக்கும்.

ஒரு பக்கம் மூடப்பட்ட குழாயிலிருக்கும் காற்றிற்குச் சொன்னதுபோலவே இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாயிலிருக்கும் காற்றிற்கும் இவ்வாறு பல லூப்புகளாக வைபரேஷன் செய்யும் தன்மை இருக்கின்றது என்பதைப் பார்க்கலாம். 256 வைபரேஷன் எண்போட்ட டியூனிங் போர்க்கிற்கு ஏற்ற இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாய்க்கு அரு

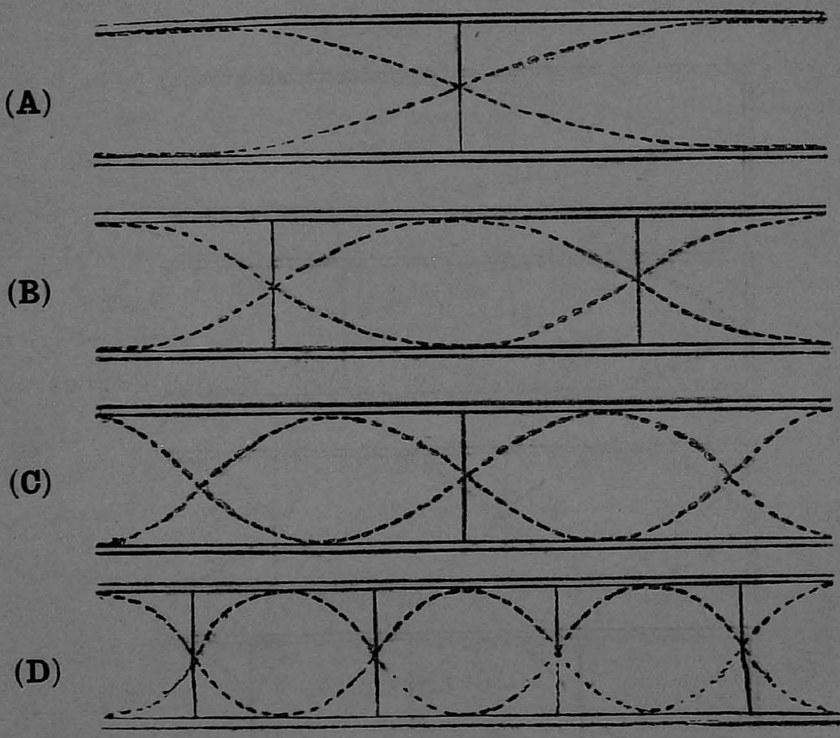
தில் 512 எண்போட்ட போர்க்கை வைத்தவுடன் ரிஸொனன்ஸ் ஏற்பட்டு சப்தம் அதிகமாகக் கேட்பதைக் கவனிக்கலாம். அதுபோலவே அதே குழாயின் அருகில் 768 எண்ணுள்ள டியூனிங்போர்க்கை வைத்தாலும் அந்தக் குழாயிலிருக்கும் காற்றில் ரிஸொனன்ஸ் ஏற்பட்டு சப்தம் அதிகமாக ஏற்படும். ஏனெனில் குழாயின் இரண்டு பக்கமும்



படம் 31

திறந்திருப்பதால் இரண்டு வாய்களிலும் ஆண்டிநோடுகள் தான் உண்டாகவேண்டும். 256 எண்ணுள்ள டியூனிங் போர்க்கை வைத்தபோது குழாயிலிருக்கும் காற்று 32-ம் படத்தில் A என்ற இடத்தில் காணப்படுவதுபோல் இரண்டு அரை லூப்புகளாக அசைகின்றது. 512 எண் டியூனிங்போர்க்கை வைத்தவுடன் குழாயிலிருக்கும் காற்று

B என்ற இடத்தில் காண்பிக்கப்படுவதுபோல் 4 அரை லூப்புகளாக அசைந்து சப்தத்தைப் பெருக்கிக்கொடுக்கின்றது. அதாவது 2 லூப்புகளாகின்றன. அதுபோலவே 768 எண்ணுள்ள டியூனிங்போர்க்கை வைத்தவுடன், அதிலிருக்கும் காற்று ஆறு அரை லூப்புகளாக அதாவது



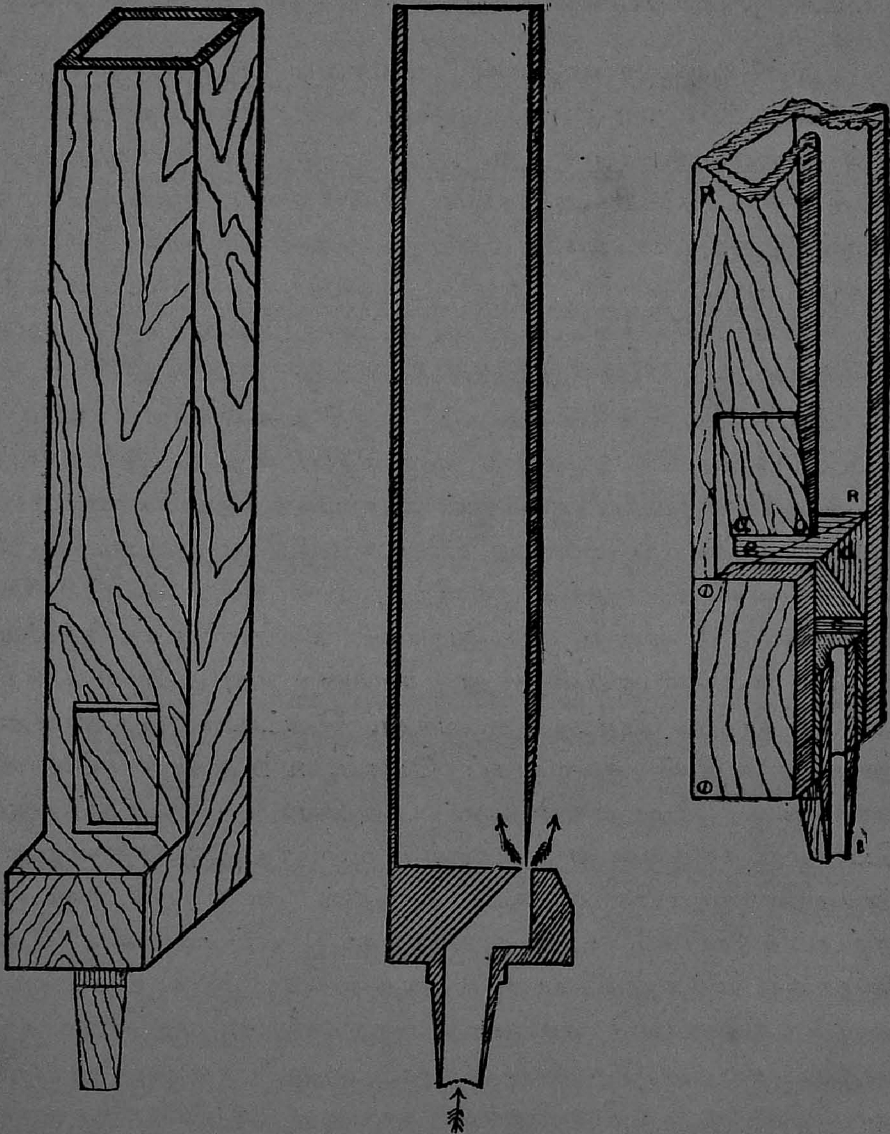
படம் 32

மூன்று லூப்புகளாக வைபரேஷன் செய்வதால் ரிஸொனன்ஸ் ஏற்பட்டு சப்தத்தை அதிகப்படுத்திக்கொடுக்கின்றது. இதை C என்ற இடத்தில் காணலாம். அதுபோலவே D என்ற இடத்தில் 4 லூப்புகளைப் பார்க்கலாம். இவ்வாறு குழாயிலிருக்கும் காற்றிற்கு ஒரு லூப்பாகவோ, 2 லூப்புகளாகவோ, 3 லூப்புகளாகவோ, 4 லூப்புகளாகவோ, பல லூப்புகளாகவோ, அசையும் தன்மை யிருக்கின்றது.

அவைகளுக்கு ஏற்பட்ட வைபரேஷன் எண்ணிக்கைகளும், அதுபோலவே, ஒரு மடங்கு, 2 மடங்கு, 3 மடங்கு, 4 மடங்கு, பன்மடங்காக அதிகமாகிக்கொண்டே வரும்.

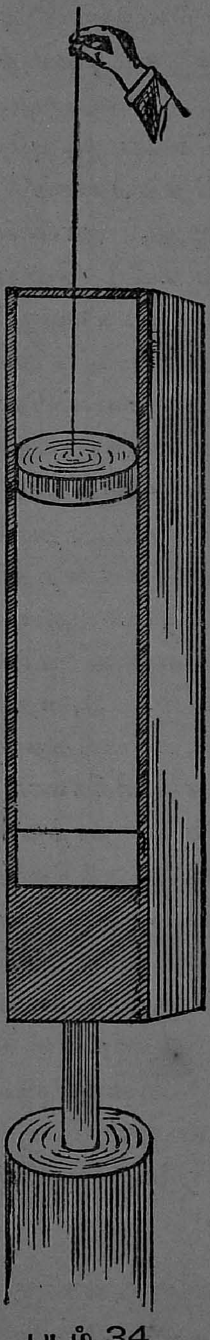
இப்பொழுது காற்றின் அசைவை ஆதாரமாய்க் கொண்ட (Organ Pipe) ஆர்கன் பைப் என்ற வாத்தியத்தின் அமைப்பைப்பார்த்து, அது சப்திக்கும்பொழுது ஏற்படும் ஸ்டேஷனரி அலைகளில் நோடுகளும் ஆண்டிநோடுகளும் இருக்குமிடங்களை எப்படிக் கண்டுபிடிக்கலாம் என்பதையும் அறிவோம். அதன் அமைப்பை 33-ம் படத்திலிருந்து கவனிக்கும்பொழுது, தட்டை வடிவமுள்ள ஒரு நீளமான குழாயின் அடியில் C என்ற ஒரு சிறு பெட்டி சேர்க்கப்பட்டிருக்கின்றதைப் பார்க்கலாம். அந்தப் பெட்டியினடியில் t என்ற ஒரு சிறிய குழாய் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. குழாயின் ஒரு பக்கத்துப் பலகையின் கீழ்பாகத்தில் a b என்பது சரிவாக வந்திருப்பதைப் படத்தில் காணலாம். அந்த சரிவிற்கு நேர் கீழே பெட்டியில் நீளமாக e d என்ற ஒரு துவாரம் செய்யப்பட்டிருக்கின்றது. கீழ்க்குழாயிலிருந்து காற்றை அனுப்புவித்தால் அந்தக் காற்று பெட்டிக்கு வந்து, பெட்டியிலிருந்து சிறு துவாரத்தின் மூலமாகப் போய், a b என்ற சரிவான பாகத்தை மோதுகின்றது. அவ்வாறு மோதப்படும்பொழுது காற்றானது உள்ளும் புறமுமாக அசைகின்றது. அதனால் குழாயிலிருக்கும் காற்றில் வைபரேஷன் ஏற்பட்டு சப்தம் உண்டாகின்றது. எப்படி ஒரு சிறு குழாயை எடுத்துக்கொண்டு அதன் விளிம்பில் உதட்டை வைத்துக்கொண்டு சாய்வாக ஊதினால் குழாயிலிருக்கும் காற்று சப்தம் செய்கின்றதோ, அதுபோலவே ஆர்கன் பைப்பில் துருத்தியிலிருந்து காற்றை அனுப்புவித்தால், காற்று சரிவாக உள்ள பாகத்தில் மோதி சப்தம் உண்டு பண்ணப்படுகின்றது. ஆர்கன் வாத்தியத்தில் இரண்டு வகையுண்டு. அவை (Closed Organ Pipe) ஒரு பக்கம் மூடப்பட்டது, (Open Organ Pipe) இரண்டுபக்கமும்

திறந்தது எனப்படும். முன்பு பார்த்த, ஒரு பக்கம் மூடப் பட்ட குழாய்க்கும், இரண்டுபக்கம் திறந்த குழாய்க்கும்



படம் 33

உள்ள வித்யாஸம், மேலே சொன்ன இரண்டு ஆர்கன் பைப்புகளுக்கும் இருக்கின்றன. தலைப்பக்கம் திறக்கப்



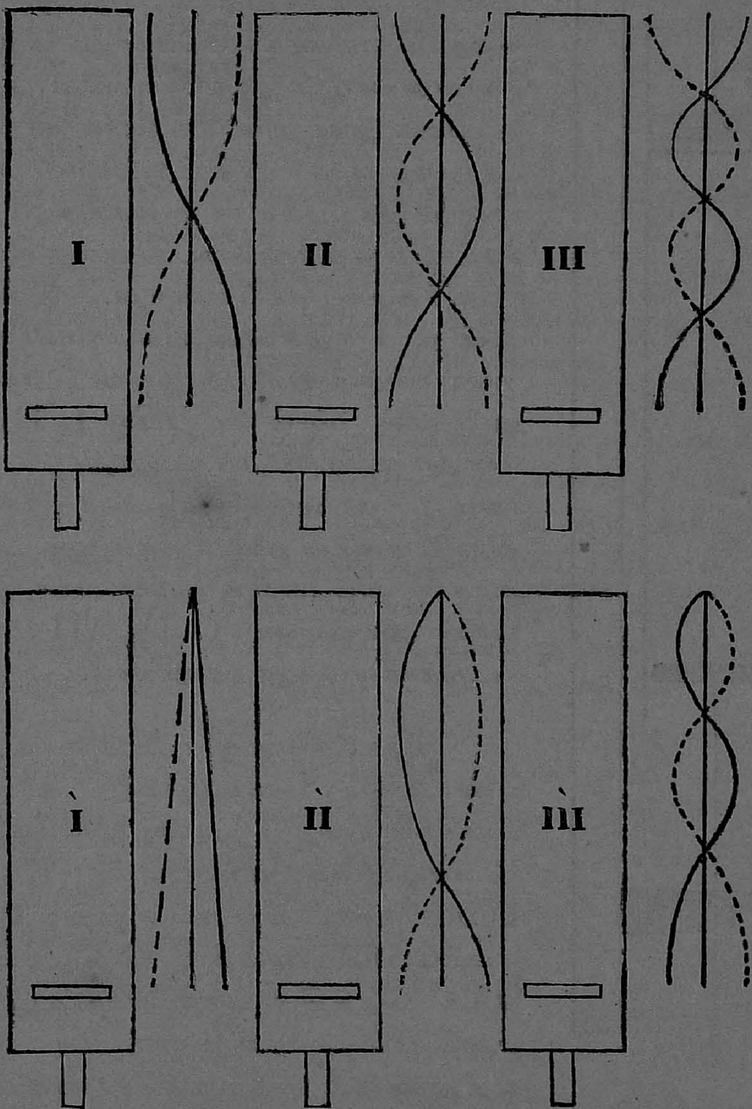
படம் 34

பட்டிருக்கிற ஆர்கன் பைப்பின் சுருதி அதே நீளமுள்ளதும் தலைப்புறம் மூடப்பட்டும் இருக்கின்ற ஆர்கன் பைப்பின் சுருதியைக்காட்டிலும், இரண்டு மடங்கு அதிகமாக இருக்கும். இதைப் பரீக்ஷை செய்து தெரிந்துகொள்ளலாம். தவிர தலைப்பக்கம் திறக்கப்பட்டிருக்கிற ஆர்கன் பைப்பு சப்தம் செய்யும்பொழுது பைப்பில் உள்ள காற்றில் ஸ்டேஷனரி அலைகள் ஏற்படுகின்றன என்று நமக்குத் தெரியும். அவ்வாறு ஏற்படும்பொழுது பைப்பின் மேல்பக்கத்திலும் பெட்டியின் வாயிலும் வெளிக்காற்றுடன் சம்பந்தம் ஏற்படுவதற்கு வசதியிருப்பதால், இரண்டு இடங்களும் ஆண்டிநோடுகளாகத்தானிருக்க வேண்டும். இரண்டு ஆண்டிநோடுகளுக்கு மத்தியில் ஒரு நோடு இருக்கவேண்டும் என்று நீங்கள் அறிவீர்கள். ஆகையினல் ஆர்கன் பைப்பின் நடுமத்தியில் நோடு ஒன்று இருக்கவேண்டும். அதாவது பைப்பிலிருக்கும் காற்று இரண்டு அரை லூப்புகளாக அசையும். இம்மாதிரி ஆர்கன் பைப் சப்திக்கும்பொழுது குழாயில் ஏற்படும் இரண்டு ஆண்டிநோடுகளையும், ஒரு நோடையும் கண்டுபிடிக்கக் கீழ்க்கண்ட எக்ஸ்பெரிமெண்டைச் செய்யலாம். 34-ம் படத்தைப் பார்க்கவும். ஒரு பக்கம் பலகைக்கு பதிலாக கண்ணுடியுள்ள ஒரு ஆர்கன் பைப்பைக் காணலாம். அதன் அடியிலிருக்கும் குழாயைத் துருத்திக்குப் பொருத்தி அதன் வழியாகக் காற்றை

அனுப்பலாம். ஒரு மெல்லிய தோலைத் திராசுத் தகடு மாதிரியாகச் செய்து ஆர்கன் பைப்பிற்குள் மேலும் கீழு மாக தாராளமாய்ச் செல்லும்படி நூலுடன் கட்டிவைத் துக்கொள்ளவேண்டும். தோல் மெல்லியதாகயிருப்ப தால், எளிதில் வைபரேஷன் நன்ருகச் செய்யமுடியும். அந்தத் தோலில், சலித்த சன்ன மணலை எடுத்துக்கொண்டு, ஆர்கன் பைப்பை சப்தம் செய்யும்பொழுது, நூலின் உதவியால் ஆர்கன் பைப்பின் மேலேயிருந்து கீழே மெது வாக இறக்கிக்கொண்டே போகவேண்டும். கண்ணுடிக் கதவின் வழியாகத் தோலிலிருக்கும் மணலைப் பார்த்துக் கொண்டிருக்கவேண்டும். முதலில் ஆர்கன் பைப்பின் மேலேயிருக்கும்பொழுது மணல் குதிப்பதைக் கவனிக்க லாம். ஏனெனில், அவ்விடம் ஆண்டிநோடு ஏற்படுவதால், அவ்விடமிருக்கும் காற்றில் அதிகமான அசைவு ஏற்படு கின்றது, அந்த அசைவு தோலை எளிதில் அசைக்கின்றது. அதனுல் மணல் குதிப்பதைக் கவனிக்கின்ருேம். ஆகை யினுல் குழாயின் மேல்பக்கம் ஆண்டிநோடு என்று மண லின் அசைவைக்கொண்டு சொல்லிவிடலாம். அதைக் கீழே இறக்கிக்கொண்டுவந்தால், குழாயின் நடுமத்திக்கு வந்தவுடன் மணல் அசையாமலிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். ஆகையினுல், குழாயின் நடுமத்தியிலிருக்கும் காற்றில் அசைவு ஏற்படவில்லை என்றும், நோடாக இருக்கின்ற தென்றும் சொல்லிவிடலாம். அதேமாதிரியாக இன்னும் இறக்கிக்கொண்டுவந்து பெட்டியின் வாய்க்கு சமீபத்தில் வைத்திருக்கும்பொழுது மறுபடியும் மணல் குதிப்பதைக் கவனிக்கலாம். இதிலிருந்து அங்கு ஒரு ஆண்டிநோடு உண்டாகிறதென்று சொல்லிவிடலாம். ஆகையினுல் ஆர்கன் பைப்பிலிருக்கும் காற்றில் அது சப்திக்கும் பொழுது இரண்டு ஆண்டிநோடுகளும், ஒரு நோடும் உண்டாகின்றன என்று சொல்லிவிடலாம்.

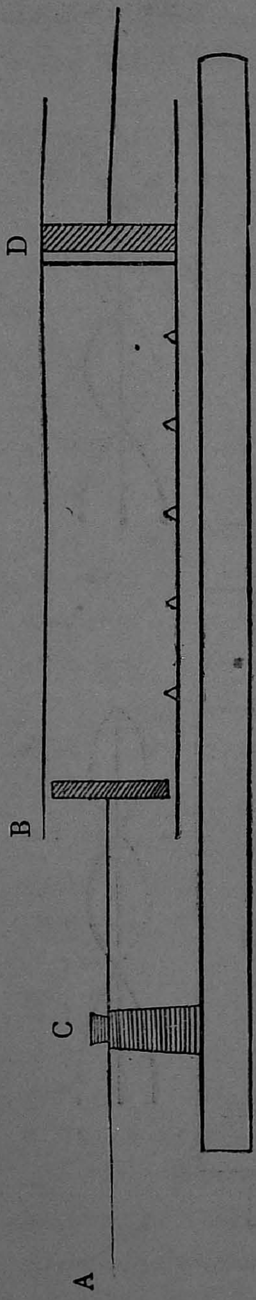
ஒரே நீளம் உள்ள, இருபுறமும் திறந்த குழாயிலிருக் கும் காற்று இரண்டு அரை லூப்புகளாகவோ அல்லது

4 அரை லூப்புகளாகவோ இம்மாதிரி அசைந்து சப்தம் செய்யலாம் என்று முன்பு பார்த்திருக்கிறோம். அது



படம் 35

போலவே ஆர்கன் பைப்பில் வேகமாகக் காற்றைச் செலுத்தினால் முதலில் கேட்ட சுருதிக்கு மேல்ஷட்ஜமத்தைக்



படம் 36

கேட்கலாம். முதலில் ஒரு லூப்பாக அசைந்தால் இப்பொழுது இரண்டு லூப்புகளாக அசைந்துதான் மேல்ஷட்ஜமத்தைக் கொடுக்கக்கூடுமென்று தெரிந்து கொள்ளலாம். அதுபோலவே ஆர்கன் பைப்பில் இன்னும் வேகமாக காற்றைச் செலுத்தினால் அதிலிருக்கும் காற்று மூன்று லூப்புகளாக அசைந்து முதலில் கேட்ட சுருதிக்கு 3 மடங்கு சுருதியுள்ள சப்தத்தைச் செய்கின்றது. இவ்வாறு மூன்று சுருதிகளும் ஏற்படும்பொழுது குழாயிலிருக்கும் காற்றில் ஏற்படும் லூப்புகள் 35-ம் படத்தில் I, II, III, என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் படங்களில் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அதுபோலவே தலைப்பக்கம் மூடப்பட்ட ஆர்கன் பைப்பிற்கு உண்டான லூப்புகளின் அமைப்பை I′, II′, III′, என்ற படங்களிலிருந்து காணலாம்.

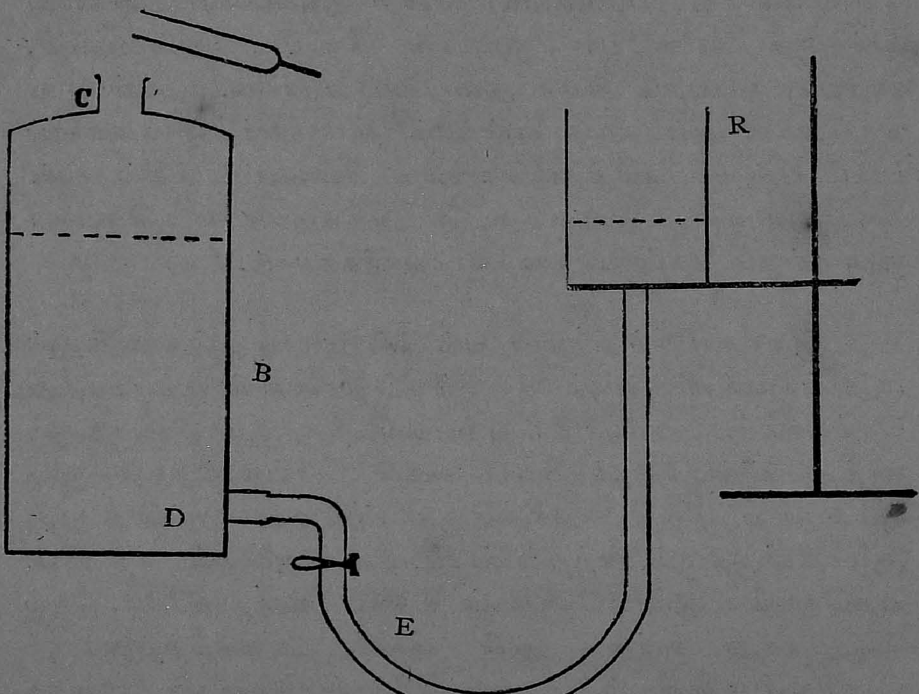
குழாய்களில் காற்று அசைவதனால் உண்டாகும் ஸ்டேஷனரி அலைகளில் நோடுகளையும், ஆண்டிநோடுகளையும் பரீக்ஷையாகக் கண்டுபிடிக்க (Kundt's Tube) குண்ட்ஸ் டியூப் என்ற மற்றொரு எக்ஸ்பெரிமெண்ட்டும் செய்யலாம். 36-ம் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருப்பதுபோல் A என்ற ஒரு நீள கண்ணாடித்துண்டை எடுத்துக்கொண்டு அதை அதன் மத்தியில் C என்றவிடத்தில் ஸ்டாண்டின் உதவியால் கெட்டியாக அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. அதன் ஒரு நுனி B D என்ற கண்ணாடிக் குழா

யில் நுழைத்திருப்பதைப் படத்திலிருந்து கவனிக்கலாம். அந்த நுனியில் ஒரு கார்க்கு வில்லை சேர்க்கப்பட்டிருக்கின்றது. குழாயின் மற்றொரு பக்கத்தை அடைத்திருப்பதைப் படத்திலிருந்து காணலாம். கண்ணாடித்துண்டைக் குழாயில் நுழைப்பதற்குமுன் லேசாக உள்ள லிகொபோடியம் (Lycopodium) என்ற தூளையோ அல்லது கார்க்குத் தூளையோ குழாயின் நீளமுழுவதும் தூவி, அதற்கு அப்புறம் அதை நுழைக்கவேண்டும். அவ்வாறு செய்தபின் ஆல்கஹால் என்னும் திராவகத்தில் நனைக்கப்பட்ட பஞ்சை எடுத்துக்கொண்டு நீளவாட்டத்தில் கண்ணாடித்துண்டை இழுத்தவுடன் அதிகமான சுருதி உள்ள ஒரு சப்தம் கேட்கின்றதைக் கவனிக்கலாம்.

குழாயை சற்று முன்னும் பின்னுமாக தள்ளுவதினால் குழாய்க்குள்ளிருக்கும் காற்றில் ரிஸொனன்ஸ் ஏற்படுமாறு செய்யலாம். அம்மாதிரி ஏற்படுவதற்கு குழாயிலிருக்கும் காற்று ஸீம்பதெடிக் வைபரேஷன் செய்தால்தான் முடியும் என்று முன்பே பார்த்திருக்கின்றோம். அப்பொழுது குழாயிலிருக்கும் காற்றில் ஸ்டேஷனரி அலைகள் ஏற்படும். எங்கெங்கே ஆண்டிநோடுகள் உண்டாகின்றனவோ, அவ்விடமிருந்து கார்க்கு தூள் விலகி, அசைவற்றிருக்கும் நோடுகளிற் குவியும். அம்மாதிரி ஏற்படுவதைப் பரீக்ஷையினால் காணலாம். கார்க் தூள் குவிந்து இருக்குமிடங்கள் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. கார்க்கு தூள் குவிவதையும் விலகுவதையும் கொண்டு, குழாயிலிருக்கும் காற்றில் ஸ்டேஷனரி அலைகள் ஏற்படும்பொழுது உண்டாகும் நோடுகளையும், ஆண்டிநோடுகளையும் கண்டுபிடிக்கலாம்.

இதுவரையிலும், குழாய்களிலிருக்கும் காற்று அசைவதைமட்டும் பார்த்தோம். குழாய்களில் மட்டுமல்ல; எந்தப் பாத்திரத்திலிருந்தபோதிலும், பாத்திரத்திலிருக்கும் காற்றிற்கு இயற்கையான சுருதி ஒன்று உண்

டென்று அறிந்துகொள்ளவேண்டும். இதைக் கீழ்க்கண்ட எக்ஸ்பெரிமெண்டினால் அறியலாம். 37-ம் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருப்பதுபோல் B என்ற ஒரு பெரிய சீசா அதன் அடியில் உள்ள D என்ற துவாரத்தில்



படம் 37

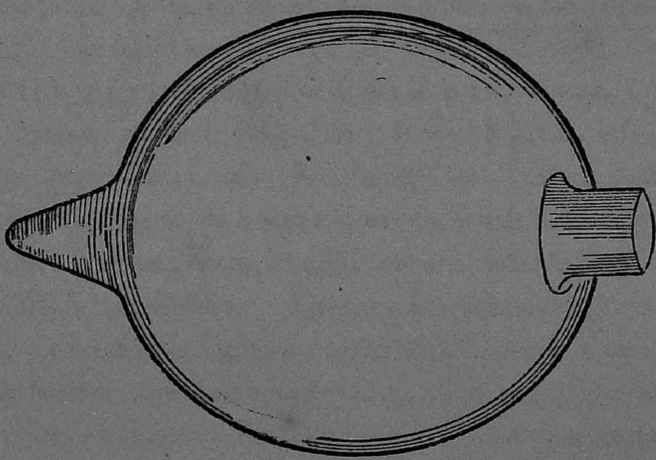
E என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் ரப்பர் குழாய் மூலமாக R என்ற பாத்திரத்துடன் சேர்க்கப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். பாட்டில் நிறைய தண்ணீரை எடுத்துக்கொண்டு மற்றொரு பாத்திரத்தைக் கீழே இறக்குவதனாலே பாட்டிலிலிருந்து ஜலத்தை இந்தப் பாத்திரத்திற்கு வரும்படி செய்யலாம். அதனால் பாட்டிலிலிருக்கும் காற்றின் அளவை அதிகப்படுத்தமுடியும். முதல் முதல் பாட்டில் நிறைய தண்ணீரை வைத்துக்கொண்டு

ஒரு டியூனிங்போர்க்கைத் தட்டி C என்று போடப்பட்டிருக்கும் பாட்டிலின் கழுத்துக்குச் சமீபத்தில் வைத்து பாட்டிலிலிருந்து தண்ணீரை மெதுவாக மற்றொரு பாத்திரத்தின் உதவியைக்கொண்டு அப்புறப்படுத்தி, எப்பொழுது கணீர் என்று ஒலி ஏற்படுகின்றதோ, அப்பொழுது பாட்டிலிலிருந்து ஜலம் வெளிச்செல்லுவதை நிறுத்திவிடவேண்டும். எதனால் கணீர் என்று ஒலி ஏற்படுகின்றது என்று உங்களுக்குத் தெரியும். பாட்டிலிலிருக்கும் காற்று ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன் செய்வதால் ரிஸொனன்ஸ் ஏற்பட்டு அந்த சப்தம் உண்டாகின்றது. பாட்டிலிலிருக்கும் காற்றின் சுருதி டியூனிங்போர்க்கின் வைபரேஷன் எண்ணிக்கைதான் என்று தெரியும். அப்பொழுது பாட்டிலிலிருக்கும் காற்றின் அளவை (Volume) அளவு பாத்திரத்தில் (Measuring Jar) தண்ணீரை எடுத்துக்கொண்டு பாட்டிலே நிரப்புவதால் கண்டுபிடித்துவிடலாம். அதேமாதிரியாக மற்றொரு டியூனிங்போர்க்கை எடுத்துக்கொண்டு அதற்கு ஏற்பட்ட காற்றின் அளவைக் (Volume) கண்டுபிடித்துவிடலாம். இவ்வாறு பல டியூனிங்போர்க்குகளுக்குக் கண்டுபிடித்துப் பார்க்குங்கால் காற்றின் (Volume) அளவு அதிகமாக அதற்கு உண்டான இயற்கை சுருதி குறைவதைக் கவனிக்கலாம். குழாய்களிலிருக்கும் காற்றைப் பரீக்ஷைசெய்து பார்த்தபொழுது குழாயின் நீளத்தை இரட்டித்தால், அதிலிருக்கும் காற்றின் சுருதி சரிபாதியாகின்றதைக் கவனித்தோம். ஆனால் இவ்விடம் காற்றின் சுருதியை முதலிலிருப்பதைக் காட்டிலும் பாதியாகச் செய்யவேண்டுமென்றால் முதலிலிருந்த காற்றின் அளவைக் காட்டிலும் (Volume) இரண்டாவது (Volume) அளவை நான்கு மடங்காகச் செய்யவேண்டுமென்று பரீக்ஷையினால் தெரிந்துகொள்ளலாம்.

ஆகையால் எந்த அமைப்புள்ள பாத்திரத்தில் காற்று இருந்தபோதிலும் அதற்குத் தகுந்த சுருதியுள்ள ஒரு சப்தத்தின் மூலமாக அசைத்து சப்தத்தை அதிகப்படுத்த

லாம் என்று தெரிந்துகொள்ளுகிறோம். இந்தக் கருத்து எல்லா சங்கீத வாத்தியங்களிலும் உபயோகப்படுத்தப் பட்டிருக்கின்றது. பாட்டிலிலோ, குழாயிலோ, இருக்கும் காற்றை அவ்வாறு எடுத்துக்கொள்ளும்பொழுது அவை களுக்கு (Resonators) ரிஸோனேடர்கள் என்று சொல் லப்படும்.

எல்லா சப்தங்களும் ஓவர்டோன்களுடன் கலந்துவரு கின்றன என்று முன்பு பார்த்தோம். அவ்வாறு வரும் ஓவர்டோன்களைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு (Helmholtz) ஹெம் ஹோல்ட்ஸ் என்று பெயருள்ள பௌதிக சாஸ்திரிக்ஞர்



படம் 38

உபயோகப்படுத்தின ரிஸோனேடரை இப்பொழுது பார்ப் போம். இதன் அமைப்பை 38-ம் படத்திலிருந்து தெரிந்து கொள்ளலாம். இது இரண்டாவதாக நாம் பார்த்த பாட் டில் ரிஸோனேடர் வகுப்பைச் சேர்ந்தது. அது வட்ட வடிவத்தோடும் சிறு கழுத்துடனுமிருப்பதைக் கவனிக் கலாம். அதற்குப்பின் மற்றொரு சிறு துவாரமுள்ள குழாயிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அதற்கு (Nipple) நிப் பிள் என்று பெயர். பாட்டிலில் இருக்கும் காற்றின்

(Volume) அளவிற்குத் தகுந்தாற்போல் அதற்கு ஒரு சுருதி உண்டு என்று முன்பே பார்த்திருக்கிறோம். ஆகையினால் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கும் அளவிற்குத் தகுந்தாற்போல் அதற்கு ஒரு சுருதி உண்டு என்று அறியவேண்டும். முதல் முதலாக எல்லா சப்தங்களும் (Overtones) ஓவர்டோன்கள் அல்லது பரிவார சுருதிகளுடன் கலந்துவருகின்றன என்றும், அவைகளினால்தான் ஒவ்வொரு வாத்தியத்திலிருந்து வரும் சப்தத்தை வெவ்வேறாக அறிகின்றோமென்றும் கண்டுபிடித்தார் ஹெம் ஹோல்ட்ஸ் என்பவர். இவர் இம்மாதிரி அனேக பாட்டில்களை வைத்துக்கொண்டு ஒவ்வொரு வாத்தியத்திலிருந்து வரும் சப்தத்தில் எவ்வளவு ஓவர்டோன்களிருக்கின்றனவென்றும், அவைகளின் பலம் எம்மட்டுமென்றும் கண்டுபிடித்திருக்கிறார். அவ்வாறு எளிதாகக் கண்டுபிடிப்பதற்குத்தான்பாட்டிலில் மற்றொருபக்கத்தில் (Nipple) நிப்பிள் வைத்திருக்கின்றது. அந்த நிப்பிளைக் காதில் அமுக்கிக்கொண்டு எந்த சப்தத்தைப் பரீக்ஷைசெய்கிறோமோ அது வரும் திசையை நோக்கி பாட்டிலைக் காண்பித்தால், அந்த சப்தத்தில் பாட்டிலிற்கு உண்டான சுருதி இருக்கும் பக்ஷத்தில் சப்தம் கேட்கும். இம்மாதிரி எக்ஸ்பெரிமெண்டு செய்து ஓவர்டோன்களைக் கண்டுபிடித்திருக்கிறார். இதை நன்றாகப் பின்பு பார்ப்போம்.

ரிஸொனன்ஸின் கருத்தைக்கொண்டுதான் டியூனிங் போர்க்கின் சப்தத்தை அதிகப்படுத்த அதைப் பெட்டியிலிணைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. தனியாக ஒரு டியூனிங் போர்க்கைத் தட்டி கையில் வைத்துக்கொண்டால், அதன் ஒலியை கேட்கக்கூடவில்லை என்பதை பரீக்ஷையினால் தெரிந்துகொண்டிருக்கலாம். அதன் அடிப்பாகத்தை மேஜையின்மீது அமுக்கினால் அதன் ஒலி கேட்பதை முன்பே தெரிந்துகொண்டிருக்கின்றோம். அவ்வாறில்லாமல், அதற்குத்தகுந்த பெட்டி ஒன்று எடுத்துக்கொண்டு அதன்மேல் வைத்துத் திருகிவிட்டால் அதைத் தட்டின

மாத்திரத்தில் சப்தம் அதிகமாக ஏற்படுகின்றது. பெட்டியின் அமைப்பைப் பார்க்குங்கால் அதை ஒருபக்கம் திறந்த குழாய்க்கு ஒப்பிடலாம் என்று அறியலாம். அதிலிருக்கும் காற்றின் சுருதியும் டியூனிங்போர்க்கின் சுருதிக்கு ஒத்ததாயிருக்கும். ஆகையினுல் டியூனிங்போர்க்கைத் தட்டியவுடன், அதிலிருந்து அதிர்ச்சி பெட்டிக்குப் பரவி, பெட்டி முழுவதும் அசைவதினுலும், தவிர பெட்டியிலிருந்து பெட்டிக்குள்ளிருக்கும் காற்றிற்கு அதிர்ச்சி பரவி உள்ளிருக்கும் காற்று ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன் செய்வதாலும், சப்தம் அதிகமாக ஏற்படுகின்றது என்று அறிய வேண்டும்.

கேள்விகள்

28. ரிஸொனன்ஸ் என்ற கருத்தை விளக்க ஒரு எக்ஸ்பெரிமெண்டை எழுதுக.

29. ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன் என்ருல் என்ன? இதை விளக்கிக்காட்ட ஒரு எக்ஸ்பெரிமெண்டு கூறுக.

30. ஒருபக்கம் திறந்த குழாய்களிலிருக்கும் காற்று வைபரேஷன் செய்யும்பொழுது அதன் சுருதிக்கும், நீளத்திற்கும் உள்ள சம்பந்தத்தை எப்படி பரீக்ஷைசெய்து தெரிந்துகொள்ளுவாய்?

31. ஒரு பக்கம் திறந்த குழாயிலிருக்கும் காற்றின் சுருதிக்கும் அதே நீளமுள்ளதும் இரண்டுபக்கமும் திறந்த குழாயிலிருக்கும் காற்றின் சுருதிக்கும் என்ன சம்பந்தம்? இதன் காரணம் என்ன?

32. ஒருபக்கம் திறந்த குழாயிலிருக்கும் காற்றில் ரிஸொனன்ஸ் ஏற்படும்பொழுது அதன் உயரம் ரிஸொனன்ஸை உண்டுபண்ணும் டியூனிங்போர்க்கின் வைபரேஷன் எண்ணிற்கு உண்டான ஒலி அலையின் நீளத்தில் நான்கில் ஒருமடங்காகவிருக்கின்றது. இதற்கு எவ்வாறு சமாதானம் கூறுவாய்?

33. காற்றில் சப்தத்தினுடைய வேகத்தை எப்படி பரீக்ஷை மூலமாகக் கண்டுபிடிப்பாய்?

34. குழாய்களிலிருக்கும் காற்று பல லூப்புகளாக வைபரேஷன் செய்யக்கூடும் என்பதை நிரூபிக்க ஒரு எக்ஸ்பெரிமெண்டை எழுதுக.

35 ஒரு பக்கம் திறந்த குழாய்களிலிருக்கும் காற்றின் லூப்புகளைப் படத்தில் வரைந்து காட்டுக. அதுபோலவே இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாய்களிலிருக்கும் காற்றின் லூப்புகளுக்கும் படங்கள் வரையவும்.

36. ஆர்கன் பைப்பின் அமைப்பைப் படத்தில் காட்டி அதைப்பற்றி எழுதுக.

37 ஆர்கன் பைப்பிலிருக்கும் காற்றில் ஸ்டேஷனரி அலைகள் உண்டாகும்பொழுது ஏற்படும் நோடுகள், ஆண்டிநோடுகள் இவைகளை எவ்வாறு கண்டு பிடிப்பாய் ?

38. ஒரு பக்கம் திறந்த ஆர்கன் பைப்பிலும், இரண்டு பக்கம் திறந்த ஆர்கன் பைப்பிலும் காற்று பல லூப்புகளாக வைபரேஷன் செய்யும் விதத்தைப் படத்தில் வரைந்து காட்டி அதை விவரித்து எழுதவும்.

39. "Kundt's Tube" குண்ட்ஸ் டியூப் என்று சொல்லப்படும் எக்ஸ்பெரிமெண்டை விவரித்து அதன் கருத்தை எழுதுக.

40. ஒரு பாட்டிலிலிருக்கும் காற்றிற்கும் அதில் ரிஸொனன்ஸை ஏற்படுத்தும் டியூனிங்போர்க்கின் வைபரேஷன் எண்ணிற்கும் உள்ள சம்பந்தத்தைப் பரீக்ஷைசெய்ய ஒரு எக்ஸ்பெரிமெண்டை விஸ்தரித்து அதிலிருந்து வைபரேஷன் எண்ணிற்கும், காற்றின் அளவிற்கும் உண்டான சம்பந்தத்தை எழுதுக.

41. ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் ரிஸொனேடரின் அமைப்பைப் படத்தில் காண்பிவித்து அதன் உபயோகத்தை எழுதவும்.

அத்தியாயம் 5

(Intervals, Musical Scale and Temperament)

இன்டர்வல்கள், மியூஸிகல் ஸ்கேல், டேம்பரமேண்டு

[மியூஸிகல் ஸ்கேல்—இண்டர்வல்—மேஜர், மைனர் ஸ்கேல்கள்—மேஜர் ஸ்கேலிற்கு உண்டான இண்டர்வல்களும் அவைகளின் பெயர்களும்—மைனர் ஸ்கேலிற்கு உண்டான இண்டர்வல்கள்—எல்லா இண்டர்வல்களின் பெயர்களும், அவைகளின் எண்களும்—டெம்பரமெண்டும் அதன் கருத்தும்—ஈக்வல் டெம்பரமெண்டு—கன்கார்டு, டிஸ்கார்டு—கன்கார்டண்டு டிரயர்ட்ஸ்—வாதி ஸம்வாதி ஸ்வரங்கள்—கன்கார்டெண்டு இண்டர்வல்களும், டிஸ்கார்டண்டு இண்டர்வல்களும்—விவாதி தோஷத்திற்கு ஹெம்ஹோல்ட்ஸின் சமாதானம்.]

சப்தங்களின் சுருதியோ, அதன் ஏற்றத்தாழ்வோ, ஸங்கதிகளின் வேறுபாடுகளோ இவையும், இவைகளால் ஏற்படும் இன்ப உணர்ச்சியும், பொதுவாக ஸங்கீதம் எனப்படும். அவ்வாறு சப்தங்களின் சுருதியை மாற்றும் பொழுது தொடர்ந்து மாற்றாமல் படிப்படியாக மாற்றுவதை முக்கியமாக கவனிக்கவேண்டும். அம்மாதிரியுள்ள படிக்கட்டுகளை, ஸ்வரஸ்தானங்கள் என்று சொல்லுகிறோம். உதாரணமாக ஸ என்று ஒரு சுருதியில் சப்தம் செய்தோமென்றால், பிறகு அதற்கு அடுத்தாப்போல் ரி என்ற ஸ்தானத்தைப் பிடிக்கின்றோம். ரி என்ற சப்தத்தின் சுருதி ஸ என்ற சப்தத்தின் சுருதியைக் காட்டிலும் அதிகமானது. மறுபடியும் க என்று சொல்லும்பொழுது, இன்னும் அதிகமான சுருதியுள்ள சப்தத்தை உண்டு பண்ணுகிறோம். இம்மாதிரியாக சுருதியைப் படிப்படியாக ஏற்றிக்கொண்டுபோய் மறுபடியும் அதேமாதிரியாகக் கீழே சுருதியை இறக்கிக்கொண்டு வருகிறோம். இந்த ஆரோஹண,

அவரோஹணக்கிரமத்திற்கு (Musical Scale) மியூஸிகல் ஸ்கேல் என்று சொல்லப்படும். கீழ்ஷட்ஜமம்முதல் மேல் ஷட்ஜமம் உள்பட ஒரு ஸ்தாயியில் 8 ஸ்வரஸ்தானங்களிருக்கின்றன என்று எல்லோருக்கும் தெரியும். அவைகளை ஸரிகமபதநிஸ என்று நாம் குறிப்பிடுவோம். (C D E F G A B C'.) என்று மேனாட்டார்களின் ஸங்கீதத்தில் குறிப்பிடப்படும். அதாவது 8 படிக்கட்டுகள் இருக்கிறதாக வைத்துக்கொள்ளலாம். ஆனால் ஒரு படிக்கட்டிற்கும் மற்றொரு படிக்கட்டிற்கும் உள்ள இடைவெளி மேலே செல்லச்செல்ல ஒன்றாக இல்லையென்று தெரிந்துகொள்ளலாம். ஒவ்வொரு சுருதிக்கும் ஒரு வைபரேஷன் எண்ணிக்கை உண்டென்று முன்பு பார்த்திருக்கிறோம். ஒரு சுருதிக்கும், மற்றொரு சுருதிக்கும் உள்ள இடைவெளி (Interval) இண்டர்வல் என்று சொல்லப்படும். அவைகளில் அதிகமான சுருதியுள்ள சப்தத்தின் வைபரேஷன் எண்ணைக் குறைந்த சுருதியுள்ள வைபரேஷன் எண்ணினால் வகுத்து வருகின்ற எண், இரண்டு சுருதிகளுக்கும் உள்ள இடை வெளியைக் குறிக்கும். இந்தக் கணக்கின்படி கீழ் ஷட்ஜமத்திற்கும் மேல் ஷட்ஜமத்திற்கும் உள்ள இடைவெளி 2. ஏனெனில் மேல் ஷட்ஜமத்திற்கு உண்டான சப்தத்தின் வைபரேஷன் எண், கீழ் ஷட்ஜமத்திற்கு உண்டான சப்தத்தின் வைபரேஷன் எண்ணிற்கு இரண்டு மடங்காக இருக்குமென்று உங்களுக்கு முன்பே தெரியும். இந்த இடைவெளிக்கு பெயரும் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அதாவது ஆக்டேவ் (Octave) எனப்படும். கீழ் ஷட்ஜமத்திற்கும் மேல் ஷட்ஜமத்திற்கும் இடையே ஏழு ஸ்தானங்களிருக்கின்றனவென்று முன்பு பார்த்தோம். (Major Scale) மேஜர் ஸ்கேல் என்றும் (Minor Scale) மைனர் ஸ்கேல் என்றும் இரண்டு மேளகர்த்தாக்கள் ஆங்கிலேயர் ஸங்கீதத்தில் உண்டு. மேஜர் ஸ்கேல் என்பது சங்கராபரண மேளத்தைப்போலிருக்கும். அதிலிருக்கும் ஸ்தானங்களை ஸ ரி க ம ப த நி ஸ, அல்லது (C D E F G A B C') என்று குறிப்பிட்டு, அவைகள் ஒவ்வொன்றிற்கும் இடை

யேயுள்ள இடைவெளியைப் பார்ப்போம். மேஜர்ஸ்கேலில் வருகிற எட்டு நோட்டுகளை 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 என்று கீழ் ஷட்ஜமத்திலிருந்து மேல் ஷட்ஜமம் வரையில் குறிப்பிட்டால் 1, 2 இரண்டிற்கும் உள்ள இடைவெளி Second (ஸகிண்ட்) என்றும்; 1—3 இரண்டிற்கும் உள்ள இடைவெளி (Major Third) மேஜர் தேர்டு என்றும்; 1—4 இரண்டிற்கும் உள்ள இடைவெளி (Fourth) போர்த்து என்றும்; 1—5-க்கும் உள்ள இடைவெளி (Fifth) பிப்த்து என்றும்; 1—6-க்கும் உள்ள இடைவெளி (Major Sixth) மேஜர் ஸிக்ஸ்த் என்றும்; 1—7-க்கும் உள்ள இடைவெளி (Major Seventh) மேஜர் ஸெவெந்த் என்றும்; 1—8-க்கும் உள்ள இடைவெளி (Octave) ஆக்டேவ் என்றும் சொல்லப்படும். மேற்கண்ட இடைவெளிகளின் எண்கள் கீழே குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன.

(MAJOR SCALE) மேஜர் ஸ்கேல்

C - D ஸ - ரி	$\frac{9}{8}$	C - E ஸ - க	$\frac{5}{4}$	C - F ஸ - ம	$\frac{4}{3}$		
C - G ஸ - ப	$\frac{3}{2}$	C - A ஸ - த	$\frac{5}{3}$	C - B ஸ - நி	$\frac{15}{8}$	C - C′ ஸ - ஸ்	2

உதாரணமாக ஆரம்ப சுருதியின் வைபரேஷன் எண்ணை 264 என்று வைத்துக்கொண்டு மேஜர் ஸ்கேலில் ஏற்படும் ஸ்தானங்களின் வைபரேஷன் எண்கள் கீழே குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன:

ஸ	ரி	க	ம	ப	த	நி	ஸ்
C	D	E	F	G	A	B	C′
264	297	330	352	396	440	495	528

முன்பு சொன்ன இடைவெளிகள் ஆதார ஷட்ஜமத்திலிருந்து ஒவ்வொரு ஸ்தானத்திற்கும் உள்ளதைக் குறிக்கின்றன. இப்பொழுது ஒவ்வொன்றிற்கிடையே உள்ள

இடைவெளிகளைப் பார்ப்போம். அவ்வாறு பார்த்தால் கீழ்க்கண்டவாறு இருப்பதைக் காணலாம்.

C - D ஸ - ரி	$\frac{9}{8}$	D - E ரி - க	$\frac{10}{9}$	E - F க - ம	$\frac{16}{15}$	F - G ம - ப	$\frac{9}{8}$
G - A ப - த	$\frac{10}{9}$	A - B த - நி	$\frac{9}{8}$	B - C′ நி - ஸ்	$\frac{16}{15}$		

இவ்வாறு ஒரு ஸ்தாயியில் ஏழு இண்டர்வல்கள் இருக்கின்றன. அவைகளை 9/8, 10/9, 16/15 என்ற மூன்று வகுப்பாகப் பிரிக்கலாம். கீழ் ஷட்ஜமத்திலிருந்து மேல் ஷட்ஜமம் போவதற்குள் மூன்று இண்டர்வல்கள் 9/8 ஆகவும், இரண்டு இண்டர்வல்கள் 10/9 ஆகவும் மற்றும் இரண்டு இண்டர்வல்கள் 16/15 ஆகவும் இருக்கின்றன. இந்த இண்டர்வல்களுக்குப் பெயர்கள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன. 9/8 என்ற இடைவெளிக்கு (Major Tone) மேஜர் டோன் என்றும், 10/9 என்ற இடைவெளிக்கு (Minor Tone) மைனர் டோன் என்றும் 16/15 என்ற இடைவெளிக்கு (Semi Tone) ஸெமி டோன் என்றும் பெயர். இவைகள் மூன்றில் பெரியது மேஜர் டோன். அடுத்தாற்போல் மைனர் டோன். மிகவும் சிறியது ஸெமிடோன். ஆகையால் இந்த ஸ்கேலில் குறைந்த இடைவெளி ஸெமி டோன் என்று தெரிகின்றது.

இதேமாதிரியாக அவர்களால் உபயோகப்படுத்தப் படும் மற்றொரு ஸ்கேலில் அதாவது மைனர் ஸ்கேலில் இருக்கும் இடைவெளிகளை இப்பொழுது கவனிப்போம். இந்த மேளத்திலும் ஏழு நோட்டுகள் ஒரு ஸ்தாயியில் உண்டு. ஆனால் சில நோட்டுகளின் ஸ்தானங்கள் முன் சொன்ன நோட்டுகளின் ஸ்தானங்களிலிருந்து சற்று விலகியிருக்கின்றன. ஆதார ஷட்ஜமம், மத்தியமம், பஞ்சமம் மேல் ஷட்ஜமம் இவைகள் மேஜர் ஸ்கேலுக்கு உள்ளது போல் இங்கும் அதே ஸ்தானங்களில் இருக்கின்றன. 2, 3, 6, 7 இவைகள் மாறியிருக்கின்றன. முன்போல இந்த ஸ்கே

வில் ஏற்படும், 1-2 இவைகளுக்கு (Minor Second) மைனர் ஸகிண்ட் என்றும், 1-3 இவைகளுக்கு இடையே உள்ள இண்டர்வலுக்கு (Minor Third) மைனர் தேர்ட் என்றும், 1-6 இரண்டிற்கும் இடையே உள்ள இடைவெளிக்கு (Minor Sixth) மைனர் ஸிக்ஸ்த் என்றும், 1-7 இரண்டிற்கும் இடையே உள்ள இண்டர்வலுக்கு (Minor Seventh) மைனர் ஸெவந்த் என்றும் பெயர் சொல்லப்படுகின்றன. ஆரம்ப சுருதியின் வைபரேஷன் எண்ணை 264 என்று வைத்துக்கொண்டு, மைனர் ஸ்கேலில் ஏற்படும் ஸ்தானங்களின் வைபரேஷன் எண்களைக் கீழே காணலாம்.

ஸ	ரி	க	ம	ப	த	நி	ஸ்
C	D	E	F	G	A	B	C'
264	$281^3/_5$	$316^4/_{15}$	352	396	$422^2/_5$	$469^1/_3$	528

எல்லா இண்டர்வல்களின் பெயர்களும் அவைகளின் எண்களும் கீழே குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன.

மைனர் ஸகிண்ட்	(Minor Second)	... 16/15
ஸகிண்ட்	(Second)	... 9/8
மைனர் தேர்ட்	(Minor Third)	... 6/5
மேஜர் தேர்ட்	(Major Third)	... 5/4
போர்த்து	(Fourth)	... 4/3
பிப்து	(Fifth)	... 3/2
மைனர் ஸிக்ஸ்த்	(Minor Sixth)	... 8/5
மேஜர் ஸிக்ஸ்த்	(Major Sixth)	... 5/3
மைனர் ஸெவென்த்	(Minor Seventh)	... 16/9
மேஜர் ஸெவென்த்	(Major Seventh)	... 15/8
ஆக்டேவ்	(Octave)	... 2/1

டெம்பரமெண்ட்

மேஜர் ஸ்கேலில் ஏற்படும் ஸ்தானங்களுக்குத் தகுந்தபடி ஒரு வாத்தியத்தில் ரீடுகள் அமைக்கப்பட்

டிருப்பதாக வைத்துக்கொள்ளுவோம். அவைகள் எட்டிற்கும் C, D, E, F, G, A, B, C' என்று வழக்கம்போல் பெயரிட்டு C என்ற கட்டையிலிருந்து ஆரம்பம் செய்து ஒவ்வொன்ருக அழுக்கிக்கொண்டே வந்தால் மேஜர் ஸ்கேலுக்கு உண்டான நோட்டுகள் ஏற்படும். அதில் ஏற்படும் இடைவெளிகளின் கிரமத்தை மனதில் வாங்கிக்கொள்ள வேண்டும். அதாவது மேஜர்டோன், மைனர்டோன், ஸெமிடோன், மேஜர்டோன், மைனர்டோன், மேஜர் டோன், ஸெமிடோன் இந்தக் கிரமப்படி நோட்டுகள் உண்டானுல்தான் மேஜர்ஸ்கேலை வாசிக்கமுடியும். இப்பொழுது D (ரி) என்ற கட்டையை ஆரம்ப ஷட்ஜமமாக வைத்துக் கொண்டு மேஜர்ஸ்கேலை வாசிக்கவேண்டுமென்ருல் முடியாது. ஏனெனில் மேஜர்ஸ்கேலில் ஏற்படும் ஸ்தானங்களின் வைபரேஷன் எண்கள் கீழ்ஷட்ஜமத்தை 264 என்று எடுத்துக்கொண்டால் கீழ்க்கண்டவாறு இருக்குமென்று முன்பு பார்த்தோம்.

ஸ	ரி	க	ம	ப	த	நி	ஸ்
C	D	E	F	G	A	B	C'
264	297	330	352	396	440	495	528

இப்பொழுது 297 வைபரேஷன் உள்ள ரிஷப ஸ்தானத்தை ஆதார ஷட்ஜமமாக வைத்துக்கொண்டால் அதனுடைய ரிஷப ஸ்தானத்தின் சுருதி $334\frac{1}{8}$ ஆக இருக்கவேண்டும். அப்பொழுதுதான் ஒரு மேஜர்டோன் இடைவெளி உண்டாகும். அதுபோலவே காந்தாரத்தின் வைபரேஷன் எண் $371\frac{1}{4}$ ஆகவும் மத்தியமம் 396 ஆகவும், பஞ்சமம் $445\frac{1}{2}$ ஆகவும், தைவதம் 495 ஆகவும், நிஷாதம் $556\frac{7}{8}$ ஆகவும், மேல்ஷட்ஜமம் 594 ஆகவும், ஏற்படவேண்டும். இந்த ஸ்தானங்களில், சில ஸ்தானங்கள் வாத்தியத்தில் இல்லாதிருப்பதை கவனிக்கலாம் ஆகையினுல் ரிஷபஸ்தானத்தை ஆதார ஷட்ஜமமாக வைத்துக்கொண்டு மேஜர் ஸ்கேலே வாசிக்கவேண்டுமென்ருல் புதிதாக ஸ்தானங்கள் வாத்தியத்தில் அமைக்கவேண்டும். ஒரு ஸ்தானத்திற்கு,

அதன் கீழ்ஷட்ஜமத்தை பிரயோகப்படுத்தக் கூடுமானல், புதிதாகவேண்டுகின்ற ஸ்தானங்களின் வைபரேஷன் எண்கள் $334\frac{1}{8}$, $371\frac{1}{4}$, $445\frac{1}{2}$, $556\frac{7}{8}$, என்று தெரிகின்றது. இம்மாதிரியாக காந்தாரத்தையோ, மத்தியமத்தையோ, அல்லது மேல் ஷட்ஜமம் வரையில் உள்ள ஏதாவது ஒரு ஸ்தானத்தை ஆதார ஷட்ஜமமாக வைத்துக்

Tonic	Second	Major Third	Fourth	Fifth	Major Sixth	Major Seventh
C, 264	297	330	352	396	440	495
D, 297	$334\frac{1}{8}$	$371\frac{1}{4}$	396	$445\frac{1}{2}$	495	$556\frac{7}{8}$
E, 330	$371\frac{1}{4}$	$412\frac{1}{2}$	440	495	550	$618\frac{3}{4}$
F, 352	396	440	$469\frac{1}{3}$	528	$586\frac{2}{3}$	660
G, 396	$445\frac{1}{2}$	495	528	594	660	$742\frac{1}{2}$
A, 440	495	550	$586\frac{2}{3}$	660	$733\frac{1}{3}$	825
B, 495	$556\frac{7}{8}$	$618\frac{3}{4}$	660	$742\frac{1}{2}$	825	$928\frac{1}{8}$

படம் 39

கொண்டு, மேஜர் ஸ்கேலில் வாசிக்கவேண்டுமென்றல் புதிதாக அனேக ஸ்தானங்கள் வாத்தியத்தில் ஏற்படுத்த வேண்டுமென்பதை அறியலாம். ஒவ்வொரு ஸ்தானத்தையும் ஆதார ஷட்ஜமமாக வைத்துக்கொண்டு மேஜர் ஸ்கேலில் ஏற்படும் இடைவெளிக்கு உண்டான வைபரேஷன் எண்களை 39-ம் படத்திலிருந்து காணலாம். முதல் கட்டத்தில் ஆதார ஷட்ஜமமாக வைத்துக்கொள்ளும் ஸ்தா

னங்களைக் கீழே வரிசையாகக் குறிப்பிட்டிருக்கின்றது. ஒவ்வொரு ஸ்தானத்திற்கு நேரே குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் வைபரேஷன் எண்கள் அந்தந்த ஸ்தானத்தை ஆதார ஷட்ஜமமாக வைத்துக்கொள்ளும்பொழுது ஏற்படும் நோட்டுகளின் வைபரேஷன் எண்கள். அதேமாதிரியாக அதே வாத்தியத்தில் ஒவ்வொரு ஸ்தானத்தையும் ஆதார

Tonic	Minor Second	Minor Third	Minor Sixth	Minor Seventh
C, 264	$282\frac{2}{5}$	$316\frac{4}{5}$	$422\frac{2}{5}$	$469\frac{1}{3}$
D, 297	$316\frac{4}{5}$	$356\frac{2}{5}$	$475\frac{1}{5}$	528
E, 330	352	396	528	$586\frac{2}{3}$
F, 352	$375\frac{7}{15}$	$422\frac{2}{5}$	$563\frac{1}{5}$	$625\frac{7}{9}$
G, 396	$422\frac{2}{5}$	$475\frac{1}{5}$	$633\frac{3}{5}$	704
A, 440	$469\frac{1}{3}$	528	704	$782\frac{2}{9}$
B, 495	528	594	792	880

படம் 40

ஷட்ஜமமாக வைத்துக்கொண்டு மைனர் ஸ்கேலில் வாசிக்க வேண்டுமென்றால் அப்பொழுது ஒவ்வொன்றிற்கும் உண்டான பல ஸ்தானங்களின் வைபரேஷன் எண்களும், 40-ம் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஆகையால் மேஜர் ஸ்கேலிலோ, மைனர் ஸ்கேலிலோ சரியான சுருதியில் எந்த ஸ்தானத்தையும் ஷட்ஜமமாக வைத்துக் கொண்டு வாசிக்கவேண்டுமென்றால் வாத்தியத்தில் அநேக

கட்டைகள் இருக்கவேண்டும். ஆகையால் வாத்தியத்தின் அமைப்பு கடினமாக ஆகின்றது. வாசிப்பதற்கும் சிரமமாயிருக்கும். சுலபமாக வாசிப்பதற்கு (Equal Temperament) ஈக்வல் டெம்பரெமெண்ட் என்று சொல்லப்படும் கணக்கைக்கொண்டு ஹார்மோனிய வாத்தியத்திலும், பியானோ வாத்தியத்திலும் கட்டைகள் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. (Equal Temperament) ஈக்வல் டெம்பரெமெண்ட் என்ற கணக்கை இப்பொழுது பார்ப்போம். ஹார்மோனியத்தில் ஒரு ஸ்தாயி 12 சமமான இடைவெளிகளாக பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அதாவது ஒரு ஸ்தாயிக்கு 12 கட்டைகளிருக்கின்றன என்று உங்களுக்குத் தெரியும். மேஜர் ஸ்கேலில் 3 மேஜர் டோன் இண்டர்வல்களும், 2 மைனர்டோன் இண்டர்வல்களும், 2 ஸெமிடோன் இண்டர்வல்களும் வருகின்றன என்று முன்பு பார்த்தோம் ஒரு மேஜர்டோன் இண்டர்வலின் எண் 9/8. ஒரு மைனர் டோனின் இண்டர்வலின் எண் 10/9. (Equal Temperament) ஈகுவல் டெம்பரமெண்ட் என்ற கணக்கில் மேஜர் டோன் இண்டர்வலும் மைனர் டோன் இண்டர்வலும் ஒன்ருகக் கருதப்படுகின்றன. தவிர ஒரு மேஜர் டோன் இண்டர்வலிலும், ஒரு மைனர் டோன் இண்டர்வலிலும் இரண்டு ஸெமி டோன் இண்டர்வல்கள் அடங்கியிருக்கின்றன என்று கருதப்படுகின்றது. ஆகையால் 3 மேஜர் டோன், 2 மைனர் டோன், 2 ஸெமி டோன்களுக்குப் பதிலாக மேஜர் டோன் ஒன்றுக்கு 2 ஸெமி டோன் என்றும், மைனர் டோன் ஒன்றுக்கு 2 ஸெமி டோன் என்றும், எடுத்துக்கொண்டால் மொத்தம் ஒரு ஸ்தாயிக்கு 12 ஸெமி டோன்களாகின்றதென தெரிகிறது. இவ்வாறு எடுத்துக் கொள்ளுவதால் ஸ்தானங்கள் சுத்தமாயிருக்காது. ஆகையால்தான் (Equal Temperament) ஈக்வல் டெம்பரமெண்ட் என்ற கணக்கை உபயோகப்படுத்தி அமைக்கப்பட்டிருக்கின்ற ஹார்மோனியம், பியானோ முதலிய வாத்யங்கள் அவ்வளவு

சுத்தமான வாத்யங்களென்று கருதப்படுவதில்லை. ஹார்மோனியத்தில் ஒரு ஸ்தாயியை 12 சம இடைவெளிகளாகப் பிரித்திருப்பதால், எந்தக் கட்டையை ஆரம்ப ஷட்ஜமமாக வைத்துக்கொண்டாலும் மேஜர் ஸ்கேலில் வரும் நோட்டுகளை வாசிக்கலாம்.

(Concord & Discord) கன்கார்ட், டிஸ்கார்ட்

(Concord) கன்கார்ட் என்பதற்கு ஒற்றுமை என்றும், (Discord) டிஸ்கார்ட் என்பதற்கு பகை என்றும் பொருட்படுவதை அறிவீர்கள். இதை சங்கீதத்தில் உபயோகப்படுத்தும்பொழுது இச்சொற்கள் நோட்டுகளுக்குள் உள்ள ஒற்றுமை அல்லது ஒற்றுமை இல்லாமை இவைகளைக் குறிக்கும். அதாவது இரண்டு நோட்டுகள் ஏக காலத்தில் சப்தம் செய்யும்பொழுது, அவை இரண்டும் ஒத்து காதிற்கு இனிமையான உணர்ச்சியைக் கொடுக்கும்பொழுது அவை இரண்டிற்கும் (Concord) கன்கார்ட் அல்லது ஒற்றுமை ஏற்படுகிறதென்றும், அம்மாதிரியில்லாமல் வெறுப்பைக் கொடுக்கும் பக்ஷத்தில் அவை இரண்டிற்கும் (Discord) டிஸ்கார்ட் அல்லது பகை ஏற்படுகிறதென்றும் சொல்லப்படும். மேலே சொன்ன பதங்களை உபயோகப்படுத்தும் பொழுது அவைகள் இரண்டு நோட்டுகளின் சேர்க்கையினால் உண்டாகும் சுகத்தையோ, அருவருப்பையோ குறிக்கும். மூன்று நோட்டுகள் சேர்ந்து காதிற்கு இனிமையான உணர்ச்சியைக் கொடுக்கும்பொழுது அவைகளை (Concordant Triads) கன்கார்டண்ட் டிரயட்ஸ் என்று சொல்லப்படும். நம்முடைய சங்கீதத்தில் ஆதார சுருதி ஒன்று வைத்துக்கொண்டு ஏககாலத்தில் ஒவ்வொரு நோட்டைமட்டும் பிரயோகிப்பதால் இரண்டு நோட்டுகளுக்குள் ஏற்படும் ஒற்றுமை விரோதத்தை மட்டும் கவனித்தால் போதும். இவைகளைத்தான் வாதி, விவாதி, அனுவாதி ஸ்வரங்கள் என்று கூறுவது. ஆரம்பம் எந்த சுருதியிலிருந்து ஆகின்றதோ அதற்கு வாதி ஸ்வரம் என்

றும் வாதி ஸ்வரத்தோடு எதெது நல்ல ஒற்றுமையோடு இருக்கின்றதோ அதற்கு சம்வாதி ஸ்வரம் என்றும், எந்த ஸ்வரம் சேராமல் காதிற்கு வெறுப்பைக் கொடுக்கின்றதோ அதற்கு விவாதி ஸ்வரம் என்றும், விவாதியும் அல்லாமல் சம்வாதியுமல்லாமல் உள்ள ஸ்வரங்களுக்கு அனுவாதி ஸ்வரங்கள் என்றும் பெயர். மேஜர் ஸ்கேலிலும், மைனர் ஸ்கேலிலும் ஏற்படும் இண்டர்வல்களில் எதெது (Concord) கன்கார்ட் ஆக இருக்கிறதென்றும், எதெது (Discord) டிஸ்கார்ட் ஆக இருக்கிறதென்றும் கீழே குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றது.

Unison	(யுனிஸன்)	—	(Concord)	கன்கார்ட்
Minor Second	(மைனர் ஸகிண்ட்)	—	(Discord)	டிஸ்கார்ட்
Second	(ஸகிண்ட்)	—	(Discord)	டிஸ்கார்ட்
Minor Third	(மைனர் தேர்ட்)	—	(Concord)	கன்கார்ட்
Major Third	(மேஜர் தேர்ட்)	—	,,	,,
Fourth	(போர்த்)	—	,,	,,
Fifth	(பிப்த்)	—	,,	,,
Minor Sixth	(மைனர் ஸிக்ஸ்த்)	—	,,	,,
Major Sixth	(மேஜர் ஸிக்ஸ்த்)	—	,,	,,
Minor Seventh	(மைனர் ஸவென்த்)	—	(Discord)	டிஸ்கார்ட்
Major Seventh	(மேஜர் ஸவென்த்)	—	(Discord)	டிஸ்கார்ட்
Octave	(ஆக்டேவ்)	—	(Concord)	கன்கார்ட்

விவாதிதோஷம், அல்லது ஸம்வாதித்வம் எதனுல் ஏற்படுகின்றது என்பதற்கு ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் என்ற ஜெர்மன் பௌதிக சாஸ்திரிக்ஞர் கீழ்க்கண்ட காரணத்தைக் கூறுகின்றூர். இரண்டு நோட்டுகளின் சுருதிகள் சற்று வித்யாசமாயிருக்கும்பொழுது பீட்ஸ் ஏற்படுகின்றன என்று உங்களுக்குத் தெரியும். உதாரணமாக அந்த இரண்டு சுருதிகளின் வைபரேஷன் எண்கள் 256, 250 என்று வைத்துக்கொள்ளுவோம். அப்பொழுது ஒரு ஸகிண்டிற்கு 6 பீட்ஸ்கள் ஏற்படுகின்றன என்பதைப்

பார்த்திருக்கிறோம். இம்மாதிரி ஏற்படும் பீட்ஸ்களின் எண்ணிக்கை இரண்டு சுருதிகளின் வைபரேஷன் எண்களைப் பொருத்தவை. ஒரு ஸகிண்டிற்கு குறைவாக பீட்ஸ் ஏற்பட்டால் அப்பொழுது காதிற்கு ஏற்படும் உணர்ச்சியை மனதில் வாங்கிக்கொண்டு பீட்ஸ்கள் அதிகமாக ஏற்படும்பொழுது உண்டாகும் உணர்ச்சியை கவனித்தால், பீட்ஸ்கள் அதிகமாக அதிகமாக காதிற்கு வெறுப்பு அதிகமாக ஆகின்றதை உணரலாம். படர்ந்தெரியும்பொழுது விளக்கை நாம் பார்த்தால், கண்களுக்கு எப்படி அருவருப்பு ஏற்படுகின்றதோ, அதேமாதிரியாக பீட்ஸ்கள் அதிகமாக ஏற்படும்பொழுது காதுகளுக்கும் அம்மாதிரியான உணர்ச்சி தோன்றுகின்றது. அவ்வாறு ஏற்படும் அருவருப்பு (Discord) டிஸ்கார்ட் என்று கூறப்படுகின்றது. பரீக்ஷை செய்து பார்க்கும்பொழுது பீட்ஸ்களை உண்டுபண்ணும் இரண்டு சுருதிகளுக்கும் ஒரு ஸெமிடோன் இண்டர்வல் ஏற்படும்வரையில் அருவருப்பு விருத்தியாகி மறுபடியும் இண்டர்வல் அதிகமாக அருவருப்பு குறைகின்றதை கவனிக்கலாம். ஒரு மேஜர்டோன் இண்டர்வலாக இருக்கும்பொழுது, அருவருப்பு நன்றாகக் குறைகின்றதை கவனிக்கலாம். இரண்டிற்கும் ஒரு (Minor Third) மைனர் தொர்ட் இண்டர்வல் ஆக இருக்கும்பொழுது, அருவருப்பு முற்றிலும் மாறி காதுகளுக்கு ஒரு நிம்மதி ஏற்படுகின்றது. ஆகையால் இரண்டு சுருதிகளுக்குமுள்ள (Beating Interval) பீடிங் இண்டர்வலை ஒரு (Minor Third) மைனர் தொர்ட் ஆகக் கருதலாம். அதாவது (Minor Third) மைனர் தொர்டுக்கு குறைவாயுள்ள எல்லா இண்டர்வல்களுக்கும் (Discord) டிஸ்கார்ட் ஏற்படும் என்பதுதான் கருத்து.

நாம் கேட்கும் எல்லா சப்தங்களும் ஓவர்டோன்களுடன் கலந்து வருகின்றன என்பதை முன்பு பார்த்திருக்கிறோம். உதாரணமாக மூல சுருதியின் வைபரேஷன் எண் 200 உள்ள நோட்டில் 400 வைபரேஷன் எண் உள்ள

முதல் ஓவர்டோனும், 600 வைபரேஷன் எண் உள்ள இரண்டாவது ஓவர் டோனும், 800 வைபரேஷன் எண்ணுள்ள மூன்ருவது ஓவர்டோனும், இம்மாதிரி பல ஓவர் டோனுகளுடன் கலந்து வருகின்ற சப்தத்தைத்தான் நாம் கேட்கின்ருேம். ஓவர்டோன்களின் சுருதிகள் மூல சுருதியில் 2 மடங்காகவும், 3 மடங்காகவும், 4 மடங்காகவும் இம்மாதிரியாக அவைகளின் எண்ணிக்கையைப் பொருத்திருக்கும். மேலே கூறப்பட்ட (Discord) டிஸ்கார்ட் என்பது ஒரே நோட்டில் சில ஸமயங்கள் ஏற்படும். ஏனெனில் ஓவர்டோன்களுக்குள் பீட்ஸ் ஏற்பட்டு அதனுல் டிஸ்கார்ட் உண்டாகலாம். அப்படி ஏற்படுவதற்கு அந்த நோட்டில் ஏழு ஓவர்டோன்களுக்குமேலிருக்க வேண்டும். ஓவர்டோன்களின் சுருதிகள் நோட்டின் மூல சுருதியில், 2, 3, 4, 5, 6, 7 மடங்காக இருக்கின்றன. அவைகளுக்குள் (Beating Interval) பீடிங் இண்டர்வல் ஏழாவது ஓவர்டோன் வரையில் ஏற்படுவதில்லே. ஆனுல் 8-வது ஓவர்டோன் இருக்கும் பக்ஷத்தில் 7-வது ஓவர்டோன் 8-வது ஓவர்டோன் இரண்டிற்கும் உள்ள இண்டர்வல் அருவருப்பான பீட்ஸ்களே உண்டுபண்ணுமாதலால் டிஸ்கார்டை உண்டுபண்ணும். ஆகையினுல் ஓவர்டோன்கள் அதிகமாயுள்ள தோல் வாத்தியத்தில் ஏற்படும் சப்தத்தைக் கேட்கும்பொழுது (Discord) டிஸ்கார்டு உண்டாவதைக் கவனிக்கலாம். தவிர இரண்டு நோட்டுகளே எடுத்துக்கொள்ளும்பொழுது ஒவ்வொன்றும் ஓவர்டோன்களுடன் அடங்கியிருக்குமாதலால், அவைகள் இரண்டும் சப்தம் செய்யும்பொழுது பீட்ஸ்கள் பலமாதிரிகளில் ஏற்படலாம். இரண்டு நோட்டுகளின் மூலசுருதிகளுக்குள்ளும் ஏற்படலாம். ஒரு நோட்டினுடைய ஓவர்டோனுக்கும், மற்ருெரு நோட்டினுடைய ஓவர்டோனுக்கும் பீட்ஸ் ஏற்படலாம். ஒரே நோட்டில் அடங்கி இருக்கும் பல ஓவர்டோன்களுக்குள்ளும் ஏற்படலாம். எப்பொழுது பீட்ஸ்கள் உண்டுபண்ணுகிற டோன்களின் (சுருதிகளின்)

இண்டர்வல் (Beating Interval) பீடிங் இண்டர்வலுக்குக் குறைவாயிருக்கின்றதோ, அப்பொழுது (Discord) டிஸ்கார்ட் ஏற்படும் என்பதை நன்ருக அறியவேண்டும்.

கீழே வாதி ஸம்வாதி ஸ்வரங்களை குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன :—

வாதி	ஸம்வாதி
ஸ	ம,ப
ரி	த
க	நி
ம	நி,ஸ
ப	ஸ்
த	ரி
நி	க,ம

கேள்விகள்

42. மியூஸிகல் ஸ்கேல் என்ருல் என்ன? மேஞட்டார் ஸங்கீதத்திலிருக்கும் மேஜர், மைனர் ஸ்கேல்களைப்பற்றி எழுதுக.

43. இண்டர்வல் என்ருல் என்ன. மேஜர் ஸ்கேலிலிருக்கும் இண்டர்வல்களை எவ்வாறு இரண்டுவிதமாக கணக்கெடுக்கலாம். அவைகளின் பெயர்களுடன் இரண்டு முறைகளிலும் ஏற்படும் இண்டர்வல்களைக் குறிக்கவும்.

44. மைனர் ஸ்கேலில் ஏற்படும் இண்டர்வல்கள் யாவை? அவைகளை எண்களுடன் குறிப்பிடவும்.

45. டெம்பரமெண்டு என்ற சாதனத்தின் உபயோகத்தை விளக்குக.

46. ஈக்வல் டெம்பரமெண்டு என்ருல் என்ன? அந்தக் கருத்தை உபயோகப்படுத்தி அமைக்கப்பட்டிருக்கும் வாத்தியத்திலிருந்து அதை நன்கு விளக்குக.

47. டெம்பரமெண்ட் என்னும் கருத்தை உபயோகப்படுத்தி அமைக்கப்பட்டிருக்கும் வாத்தியங்களில் ஸ்தானங்கள் சுத்தமாக இருக்கவில்லை என்று கூறப்படுகின்றது ஏன்?

48. கன்கார்டு, டிஸ்கார்டு, என்ற பதங்களுக்கு அர்த்தமென்ன? மேஜர், மைனர் இரண்டு ஸ்கேல்களிலும் ஏற்படும் இண்டர்வல்களில், எவை எவை கன்கார்டெண்டு என்றும், எவை எவை டிஸ்கார்டெண்டு என்றும் எழுதுக.

49. வாதி, ஸம்வாதி, விவாதி ஸ்வரங்கள் என்றால் என்ன?

50. விவாதிதோஷம், ஸம்வாதித்வம் எதனால் ஏற்படுகின்றது என்பதற்கு ஹெமஹோல்ட்ஸ் கூறும் சமாதானத்தை எழுதுக.

அத்தியாயம் 6

(Musical Instruments) ஸங்கீத வாத்தியங்கள்

[வாத்தியங்களின் அமைப்பைக்கொண்டு வெவ்வேருகப் பிரித்தல்—கம்பி வாத்தியங்கள்—கம்பிகளை வைபரேஷன் செய்யும் விதங்கள்—சப்தத்தை அதிகப்படுத்த கம்பி வாத்தியங்களில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும் ஸவுண்டு பாக்ஸ்கள்—வீணை, தம்பூரா—தம்பூராவின் குதிரைக்கும், வீணையின் குதிரைக்கும் உள்ள வித்தியாசம்—ஸர் ஸி. வி. ராமனின் ஆராய்ச்சி—பிடில்—காற்று வாத்தியங்கள்—புல்லாங்குழல்—ஆர்கன் பைப் இவைகளில் ஏற்படும் சப்தத்திற்கு கூறப்படும் சமாதானங்கள்—ரீடு வாத்தியங்கள்—குழாய்களுடன் சேர்க்கப்பட்ட ரீடு வாத்தியங்கள்—கண்ணுடி அல்லது உலோக பிளேட்டுகளில் ஏற்படும் வைபரேஷன்களைப் பரிசீலனை செய்யும் விதம்—நோடல் லைன்கள்—பெர்குஷன் வாத்தியங்கள்—மணி—ஜலதரங்கம்—மிருதங்கம்.]

ஸங்கீத வாத்தியங்களில் அநேக விதங்களிருக்கின்றன. அவைகளில் சில வாத்தியங்கள் நம்மிடம் வெகு காலமாக வழங்கி வருகின்றன. உதாரணமாக புல்லாங்குழல், வீணை, தம்பூரா, மிருதங்கம் இம்மாதிரியான வாத்தியங்கள் எவ்வளவு பழமையானது என்பதைப் பண்டைக் காலத்தில் எழுதப்பட்ட பழைய நூல்களிலிருந்து தெரிந்து கொள்ளுகிறோம். முகலாயர்கள் ஆட்சிமுதல் சிதார், ஸாரங்கி இம்மாதிரியான பெர்ஸியன் வாத்தியங்கள் உபயோகப்பட்டு வருகின்றன. கடைசியாக வெள்ளைக்காரர்கள் வந்தபிறகு அவர்களின் பிடில் வாத்தியத்தையும், ஆர்மோனியத்தையும் நாம் உபயோகித்து வருகின்றோம் என்பது எல்லோருக்கும் தெரிந்த விஷயம். ஸங்கீத வாத்தியங்கள் எல்லாவற்றையும் அவைகளின் அமைப்புக்குத் தகுந்தவாறு பிரித்துக்கொள்ளலாம். எல்லா வாத்தியங்களிலும் பல சுருதிகள் உள்ள சப்தங்களை உண்டுபண்ணுவ

தற்கு வசதியும், அவ்வாறு ஏற்படும் சப்தங்களை அதிகப் படுத்திக்கொடுக்க ரிஸொனேடரும் மியூஸிகல் ஸ்கேலின் படி வரும் நோட்டுகளை வாசிப்பதற்கு வசதியும் முக்கிய மாக அமைக்கப்பட்டிருக்கவேண்டும். மேற்கூறியபடி வாத்தியங்களில் இருக்கவேண்டிய பாகங்களைக்கொண்டு கீழ்க்கண்டவாறு அவைகளைப் பிரித்துக்கொள்ளலாம்:—

1. கம்பி வாத்தியங்கள்.
2. காற்று வாத்தியங்கள்.
3. ரீடு வாத்தியங்கள்.
4. (Percussion) பெர்கஷன் வாத்தியங்கள்.

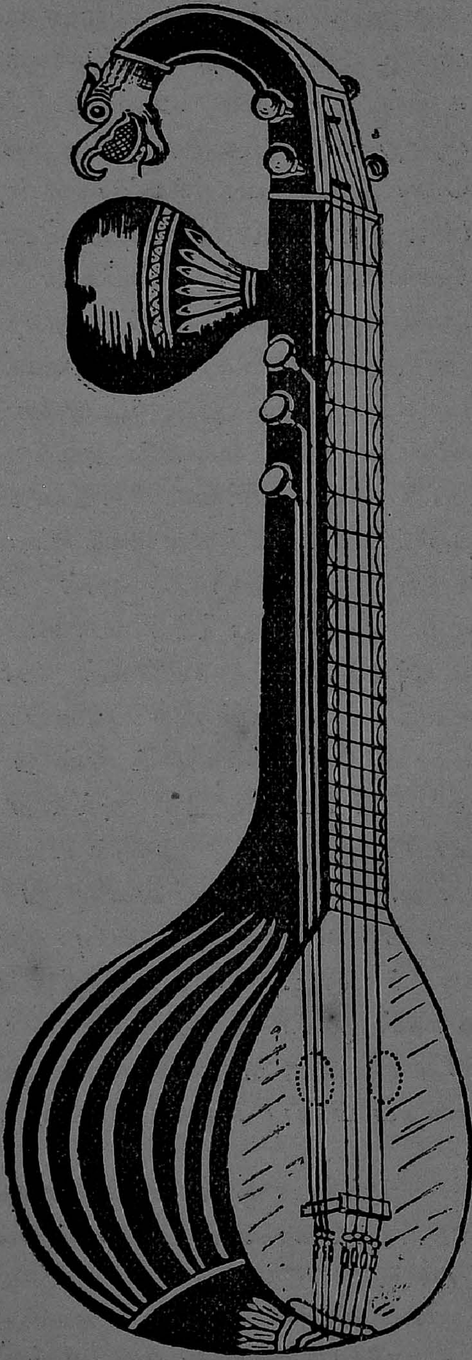
கம்பிகளின் அசைவை ஆதாரமாகக்கொண்ட வாத்தி யங்கள் பல இருக்கின்றனவென்றும், அவைகளின் அமைப்பு வெவ்வேருக இருக்கின்றனவென்றும் எல்லோ ருக்கும் தெரிந்திருக்கும். கம்பிகளை வைபரேஷன் செய்ய மூன்றுவிதமான வழிகள் வாத்தியங்களுக்குத் தகுந்தாற் போல் ஏற்பட்டிருக்கின்றன. உதாரணமாக வீணை வாத் தியத்தில் கம்பியைக் கையிலிருக்கும் நகத்தினுல் மீட்டுவ தாலும், பிடில் வாத்தியத்தில் (Bow) பௌ என்று சொல் லப்படும் வில்லைக்கொண்டு கம்பிகளின்மேல் இழுப்பதா லும், பியானே என்ற வாத்தியத்தில் கம்பிகளை அடிப்பத னுலும், கம்பிகளின் அசைவு ஏற்பட்டு அவைகளின் வைபரேஷனினுல் சப்தம் உண்டாகின்றது என்று அறி கின்ருேம். கம்பி வாத்தியங்களில் கம்பிகளினுல் ஏற்படும் சப்தத்தைப் பெருக்கிக் கொடுப்பதற்கு வாத்தியங்களில் இயற்றியுள்ள (Sound Box) ஸவுண்ட் பாக்ஸ்கள், ஒவ் வொன்றிலும் ஒவ்வொரு விதமாயிருக்கின்றதை அறிய லாம். மேலும் வாத்தியங்களில் மியூஸிகல் ஸ்கேலின்படி நோட்டுகளை வாசிப்பதற்கு ஏற்பட்டுள்ள பாகம், ஒவ்வொன் றிலும் ஒவ்வொரு விதமாக இருக்கின்றதைப் பார்க்கலாம். உதாரணமாக வீணையில் மெட்டுகள் என்று சொல்லப்படும் சிறு உலோகத்துண்டுகளை பொருத்தி வைக்கப்பட்டிருக்

கின்றன. கம்பிகளை வலதுகை விரலிலிருக்கும் நகத்தினுல் மீட்டி இடதுகை விரல்களைக்கொண்டு கம்பிகளை மெட்டு களில் அமுக்கி அவைகளின் அசையும் நீளத்தைக் குறைத்தோ, அதிகப்படுத்தியோ மியூஸிகல் ஸ்கேலின்படி நோட்டுகள் வாசிக்கப்படுகின்றன. பிடில் வாத்தியத்தில் (Finger Board) என்று சொல்லப்படும் பாகத்தில் இடது கைவிரல்களினுல் கம்பிகளை அமுக்குவதால் கம்பிகளின் அசையும் நீளத்தைக் குறைத்தோ, கூடுதல் செய்தோ அதனுல் பல நோட்டுகள் வாசிக்கப்படுகின்றன. பியானே வாத்தியத்தில் தட்டையான சிறு துண்டுகளினுல் கம்பி களைப் பல இடங்களில் அடிக்குமாறு அமைக்கப்பட்டிருப்ப தால் கம்பிகளின் நீளத்தை மாற்றுவதற்கு வசதியும் ஹார்மோனியத்திலமைக்கப்பட்டிருப்பதுபோல் (Equal Temperament) ஈகுவல் டெம்பரமெண்டைக்கொண்டு ஒரு ஸ்தாயியை 12 சமபாகமாகப் பிரித்து அவைகளுக்குத் தகுந்தவாறு நோட்டுகள் வாசிக்கப்படுகின்றன. தவிர கம்பி வாத்தியங்களை அவைகளின் ஸ்தாயி பேதத்தைக் கொண்டும் பிரிக்கலாம் என்று அறியவேண்டும். உதாரண மாக வீணையில் $2\frac{1}{2}$ அல்லது 3 ஸ்தாயி வரையில்தான் வாசிக்கமுடியும். ஆனுல் பிடிலில் அவ்வாறு எல்லை கிடை யாது. மேலே எவ்வளவு தூரம் சுருதியை அதிகப்படுத்த வேண்டுமோ அவ்வளவு அதிகப்படுத்தி நோட்டுகளை வாசிக்கலாம். கம்பி வாத்தியங்களிலிருந்து ஏற்படும் சப் தங்கள் ஓரே சுருதியில் ஏற்பட்டபோதினும் நம்முடைய காதுகளுக்கு ஏன் வெவ்வேறு விதமாக விழுகின்றதென் பதைப் பின்பு கவனிப்போம்.

இப்பொழுது கம்பி வாத்தியங்களை ஒவ்வொன்றுக எடுத்துக்கொண்டு அவைகளின் அமைப்பைக் கவனிப் போம்.

வீணை :—இது வட இந்தியாவில் (Bin) பின் என்று சொல்லப்படும். தென்னிந்தியாவில் தஞ்சாவூர், திருவனந்

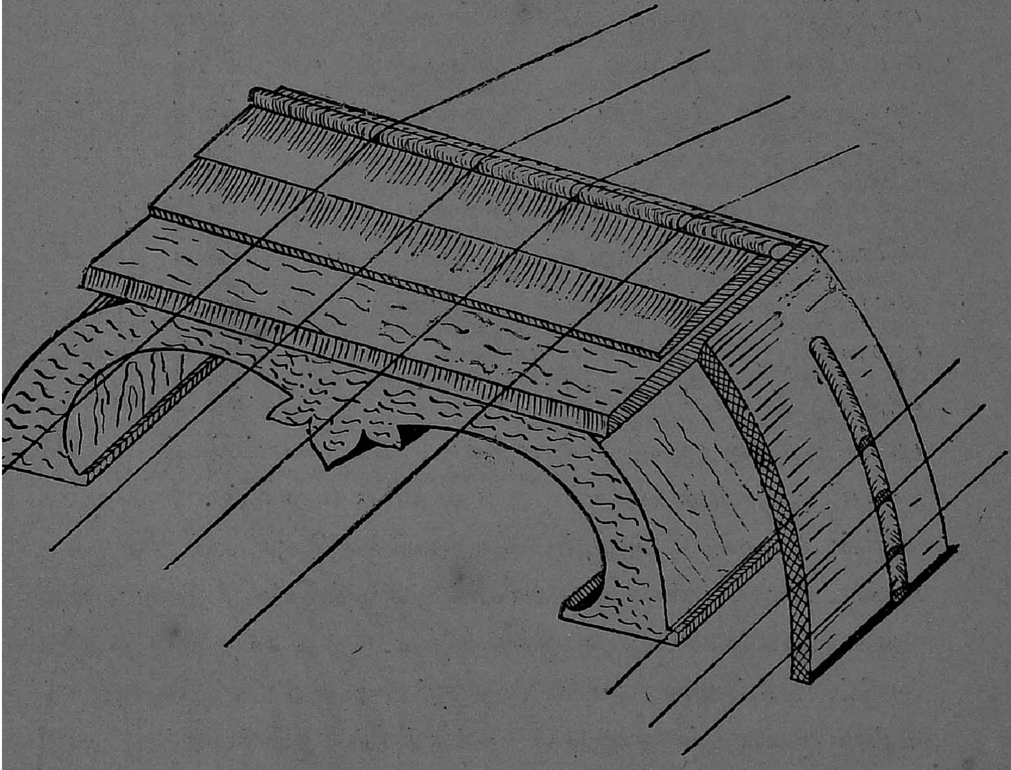
தபுரம், மைசூர் இவ் விடங்களில் செய்யப் படுகின்றன. 41-ம் படத்தில் தென்னிந் திய வீணையின் அமைப்பு காண்பிக் கப்பட்டிருக்கின்றது. அதில் குட வடிவ முள்ள பெட்டி அடிப் பாகத்திலிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அதற்கு (Bowl) பவல் அல்லது குடம் என்று சொல்லப்ப டும். அதைப் பலா மரத்திலோ, அல்லது கருப்பு மரத்திலோ, செய்வது வழக்கம். குடத்தின்மேல் மூட ப்பட்டிருக்கும் பல கையின் குறுக்களவு சாதாரணமாக 1 அடி இருக்கும். அதன் மேல் (Bridge) பிரிட்ஜ் என்று சொல் லப்படும் பாகம் அமை க்கப்பட்டிருப்பதைப் படத்திலிருந்து காண லாம். பிரிட்ஜிற்குச் சமீபத்தில் சிறு துவாரங்கள் பலகை



படம் 41

தேதி

யில் இருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். அவைகளின் மூலமாக குடத்திலிருக்கும் காற்றுடன் வெளியிலிருக்கும் காற்றிற்குச் சம்பந்தம் ஏற்படுகின்றது. (Bin) பின் என்று சொல்லப்படும் வட இந்திய வாத்தியத்தில் தண்டின் இரண்டு பக்கங்களிலும் இரண்டு சுரக்காய் குடுக்கைகள் சேர்க்கப்பட்டிருக்கும். இப்பொழுது பிரிட்ஜின் அமைப்பைக் கவனிப்போம். அதை 42-ம் படத்தில் கவனிக்கவும். மரத்தினால் பிறை வடிவமுள்ள ஒரு துண்டு செய்து அதன்மேல்



படம் 42

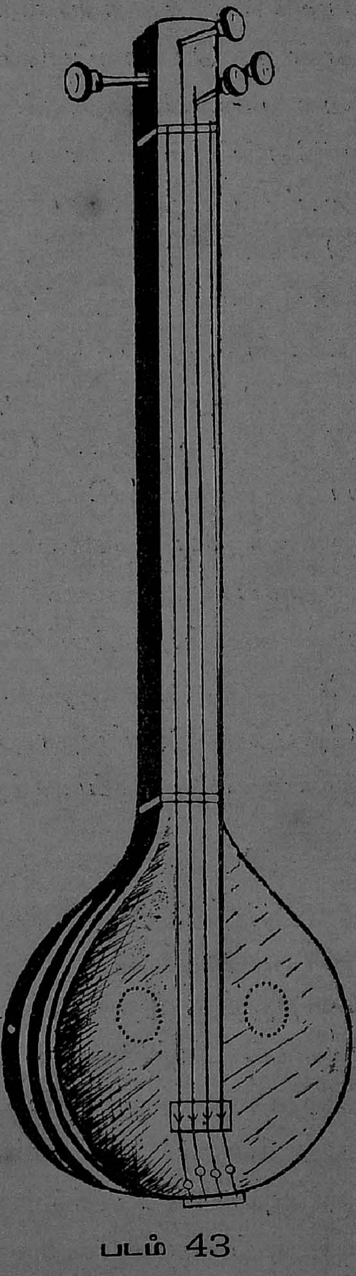
மற்றொரு சிறிய மரச்சட்டத்தைப் படிமானமாக வைத்து ஒருவிதமான பிசினை ஊத்தி மற்றொரு உலோகத் தகட்டைப் பொருத்திவைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இந்தத் தகட்டின்பேரில் நான்கு கம்பிகள் செல்லுகின்றதைப்

பார்க்கலாம். பிரிட்ஜிற்குப் பக்கத்தில் மற்றொரு பிரிட்ஜ் வளைவாக இருக்கின்றதைக் கவனிக்கவும். இது (Side Bridge) ஸைடு பிரிட்ஜ் என்று சொல்லப்படும். இது முதலில் சொன்ன பிரிட்ஜுடனும் குடத்தின் வயிற்றோடும் சேர்க்கப்பட்டிருப்பதைப் படத்திலிருந்து கவனிக்கலாம். குடத்துடன் சேர்க்கப்பட்டிருக்கிற தண்டு வீணையின் (Body) உடல் என்று சொல்லப்படும். குடம் எந்த மரத்தில் செய்யப்பட்டிருக்கின்றதோ அதே மரத்தில் இதுவும் செய்யப்படும். இதன்உள்ளேயும் கூடாகவிருக்கின்றது. தண்டின் கடைசியில் யாளி முகத்துடன் சேர்க்கப்பட்டிருக்கும் பாகத்திற்குக் கழுத்து என்று சொல்லப்படும். தண்டின் நுனியில் கீழ்ப்பக்கத்தில் ஒரு சுரக்காய்க்குடுக்கை ஒன்று சேர்க்கப்பட்டு வீணையைத் தாங்குவதற்கு உபயோகப்படுவதை கவனிக்கலாம். தண்டிலிருக்கும் குழியை மூடப்பட்டிருக்கும் பலகைக்குத் தண்டுப் பலகை என்று சொல்லப்படும். அதன் இரண்டு விளிம்புகளிலும் மெட்டுகள் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. மொத்தம் 24 மெட்டுகள் பதிக்கப்பட்டிருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். மெட்டுகளின் மேல் போகும் கம்பிகளில் பிகு ஏற்றுவதற்கு உண்டான முளைகள் யாளிக் கழுத்தின் இருபுறத்திலும் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அதைத் தவிர ஸயிட் பிரிட்ஜின் மேல் போகும் மூன்று கம்பிகளுக்கும் உள்ள முளைகள் தண்டின் பக்கத்தில் குடுக்கைக்கு ஸமீபத்தில் இருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். மெட்டுகளின் மேல் இருக்கும் நான்கு கம்பிகளும் வாசிப்பதற்காகவும், தனியாயிருக்கும் மூன்று கம்பிகளும் தாளத்திற்காகவும் உபயோகப்படும். தாளத்திற்காகவுள்ள மூன்று கம்பிகளும், வாசிப்பதற்காக ஏற்பட்ட நான்கு கம்பிகளில் இரண்டு கம்பிகளும் ஸ்டீல் கம்பிகள். மற்ற இரண்டு கம்பிகளும்

பித்தளைக் கம்பிகள். மெட்டுகள் மேலிருக்கும் கம்பிகளை ஸாரணி, பஞ்சமம், மந்தரம், அனுமந்தரம் என்றும், தாளக் கம்பிகளை பக்கஸாரணி, பக்கபஞ்சமம், தாரஷட்ஜமம், என்று சொல்லப்படும். வாசிக்கும்பொழுது கம்பிகளை வலது கையிலிருக்கும் நகத்தினாலும் அல்லது (plectrum) பிளெக்ட்ரம் என்று சொல்லப்படுவதும், மீட்டுவதற்கு வாட்டமாயுள்ளதுமான கம்பியை விரலில் போட்டுக் கொண்டு அதனாலும், கம்பிகளில் வைபரேஷன் உண்டுபண் ணப்படும். ஒரு ஸ்தாயிக்கு 12 மெட்டுகள் வைத்துக் கொண்டு, இரண்டு ஸ்தாயிக்கு 24 மெட்டுகள் அமைக்கப்பட் டிருக்கின்றன. ஒரு ஸ்தாயியை, ஹார்மோனியத்தில் பிரித் திருக்கின்றதுபோல் (Equal Temperament) ஈக்வல் டெம் பரமெண்டைக் கொண்டு 12 ஸம பாகமாக பிரித்திருக்கின் றதைக் கவனிக்கலாம். ஆனால் ஹார்மோனியத்தில் உள் ளதுபோல் இல்லாமல் ஸ்தானங்களைச் சுத்தமாக வீணையில் பிடிக்கலாம். மெட்டுகளின்மேல் கம்பியை அமுக்கும் பொழுது, அமுக்கும் வலுவை மாற்றுவதாலும், அத்துடன் தேய்த்து இழுப்பதாலும், சுருதியைச் சற்று மாற்றி கமகங் களைப் பிரயோகப்படுத்தக்கூடும்.

இப்பொழுது வாத்தியத்திலிருந்து எவ்வாறு சப்தம் கிளம்புகின்றது என்று பார்ப்போம். கம்பிகளை மீட்டுவத னால் ஏற்படும் அதிர்ச்சி, பிரிட்ஜின் மூலமாக வாத்தியத்தின் வயிற்றிற்கு இறங்கி, எல்லாப்பக்கங்களிற்கும் பரவி உள்ளி ருக்கும் காற்றிற்கும் அதிர்ச்சி ஏற்பட்டு, எல்லாபாகங் களும் அசைவதினால் காற்றில் அலைகள் ஏற்பட்டு நாம் சப்தத்தைக் கேட்கின்றோம். பெரும்பாலும் குடத்திலி ருந்துதான் வெளிக் காற்றிற்கு அதிர்ச்சி உண்டாகும். குடமும் யாளியின் கழுத்தின் சமீபத்திலிருக்கும் குடுக் கையும் சப்தத்தைப் பெருக்கிக்கொடுக்கின்றது. இவ்வாறு கம்பியிலிருந்து அதிர்ச்சி, பிரிட்ஜ், ஸவுண்டுபாக்ஸ், அதிலி

ருக்கும் காற்று, இவைகள் எல்லாவற்றையும் தாண்டி வெளிக் காற்றிற்கு வருவதற்குள் மாறுதலை அடைவதினால் வாத்தியத்திலிருந்து வரும் சப்தத்தின் குணம் (Quality) அதன் ஒவ்வொருபாகத்தின் அமைப்பைப் பொருத்திருக்கின்றதென்று கருதப்படுகின்றது. முக்கியமாக பிரிட்ஜின் அமைப்பு சப்தத்தினுடைய குணத்தை ஆளுகின்றது என்றும், அதுபோலவே தம்பூராவில் அதனுடைய பிரிட்ஜின் அமைப்பு தம்பூரா சப்தத்தின் குணத்தை ஆளுகின்றது என்றும் இவ்விரண்டிற்கும் உள்ள வித்தியாஸங்களை நம்முடைய தேசத்துப் பிரஸித்தி பெற்ற பௌதிக சாஸ்திரிக்ஞர் ஆன ஸர் ஸி. வி. ராமன் அவர்கள் ஆராய்ச்சி செய்து கண்டு பிடித்திருக்கிறார். இதைத் தம்பூராவின் அமைப்பைப் பார்த்த பின் பார்ப்போம்.



படம் 43

தம்பூர் :—இதன் அமைப்பை 43-ம் படத்தில் கவனிக்கலாம். வீணையைப்போல் இது பெரும்பாலும் அமைப்பில் ஒத்திருக்கின்றது. ஆனால் வீணை தண்டுடன் சேர்க்கப்பட்ட யாளிக் கழுத்தும் அதற்கு ஸமீபத்தில் சேர்க்கப்பட்டிருந்த குடுக்கையும், இதிலில்லாமலிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். இதனுடைய மரக் குடம் (Bowl) வீணையைப்போல

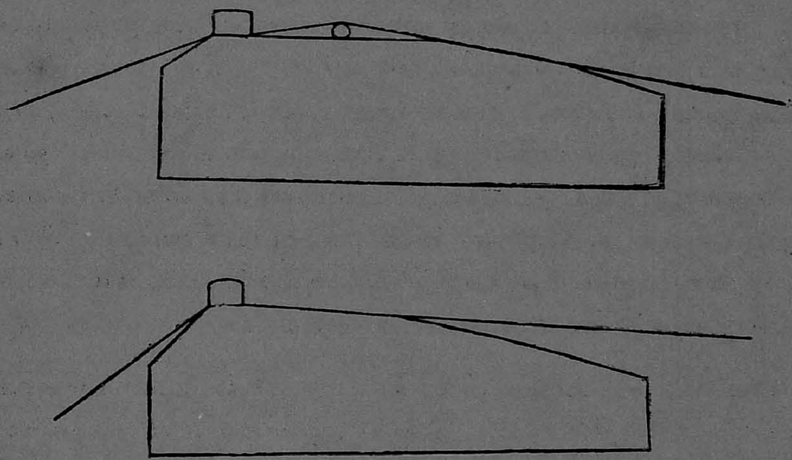
பலாமரத்திலிருந்து தோண்டப்படும். சில தம்பூருகளில் மரத்திற்குப் பதிலாக சுரக்காயை உபயோகப்படுத்துவது முண்டு. குடத்தின்மூடி சமதளமாக சில வாத்தியங் களிலிருக்கும். பொதுவாக குடத்தின் மூடி (Convex) புறங்கவிழ்ந்திருக்கும். அதில் வீணைக் குடத்தின் மூடியிலி ருப்பதுபோல் சிறு துவாரங்கள் இருக்கின்றன. அதன் மத்தியில் பிரிட்ஜ் (பாலம்) அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். இது மரத்தினுல் செய்யப்பட்டது. கம்பி களில் பிருவை மாற்றுவதற்காகவுள்ள நான்கு முளைகளும் தண்டின் நுனியில் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றதைக் கவனிக் கலாம். நான்கு கம்பிகளில் மூன்று ஸ்டீல் கம்பிகளாகவும் மற்றொன்று பித்தளைக் கம்பியாகவும் எடுத்துக்கொள்ளப் படும். இதில் கம்பிகளுக்கும், பிரிட்ஜிற்கும் நடுவில் பட்டு நூல் துண்டுகளை வைத்துக்கொண்டு அவைகளின் உதவி யால் தம்புராவின் சப்தத்தில் (Buzzing effect) ஜீவ உண்டுபண்ணப்படும். தவிர கம்பிகள் கட்டப்பட்டிருக் கும் இடத்திற்குச் சமீபத்தில் சிறு மணிகள் (Beads) சேர்க்கப்பட்டு அவைகளினுடைய இடங்களை மாற்று வதால் கம்பிகளினுடைய சுருதியை லேசாக மாற்றலாம். இதில் வீணையிலிருப்பதுபோல் மெட்டுகள் கிடையாது. இதைப் பாடும்பொழுது சுருதிக்காக உபயோகப்படுத்து வது வழக்கம். இந்தக் கம்பிகளை ஸ, ப, ஸ் ஸ் என்ற ஸ்தானங்களுக்கு சுருதி கூட்டிக்கொள்ளுவார்கள்.

தம்பூராக் கம்பிகளை விரல்களினுல் மீட்டி அவைகளை வைபரேஷன் செய்யப்படும். முன் சொன்னதுபோல் கம்பி களில் ஏற்படும் அதிர்ச்சி பிரிட்ஜின் மூலமாக குடத்தின் மூடிக்கு இறங்கி அதிலிருந்து எல்லா பாகத்திற்கும் பரவி, குடத்திலிருக்கும் காற்றிலும் அதிர்ச்சி ஏற்பட்டு, வெளிக் காற்றில் அலைகள் உண்டாகி அவைகள் நம்முடைய காது களிலிருக்கும் (Drum skin) டிரம்ஸ்கின்னில் மோதுவ தால் நமக்கு சப்தத்தின் உணர்ச்சி ஏற்படுகின்றது. இதில் குடமும் அதிலிருக்கும் காற்றும் சப்தத்தை பெருக்கிக்

கொடுக்கின்றது. இதில் மியூஸிகல் ஸ்கேலின்படி நோட்டு களை வாசிப்பதற்கு முடியாது. ஆகையினால் கம்பிகளிலிருந்து வரும் சப்தத்தின் சுருதி எப்பொழுதும் ஒன்றாக இருக்கும். இதே வாத்தியத்தை சிறு மர உருண்டையைக்கொண்டு நோட்டுகளை வாசிப்பதும் உண்டு. அம்மாதிரி வாசிக்கப்படும் வாத்தியத்திற்கு கோட்டு வாத்தியம் என்று சொல்லப்படும். இவ்விடமும் அதிர்ச்சி, கம்பியிலிருந்து பிரிட்ஜ், குடத்தின் மூடி, குடத்திலிருக்கும் காற்று, இவைகளின் மூலமாக வெளிக் காற்றில் பரவும் பொழுது மாறுதலை அடைகின்றது. அதனால் இதனுடைய சப்தத்தின் குணம், இதன் ஒவ்வொரு பாகத்தின் அமைப்பை பொருத்திருக்கின்றது. இதில் முக்கியமாக கவனிக்கவேண்டியது, இதனுடைய பிரிட்ஜின் அமைப்பு. தம்பூராவின் சப்தத்தின் நாதத்தைக் கொண்டாடப்படுவதின் காரணம், அதனுடைய பிரிட்ஜின் அமைப்பினால்தான் என்று ஸர் ஸி. வி. ராமன் அவர்கள் கூறுகின்றார். தம்பூராவின் பிரிட்ஜையும், கம்பி அதன்மேல் பட்டுக்கொண்டிருக்கும் விதத்தையும், அதேமாதிரியாக வீணையின் பிரிட்ஜையும் அதன்மேல் கம்பி பட்டுக்கொண்டிருக்கும் விதத்தையும் 44-ம் படத்தில் காண்பித்திருக்கின்றது. தம்பூராவின் பிரிட்ஜில் கம்பி ஒரே இடத்தில் மட்டும் படாமல் சிறிது தூரம் பட்டுக்கொண்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அதுபோலவே எல்லாக் கம்பிகளும் பட்டுக்கொண்டிருக்கின்றன. ஜீவாளம் என்று சொல்லும் பட்டுநூல் துண்டு இருக்குமிடத்தைப் படத்தில் காணலாம். அதைக் கொண்டு பிரிட்ஜுடன் பட்டுக்கொண்டிருக்கும் கம்பியின் நீளத்தை மாற்றலாம். வீணையில் பிரிட்ஜின் அமைப்பு வேறாகவிருக்கின்றது. வீணையின் பிரிட்ஜ் உலோகத்தினால் செய்யப்பட்டது. தம்பூராவின் பிரிட்ஜ் மரத்தினால் செய்யப்பட்டது. தம்பூராவில் ஜீவாளத்தை உபயோகப்படுத்துவதுபோல் வீணையில் உபயோகப்படுத்துவதில்லை. தவிர வீணையின் பிரிட்ஜ் தம்பூராவின் பிரிட்ஜைவிட

உயரமாயிருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். ஜீவாளத்தைக் கொண்டு கம்பி தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் பாகத்தை மாற்றுவதின்பொருட்டு தம்பூராவிற்கு அம்மாதிரி நாதம் உண்டாகின்றது என்று ஸர் ஸி. வி. ராமன் கருதுகிறார். ஜீவாளம் இல்லாவிட்டால் சப்தம் முன்போல் அவ்வளவு இனிமையாக இல்லாமலிருப்பதைக் கவனிக்கலாம்.

கம்பிகளின் அசைவை கவனிக்கும்பொழுது கம்பி பூராவாகவும் அல்லது பல லூப்புகளாகவும் வைபரேஷன்



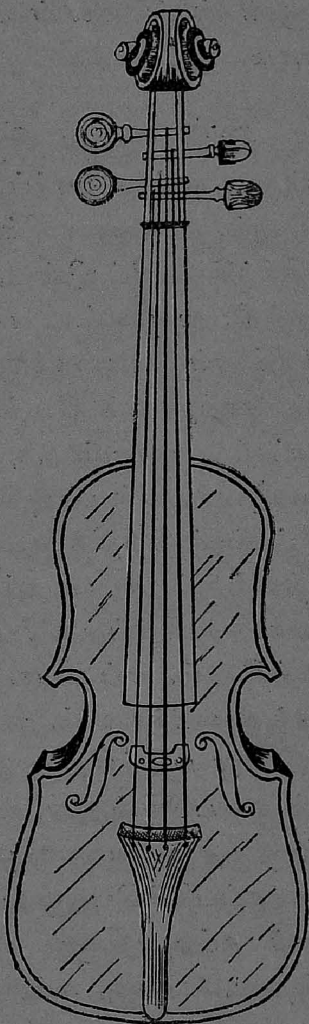
படம் 44

செய்யும் என்று சொன்னோம். கம்பி முழுவதும் வைபரேஷன் செய்யும்பொழுது ஏற்படும் சப்தத்தில் ஒரு லூப்புக்கு உண்டான சுருதியும், 2 லூப்புகளுக்கு உண்டான சுருதியும், 3 லூப்புகளுக்கு உண்டான சுருதியும், இம்மாதிரியாக பல ஓவர்டோன்களுடன் கலந்து வருகின்றது என்று பார்த்தோம். ஓவர்டோன்கள் முழுவதும் கலந்து வரும்பொழுது அவைகளின் சுருதி மூல சுருதிக்கு 1 மடங்கு, 2 மடங்கு, 3 மடங்கு, 4 மடங்கு இம்மாதிரியாக இருக்குமென்றும் அறிவோம். ஆனால் அவைகளி

னுடைய வரிசை, கம்பியின் மீட்டுமிடத்தைப் பொருத்திருக்கின்றது. ஓவர்டோன்களின் வரிசைகளுக்கும் மீட்டுமிடத்திற்கும் உண்டான சம்பந்தம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அந்த சம்பந்தத்திற்கு (Young Helmholtz) எங் ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் விதி என்று சொல்லப்படும். அதன் கருத்தாவது மீட்டப்படுமிடம் எந்த ஓவர்டோன்களுக்கு ஒரு நோடு ஆக, அதாவது அசைவில்லாத இடமாக இருக்கவேண்டியிருக்கின்றதோ, அந்த ஓவர்டோன்கள் சப்தத்திலிருக்கும் ஓவர்டோன் வரிசையில் இருக்காது என்பதுதான். இதன்படி ஸோனுமிடரில் கம்பியின் நடுமத்தியைப் பிடித்துக்கொண்டு மீட்டினல் உண்டாகும் சப்தத்தின் ஓவர்டோன்களின் வரிசையில் இரண்டாவது ஓவர்டோன், நான்காவது ஓவர்டோன், ஆருவது ஓவர்டோன், இம்மாதிரி இரட்டைப்படை எண் ஓவர்டோன்கள் இருக்காது என்று, அவர்களால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இந்த விதி தம்பூராவினும், வீணையினும் உண்டாகும் சப்தத்தில் அனுஷ்டிக்கப்படவில்லை என்று ஸர் ஸி. வி. ராமன் கூறுகிருர்.

பிடில்:—இது வெள்ளைக்காரர்களால் மிகவும் கொண்டாடப்படும் வாத்தியம். இதை அவர்களிடமிருந்து நாம் சம்பாதித்துக்கொண்டிருக்கிறோம். இதன் அமைப்பை 45-ம் படத்தில் காணலாம். இதனுடைய ஸவுண்ட் பாக்ஸினல் இந்த வாத்தியத்திற்குப் பெருமை ஏற்பட்டிருக்கின்றது. நல்ல பிடில்களின் ஸவுண்ட்பாக்ஸ் எல்லா சுருதியுள்ள சப்தங்களையும் பெருக்கிக் கொடுக்கும். அதன் வயிற்றில் மர பிரிட்ஜ் ஒன்று இரண்டு எப்போன்ற துவாரங்களுக்கு மத்தியில் வைக்கப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அதனுடைய இரண்டு கால்களில் ஒன்று (Sound Post) ஸவுண்ட் போஸ்ட் என்று சொல்லப்படுவதும் பெட்டியின் மேல் பலகையையும் கீழ்ப்பலகையையும் சேர்க்கின்றதுமான ஒரு சிறு துண்டின்மேல் பொருத்தி வைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. வீணை, தம்பூரா வாத்தியங்

களிலிருப்பதுபோலில்லாமல், கம்பிகள் பிரிட்ஜிலிருந்து வரும் விதத்தைக் கவனிக்கவேண்டும். கம்பிகளுக்கு பிகு கொடுப்பதற்காக பிருடைகள் (Finger Board) பிங்கர் போர்டின் கடைசியில் இயற்றப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். நான்கு கம்பிகளில் மூன்று நரம்புகளாகவும், ஒன்று ஸ்டீல் கம்பியாகவும் இருக்கும். கம்பிகளை மீட்டுவதற்கு Bow என்று சொல்லப்படும் வில் உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றது. வில்லில் ஒரு நுனியிலிருந்து மற்ருெரு நுனிக்கு அநேகம் குதிரை மயிர்கள் நீளவாட்டத்தில் கட்டப்பட்டிருக்கின்றன. அவைகளை பிகுவாக இழுப்பதற்கு வில்லின் கீழ்ப்பக்கத்தில் ஒரு திருகு வைத்திருப்பதைக் கவனிக்கலாம். ரோஸனம் (Resin) என்று சொல்லப்படும் வஸ்துவில் வில்லைத் தேய்த்துப் பிறகு கம்பிகளின் மேல் இழுக்கப்படும். வில்லை இழுக்கும்போது கம்பிகளுக்கு நேர் செங்குத்தாக வைத்துக்கொண்டு இழுக்க வேண்டும். இல்லாவிட்டால்



படம் 45

கம்பிகளில் லான்ஜிடியூடினல் வைபரேஷன்கள் ஏற்படும். அதினுல் கிரீச் என்று அதிக சுருதியுள்ள சப்தம் கேட்கும். அதாவது கம்பிகள் டிரான்ஸ்வெர்ஸ் வைபரேஷன்கள் மட்

டும் செய்யுமாறு வில்லை மீட்டவேண்டும். (Finger Board) பிங்கர் போர்டில் இடதுகை விரல்களினால் கம்பிகளைத் தொடுவதினால் கம்பிகளின் அசையும் நீளத்தை குறைத்து அவைகளின் சுருதியை மாற்றலாம். இதனால் மியூஸிகல் ஸ்கேலின் நோட்டுகள் எல்லாவற்றையும் வாசிக்கலாம்.

இப்பொழுது பிடிலிலிருந்து சப்தம் எவ்வாறு வருகின்றது என்று பார்ப்போம். வில்லைக் கம்பிகளில் இழுப்பதினால், அவைகளில் வைபரேஷன் ஏற்பட்டு அந்த அதிர்ச்சி பிரிட்ஜின் மூலமாக பெட்டியின் வயிற்றிற்கு இறங்கி, ஸவுண்ட் போஸ்டின் மூலமாக பெட்டியின் பின் பக்கத்துப் பலகைக்குச் சென்றும், பெட்டிக்குள்ளிருக்கும் காற்றிலும் மேற்பலகையினால் அதிர்ச்சி ஏற்பட்டும் பெட்டி பூராவும் அசைந்து சப்தம் அதிகப்படுவதால் வெளிக்காற்றில் பரவுகிறது. வீணையிலும் தம்பூராவிலும், பிரிட்ஜைச் சுற்றிக் குடத்திலிருக்கும் காற்றிற்கும், வெளிக்காற்றிற்கும் சம்பந்தம் ஏற்படுத்துவதின்பொருட்டு சிறு துவாரங்களிருப்பதுபோல், பிடிலிலும் பிரிட்ஜிற்கு இரு புறத்திலும், எப் போன்ற பெரிய துவாரங்கள் இருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். எவ்வாறு வில்லை ஒருபுறத்திலிருந்து, மற்றொரு புறத்திற்கு இழுப்பதினால் கம்பிகளின் வைபரேஷன் ஏற்படுகின்றது, என்று முதலில் கவனிக்கவேண்டும். வில் ஒருதடவை ஒருபுறத்திலிருந்து மற்றொரு புறத்திற்கு இழுக்கப்படும்பொழுது ரோஸனம் தடவிய மயிர்கள் கம்பிகளைக் கவ்வுவதினால் வில்லுடன் சிறிது தூரம் செல்லுகின்றது, பிறகு கம்பிகளின் பிகு அதிகமாவதால் வில்லுடன் செல்லாமல் கக்கிக்கொண்டு அதற்கு எதிராக சிறிது தூரம் செல்லுகின்றது. மறுபடியும் மயிர்கள் கம்பிகளைக் கவ்வுவதினால் வில்லுடன் செல்லுகின்றது. இம்மாதிரியாக வில்லை ஒருபுறத்திலிருந்து, மற்றொருபுறத்திற்கு இழுப்பதினால் கம்பிகள் மாறி மாறி சிலசமயம், வில் செல்லும் மார்க்கத்திலும் பிறகு அதற்கு எதிராகவும் செல்லும்.

அதனால் கம்பிகளில் வைபரேஷன் ஏற்படுகின்றது என்று அறியவேண்டும். அதிர்ச்சி கம்பிகளிலிருந்து பிரிட்ஜ், பெட்டியின் வயிறு, அதின் கீழ்ப்பக்கம், பெட்டியிலிருக்கும் காற்று இவைகளின் மூலமாக வரும்பொழுது மாறுதலை அடைவதினால் வாத்தியத்திலிருந்து வரும் சப்தத்தின் குணம் (Quality) இந்த பாகங்கள் எல்லாவற்றையும் பொருத்திருக்கின்றது என்று அறியவேண்டும். பெட்டி செய்யப்பட்டிருக்கும் மாமும், அதன்மேல் பூசப்பட்டிருக்கும் வார்னிஷும்கூட சப்தத்தின் (Quality) குணத்தை ஆளுகின்றதென்று கருதப்படுகின்றது. தவிர வில்லைக் கம்பிகளின்மேல் இழுக்கும்பொழுது (Pressure) இறுக்கத்தை மாற்றுவதனாலும், வில் இழுக்குமிடத்தை மாற்றுவதாலும் சப்தத்தின் குணத்தை மாற்றலாம் என்று சொல்லப்படுகின்றது. இந்த வாத்தியம் (Mute) மியூட் என்று சொல்லப்படும் தகட்டை பிரிட்ஜின்மேல் அமைத்து வாசிப்பதும் வழக்கம் உண்டு. அப்பொழுது பிடிலின் சப்தம் குறையும். ஏனெனில் கம்பிகள் வைபரேஷனின் ஆம்பிளிடியூட் மியூட்டைச் சேர்த்ததினால் குறைகின்றது. அதனால் சப்தமும் குறையும். தவிர பிடில் வாத்தியத்தில் (Wolf note) வுல்ப் நோட் என்று சொல்லப்படும் சப்தம் ஏற்படும்பொழுது காதுகளைத் துளைக்கும்படியான சப்தம் உண்டாவதை கவனிக்கலாம். அந்த சப்தம் பிடிலிலிருந்து வரும்பொழுது, பிடிலின் உடல் பூராவும், அதிருவதைக் கவனிக்கலாம். ஆனால் அந்த சப்தம் வரும்பொழுது வில்லை மீட்டுவது மிகவும் சிரமமான காரியமாக இருக்கும். எதனால் அவ்வாறு சப்தம் உண்டாகின்றது என்பதற்கு ஸர். ஸி. வி. ராமன் அவர்கள் ஆராய்ச்சிசெய்து ஸமாதானம் சொல்லியிருக்கின்றார்.

காற்று வாத்தியங்கள் :—காற்றின் அசைவை ஆதாரமாகக்கொண்ட வாத்தியங்களில் புல்லாங்குழல் வாத்தியத்தை இப்பொழுது கவனிப்போம். அது திரண்ட வடிவமுள்ள மூங்கில் குழாயில் செய்யப்பட்டது.

படம் 46

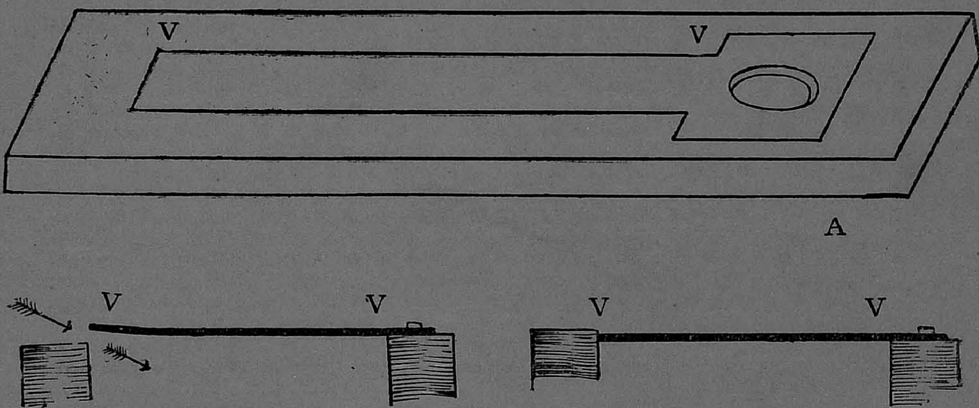
அதன் அமைப்பை 46-ம் படத்திலிருந்து காணலாம். அதில் ஒரு பக்கம் மட்டும் திறந்திருக்கின்றது. அதன் மூடப்பட்ட நுனிக்கு சமீபத்தில் (Mouth hole) மவுத்ஹோல் என்று சொல்லப்படும் துவாரமும் அதைத் தவிர இடைக்கிடையே ஆறு துவாரங்களும் மற்ற நுனி வரையில் துளைக்கப்பட்டிருக்கின்றதைப் படத்தில் காணலாம். வாசிக்கும் பொழுது (Mouth hole) மவுத் ஹோல் என்று சொல்லப்படும் துவாரத்தைக் கீழ் உதட்டிற்கு நேராக வைத்துக்கொண்டு நம்முடைய ஈரல்களிலிருந்து வரும் காற்றை துவாரத்தின் விளிம்பில் மோதும்படி ஊத வேண்டும். ஆர்கன் பைப் வாத்தியத்தில் பார்த்ததுபோல் இவ்விடம் ஊதப்படும் காற்று உள்ளும் புறமுமாக அசையும். அதனுல் வைபரேஷன் உண்டாகி அந்த அதிர்ச்சியைக் குழாயிலிருக்கும் காற்று அதிகப்படுத்தி வெளிக்காற்றில் அலைகள் உண்டாகி, புல்லாங்குழலிலிருந்து வரும் சப்தத்தை நாம் கேட்கின்ருேம். மியூஸிகல் ஸ்கேலின்படி நோட்டுகள், (Mouth hole) மௌத் ஹோலைத் தவிர இருக்கும் ஆறு துவாரங்களை விரல்களினுல் மூடித் திறப்பதால் வாசிக்கப்படும். எவ்வாறு இந்த வாத்தியத்தில் வைபரேஷன் ஏற்பட்டு சப்தம் உண்டாகின்றது என்பதற்கு முதலில் ஒரு ஸமாதானம் கொடுக்கப்பட்டது. அதாவது உதடுகளிலிருந்து (Mouth hole) மௌத் ஹோல் என்று சொல்லப்படும் துவாரத்தின் விளிம்பில் மோதும் காற்றை ரீடிற்கு ஒப்பிட்டு, குழாயிலிருக்கும் காற்றின் நீளத்திற்குத் தகுந்தவாறு அந்த ரீடு வைபரேஷன் எண்

ணக்கொண்டு அசைகின்றதென்று கருதப்பட்டது. இந்த ஸமாதானம் தப்பென்றும், அவ்வாறு ஏற்படுவதற்கு வேறு சமாதானம் கொடுக்கவேண்டுமென்றும் நவீன ஆராய்ச்சிக்காரர்களான (Richardson) ரிச்சர்ட்ஸன், (Hensen) ஹென்ஸன் இவர்களால் கருதப்பட்டு கீழ்க்கண்ட ஸமாதானம் கொடுக்கப்படுகின்றது. அவர்கள் கொடுக்கும் ஸமாதானத்தை அறிய ஒரு பரீக்ஷையைச் சொல்லுகிறார்கள். ஓடும் ஜலத்தில் ஒரு கழியைக் குத்திட்டு வைத்துக்கொண்டிருந்தால் அதன் இரு புறத்திலிருந்தும் நீர்ச்சுழிகள் ஏற்பட்டு அவைகள் கலந்து நீருடன் போவதைக் கவனிக்கலாம். இந்த நீர்ச்சுழிகள் கழியை வைபரேஷன் செய்யுமாறு மாறி மாறித் தள்ளும். அதன் வலுவை, கழியை ஒரே இடத்தில் வைத்துக்கொள்ளாமல் ஜலத்தில் கழியை இழுத்தோமென்றால், அப்பொழுது நம்முடைய கையில் ஆட்டம் கொடுப்பதிலிருந்து அறியலாம். ஜலத்தில் கழியை வைத்துக்கொள்வதற்குப் பதிலாக காற்றில் ஒரு கம்பியை நட்டால், மேற்கூறிய சம்பவம் இவ்விடம் நடக்கின்றது. ஜலத்தில் சுழிகள் ஏற்படுவதற்குப் பதிலாக காற்றில் சுழிகள் ஏற்பட்டு கம்பியை, முன்னும் பின்னுமாகப் பக்கவாட்டத்தில் அசைத்து கம்பியை வைபரேஷன் செய்யச் செய்யும். சுழிகளின் அசைவிற்கு உண்டான வைபரேஷன் எண்ணும் கம்பிக்கு இயற்கையாக உள்ள வைபரேஷன் எண்ணுமொன்றுசேரும்பொழுது காற்றில் சப்தம் உண்டாகும். இம்மாதிரி ஏற்படும் சப்தம்தான் நாம் (Telegraph posts) தந்திமரங்களின் அடியில் கேட்கும் சப்தம். மேற்கூறியதுபோல உதடுகளிலிருந்து காற்று (Mouth hole) மௌத்ஹோல் என்று சொல்லப்படும் துவாரத்தின் விளிம்பில் மோதும்பொழுது காற்றில் சுழிகள் ஏற்பட்டு, அவைகளின் அசைவிற்கு உண்டான வைபரேஷன் எண் குழாயிலிருக்கும் காற்றின் இயற்கையான வைபரேஷன் எண்ணுடன் சேருவதால் சப்தம் உண்டாகின்றது என்ற

சமாதானம் (Richardson) ரிச்சர்ட்ஸன் (Hensen) ஹென்ஸன் இவர்களால் கொடுக்கப்படுகின்றது. தவிர அம்மாதிரி ஊதும்பொழுது காற்றிற்கு நாம் கொடுக்கும் (Pressure) வலிமையினுல் சப்தத்தின் சுருதியை இரண்டு மடங்காகச் செய்யலாம், என்ற விபரத்தை அறிந்திருக்கலாம். அதாவது கீழ் ஸ்தாயிக்கு உண்டான நோட்டுகளை வாசிக்கும்பொழுது காற்றிற்கு வலிமையைக் குறைவாகவும், மேல் ஸ்தாயில் நோட்டுகளை வாசிக்கும்பொழுது வாசிப்பவர்கள் காற்றிற்கு வலிமையை அதிகமாகவும் கொடுக்கின்றுர்கள், என்ற விபரத்தை நீங்கள் அறிந்திருக்கலாம். இதற்கு ஸமாதானம் மேற்சொன்ன பௌதிக சாஸ்திரிக்ஞர்கள் சொல்லுகின்றுர்கள். அதாவது உதடுகளிலிருந்து ஊதப்படும் காற்று (Mouth hole) மௌத் ஹோல் என்று சொல்லப்படும் துவாரத்தின் விளிம்பில் மோதும்பொழுது காற்றில் ஏற்படும் சுழிகளின் அசைவிற்கு உண்டான வைபரேஷன் எண், ஊதப்படும் காற்றின் வலிமையைப் பொருத்திருக்கின்றதென்றும், அந்த எண் காற்றின் வலிமை அதிகமாக, அதிகமாக ஆகின்றதென்றும், எக்ஸ்பெரிமெண்ட் மூலமாக நிரூபிக்கக்கூடுமென்கிறுர்கள். முதலில் அந்த எண் எப்பொழுது குழாயின் மூல சுருதியுடன் சேருகின்றதோ, அப்பொழுது சப்தம் ஏற்படுகின்றது. காற்றின் வலிமையை அதிகப்படுத்தினுல் சுழலின் வைபரேஷன் எண் அதிகமாகி, குழாயின் காற்றிற்கு உண்டான முதல் ஓவர்டோனின் சுருதியுடன் சேர்ந்தபொழுது சப்தம் மறுபடியும் உண்டாகின்றது. அதனுல் 1 ஸ்தாயி தள்ளி சப்தம் கேட்கின்றது, என்று சமாதானம் சொல்லுகின்றுர்கள். புல்லாங்குழலை இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாய்க்கு ஒப்பிடவேண்டும். அதற்கு உண்டான ஓவர்டோன்களின் வரிசை 1, 2, 3, 4 இம்மாதிரி வரிசைக் கிரமமாகவிருக்கும். ஆனுல் அவைகளின் பலம் குழாயின் சுற்றளவையும் துவாரங்களின் அளவையும் பொருத்திருக்கின்றதென்றும், புல்லாங்குழலின் சப்தத்

தில் ஓவர்டோன்கள் அதிகமாகவில்லை என்றும் கருதப்படு கின்றது. இதை ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் என்றவர் பரீக்ஷை மூலமாக நிரூபித்தார். அவர் பரீக்ஷையிலிருந்து புல்லாங் குழல் சப்தத்தில் முதலாவது ஓவர்டோன் மட்டும் இருப் பதாகக் கண்டுபிடித்திருக்கிறார். அதனால்தான் சப்தம் காதிற்கு மிருதுவாகவிருக்கின்றதென்று கருதுகின்றார்.

ரீடு வாத்தியங்கள் :—சில வாத்தியங்கள் ரீடுகள் என்று சொல்லப்படும் மெல்லிய தகடுகளின் அசைவை ஆதாரமாகக்கொண்டிருக்கின்றதை நீங்கள் கவனித்திருக்க



படம் 47

லாம். அவைகளில் குழாய்களுடன் சேர்க்கப்பட்ட ரீடு வாத்தியங்கள் என்றும், தனி ரீடு வாத்தியங்களென்றும் இரண்டுவிதம் இருக்கின்றன. உதாரணமாக ஹார்மோ னியத்தில் குழாய் சம்பந்தமில்லாமல் தனி ரீடுகள் வைப ரேஷன் செய்வதினால் சப்தங்கள் உண்டாகின்றன. ஹார் மோனியத்தில் கருப்புக் கட்டைகளும், வெளுப்புக் கட்டைகளும் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றதை நீங்கள் கவனித்திருக்கலாம். ஒவ்வொன்றின்கீழும் ஒவ்வொரு ரீடு இருக்கின்றது. அதன் கருத்தை அறிய 47-ம் படத் தைக் கவனிக்கவும். அதில் A என்று குறிப்பிடப்பட்டி

ருக்கும் துண்டின்மேல் V V என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் மெல்லிய தகடு இணைக்கப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அந்த தகடு ஸ்குரூ ஆணிகளின் உதவியால் ஒரு பக்கத்தில் துண்டுடன் சேர்க்கப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அந்தத் தகடு சாதாரணமாகவிருக்கும்பொழுது துண்டிலிருக்கும் துவாரத்தை மூடிக்கொண்டிருக்கும். துண்டிற்கு ஒருபுறத்திலிருந்து மற்றொருபுறத்திற்குக் காற்றை அனுப்புவித்தால் துவாரத்தை மூடிக்கொண்டிருக்கும் தகட்டை அசையச்செய்யும். அதனால் தகடு மேலும் கீழுமாக வைபரேஷன் செய்யும். அவ்வாறு ஏற்படும் வைபரேஷனின் எண்ணிக்கை ரீடினுடைய கனத்தையும் நீளத்தையும் பொருத்திருக்கின்றது. ஹார்மோனியத்தில் சுருதி அதிகமாக, கட்டைகளின் கீழிருக்கும் ரீடுகள் நீளத்திலும் கனத்திலும் குறைந்துகொண்டுவரும். கருப்புக் கட்டையையோ வெளுப்புக் கட்டையையோ ஒன்றை அழுத்தும்பொழுது துருத்தியிலிருந்து வரும் காற்று அந்தக் கட்டையின் கீழிருக்கும் ரீடை வைபரேஷன் செய்யச்செய்து, அதனால் சப்தம் ஏற்படுகின்றது. அவ்வாறு உண்டாகும் சப்தத்தில் ஓவர்டோன்கள் நிறைய இருக்கின்றன.

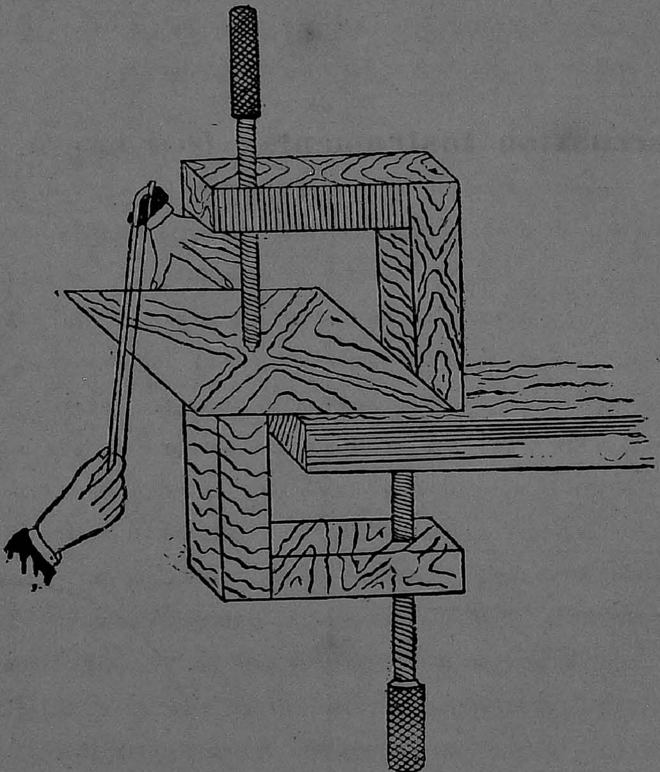
ரீடுகளைக் குழாய்களுடன் சேர்த்து வாசிக்கப்படும் வாத்தியங்கள் அனேகமிருக்கின்றன. அவ்வாறு சேர்க்கப்பட்டிருக்கும் ரீடுகள் (stiff) முரணாக இருக்குமானால் குழாயிலிருக்கும் காற்றை அதற்குத் தகுந்தவாறு வைபரேஷன் செய்யச்செய்யும். அல்லது துவளுமானால் குழாயிலிருக்கும் காற்றிற்குத்தகுந்தவாறு வைபரேஷன் செய்யும். குழாயுடன் சேர்க்கப்பட்ட ரீடு வாத்தியத்திற்கு நாகசுரத்தை உதாரணமாக எடுத்துக்கொள்ளலாம். இதில் பிரம்பு ரீடு உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றது. (Conical) குவிந்த வடிவமான மரக்குழாயுடன் சேர்த்து வாசிக்கப்படுகின்றது. குழாயின் பக்கத்தில் சுருதி மாறுதல்கள் செய்வதற்காக துவாரங்களியற்றப்பட்டிருக்கின்றன. அவை

களின் உதவியைக்கொண்டு மியூஸிகல் ஸ்கேலின்படி நோட்டுகளை வாசிக்கலாம். சிலர் மரக்குழாயின்மேல் வெள்ளித் தகடையோ, தங்கத் தகடையோ சேர்த்து உபயோகப்படுத்துவதுமுண்டு. அவ்வாறு செய்தால் சப்தத்தின் (quality) குணம் மாறுதலடையும்.

நம்முடைய உதடுகளை ரீடுகளாகக்கொண்டு வாசிக்கப்படும் வாத்தியங்களுக்கு கொம்பு, சங்கு, தாரை இம்மாதிரி வாத்தியங்களை உதாரணமாகச் சொல்லலாம்.

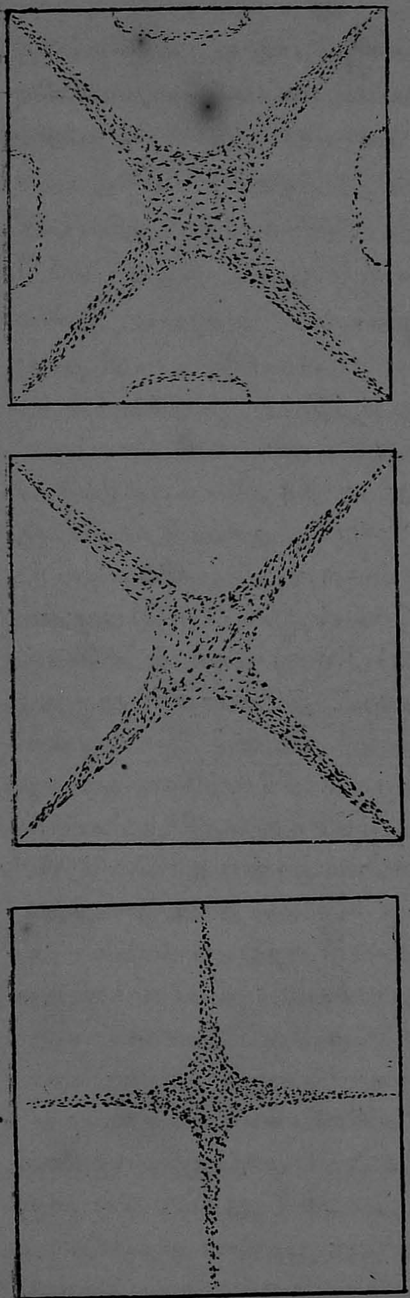
Percussion Instruments: பேர்குஷன் வாத்தியங்கள் :—பெர்குஷன் வாத்தியங்களைப் பார்க்கும் முன்பாக, தகடுகளிலும், (Stretched membranes) பிகுவாக இழுக்கப்பட்ட தோல்களில் எவ்வாறு வைபரேஷன் ஏற்பட்டு சப்தங்கள் உண்டாகின்றனவென்று கவனிக்க வேண்டும். சதுரக் கண்ணுடி பிளேட் ஒன்றை எடுத்துக்கொண்டு 48-ம் படத்தில் காணப்படுவதுபோல், நடுமத்தியில் ஸ்டாண்டின் உதவியைக்கொண்டு மேஜையுடன் சேர்க்கவேண்டும். அந்த பிளேட்டின் ஒருபக்கத்தில், படத்தில் காணப்படுவதுபோல் இரண்டு விரல்களினுல் தொட்டுக்கொண்டு, வில்லினுல் தகட்டின் மற்ருெரு பாகத்தைப் படத்தில் காணப்படுவதுபோல் மீட்டினுல் சப்தம் கேட்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் இடத்தை மாற்றியும், வில்மீட்டப்படும் இடத்தை மாற்றியும் பலவித சப்தங்களை உண்டுபண்ணலாம். ஒவ்வொரு சமயமும் சப்தத்தின் (quality) குணம் ஒவ்வொன்ருகவிருக்கும். பிளேட் எவ்வாறு வைபரேஷன் செய்கின்றது என்பதைக் கவனிக்க, வில்லைமீட்டுவதற்கு முன், பிளேட்டின்மேல் ஸன்ன மணலைத் தூவிக்கொள்ள வேண்டும். இப்பொழுது முன்போலத் தொட்டுக்கொண்டு வில்லை மீட்டினுல், தகட்டின்பேரில் இருக்கும் ஸன்ன மணல் தூள்கள் எகிறி சில இடங்களில் இல்லாமலும், சில இடங்களில் குவிந்தும் படத்தில் காணப்படுவதுபோல,

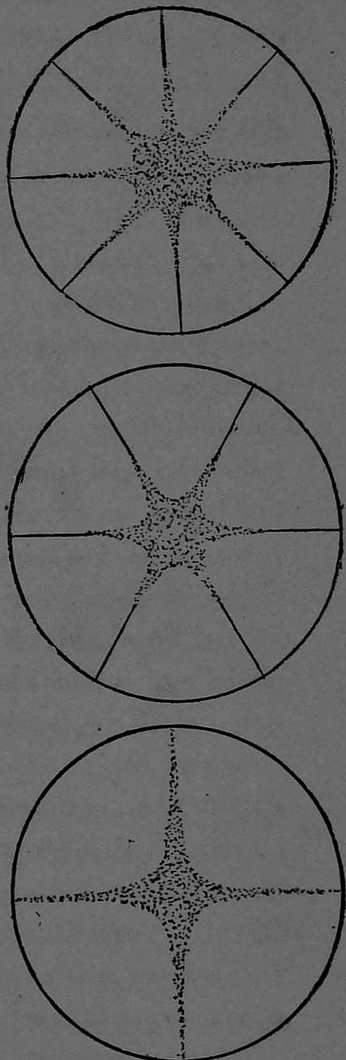
கோலங்கள் போடுவதைக் கவனிக்கலாம். அவ்வாறு, சில இடங்களில் நேர் கோடுகளாகவும், சில இடங்களில் வளைவு கோடுகளாகவும் இருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். ஒவ்வொரு விதமாக வைபரேஷன் செய்யும்பொழுது மணல் சேருமிடங்கள் ஒவ்வொருவிதமாக இருக்கும். அதாவது ஒவ்வொரு விதத்திற்கும் ஒவ்வொரு மாதிரியாக அழகான



படம் 48

மணல் கோலங்கள், தகட்டின் மேலிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். 49, 50 படங்களில் அம்மாதிரி உண்டாகும் கோலங்களில் சில காண்பிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவைகள் (Chladni's figures) சிலாட்னிஸ் கோலங்கள் என்று சொல்லப்படும். எவ்வாறு இம்மாதிரிக் கோலங்கள் உண்டாகின்றன என்பதற்குக் காரணம் சொல்லலாம். நாம் கம்பி





படம் 50

படம் 49

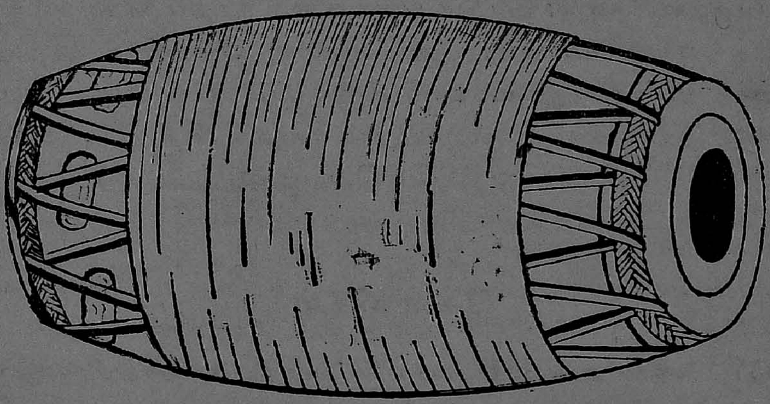
களின் அசைவைப் பார்க்கும்பொழுது ஒரு நூல் ஒரு லூப்பாகவும், பல லூப்புகளாகவும் அசைகின்றதை கவனித்திருக்கிறோம். அதேமாதிரியாக பிளேட்டும் பல பிரிவுகளாக வைபரேஷன் செய்கின்றது. கம்பி பல லூப்புகளாக அசையும்பொழுது சில இடங்களில் அதிகமான அசைவையும், சில இடங்களில் அசைவு இல்லாமலிருக்கின்றதையும் கவனித்திருக்கின்றோம். அதாவது ஆண்டி-நோடுகளையும், நோடுகளையும் கம்பிகளில் பார்த்தோம். அங்கே நோடுகள் (Points) குத்திட்ட இடங்களிலிருக்கின்றன. இவ்விடம் அவைகள் எல்லாம் ஒரு கோட்டின் மேலிருக்கின்றன. அதாவது அந்தக் கோட்டில் எல்லா இடங்களும் அசைவில்லாத இடங்கள். அந்தக் கோட்டிற்கு (Nodal line) நோடல் லைன் என்று சொல்லப்படும். ஒவ்வொரு விதமாக வைபரேஷன் செய்யும்பொழுதும் ஒவ்வொரு மாதிரியாக (Nodal lines) நோடல் லைன்கள் அமைந்திருப்பதைக் கவனிக்கலாம். இதேமாதிரியாக சதுர பிளேட்டுக்குமட்டுமல்ல, கோழி முட்டை வடிவமுள்ள பிளேட்டுகளிலும் சக்கரவடிவமுள்ள பிளேட்டுகளிலும் ஏற்படும் நோடல்லைன்களைப் பரீக்ஷைசெய்து தெரிந்துகொள்ளலாம். மேலே சொன்ன எக்ஸ்பெரிமெண்டில் பிளேட்டை வில்லினுல் மீட்டாமல் ஏதாவது ஒரு வஸ்துவை வைத்துக்கொண்டு தட்டினுலும் வைபரேஷன் ஏற்பட்டு சப்தம் உண்டாகும். இப்பொழுது (percussion) பெர்குஷனினுல் வைபரேஷன் ஏற்படுகின்றதென்று சொல்லப்படும். பிளேட் வைபரேஷன் செய்யும்பொழுது உண்டாகும் சப்தத்தில் அனேக ஓவர்டோன்கள் கலந்துவருகின்றன. அவைகள் ஒரு வரிசைக்கிரமமாக வருவதற்காகத்தான் பிளேட்டை ஒரு இடத்தில் தொட்டுக்கொண்டு மற்றொரு இடத்தில் வில்லை மீட்டுகின்றோம்; அவ்வாறு சிரத்தை எடுத்துக்கொள்ளாமல், கண்டபடி மீட்டினுலும், அல்லது அடித்தாலும் ஏற்படும் சப்தம் காதிற்கு இனிமையாகவில்லாமல், வெறுப்பாகவிருப்பதை கவனிக்கலாம். ஏனெனில்,

இப்பொழுது சப்தத்திலிருக்கும் ஓவர்டோன்களுக்குள், ஒன்றுக்கொன்று ஒத்திராமல் தாறுமாருகவிருப்பதால் அவைகளின் சேர்க்கையினுல் வெறுப்பைக் கொடுக்கின்றது. சக்கர வடிவமுள்ள, கன உலோகத் தகட்டைக் கட்டிக்கொண்டு மர சுத்தியினுல் நடு மத்தியில் அடித்து சப்தம் உண்டுபண்ணுவதை நீங்கள் கவனித்திருக்கலாம். கோவில்களிலும், மற்றும் எல்லாவிடங்களிலும் உபயோகப்படுத்தப்படும் மணிகளை வளைந்த தகடுகளுக்கு ஒப்பிட்டு அவைகள் பல பிரிவுகளாக அசைந்து சப்தத்தை உண்டுபண்ணுகின்றன என்று கருதப்படுகின்றது. அவைகளை சப்தம் செய்வதற்கு நாக்கு என்று சொல்லப்படும் கன உலோகத் துண்டை அதன் நடுவில் தொங்கவிட்டிருக்கின்றதை கவனிக்கலாம். அதைக்கொண்டு மணியின் பக்கத்தில் மோதுவதினுல், அதிர்ச்சி ஏற்பட்டு வைபரேஷன் உண்டாகி சப்தம் கேட்கின்றது. மணி பல பிரிவுகளாக அசையும் பொழுது நோடல் லயின்களில் சில வளைவாகவும், சில நேராகவும் இருக்கும். அவைகளிற்கு (Nodal Circles) நோடல் ஸர்கிள்ஸ் என்றும் (Nodal Meridians) நோடல் மிரிடியன்கள் என்றும் பெயர் சொல்லப்படும். மணி பல பிரிவுகளாக வைபரேஷன் செய்யும்பொழுது, கண்டவாறு ஓவர்டோன்கள் ஏற்பட்டு சப்தத்தை அருவருப்பாகச் செய்யாமலிருப்பதின் பொருட்டு அது அடியில் ஸன்னமாகவும், வரவர தடியாகவும் இருக்கும்படி வார்ப்பிக்கப்படும். வளைவுபிளேட்டின் வைபரேஷனை ஆதாரமாகக் கொண்ட, ஜலதரங்க வாத்தியத்தைப் பார்த்திருப்பீர்கள். பல அளவுள்ள பீங்கான் கோப்பைகளை எடுத்துக்கொண்டு அவைகளில் ஜலத்தைவிட்டு, சிறுகம்புகளால் அவைகளின் விளிம்பில் அடித்து வைபரேஷன் உண்டுபண்ணி மியூஸிகல் ஸ்கேலின்படி நோட்டுகளை வாசிப்பதைக் கவனிக்கலாம். கோப்பையுடன் அதனுள்ளிருக்கும் காற்றும் அசைந்து சப்தத்தைப் பெருக்கிக் கொடுக்கின்றது என்று அறியவேண்டும். ப்ளேட்டுகள் செய்வதுபோல, தோல்களும் வைப

ரேஷன்செய்து சப்தங்களை உண்டுபண்ணும். ஆனால் பிளேட்டுகளுக்கும் தோல்களுக்கும் ஒரு வித்யாஸம் உண்டு. பிளேட்டுகளுக்கு இயற்கையாக (Elasticity) நெகிழ்ச்சி இருப்பதால் அவைகளை இழுத்துக் கட்டவேண்டியதில்லை. ஆனால் தோல்கள் பிளேட்டுகள் மாதிரியாக வைபரேஷன் செய்வதற்கு நுனிகளில் பிகுவாக இழுக்கப் படவேண்டும். அதேமாதிரியாக தோல்களும் பலபிரிவுகளாக வைபரேஷன் செய்யும். இவ்விடமும் நோடல் லைன்கள் உண்டாவதை மணலைக்கொண்டு, முன்போலப் பரீக்ஷைசெய்து அறியலாம். தோலில் வைபரேஷன் உண்டாவதற்கு ஒரு வஸ்துவினால் அடிக்கவேண்டும். இப்பொழுது தோல் வாத்தியங்களில், நாம் அதிகமாக உபயோகப்படுத்தி வருவதும், சிறந்ததுமான மிருதங்கம் என்ற வாத்தியத்தின் அமைப்பைப் பார்ப்போம்.

மிருதங்கம் :— இதன் அமைப்பை 51-ம் படத்திலிருந்து காணலாம். இது பிப்பாய் வடிவமுள்ளதாகவிருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். இதன் நீளம் சுமார் 2 அடி இருக்கும். நடுமத்தியில் இதன் சுற்றளவு சுமார் 3 அடி இருக்கும். இரண்டு பக்கங்களிலும் தோல்களால் மூடப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அவைகளை பிப்பாயின்மேல் தெரியும் நீளத் தோல்களைக்கொண்டு பிகுவாய் இழுத்துப் பிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அவைகளின் அடியில் திரண்டவடிவமுள்ள மரத்துண்டுகளைப் புகுத்தி வைத்திருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அவைகளின் இடங்களைச் சற்று முன்னும் பின்னுமாக மாற்றுவதால், பக்கங்களை மூடியிருக்கும் தோல்களின் பிகுவை மாற்றலாம். அவ்வாறு பிகுவை அதிகப்படுத்தி தோல்களைத் தட்டினால் சப்தத்தின் சுருதி அதிகமாகும். மிருதங்கத்தின் இரண்டு பக்கங்களிலிருக்கும் தோல்களைக் கவனித்தால் ஒன்று சாதாரணமாகவும், மற்றொன்றின் நடுமத்தியில் கருப்பாகவிருப்பதையும் கவனிக்கலாம். கருப்பாக இருக்கும் பாகம் கண் என்று சொல்லப்படும். கண் மற்ற பாகத்தைக் காட்டிலும்

உயர்ந்திருப்பதைக் கவனிக்கலாம். இதன் சுருதி ஷட்ஜமமாக வைத்துக்கொள்ளப்படும். வாசிப்பதற்குமுன், சாதாரணமாகவிருக்கும் தோலின் மத்தியில் ரவைமாவை ஜலத்தில் பிசைந்து தடவிக்கொண்டு சுருதியை இறக்கி பஞ்சமமாக வைத்துக்கொள்ளப்படும். இந்தப் பக்கத்தை இடது கையினுலும் கண் இருக்கும் பக்கத்தை வலதுகை விரல்களினுலும் தட்டுவதினுல் வைபரேஷன் உண்டுபண்ணப்பட்டு சப்தம் உண்டாகும். பிப்பாய்க்குள்ளிருக்கும் காற்றில் ரிஸொனன்ஸ் ஏற்பட்டு சப்தம் அதிகமாகக் கேட்கும். மிருதங்கத்தின் தோல்கள்



படம் 51

வைபரேஷன் செய்வதற்கு அவைகளை விரல்களால் தட்டி வெகு சீக்கிரம் எடுத்துவிடவேண்டும். அவைகளின்மேல் விரல்கள் எப்பொழுதும் பட்டுக்கொண்டிருந்தால் தோல்களினுடைய வைபரேஷன் ஆம்பிளிடியூட் குறைந்து சப்தம் குறைவாகக் கேட்கும். தோல்களின் அசைவினுல் உண்டாகும் சப்தங்களில் ஓவர்டோன்கள் இசைபொருத்தமில்லாமலிருக்கும். அதனுல் சப்தம் காதிற்கு அருவருப்பைக் கொடுக்கும். ஆகையினுல், பொதுவாக தோல் வாத்தியங்கள் அபஸ்வர வாத்தியங்களென்று கருதப்படுகின்றன. அவைகளைத் தாளத்திற்காக உபயோகப்படுத்தப்படும்பொழுது

ஓவர்டோன்களுக்குள் இசைப்பொருத்தம் இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். தோலின் தடிப்பை விளிம்பிலிருந்து மத்திக்கு வரவர அதிகப்படுத்திக்கொண்டு வந்தால் தோலினுல் ஏற்படும் சப்தத்தில் கலந்துவரும் ஓவர்டோன் களுக்குள் இசைப்பொருத்தம் ஏற்பட்டு சப்தம் காதிற்கு இனிமையாகவிருக்கும் என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக் கின்றது. மிருதங்கத்தில் கண் இருக்கும் பக்கம் இம்மா திரி விளிம்பிலிருந்து மத்திக்கு வரும்பொழுது தடிமன் அதிகமாகின்றதென்றும், அதனுல்தான் மிருதங்கத்தின் நாதம் இனிமையாக இருக்கின்றதென்றும் ஸர் ஸி. வி. ராமன் ஆராய்ச்சிசெய்து கூறுகின்றார். பிப்பாயில் ஏதாவது விரிசல் ஏற்படும் பக்ஷத்தில் நாதம் கெட்டுப்போவதைக் கவனிக்கலாம். ஏனெனில் தோலில் ஏற்படும் அதிர்ச்சி பிப்பாயிலும், அதிலிருக்கும் காற்றிலும் ஏற்படுவதனுல் வெளிக்காற்றில் சப்தம் பரவுகின்றது. அதனுல் பிப்பாயில் விரிசல் ஏற்படும்பொழுது, அதன் சப்தம் மாறுதலடைகின்றது என்று அறியவேண்டும்.

கேள்விகள்

51. ஸங்கீத வாத்தியங்களில் இன்றியமையாததாக இருக்க வேண்டிய பாகங்கள் யாவை? ஏதாவது ஒரு வாத்தியத்தை எடுத்துக்கொண்டு விளக்கிக்காட்டுக.

52. வாத்தியங்களை எவ்வளவு வகைகளாக பிரித்துக்கொள் ளலாம்? எதைக்கொண்டு இவ்வேறுபாடு செய்யப்படுகின்றது?

53. வீணையின் அமைப்பைப் படத்தில் வரைந்து அதன் ஒவ்வொரு பாகத்தின் உபயோகத்தைப்பற்றி விவரித்து எழுதுக.

54. தம்பூராவின் அமைப்பைப் படத்தில் வரைந்து அதன் ஒவ்வொரு பாகத்தின் உபயோகத்தைப்பற்றி விவரித்து எழுதுக.

55. தம்பூரின் பாலத்திற்கும், வீணையின் பாலத்திற்கும் உள்ள வித்தியாசம் யாது? அவைகளின் அமைப்பைப் படத்தில் காண்பிக்கவும்.

56. எங்-ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் விதி என்றால் என்ன? அந்த விதி தம்பூரிலும், வீணையிலும் அனுஷ்டிக்கப்படுகின்றதா?

57. தம்பூராவின் நாதத்திற்கும், வீணையின் நாதத்திற்கும் உள்ள வித்தியாசத்திற்கு ஸர் சி. வி. ராமன் கூறும் சமாதானம் யாது?

58. பிடிலின் அமைப்பைப் படத்தில் வரைந்து அதன் ஒவ்வொரு பாகத்தின் உபயோகத்தைப்பற்றி எழுதுக. எவ்வாறு பிடிலிலிருந்து சப்தம் உண்டாகின்றது?

59. புல்லாங்குழலின் அமைப்பைப் படத்தில் காட்டி அதிலிருக்கும் காற்று எவ்வாறு வைபரேஷன் செய்து சப்தத்தை உண்டு பண்ணுகின்றது என்பதற்குக் கொடுக்கப்படும் சமாதானங்களை விவரித்து எழுதுக.

60. ரீடு வாத்தியங்களில் எவ்வளவு வகையுண்டு? ஹார்மோனியத்தில் இருக்கும் ரீடுகள் எவ்வாறு சப்தம் செய்கின்றன?

61. பெர்குஷன் வாத்தியங்களின் முக்கிய கருத்து என்ன? மிருதங்கத்தின் அமைப்பைப் படத்தில் காட்டி எவ்வாறு அதில் சப்தம் உண்டாகின்றது என்று எழுதவும்.

62. (Chladni's figures) சிலாட்னியின் கோலங்கள் என்றால் என்ன? அவைகளைக் காண்பிவிக்க ஒரு எக்ஸ்பெரிமெண்டை எழுதுக. அவைகள் எதனால் உண்டாகின்றன?

63. கீழ்க்கண்டவைகளைப்பற்றி சுருக்கமாக எழுதுக:—

(1) வுல்ப்நோட் (Wolf note), (2) நோடல் லைன்கள், (3) மணி, (4) ஜலதரங்க வாத்தியம்.

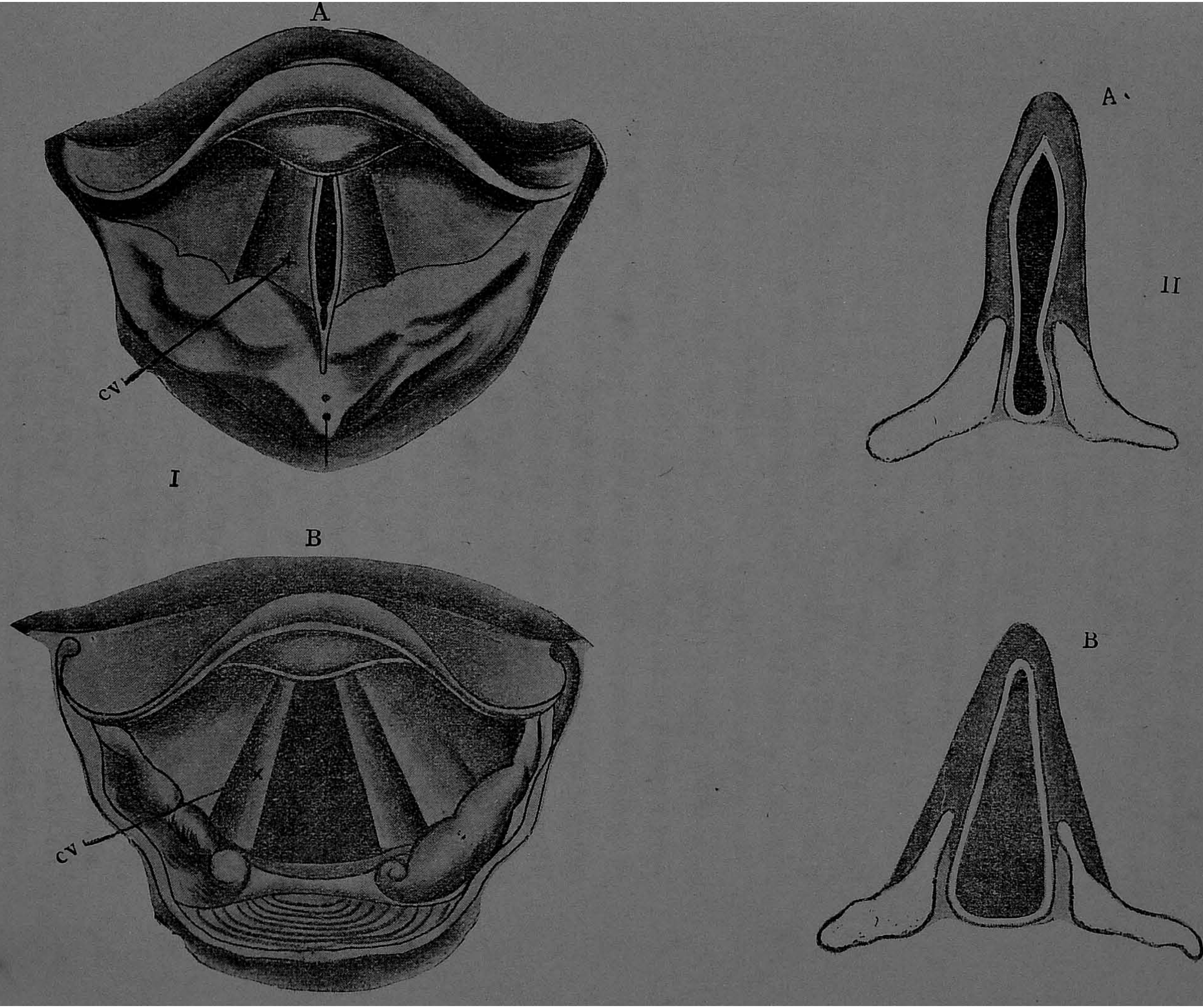
அத்தியாயம் 7

(Larynx and Ear)

பேசும் அவயவமும், காதும்

[லாரிங்ஸ்—ஸங்கீத வாத்தியங்களில் மனிதனது பேசும் அவயவம் மிகவும் சிரேஷ்டமானது—அகார உகார சப்தங்கள் செய்யும் விதம்—ஹெம்ஹோல்ட்ஸின் சர்ச்சை—காதின் அமைப்பு—காதினுல் கேட்கக் கூடிய சுருதி எல்லை.]

ரீடு வாத்தியங்களில் சிரேஷ்டமானது மனிதனது பேசும் அவயவம். அதற்கு (Vocal organ) வோகல் ஆர்கன் அல்லது (Larynx) லாரிங்ஸ் என்று சொல்லுவார்கள். தொண்டையில் முன் பக்கத்திலிருக்கும் (Wind-pipe) என்று சொல்லப்படும் குழாயின் மேல் பாகத்தில் (Vocal chords) வோகல் கார்டுகள் என்று சொல்லப் பட்ட இரண்டு பிருவான மெல்லிய தோல்கள் அமைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. அவைகள் (Muscles) தசைகளினுல் பிருவாக இழுக்கப்பட்டு காற்றுக் குழாயின் துவாரத்தை மூடிக்கொண்டிருக்கின்றன. அவைகள், நாம் மூக்கினுல் காற்றை உட்கொள்ளும்பொழுது நன்ருக விலகுவதினுல் காற்று ஈரல்களுக்குச் செல்லுகின்றது. அப்பொழுது 52-ம் படத்தில் C V என்று போடப்பட்டிருக்கும் (Vocal chords) தோற்றத்தை B என்ற இடத்தில் காணலாம். ஈரல்களிலிருந்து நாம் வெளியே சுவாசிக்கும்பொழுது அனுப்புகின்ற காற்று வெளிவரும்பொழுது (Vocal chords) வோகல் கார்டுகள் A என்ற இடத்தில் காண்பிக்கப்படுவதுபோல் சற்று நெருங்கி இருக்கின்றன. நாம் ஆகாரம் உட்கொள்ளும்பொழுது தவறி (Wind-pipe) என்று சொல்லப்படும் காற்றுக் குழாயின் வழியாக செல்ல முயன்ருல் உடனே மூச்சு திணறுவதைக் கவனிக்கலாம்.



படம் 52

ஏனெனில் அப்பொழுது (Vocal chords) வோகல் கார்டு கள் நன்ருக நெருங்கி துவாரத்தை மூடிக்கொண்டு விடுவதினுல் நமக்கு மூச்சு திணறுகின்றது.

அவைகளின் முக்கியமான உபயோகம் நாம் பேசும் பொழுது ஏற்படும் சப்தங்களுக்குக் காரணமாயிருப்பது தான். ஈரல்களிலிருந்து காற்று வெளியே வரும்பொழுது (Vocal chords) என்று சொல்லப்படும் ரீடுகளுக்கு சமானமாயுள்ள மெல்லியதோல்களே அசைக்கச் செய்கின்றது. அதாவது (Vocal chords) வோகல் கார்டுகளிரண்டும் வைபரேஷன் செய்கின்றன. அவ்வாறு வைபரேஷன் செய்வதால் காற்றில் அதிர்ச்சி ஏற்படுமென்று உங்களுக்கு முன்பே தெரியும். அந்த அதிர்ச்சியை வாயிலிருக்கும் காற்று அதிகப்படுத்தி வெளியே அனுப்புவதால் நாம் சப்தத்தைக் கேட்கின்ரேம். அதாவது மனிதனுடைய வாயானது கம்பிவாத்தியங்களிலிருக்கும் (Sound-Box) ஸவுண்ட் பாக்ஸைப்போல் உபயோகப்படுகின்றது என்று கருதலாம். சுருதிமாறுதல்கள் செய்வதற்கு (Vocal chords) வோகல் கார்டுகளேப் பிடித்துக்கொண்டிருக்கும் (Muscles) தசைகள் உபயோகமாகவிருக்கின்றன. அவைகளேப் பிகுவாக பிடித்தால் சுருதி அதிகமாகவும், தளரப்பிடித்தால் குறைவாகவும் ஏற்படும். சிறு வயதில் (Vocal chords) வோகல் கார்டுகள் மெல்லியதாக இருப்பதால்தான் சிறுவர்களின் சாரீரம் சுருதி அதிகமாயிருக்கின்றது. வயது ஆக ஆக (Vocal chords) வோகல் கார்டுகள் மொத்தமாக ஆவதினுல் சுருதி குறைகின்றது. இதை எல்லோரும் கவனித்திருப்பீர்கள். தவிர ஸ்திரீகளின் (Vocal chords) வோகல் கார்டுகள் இயற்கையாகவே புருஷர்களுடைய (Vocal chords) வோகல் கார்டுகளேக் காட்டிலும் மெல்லியதாக அமைக்கப்பட்டிருப்பதால், அவர்களுடைய சாரீரத்தின் சுருதி புருஷர்களின் சுருதியைக் காட்டிலும் அதிகமாயிருக்கின்றது. நாம் பேசும்பொழுது ஏற்படும் சப்தங்களின் சுருதி

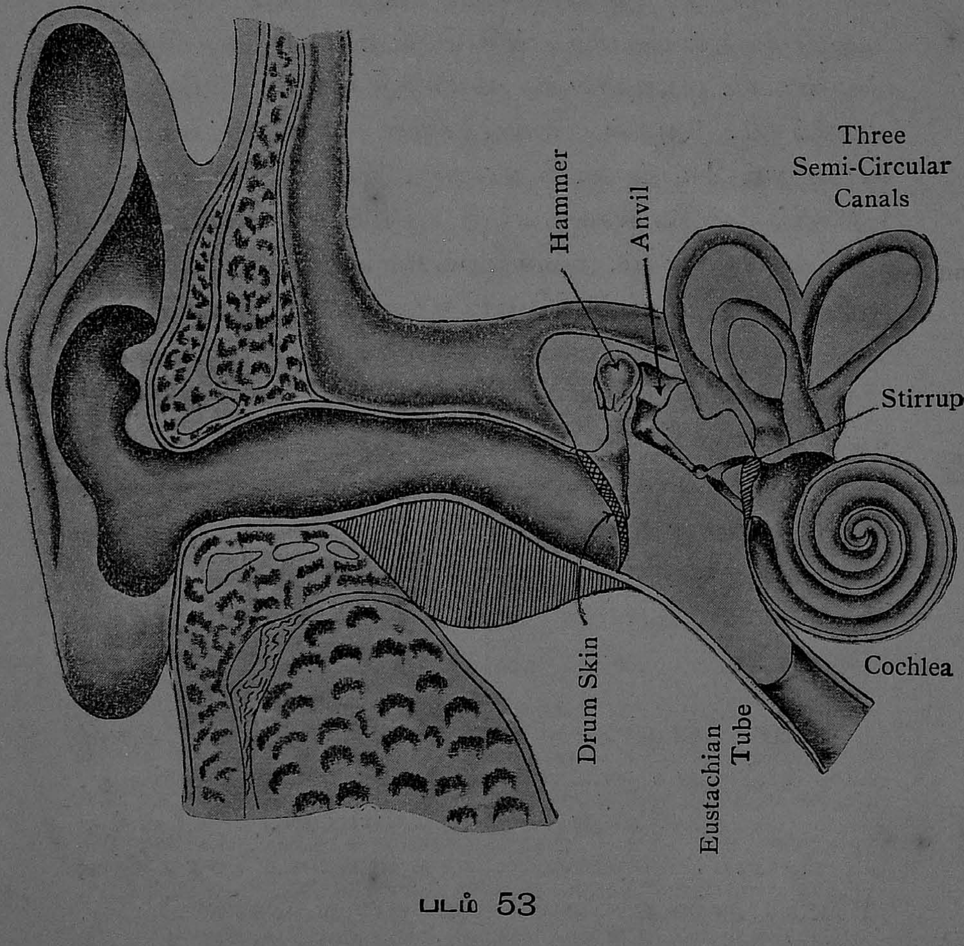
(Vocal chords) வோகல் கார்டுகளைப் பொருந்தியிருந்த போதிலும், சப்தங்களின் குணம் (Quality) வாயினுடைய அமைப்பையும், மூக்கினுடைய அமைப்பையும் பொருந்தியிருக்கின்றது. நாம் பேசும்பொழுது, வாயிலிருக்கும் காற்றின் ஒத்தாசையைக்கொண்டும் மூக்கிலிருக்கும் காற்றின் ஒத்தாசையைக்கொண்டும் சப்தங்கள் உண்டுபண்ணலாம் என்று எல்லோரும் அறிவீர்கள். தவிர (Vocal chords) வோகல் கார்டுகளின் வைபரேஷன் இல்லாமலும் சப்தம் உண்டாகலாம். நாம் குசுகுசுஎன்று பேசும்பொழுது உதடுகளின் அசைவைக்கொண்டு சப்தத்தை உண்டுபண்ணுகின்றோம். மனிதனுடைய பேசும் அவயவத்தை ஒரு ஸங்கீத வாத்தியத்திற்கு ஒப்பிடலாம். ஈரல்களிலிருந்துவரும் காற்று (Vocal chords) வோகல் கார்டுகளென்று சொல்லப்படும் ரீடுகளை வைபரேஷன் செய்யச் செய்து, அதனால் ஏற்படும் அதிர்ச்சியை வாயிலிருக்கும் காற்று ரிஸொனன்ஸினால் பெருக்கி வெளியே அனுப்புகின்றது. அந்த அதிர்ச்சி காற்றில் பரவி நம்முடைய காதுகளில் விழும்பொழுது நாம் சப்தத்தைக் கேட்கின்றோம். எல்லா வாத்தியங்களைக் காட்டிலும் மனிதனுடைய பேசும் அவயவம் உயர்ந்தது என்று கருதப்படுகின்றது. ஏனெனில் மற்ற வாத்தியங்களினால் செய்ய முடியாத உயிரெழுத்து சப்தங்களை மனிதன் செய்வதினால் மனிதனுடைய பேசும் அவயவம் சிரேஷ்டமானது. எவ்வாறு உயிரெழுத்து சப்தங்களை மனிதன் உச்சரிக்கின்றான் என்றும், ஒரு உயிரெழுத்து சப்தத்திற்கும், மற்றொரு உயிரெழுத்து சப்தத்திற்கும் உள்ள வித்தியாசம் என்னவென்றும், அவைகளின் பண்பு (Quality) எவ்வாறென்றும் இம்மாதிரியான சர்ச்சைகள் ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் என்ற பௌதிக ஆராய்ச்சிக்காரரால் செய்யப்பட்டிருக்கின்றது. எல்லா விதமான சப்தங்களும் தனிப்பட்ட சப்தங்களல்லவென்றும், ஓவர்டோன்களுடன் கலந்து வருகின்றனவென்றும் முன்பு பார்த்தோம். அது

போலவே உயிரெழுத்து சப்தங்களை நாம் சொல்லும் பொழுது, அந்த சப்தங்களிலும், ஓவர்டோன்கள் அடங்கி யிருக்கின்றன. இப்பொழுது உ என்று ஒரு சுருதியில் சொல்வதாக வைத்துக்கொள்ளுவோம். அப்பொழுது (Vocal chords) வோகல் கார்டுகள் வைபரேஷன் செய்து, அந்த சப்தத்தை உண்டுபண்ணுகின்றது என்று பார்த் தோம். அந்த சப்தத்தில் (Fundamental) பண்டமெண் டல் என்று சொல்லப்படும் மூல சுருதியைத் தவிர இரண்டு மடங்கு வைபரேஷன் எண்ணுள்ள முதல் ஓவர்டோனும், மூன்றுமடங்கு வைபரேஷன் எண்ணுள்ள இரண்டாவது ஓவர்டோனும், இவ்வாறு பல ஓவர்டோன்களுடன் உ என்ற சப்தம் வெளிவருகின்றது. அவ்வாறு ஏற்படும் சப் தத்தில் நம்முடைய வாயிலிருக்கும் காற்று எல்லா ஓவர் டோன்களுக்கும் பலம் கொடுப்பதல்லாமல், சில ஓவர் டோன்களுக்கு அதிகமான பலத்தைக் கொடுத்தனுப்பு கின்றது. அதனுல்தான் உ என்று சொல்லும்பொழுது ஒரு விதமாகவும் ஓ என்று சொல்லும்பொழுது மற்ருெரு விதமாகவும், இம்மாதிரியாக வெவ்வேறு உயிரெழுத்துகள் சொல்லும்பொழுது அதற்குத் தகுந்தாப்போல், வாயை யும் நாம் வைத்துக்கொள்ளுகிருேம். ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் என்பவர், அவ்வாறு விதவிதமாக வாயை நாம் வைத்துக் கொள்ளும்பொழுது, வாயிலிருக்கும் காற்றின் இயற்கை சுருதி என்னவென்பதை பல டியூனிங் போர்க்குகளைக் கொண்டு ஒவ்வொன்ருகத் தட்டி, வாய்க்கு நேராக வைத் துக்கொள்வதனுல் கண்டுபிடித்தார். சில உயிரெழுத்து சப்தங்களைச் சொல்லும்பொழுது வாயிலிருக்கும் காற்று இரண்டு ஓவர்டோன்களை அதிக பலத்துடன் அனுப்புவ தாகவும், மற்றும் சில உயிரெழுத்து சப்தங்களைச் சொல் லும்பொழுது, அப்பொழுது வாயிலிருக்கும் காற்று ஒரு ஓவர்டோனை மட்டும் அதிக பலத்துடன் அனுப்புவ தாகவும் கண்டுபிடித்திருக்கிருர். தவிர எந்த சுருதியில் உயிரெழுத்துக்களை உச்சரித்தபோதிலும், வாயிலிருக்கும்

காற்று அதிக பலப்படுத்தி அனுப்புகின்ற ஓவர்டோனின் சுருதி மாறுகிறதில்லை என்றும் கண்டுபிடித்திருக்கிறார். ஆகையால் அதிக பலப்பட்டு வருகின்ற ஓவர்டோனையோ, அல்லது ஓவர்டோன்களைக்கொண்டோ எந்த உயிரெழுத்து என்று சொல்லிவிடலாம் என்று அபிப்பிராயப்படுகின்றார். அவர் கண்டுபிடித்த மேற்கூறிய விஷயங்களை மற்றொரு முறையில் எக்ஸ்பெரிமெண்டு செய்து ஊர்ஜிதப்படுத்திக் கொண்டார். அதாவது மூலசுருதிக்கு ஒரு டியூனிங் போர்க்கும், அதன் வைபரேஷன் எண்ணிக்கையைக் காட்டிலும் 2 மடங்கு, 3 மடங்கு, இம்மாதிரி 8 மடங்கு வரையில் அதிகமாகவுள்ள 8 டியூனிங் போர்க்குகளை எடுத்துக்கொண்டும், அவையவைகளிற்கு எதிரில், அததற்குத் தகுந்தாற்போல் ரிஸொனேடர்கள் எடுத்துக்கொண்டும், எல்லா டியூனிங் போர்க்குகளையும் மின்சார சக்தியினால் வைபரேஷன் செய்யச் செய்து உயிரெழுத்து சப்தங்களை உச்சரிக்கும்படி செய்தார். இதிலிருந்து அவர் முதலில் கண்டுபிடித்த விஷயங்களை நிரூபித்தார். அவர் கண்டுபிடித்த விஷயங்களை அவருக்குப் பிறகு பல பௌதிக சாஸ்திரிக்ஞர்களும் எக்ஸ்பெரிமெண்ட் செய்து அவருடைய ஆராய்ச்சி சரி என்று கண்டுபிடித்திருக்கிறார்கள்.

Ear (காது):—காதின் அமைப்பு பேசும் கருவியைக் காட்டிலும் நுட்பமாக அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. 53-ம் படத்திலிருந்து அதன் அமைப்பைத் தெரிந்து கொள்ளலாம். முதலில் மடலாக விருக்கும் பாகத்திற்கு (Pinna) அல்லது வெளிக்காது என்று சொல்லப்படும். மனிதர்களுக்கும் மிருகங்களுக்கும் மாத்திரம் வெளிக்காது இருக்கின்றது. பக்ஷிகளுக்கு வெளிக்காது கிடையாது. மிருகங்களுக்கு வெளிக்காதை அசைக்கும் தன்மையிருக்கின்றது. ஆனால் மனிதர்களுக்கு அவ்வாறு அசைக்க முடியாது என்பதை நாம் அறிவோம். அதன் உபயோகம் என்னவெனில் சப்தம் செய்யும் வஸ்துவிடமிருந்து

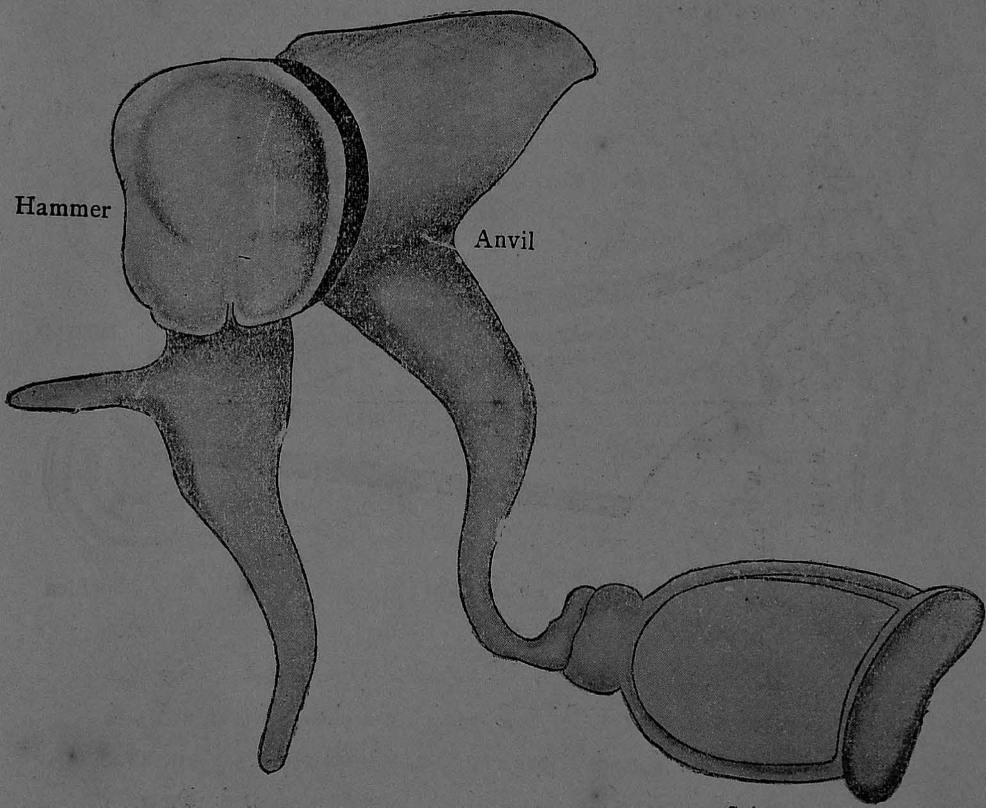
காற்றில் வருகின்ற அலைகளைக் குவித்து காதிற்குள் அனுப்புவிக்கும். வெளிக்காதிற்குப் பின்னுலிருக்கும் துவாரத்திற்கு (Middle ear) நடுக்காது என்று பெயர். வெளிக்காதிலிருந்து நடுக்காது தொடர்ச்சியாக விருக்கின்றதைக்



படம் 53

கவனிக்கலாம். வெளிக்காதிலிருந்து உள்ளே போகும் துவாரம் நேராகச் செல்லாமல் சற்று வளைந்து செல்லுகின்றது. துவாரத்தின் பக்கங்களில் சிறு ரோமங்கள் வளர்ந்திருப்பதுடன் குரும்பை என்று சொல்லப்படும் ஒருவிதமான மெழுக்கு இருக்கின்றது. அதன் உபயோ

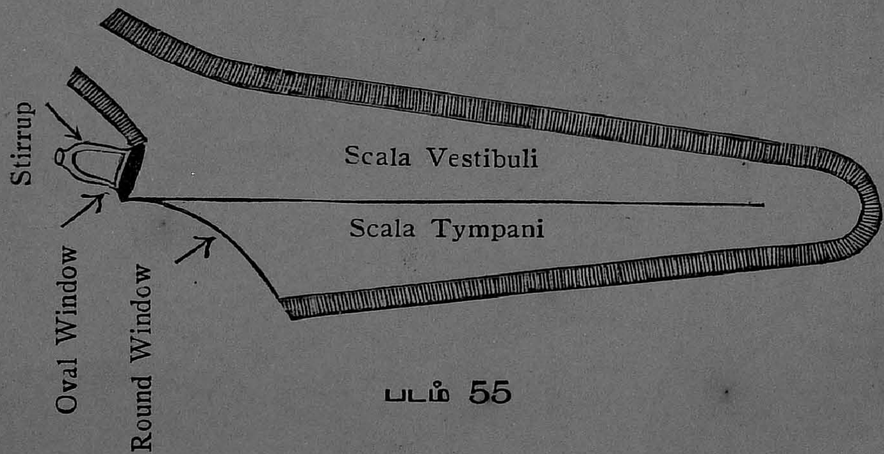
கம் என்னவென்றால் எறும்பு முதலிய சிறு பூச்சிகள் சுலபமாக உள்ளே செல்ல முடியாது. நடுக்காதின் கடைசியில் (Drum Skin) டிரம்ஸ்கின் என்று சொல்லப்படும் மெல்லிய தோலிருக்கின்றது. அதன் இடத்தைப் படத்திலிருந்து காணலாம். வெளிக்காதிலிருந்து நடுக்காதின்



படம் 54

வழியாக வரும் அலைகள் (Drum Skin) டிரம்ஸ்கின் என்னும் தோலை மோதும். அந்தத் தோலின் பின் பக்கத்தில் தொடர்ச்சியாக மூன்று எலும்புகள் இருக்கின்றன. அவைகள் தனியாக 54-ம் படத்தில் காண்பிக்கப்படுகின்றன. அவைகளை (Ossicles) ஆஸிகிள்ஸ் என்று பொதுவாகச்

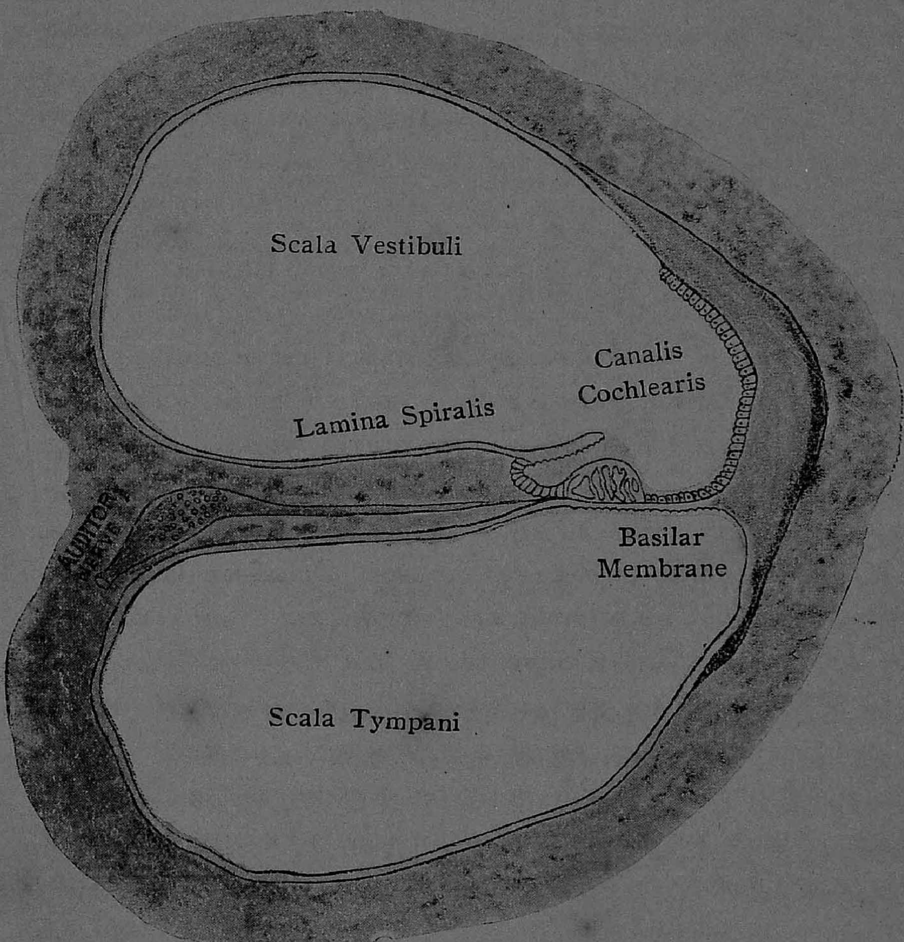
சொல்லலாம். மூன்றையும் தனித்தனியே அவையவைகளின் உருவத்திற்குத்தகுந்தாற்போல் (Hammer) ஹாம்மர் என்றும், (Anvil) ஆன்வில் என்றும், (Stirrup) ஸ்டிரப் என்றும் சொல்லப்படும். இந்த எலும்புத் தொடர்களின் கடைசி எலும்பு (Stirrup) ஸ்டிரப்பென்பது உள் காதின் துவாரத்தை மூடிக்கொண்டிருக்கின்றது. சப்தத்தைக் கேட்பதின் பொருட்டு அமைக்கப்பட்டிருக்கும் உள் காதின் முக்கியமான பாகம் (Cochlea) காக்லியா என்று சொல்லப்படுவது. அதை முதலில் பார்த்த படத்திலிருந்து காணலாம். அதன் அமைப்பு நத்தைக்கூட்டை யொத்திருக்கின்றது. அது அடியில் பருமனாகவும் நுனியில் குறுகியும் இருக்



படம் 55

கின்றது. அது சுருட்டிக்கொண்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அந்த சுருளை நிமிர்த்து காட்டப்பட்டிருப்பதை 55-ம் படத்தில் பார்த்தால் அடியில் பருமனாகவும், நுனியில் சிறுத்துமிருப்பதை அறியலாம். அதன் உள்ளில் இரண்டு அறைகளாக அடியிலிருந்து நுனிவரையிலும் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அவ்வாறு பிரிக்கப்பட்டிருக்கும் அடைப்பு (Basilar membrane) பேஸிலர் மெம்பரேன் என்று சொல்லப்படும். அந்தத் தோலானது அடியில் அகலமாகவும் நுனியில் குறுகலாகவும் இருக்கின்றது. அந்தத் தோலிலிருந்து (Auditory nerves) கேள்வி நரம்புகள் என்று சொல்லப்படும் நரம்புகள் மூளையுடன்

இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அவைகளை (Cochlea) காக்லியாவின் குறுக்கமைப்பைக் காண்பிக்கும் படத்திலிருந்து (56-ம் படம்) காணலாம். அதில்



படம் 56

ஆயிரக்கணக்கான சிறு நரம்புகள் (Fibres) இருக்கின்றன; அவைகள்தான் நாம் கேட்கும் சப்தத்திற்குக் காரணமாகவிருக்கின்றன. அவைகள் மெல்லிய கம்பிகளுக்கு ஒப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன. அவைகள் (Basilar membrane) பேஸிலர் மெம்பரேனின் அடியிலிருந்து நுனிக்

குச் செல்லுங்கால் குட்டையாக ஆகின்றன. தவிர அவைகளின் பிகு அதிகமாகிக்கொண்டும் வருவதாகக் கருதப்படுகின்றது. அவைகளில் ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன் ஏற்படுவதினுல் மூளைக்குக் கேள்வி நரம்புகள் மூலமாக சப்தத்தின் உணர்ச்சி செல்லுகின்றது என்று கருதப்படுகின்றது. அதாவது ஒரு சப்தம் வரும்பொழுது அதற்குண்டான அலைகள் (Drum Skin) டிரம் ஸ்கின்னில் மோதி அதிர்ச்சி (Cochlea) காக்லியாவில் பரவுகின்றது. அப்பொழுது அந்த அதிர்ச்சிக்குக் காரணமாயுள்ள வைபரேஷன் எண்ணிற்குத் தகுந்தாற்போல் (Basilar membrane) பேஸிலர் மெம்பரேனில் உள்ள நரம்புகள் ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன்செய்து அதனுல் கேள்வி நரம்புகளின் மூலமாக மூளைக்கு சப்தத்தின் உணர்ச்சி ஏற்படுகின்றது. கேட்கும் சப்தத்தின் சுருதி குறைவாயிருந்தால் (Basilar membrane) பேஸிலர் மெம்ப்ரேனின் அடிபாகத்திலிருக்கும் நரம்புகள் ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன் செய்கின்றனவென்றும் சுருதி அதிகமாயிருந்தால் பேஸிலர் மெம்பரேனின் நுனிபாகத்திலிருக்கும் நரம்புகள் ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன் செய்கின்றனவென்றும் சொல்லப்படுகின்றது. இந்த விஷயத்தை சீமைப்பெருச்சாளியின் காதில் பரீக்ஷை செய்து ஊர்ஜிதப்படுத்தப்பட்டது. சீமைப்பெருச்சாளியின் காதில் ஓயாமல் ஒரு சுருதியில் இரைச்சலான சப்தத்தை விழும்படிசெய்து கொஞ்சம் நேரம் கழித்து அதன் காதை அறுத்து (Basilar membrane) பேஸிலர் மெம்பரேனைப் பரீக்ஷை செய்து பார்த்தபொழுது அதில் ஒரு பாகம் அறுந்து போயிருந்தது. அறுந்துபோன பாகம் வெளியே ஏற்படும் சப்தத்தின் சுருதிக்குத் தக்கவாறு அதிகமாகயிருந்தால் நுனி பாகத்திலும் குறைவாயிருந்தால் அடிபாகத்திலும் இருக்கின்றது என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இதிலிருந்து சப்தத்தின் உணர்ச்சியை அறியச்செய்வதற்குக் காதுகளில் உள்ள பாகங்களில் (cochlea) காக்லியா முக்கியமானதென்றும்,

அதிலிருக்கும் (Basilar membrane) பேஸிலர் மெம்பரேனைக்கொண்டுதான் நாம் உணருகின்றோம் என்றும் அறிகின்றோம். சுமார் 24,000 நரம்புகள் பேஸிலார் மெம்பரேனிலிருப்பதாக, கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அவைகளில் ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன் ஏற்பட்டு நாம் சப்தத்தை அறிகிறோமாதலால் அதற்குத் தகுந்தவாறு நாம் கேட்கும் சப்தங்களின் சுருதிக்கு உயர்ந்த எல்லையும் தாழ்ந்த எல்லையும் இருக்கவேண்டுமென்று அறியலாம். பரீக்ஷைசெய்து பார்த்ததிலிருந்து கீழே சுமார் 32-க்குக் குறைவாக வைபரேஷன் உண்டானால் சப்தம் கேட்காதென்றும் மேலே சுமார் 10,000-க்கு அதிகமாக வைபரேஷன் ஏற்பட்டால் சப்தம் கேட்காதென்றும் கண்டுபிடிக்கப்படுகின்றது. சங்கீத ஸம்பந்தமாக 4000-த்திற்கு மேல் சுருதியுள்ள நோட்டுகள் உபயோகப்படுத்தப்படவில்லை. நாம் சாதாரணமாக 11 ஸ்தாயி வரையில் சப்தம் கேட்கக்கூடுமென்று கருதப்படுகின்றது.

கேள்விகள்

64. மனிதனது பேசும் அவயவத்தைப்பற்றி எழுதுக.

65. ஸங்கீத வாத்தியங்களில் மனிதனது பேசும் அவயவம் மிகவும் சிரேஷ்டமானது என்று கூறப்படுகின்றது. அதற்குக் காரணம் என்ன?

66. உயிரெழுத்து சப்தங்களின் வித்தியாசம் எவ்வாறு ஏற்படுகின்றது?

67. காதைப்பற்றி எழுதுக.

68. கீழ்க்கண்டவைகளைப்பற்றி சுருக்கமாய் எழுதுக:—

(1) (Ossicles) ஆஸிகிள்ஸ் என்னும் எலும்புத் தொடர்.

(2) (Basilar Membrane) பேஸிலர் மெம்பரேன்.

(3) கேட்கக்கூடிய சப்தங்களின் சுருதியின் எல்லைகள்.

அத்தியாயம் 8

(Analysis and Synthesis of Sounds)

சப்தங்களின் விபாகமும், அவைகளின் கலவைகளும்

[இனிமையான சப்தங்களின் வேறுபாடுகள்—இன்டன்ஸிடி—பிட்சு—குவாலிடி—ஸிம்பிள் பெண்டுலத்தின் வைபரேஷன்—பிடில் கம்பியின் வைபரேஷன்—இவை இரண்டிற்கும் உள்ள வித்தியாசம்—ஸிம்பிள் டோன் அல்லது தனித்த சப்தம்—காம்பௌண்ட் டோன் அல்லது கலப்பான சப்தம்—கலப்பான சப்தத்தை விபாகம் செய்யும் விதம்—ஹெம்ஹோல்ட்ஸின் சர்ச்சை—ஓவர்டோன்களின் சேர்க்கை—உயிரெழுத்து சப்தங்களை உண்டுபண்ணும் விதம்—ஸிம்பிள் டோனிற்கு உண்டான வளைந்த கோடு—காம்பௌண்ட் டோனுக்கு உண்டான வளைந்த கோடு—அதிலிருந்து ஓவர்டோன்களைக் கண்டுபிடிக்கும் விதம்—சப்தங்களை ரிக்கார்டு செய்யும் விதம்—மில்லரின் முறை—ஆஸிலோகிராப்பை உபயோகப்படுத்தி ரிக்கார்டு செய்யும் விதம்.]

முதல் அத்தியாயத்தில் சப்தங்களில் இரண்டு விதங்கள் உண்டென்றும், அவைகள் இனிமையான சப்தங்களென்றும், இனிமையில்லாத சப்தங்களென்றும் கூறப்படுமென்று பார்த்தோம். இனிமையான சப்தங்களுக்குள் மூன்று விதமாக மாறுபாடு ஏற்படலாம். உதாரணமாக மூன்று பிடில்களை எடுத்துக்கொண்டு முதலில் ஒரு பிடிலில் ஒரு நோட்டை வாசித்து அதைக் கேட்போம். பிறகு இரண்டு பிடில்களையும், அதே நோட்டை வாசிக்குமாறு செய்து அந்த சப்தத்தைக் கேட்போம். அதுபோல மூன்று பிடில்களையும் அதே நோட்டை வாசிக்குமாறு செய்து அந்த சப்தத்தையும் கேட்போம். மூன்று சப்தங்களுக்குள்ள வித்யாசம் என்னவென்பதை கவனிக்கும்பொழுது, முதலில் கேட்ட சப்தத்தைக் காட்டிலும்,

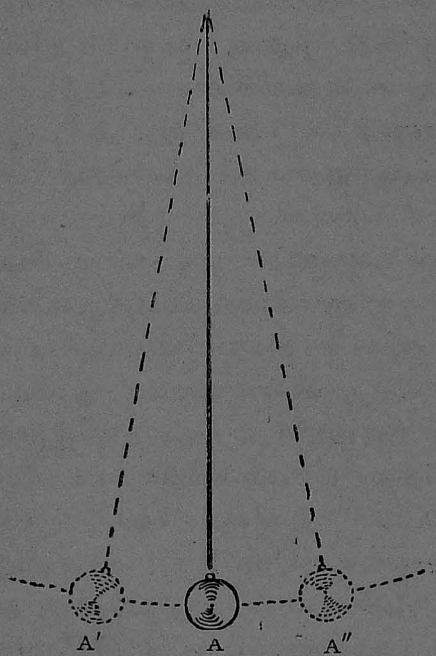
இரண்டாவது கேட்ட சப்தம் முழக்கமாயிருக்கின்றதையும், அதைக் காட்டிலும் மூன்றாவது தடவை கேட்ட சப்தம் அதிக முழக்கமாயிருக்கின்றதையும், அறிகின்றோம். ஆகையினால் இனிமையான சப்தங்களுக்குள் (Loudness) லவுட்நெஸ் அல்லது (Intensity) இன்டன்ஸிடி என்ற தன்மை மாறுவதினால் அதைக்கொண்டு அவைகளை வேறாக அறியலாம் என்று உணருகிறோம். இப்பொழுது மற்றொரு வித்யாசத்தைப் பார்ப்போம். ஸோனமிடரில் உள்ள கம்பியின் முழு நீளத்தையும் வைத்துக்கொண்டு மீட்டினால் உண்டான சப்தத்தைக் கேட்டுக்கொண்டு நீளத்தை ஒரு பிரிட்ஜின் உதவியால் குறைத்து முன்போல ஒரு ரீதியாக மீட்டி, அப்பொழுது வரும் சப்தத்தைக் கேட்டால் முதலில் கேட்கின்ற சப்தமும், இரண்டாவது தடவை கேட்கின்ற சப்தமும் (Loudness) லவுட்நெஸ் என்னும் தன்மையில் ஒன்றாகவிருந்தாலும் அவைகளுக்குள் ஒரு வித்தியாசமிருக்கின்றதை அறியலாம். அதாவது இரண்டாவது தடவை கேட்கின்ற சப்தம் முதலில் கேட்கின்ற சப்தத்தைக் காட்டிலும் சுருதி அதிகமாகவிருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். ஆகையினால் (Loudness) லவுட்நெஸ் என்னும் தன்மையில் இரண்டு சப்தங்கள் ஒன்றாக இருந்தபோதிலும் சுருதி (Pitch) பிட்சு என்னும் தன்மையைக் கொண்டு அவைகளின் வித்தியாசத்தை அறியலாம் என்று உணரவேண்டும். ஒரே நோட்டை ஏறக்குறைய ஒரே (Loudness) முழக்கத்துடன் பல வாத்தியங்களில் வாசித்தோமானால் அவைகள் ஒவ்வொன்றிற்குள்ளிருக்கும் வித்யாசத்தை அறியலாம்.

(Pitch) பிட்சு, (Loudness) லவுட்நெஸ் என்று சொல்லப்படும் தன்மைகளில் சப்தங்கள் ஒன்றாக இருந்தபோதிலும் (Quality) குவாலிடி அல்லது (Timbre) டிம்பர் என்ற தன்மையில் வித்தியாசம் ஏற்படுவதினால் ஒவ்வொன்றையும் வெவ்வேறாக அறிகின்றோமென்று கருதப்படுகின்றது. ஆகையினால் இனிமையான சப்தத்

திற்கு மூன்று தன்மைகளிருக்கின்றன என்று அறிகின்ரேம். அவைகள் (Loudness) லவுட்நெஸ் அல்லது (Intensity) இன்டென்ஸிடி, (Pitch) பிட்சு, (Quality) குவாலிடி அல்லது (Timbre) டிம்பர் என்று கூறப்படுகின்றன.

இப்பொழுது, இந்த மூன்று தன்மைகளும் சப்தத்திற்கு உண்டான காற்றிலிருக்கும் அலைகளில் எந்தெந்த அம்சங்களை ஒட்டியிருக்கின்றன என்பதை விசாரிக்கும் பொழுது (Loudness) லவுட்நெஸ் என்று சொல்லப்படும் தன்மை அவைகளின் வைபரேஷனின் (Amplitude) ஆம்ப்ளிடியூடை பொருத்திருக்கின்றதென்றும், (Pitch) பிட்சு என்று சொல்லப்படும் தன்மை, அவைகளின் வைபரேஷனின் எண்ணைப் பொருத்திருக்கின்றதென்றும் சுலபமாக அறியலாம். மூன்ருவது தன்மையான (Quality) குவாலிடி எதைப்பொருத்திருக்கின்றதென்பதைப்பற்றி விபரமாக இப்பொழுது பார்க்கவேண்டும். காற்றில் சப்தம் பரவும்பொழுது ஒவ்வொரு அணுவும் வைபரேஷன் செய்கின்றதென்று சொன்னேம். தவிர ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் ஏற்படும் அசைவு திரும்பத் திரும்ப அம்மாதிரி ஏற்பட்டுக்கொண்டிருக்கவேண்டுமென்று பார்த்தோமே யொழிய, அந்த குறிப்பிட்ட நேரத்தில் எந்த விதமான (Form of Vibration) அசைவைச் செய்கின்றதென்ற விஷயத்தைப் பார்க்கவில்லை. அதையறிய கீழ்க்கண்ட உதாரணங்களைப் பார்ப்போம். ஸிம்பிள் பெண்டுலம் அசையும் விதத்தை முன்பு பார்த்தீர்கள். அதில் உருண்டை ஒரு புறமிருந்து மற்றொரு புறத்திற்கு நிதானமாகப் போய்க்கொண்டிருக்கின்றதைப் பார்க்கலாம். 57-ம் படத்தில் உருண்டை A'' என்ற இடத்திலிருந்து புறப்பட்டு வரும்பொழுது அதைத் தொடர்ந்து கொண்டே பார்த்தால், ஆரம்பத்தில் வேகம் குறைவாகவிருப்பதையும், A என்ற இடத்திற்கு வரும் வரையில் நிதானமாக வேகம் அதிகமாகிக்கொண்டுவந்து, பிறகு

A என்ற இடத்திலிருந்து A' என்ற இடத்திற்குப் போகும்பொழுது வேகம் நிதானமாகக் குறைந்து கொண்டே சென்று A' என்ற இடத்தை அடைந்ததும் வேகம் பூஜ்யமாகி மறுபடியும் A' என்ற இடத்திலிருந்து திரும்பி A என்றவிடத்திற்கு வருவதற்குள் வேகம் நிதானமாக அதிகமாகி அப்புறம் A என்ற இடத்திலிருந்து A'' என்ற இடத்திற்குச் செல்லும்பொழுது நிதானமாகக் குறைந்து கொண்டுபோய் A'' என்ற இடத்தை அடைந்ததும் பூஜ்யமாக ஆகின்றது. இதேமாதிரியாகத் தான் டியூனிங்போர்க்கு கட்டைகள் அசைகின்றன. இது ஒரு விதம். பிடில் கம்பிகள் வைபரேஷன் செய்யும் விதத்தை இப்பொழுது பார்ப்போம். கம்பிகளின் மேல் படும்படி, ரோஸனம் தடவிய வில்லை வைத்துக்கொண்டு ஒரு புறமிருந்து, மற்றொரு புறத்திற்கு இழுத்தவுடன் சப்தம் உண்டாகின்றதைப் பார்த்திருக்கிறோம். அவ்வாறு வில்லை இழுக்கும்பொழுது வில்லுடன் கம்பிகள் சிறிது தூரம் செல்லுகின்றன. அவ்வாறு செல்லும்பொழுது வில் எந்த வேகத்துடன் செல்லுகின்றதோ அதே வேகத்துடன் கம்பிகளும் செல்லுகின்றன. சிறிது தூரம் சென்றபின் திடீரென்று வில்லைவிட்டு கக்கிக்கொண்டு, அதற்கு எதிரிடையாக முன்பு இருந்தவேகத்தைக் காட்டிலும்



படம் 57

அதிக வேகத்துடன் கம்பிகள் செல்லுகின்றன. சிறிது தூரம் சென்றதும், மறுபடியும் வில்லினால் கவ்வப்பட்டு அத்துடன் செல்லுகின்றன. இவ்விடமும் முன்சொன்ன உதாரணத்தைப்போலக் கம்பிகள் வைபரேஷன் செய்கின்றன. என்றாலும், அதற்கும் இதற்கும் வைபரேஷன் செய்யும் விதத்தில் வித்தியாசமிருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். ஏனென்றால் உருண்டையினுடைய வேகம் குறையும்பொழுதும், அதிகமாகும்பொழுதும், ஒரு நிதானமாகக் குறைதலும், கூடுதலும் ஏற்படுகின்றன. இரண்டாவதாக சொன்ன உதாரணத்தில் அவ்வாறு ஏற்படாமல் திடீரென்று வேகம் மாறுவதைக் கவனிக்கலாம். இம்மாதிரியாக ஒவ்வொரு அசைவிற்கும் (Form of Vibration) வைபரேஷனின் அமைப்பு ஒவ்வொரு விதமாக இருக்குமென்று நன்றாக உணரவேண்டும். ஆகையினால் சப்தம் செய்யும் கருவியிலிருந்து காற்றில் அலைகள் ஏற்படும்பொழுது காற்று அணுவின் வைபரேஷனின் அமைப்பு (Form of Vibration) எவ்வாறு இருக்கின்றதோ, அதற்குத் தகுந்தவாறு அலைகளின் அமைப்பு இருக்கும் என்றறியவேண்டும். இனிமையான சப்தங்களின் மூன்றாவது தன்மையான (Quality) குவாலிடி என்பது காற்றில் ஏற்படும் அலைகள் செல்லும்பொழுது காற்று அணுக்களின் வைபரேஷனின் அமைப்பை (Form of Vibration)ப் பொருத்திருக்கின்றது. அல்லது அலைகளின் அமைப்பைப் பொருத்திருக்கின்றது என்று அறியவேண்டும். மேலேசொன்ன உதாரணங்களில் ஸிம்பிள் பெண்டுலம் மாதிரியாக அசையும் பெட்டியில் இணைக்கப்பட்ட டியூனிங் போர்க்கை எடுத்துக்கொண்டு அதைத் தட்டியவுடன் காற்றில் அலைகள் ஏற்பட்டு அவைகள் நம் காதுகளில் மோதுவதினால் சப்தத்தைக் கேட்கின்றோம். இந்த சப்தத்தை கவனித்துப் பிடிலிலிருந்து வரும் சப்தத்தை கவனித்தால் டியூனிங்போர்க்கிலிருந்து கேட்கும் சப்தம் (Simple Tone) தனித்த சப்தமாகவும், பிடிலி

லிருந்து கேட்கும் சப்தத்தில் ஓவர்டோன்களிருக்கின்றதையும் அறியலாம். அதாவது பிடிலின் சப்தம் தனித்த சப்தமாகவில்லாமல் (Compound Tone) கலப்பான சப்தமாக இருக்கின்றது என்பதை யுணரலாம். டியூனிங் போர்க்கிலிருந்து வரும் சப்தம் தனித்த சப்தமாகவிருப்பதன் காரணம், அதன் வைபரேஷனின் அமைப்பும், அதுபோலக் காற்று அணுவின் வைபரேஷனின் அமைப்பும் (Simple) சுத்தமாக இருப்பதனுல் என்றும், பிடில் கம்பிகளின் வைபரேஷனின் அமைப்பும், அதனுல் காற்றில் ஏற்படும் அலைகளில் காற்று அணுக்களின் வைபரேஷன் (Compound) சங்கரமாக அல்லது கலப்பாக இருக்கின்றதினுல் என்றும் கூறப்படுகின்றது. அதாவது ஒரு தனித்த சப்தம் கேட்கும்பொழுது, காற்றின் அணுக்களின் வைபரேஷன் சுத்தமாக (Simple) இருக்கின்றதென்றும், கலப்பான சப்தம் காதில் விழும்பொழுது, காற்றின் அணுக்களின் அசைவு சங்கரமாக இருக்கின்றதென்றும் அறியவேண்டும். கலப்பான சப்தத்தில் பல தனித்த சப்தங்கள் அடங்கியிருக்கின்றனவென்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அவைகள் ஓவர்டோன்கள் என்று சொல்லப்படும். அதில் முதலாவது தனித்த சப்தத்திற்கு (Prime Tone பிரைம்டோன் அல்லது Fundamental Tone பண்டமெண்டல்டோன்) மூலசப்தம் என்று சொல்லப்படும். ஓவர்டோன்களின் வைபரேஷன் எண்கள் பிரைம்டோனின் வைபரேஷன் எண்ணைக் காட்டிலும், இரண்டு மடங்கு, மூன்று மடங்கு, இம்மாதிரியான வரிசைக் கிரமத்திலிருக்கும். நாம் கேட்கும் இனிமையான சப்தங்கள் பெரும்பாலும் கலப்பான சப்தங்கள். அந்த சப்தங்களிலிருக்கும் தனித்த சப்தங்களின் எண்ணிக்கைகளும், அவைகளின் தென்பும், ஒவ்வொரு (Compound Musical Tone) காம்பவுண்ட் மியூஸிகல் டோனிலும் ஒவ்வொரு விதமாகவிருக்கும். ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் என்பவர் இனிமையான சப்தங்களின் மூன்ருவது தன்மையான

(Quality) குவாலிடி என்பது இம்மாதிரி இருக்கின்ற ஓவர் டோன்களின் எண்ணிக்கை வித்தியாசத்தினாலும், அவைக ளுடைய பலத்தின் அதிகம் குறைவினாலும் ஏற்படுகின்றது என்று கூறுகின்றார். ஒரு சப்தத்தை (Analyse) விபாகம் செய்ய வேண்டுமென்றால் அந்த சப்தத்தில் தனித்த சப் தங்கள் அதாவது ஓவர்டோன்கள் எவ்வளவு இருக்கின்றன வென்றும், அவைகளின் பலம் இன்னதென்றும் கண்டு பிடிக்கவேண்டும். இவை ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன் என்ற கருத்தின் உதவியைக்கொண்டு கண்டுபிடிக்கலாம். உதாரணமாக ஒரு பாட்டிலிலோ, அல்லது குழாயிலோ இருக்கும் காற்றை அதற்குத் தகுந்த சுருதியுள்ள ஒரு தனித்த சப்தத்தினால் ஸிம்பதெடிக் வைபரேஷன் செய்யு மாறு செய்யலாம் என்று முன்பு பார்த்தோம். கலப் பான சப்தத்திலிருக்கும் தனித்த சப்தங்களைக் கண்டு பிடிப்பதற்கு அதன் பிரைம் டோன் சப்தத்தின் சுருதிக்கு இரண்டுமடங்கு, மூன்றுமடங்கு, நான்குமடங்கு, சுருதி யுள்ள ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் ரிஸொனேடர்களை எடுத்துக் கொண்டு அவைகளின் உதவியால் கலப்பான சப்தத்தில் எந்தெந்த ஓவர்டோன்களிருக்கின்றனவென்று கண்டு பிடிக்கலாம். ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் என்பவர் இவ்விதமாக எல்லா வாத்தியங்களிலிருந்து வரும் சப்தத்தையும், மனித னுடைய பேசும் அவயவத்திலிருந்து வரும் சப்தத்தை யும் (Analysis) விபாகம் செய்து அவருடைய ஆராய்ச்சி களின் முடிவை வெளியிட்டிருக்கின்றார். அவர் சுமார் 16 ஓவர்டோன்கள் வரையிலும் கண்டுபிடித்ததாகச் சொல்லுகின்றார். தவிர, ரிஸொனேடரின் உதவியில்லா மலே ஓவர்டோன்கள் எவ்வளவு இருக்கின்றனவென்று காதுகளை நன்றாகப் பழக்குவதால் அறிந்துகொள்ளலாம் என்று சொல்லுகின்றார். ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் அவரு டைய ரிஸொனேடர்களை வைத்துக்கொண்டு வாத்தியங் களிலிருந்து வரும் சப்தங்களை விபாகம் செய்யும் பொருட்டு செய்த ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து இனிமையான

சப்தங்களை, (1) தனிப்பட்ட சப்தங்கள் அதாவது கலப்பில்லாத இனிமையான சப்தங்களென்றும், (2) இசைப் பொருத்தமில்லாத ஓவர்டோன்கள் கூடியிருக்கின்ற கலப்பான சப்தங்களென்றும், (3) கம்பிகளிலிருந்துவரும் இனிமையான சப்தங்களென்றும், (4) குழாய்களிலிருந்துவரும் இனிமையான சப்தங்களென்றும், (5) ரீடுகளை சேர்த்துக் கொண்டு வாசிக்கப்படும் குழாய்களின் இனிமையான சப்தங்களென்றும், இம்மாதிரி ஐந்து வகைகளாகப் பிரித்துக் கொள்ளலாமென்று கூறுகின்றார். பெட்டியிலிணைக்கப்பட்ட டியூனிங் போர்க்குகளின் சப்தங்கள் தனித்த சப்தங்களுக்கு உதாரணமாகச் சொல்லலாமென்றும், அவ்வாறு இருப்பதினால்தான் காதுகளுக்கு மிருதுவான உணர்ச்சியைத் தருகின்றதென்றும் அபிப்பிராயப்படுகின்றார். ஓவர்டோன்களில்லாததினால்தான் பல சுருதிகளுக்கு ஏற்ற டியூனிங் போர்க்குகளைத் தட்டுவதினால் ஏற்படும் சப்தங்களின் (Quality) குவாலிடி ஒன்றுபோலிருக்கின்றதென்று கூறுகின்றார். இரண்டாவது வகுப்பாக எடுத்துக் கொள்ளப்பட்ட இசைப்பொருத்தமில்லாத ஓவர்டோன்கள் அடங்கியிருக்கின்ற இனிமையான சப்தங்களுக்குத் தோல்களின் அசைவினால் ஏற்படும் சப்தங்களை உதாரணமாகக் கூறுகின்றார். மணிகளின் சப்தங்களிலும், இசைப் பொருத்தமில்லாத ஓவர்டோன்கள் அடங்கியிருக்கின்றன என்று கண்டுபிடித்திருக்கிறார். அந்தக் குறையை நிவர்த்திக்கும்பொருட்டுத்தான் மணிகளில் விளிம்புகள் தடிமனாக அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன என்று கூறுகிறார். கம்பிகளிலிருந்து உண்டாகும் இனிமையான சப்தங்களைப் பரீக்ஷை செய்து பார்த்ததில் அவைகள் எல்லாவற்றிலும் இசைப் பொருத்தமுள்ள ஓவர்டோன்களைத் தவிர வேறு ஓவர்டோன்கள் இல்லை என்று கண்டுபிடித்திருக்கின்றார். ஓவர்டோன்களின் தென்பு கம்பிகளில் வைபரேஷனை உண்டுபண்ணும் விதத்தையும், அவைகளின் கனத்தையும், அவைகளின் நெகிழ்ச்சியையும், பொருத்திருக்கின்ற

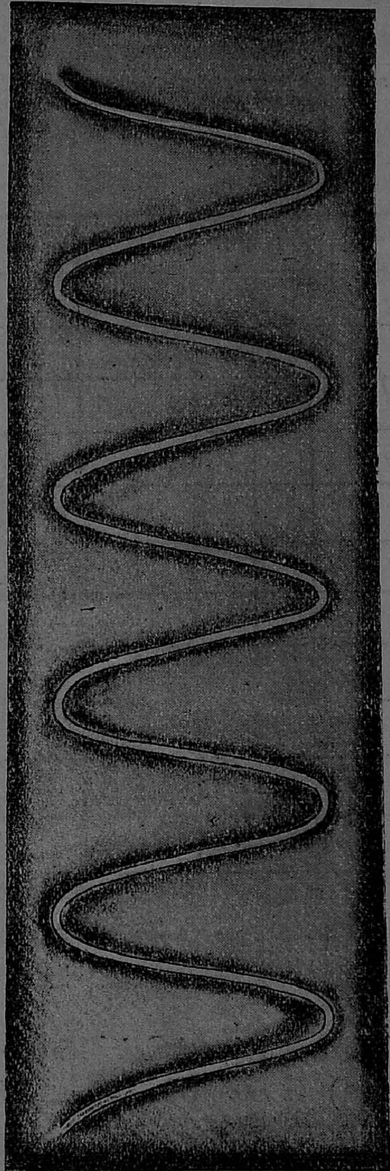
தென்கிறார். வில்லினால் மீட்டப்படும் கம்பி வாத்தியங்களிலிருந்து வரும் இனிமையான சப்தங்களில், கைவிரல் நகங்களினால் மீட்டப்படும் வாத்தியங்களிலிருந்து வரும் இனிமையான சப்தங்களைக்காட்டிலும், ஓவர்டோன்கள் அதிகமாகவும், அதிக பலத்துடனுமிருக்கின்றன என்று சொல்லுகின்றார். அதனால்தான் பிடில்போலுள்ள வாத்தியங்களிலிருந்து வரும் சப்தங்கள், வீணைபோலுள்ள வாத்தியங்களிலிருந்து வரும் சப்தங்களைக்காட்டிலும் விறுவிறுப்பு அதிகமாக இருக்கின்றது என்று அபிப்பிராயப்படுகின்றார். வில்லினால் மீட்டப்படும் வாத்தியங்களின் சப்தங்களிலிருக்கும் ஓவர்டோன்களில் முதல் ஆறு ஓவர்டோன்களை சுலபமாகவும், 10 ஓவர்டோன்கள் வரைக்கும் சிறிது சிரமத்துடனும் கேட்கலாம் என்று சொல்லுகின்றார்.

குழாய்களில் இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாய்களென்றும், ஒரு பக்கம் திறந்த குழாய்களென்றும், எடுத்துக்கொண்டு அவைகளிலிருக்கும் காற்று வைபரேஷன் செய்யும்பொழுது எவ்வாறு லூப்புகள் உண்டாகின்றதென்றும், எப்படி இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாய்களுக்குண்டான ஓவர்டோன்களின் வரிசை மூல சுருதிக்கு 2 மடங்கு, 3 மடங்கு, 4 மடங்கு அதிகமான சுருதிகளுடன் இருக்குமென்றும், ஒரு பக்கம் திறந்த குழாய்களிற்கு உண்டான ஓவர்டோன்களின் சுருதி மூல சுருதிக்கு 3 மடங்கு 5 மடங்கு இம்மாதிரி ஒத்தப்படை எண்களாகவிருக்குமென்றும் முன்பு பார்த்தோம். ஹெம்ஹோல்ட்ஸ், இரண்டு பக்கங்களும் திறந்த குறுகிய குழாய்களிலிருக்கும் காற்றின் அசைவினால் உண்டாகும் சப்தங்களில் ஆறாவது ஓவர்டோன்வரையிலும் கண்டுபிடித்ததாகக் கூறுகின்றார். புல்லாங்குழலின் சப்தத்தில் ஒரு ஓவர்டோன்மட்டும் இருப்பதாக கண்டுபிடித்திருக்கின்றார். ரீடுகளைச் சேர்த்துக்கொண்டு வாசிக்கப்படும் குழாய்களின் சப்தங்களில் அனேகம் ஓவர்டோன்களிருக்

கின்றதாகக் கூறுகின்றார். இப்பொழுது ஹெம்ஹோல்ட்ஸின் ஆராய்ச்சியின் முடிவுகளை மற்றொரு விதத்தில் எப்படி பரீக்ஷைசெய்து பார்க்கலாம் என்று பார்ப்போம். எவ்வாறு ஒரு இனிமையான சப்தம் கலப்பாகவிருக்கின்றதென்றும், அதில் பல தனித்த சப்தங்கள் (ஓவர்டோன்கள்) இருக்கின்றனவென்று கருதப்படுகின்றதோ அதுபோல, பல தனித்த சப்தங்களை எடுத்துக்கொண்டு, அவைகளைச் சேர்ப்பதினால், பலமாதிரியுள்ள இனிமையான சப்தங்களை உண்டுபண்ணலாம் என்று அறியலாம். அதாவது தனித்த சப்தங்களை (Synthesize) சேர்ப்பதினால் பல மாதிரியான (Quality) குவாலிடி உள்ள சப்தங்களை உண்டுபண்ணலாம் என்பதுதான். பெட்டியிலிணைக்கப்பட்ட டியூனிங்போர்க்கின் சப்தம் தனித்த சப்தம் என்று பார்த்தோம். உதாரணமாக ஒரு கலப்பான சப்தத்தின் ப்ரைம்டோன் சுருதிக்குத் தகுந்தவாறு ஒரு பெட்டியிலிணைக்கப்பட்ட டியூனிங்போர்க்கும், அதற்கு இரண்டு மடங்கு, மூன்று மடங்கு, நான்கு மடங்கு இம்மாதிரி அதிக சுருதியுள்ள பல டியூனிங்போர்க்குகளையும் கலப்பு சப்தத்திற்கு ஏற்றபடி எடுத்துக்கொண்டு அவைகளைத் தட்டி ஏக காலத்தில் சப்தம் செய்யும்படி செய்தால் எடுத்துக்கொண்ட கலப்பு சப்தத்தை கேட்கின்றோமாவென்று கவனித்தால், ஹெம்ஹோல்ட்ஸின் அபிப்பிராயத்தைப் பரீக்ஷை செய்யலாம். உதாரணமாக, புல்லாங்குழலின் சப்தத்தை இரண்டு பெட்டிகளிலிணைக்கப்பட்ட டியூனிங்போர்க்குகளைக்கொண்டு உண்டுபண்ணலாம். ஒன்றினுடைய சுருதி மற்றொன்றைக்காட்டிலும், இரண்டு மடங்காக எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும். இம்மாதிரியாக டியூனிங்போர்க்குகளைக்கொண்டு தனித்த சப்தங்களைச் சேர்ப்பதினால், எல்லா விதமான இனிமையான சப்தங்களையும் (Imitate) இமிடேட் பண்ணலாம் என்று சுலபமாக அறியலாம். ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் என்பவர் மனிதனுடைய பேசும் கருவியான (Larynx)

லாரிங்ஸிற்குமட்டும் உயிரெழுத்து சப்தங்களை உச்சரிக்கும் தன்மை எதனுல் இருக்கின்றதென்று ஆராய்ச்சி செய்து பார்த்து, அவருடைய முடிவுகளை எழுதியிருக்கின்ருர். அவர் (Larynx) லாரிங்ஸினுல் உண்டு பண்ணப்படும் கலப்பான சப்தத்திலிருக்கும் சில ஓவர் டோன்களைமட்டும் வாயிலிருக்கும் காற்று பலப்படுத்தி அனுப்புகின்றதென்றும், அம்மாதிரி பலப்படுத்தப்படும் ஓவர்டோன்கள் ஒவ்வொரு உயிரெழுத்திற்கும் ஒவ்வொரு விதமாக இருக்கின்றதென்றும் கண்டுபிடித்திருக்கிருர். அந்த முடிவை ஊர்ஜிதப்படுத்த உயிரெழுத்து சப்தங்களை, பல டியூனிங் போர்க்குகளையும், அவைகளுக்குத் தகுந்தாற்போலுள்ள ரிஸொனேடர்களையும் எடுத்துக் கொண்டு (Imitate) இமிடேட் செய்து பார்த்திருக்கின்ருர். அதாவது உயிரெழுத்து சப்தங்களை டியூனிங் போர்க்குகளினுல் ஏற்படும் தனித்த சப்தங்களைக்கொண்டு (Synthesize) ஸின்தஸைஸ் பண்ணி காண்பித்திருக்கிருர் என்பதை அறியவேண்டும். சப்தத்தை விபாகப் படுத்த அனுஷ்டிக்கப்படும் மற்ருெரு முறையை இப்பொழுது பார்ப்போம். தனித்த சப்தத்திற்கு உண்டான வைபரேஷன் (Simple) சுத்தமானதென்றும், ஸிம்பிள் பெண்டுலத்தின் அசைவுபோலிருக்கும் என்றும் பார்த்தோம். டியூனிங்போர்க்கின் வைபரேஷன் ஸிம்பிள் பெண்டுலத்தின் வைபரேஷனைப்போலிருக்கின்றதென்று அறிவோம். இப்பொழுது டியூனிங்போர்க்கு வைபரேஷன் செய்யும்பொழுது அது ஒரு கண்ணுடியில் எவ்வாறு அதன் சுவடு குறிப்பிடப்படுகின்றது என்பதைப் பார்க்க கீழ்க்கண்ட எக்ஸ்பெரிமெண்டை எடுத்துக்கொள்வோம். ஒரு டியூனிங்போர்க்கை எடுத்துக் கொண்டு அதன் ஒரு கட்டையில், ஒரு சிறிய கம்பியை மெழுக்கைக்கொண்டு சேர்த்து அந்த கம்பி, கட்டையின் நுனியிலிருந்து சிறிது வெளியில் நீட்டிக்கொண்டிருக்கும் படியாகச் செய்யவேண்டும். பிறகு ஒரு நீளக் கண்ணுடித்

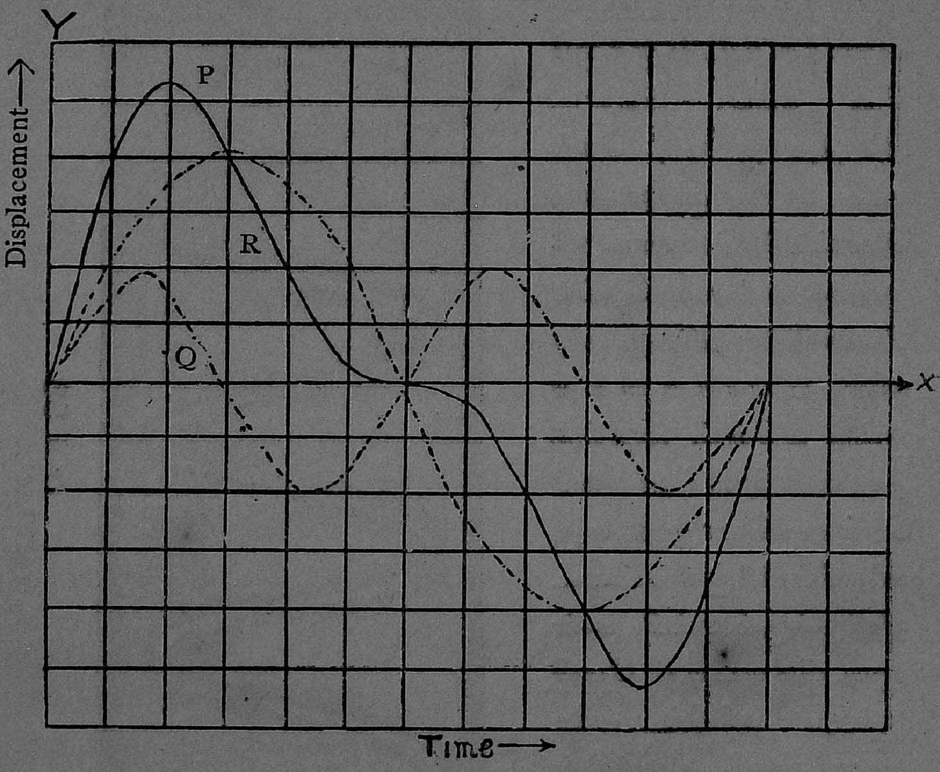
தகட்டை எடுத்துக்கொண்டு, அதில் கரியை ஏற்றி அதை டியூனிங் போர்க் வைபரேஷன் செய்யும் மார்க்கத்திற்கு (Transverse) குறுக்காக ஒரே நிதானமான வேகத்துடன் செல்லும் படிசெய்து, டியூனிங் போர்க்குக் கட்டையிலிணைக்கப்பட்டிருக்கும் சிறு கம்பி, பிளேட் அதைத் தாண்டி செல்லும் கால முழுவதும் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும்படி ஏற்பாடு செய்ய வேண்டும். பிறகு டியூனிங் போர்க்கைத் தட்டி பிளேட் அதற்கு டிரான்ஸ்வெர்ஸாகச் செல்லும்பொழுது டியூனிங்போர்க்குக் கட்டையிலிருக்கும் கம்பி, கண்ணாடி பிளேட்டின் மேலிருக்கும் கரியில் வளைவான கோடு கிழிக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். அவ்வாறு கண்ணாடியில் இழுக்கப்படும் கோட்டின் ரூபத்தை 58-ம் படத்தில் காணலாம். (Simple) சுத்தமான



படம் 58

வைபரேஷன்கள் எல்லாவற்றிற்கும் இதேமாதிரியாக (Trace) சுவடு உண்டென்று அறியவேண்டும். ஆகை

யினால் தனித்த சப்தங்களை உண்டுபண்ணும் வைபரேஷன்கள் எல்லாவற்றையும் அவைகளின் (Trace) சுவட்டைக்கொண்டு அறியலாம். கலப்பான சப்தத்திற்கு உண்டான வைபரேஷனின் (Trace) சுவடு மற்றொரு விதமாகவிருக்கும். உதாரணமாக ஒரு தனித்த சப்தமும் அதன்மேல் ஷட்ஜமமும் சேர்ந்து வருகின்ற



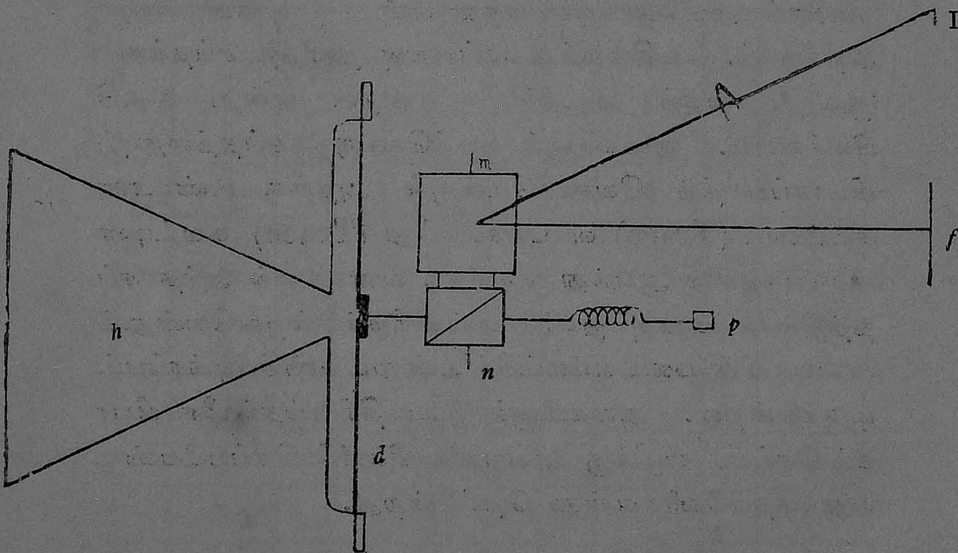
படம் 59

கலப்பான சப்தத்தின் வைபரேஷன்களுக்கு உண்டான (Trace) சுவடு 59-ம் படத்தில் காணப்படும் P என்ற வளைவுக் கோட்டைப் போலிருக்கும். அதிலடங்கியிருக்கும் இரண்டு தனித்த சப்தங்களின் வைபரேஷனுக்கு உண்டான சுவடுகளும் அதே படத்தில் R என்றும், Q என்றும் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம்.

அவைகள் இரண்டையும் சேர்ப்பதனுல் உண்டாகும் கோடுதான் கலப்பான சப்தத்தின் வைபரேஷனுக்கு உண்டான (Trace) சுவடு என்று சுலபமாக அறியலாம். இம்மாதிரியாக ஒவ்வொரு கலப்பான சப்தத்திற்கு உண்டான வைபரேஷனின் (Trace) சுவடு ஒவ்வொரு விதமாகவிருக்குமென்று தெரிந்துகொள்ளலாம். கலப்பான சப்தத்திற்கு உண்டான வைபரேஷன் (Trace) சுவட்டிலிருந்து அதில் எவ்வளவு தனித்த சப்தத்தின் (Traces) சுவடுகள் அடங்கியிருக்கின்றன என்று ஒரு கணக்கினுல் அறியலாம். அதிலிருந்து எவ்வளவு தனித்த சப்தங்கள் (ஓவர்டோன்கள்) அடங்கியிருக்கின்றன என்று கண்டு பிடிக்கலாம். ஆகையினுல் ஒவ்வொரு சப்தத்தையும் விபாகப்படுத்த வேண்டுமென்ருல் அதற்கு உண்டான சுவட்டை (Trace) வரையச்செய்து (Trace) சுவட்டின் பல பாகங்களை அளந்து ஒருவிதக் கணக்கினுல் அந்த சப்தத்தில் எவ்வளவு ஓவர்டோன்களிருக்கின்றனவென்றும் அவைகளின் பலம் எம்மட்டும் என்றும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஆகையினுல் இம்மாதிரி சப்தங்களை விபாகம் செய்யும் வழிக்கு அவைகளை ரிகார்டு செய்யவேண்டியது முதல்வேலை என்று தெரிகின்றது.

ரிகார்டு செய்யும்பொருட்டு பலமுறைகளும் பலபேர்களால் அனுஷ்டிக்கப்பட்டது. அவைகளில் முக்கியமாக (Miller) மில்லர் என்பவருடைய முறையை இப்பொழுது கவனிப்போம். அவர் உபயோகப்படுத்தின கருவிக்கு (Phonodeik) போனேடிக் என்று பெயர். அதன் (Mechanism) சூத்திரத்தை இவ்விடம் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கும் 60-ம் படத்திலிருந்து அறியலாம். h என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் பாகத்திற்கு (Horn) ஹார்ன் என்று சொல்லப்படும். அது வாய் அகண்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். d என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் பாகம்

ஒரு மெல்லிய தகடு. அதற்கு (Diaphragm) டயாபரம் என்று பெயர். அதன் மத்தியில் ஒரு மெல்லிய கம்பியின் ஒரு நுனி சேர்க்கப்பட்டிருக்கின்றது. அதன் மற்றொரு நுனியை n என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் ஒரு சிறிய உருட்சியான ஸ்டீல் துண்டின் வயிற்றில் சுற்றி ஒரு ஸ்பிரிங்கின் உதவியால் p என்ற பிடிப்பில் கட்டப்பட்டிருக்கின்றதைப் படத்தில் கவனிக்கலாம். தவிர ஸ்டீல் துண்டின்

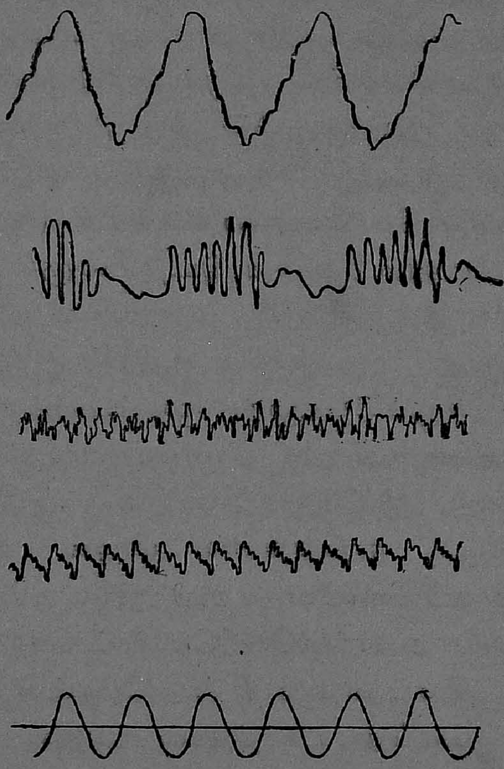


படம் 60

மேல்புறத்தில் அத்துடன் m என்ற ஒரு சிறிய முகம்பார்க்கும் கண்ணாடித்துண்டு சேர்க்கப்பட்டிருக்கின்றது. ஹாரனுக்கு எதிரில் சப்தம் உண்டானால், அலைகள் ஏற்பட்டு ஹாரனின் கடைசியிலிருக்கும் டயாபரத்தை அசைக்கச் செய்யும். அதாவது டயாபரம் வைபரேஷன் செய்யும். இதன் அசைவினால் இத்துடன் சேர்க்கப்பட்டிருக்கிற கம்பி முன்னும் பின்னுமாக இழுக்கப்படும். அவ்வாறு கம்பி

இழுக்கப்படும்பொழுது, ஸ்டீல் துண்டையும், அத்துடன் சேர்க்கப்பட்டிருக்கிற முகம்பார்க்கும் கண்ணுடித் துண்டையும், முன்னும் பின்னுமாக உருட்டும். I என்று குறிப்பிட்டிருக்கும் இடத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒரு எலக்ட்ரிக் விளக்கிலிருந்து வரும் கிரணங்களை m என்ற முகம் பார்க்கும் கண்ணுடியில் விழ செய்து அங்கிருந்து பிரதிபலிக்கப்பட்டு f என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் இடத்திலிருக்கும் போடோ காகிதத்தில் விழும்படி செய்ய வேண்டும். மேலும் f என்ற இடத்திலிருக்கும் போடோ காகிதம் மேலே இருந்து கீழே சுருண்டுவரும்படி செய்யப்பட்டிருக்கின்றது. ஹாரனின் எதிரில் சப்தம் உண்டாகி டயாபரத்தில் விழும்பொழுது முகம்பார்க்கும் கண்ணுடியைச் சுழற்றுகின்றது என்று முன்பு பார்த்தோம். அவ்வாறு கண்ணுடி இடம் மாறுவதால், அதில் எதிர்க்கப்பட்டு போடோ காகிதத்தில் விழும் கிரணங்களின் திசையும், அதுபோலவே சற்று இப்புறம் அப்புறமாக மாறும். இவ்வாறு எக்ஸ்பெரிமெண்ட் செய்து போடோ காகிதத்தை திராவகத்தில் போட்டு (Develop) டெவெலெப் செய்து பார்த்தால் அதில் சப்தத்திற்கு உண்டான (curve) சுவட்டை கவனிக்கலாம். மேலே கூறப்பட்ட கருவியைக்கொண்டு, மில்லர் என்பவர் பல வாத்தியங்களின் சப்தங்களை ரிகார்டு செய்தார். அவைகளில் சிலவற்றை 61-ம் படத்தில் காணலாம். பிற்பாடு அந்தச் சுவடுகளின் பல பாகங்களை அளந்து முன்பு சொன்ன கணக்கின் உதவியைக்கொண்டு அந்தந்த சப்தத்தில் எவ்வளவு ஓவர்டோன்களிருக்கின்றன என்று கண்டுபிடித்தார். மேற்கூறிய வழியைத் தவிர மின்சார சக்தியின் உதவியைக்கொண்டு புதுமுறையில் சப்தங்களை ரிகார்டு செய்து அவைகளை விபாகம் செய்யப்பட்டிருக்கின்றன. இதில் சப்தங்களிற்கு உள்ள அலைகளைக் கொண்டு மின்சார ஓட்டத்தில் மாறுதலை அடையச்

செய்து (Oscillograph) ஆஸிலோகிராப் என்று சொல்லப்படும் கருவியின் உதவியால் சப்தங்களை ரிகார்டு செய்



படம் 61

யப்படுகின்றது. அந்த ரிகார்டுகளிலிருந்து சப்தங்களிலிருக்கும் ஓவர்டோன்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

கேள்விகள்

69. இனிமையான சப்தங்களைக் குறிப்பிடும்பொழுது அவைகளின் இண்டன்ஸிடி, பிட்சு, குவாலிடி என்று சொல்லப்படுவதின் கருத்து என்ன?

70. ஸிம்பிள் பெண்டுலத்தினுடையவும், பிடில் கம்பியினுடையவும் வைபரேஷனின் அமைப்பில் உள்ள வித்தியாசத்தைக் கூறவும்.

71. ஸிம்பிள் டோன் என்றால் என்ன? காம்பௌண்ட் டோன் என்றால் என்ன? இரண்டிற்கும் உதாரணங்கள் கூறுக.

72. குவாலிடி என்னும் தன்மை எதைப் பொருத்திருக்கின்றது என்பதற்கு ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் கொடுக்கும் சமாதானத்தை விவரித்து எழுதுக.

73. இனிமையான சப்தத்தை விபாகம் செய்வதென்றால் என்ன? ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் சப்தங்களை விபாகம் செய்யும் பொருட்டு அனுஷ்டித்த முறையை விவரித்து எழுதுக.

74. ஹெம்ஹோல்ட்ஸின் ஆராய்ச்சியின் முடிவுகளை சுருக்கமாய்க் கூறுக.

75. தனித்த சப்தங்களை சேர்ப்பதினால் பல மாதிரி குவாலிடி உள்ள சப்தங்களை எவ்வாறு உண்டுபண்ணலாம் என்பதை விவரித்து எழுதுக.

76. ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் மனிதனது பேசும் அவயவத்திலிருந்து எவ்வாறு உயிரெழுத்து சப்தங்கள் ஏற்படுகின்றன என்பதற்குக் கூறும் காரணங்களையும், அதன் முடிவுகளையும் எவ்வாறு பரீக்ஷை செய்து பார்த்தார் என்பதையும் எழுதுக.

77. டியூனிங்போர்க்கின் வைபரேஷனுக்கு உண்டான வளைந்த சுவட்டை எவ்வாறு ஒரு கண்ணாடியில் பெறமுடியும் என்பதை எழுதவும்.

78. சப்தங்களை ரிகார்டுசெய்து அதிலிருந்து அவைகளிலடங்கியிருக்கும் ஓவர்டோன்களை நிர்ணயிக்கும் வழியை விவரித்து எழுதுக.

79. மில்லர் சப்தங்களை ரிகார்டு செய்யும்பொருட்டு அனுஷ்டித்த முறையை எழுதுக.

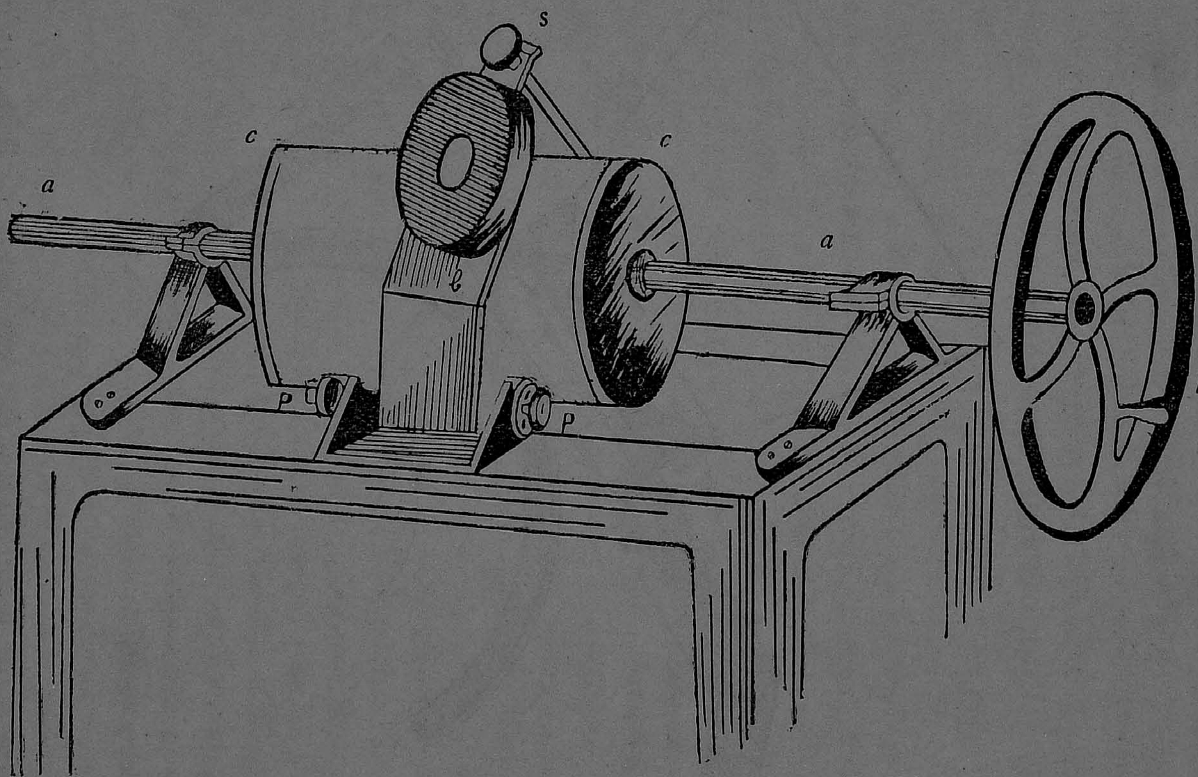
அத்தியாயம் 9

(Phonograph, Gramophone, Radio)

போனேகிராப், கிராமபோன், ரேடியோ

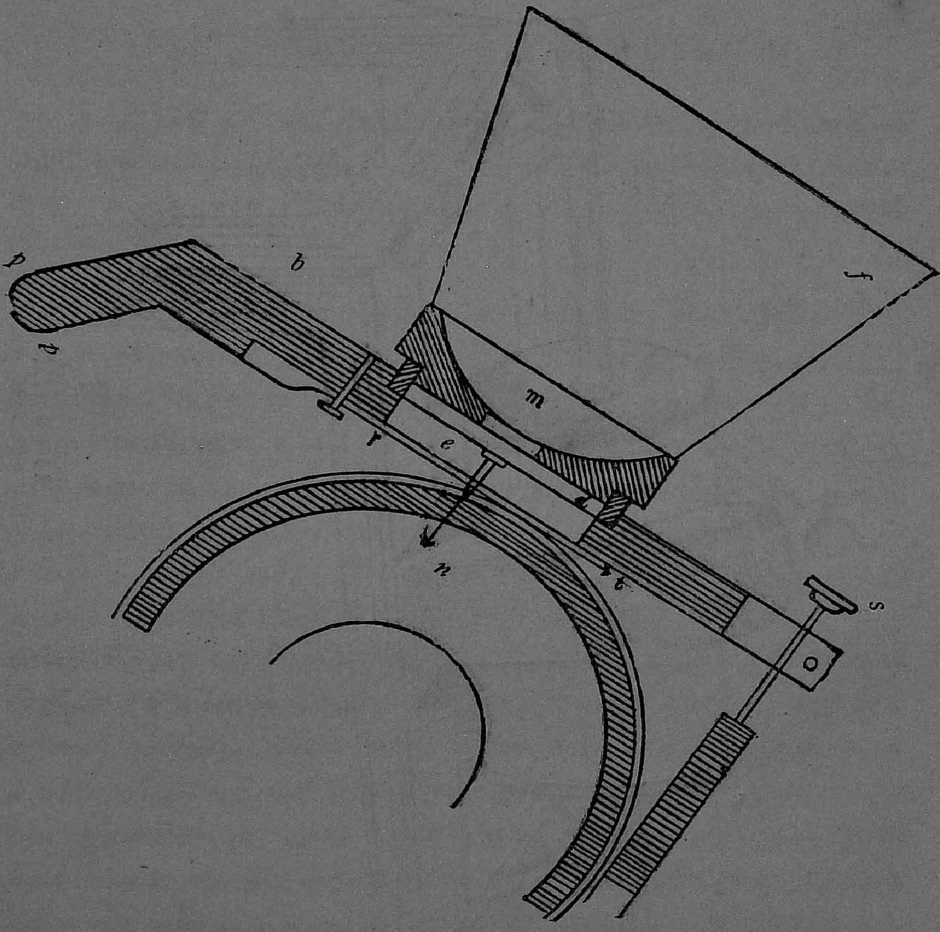
[எடிஸனின் போனகிராப்—பெர்லினரின் கிராமபோன்—புது முறையில் ரிகார்டுகள் தயாரிக்கும் விதம்—கிராமபோனின் ஸவுண்டு பாக்ஸின் அமைப்பு—கிராமபோனின் ஹாரனின் அமைப்பு—லவுட் ஸ்பீகர்—ரேடியோ.]

முன் அத்தியாயத்தில் சப்தங்களை ரிகார்டுசெய்யும் சில முறைகளைப் பார்த்தோம். அவ்வாறு எடுக்கப்பட்ட ரிகார்டுகளிலிருந்து திரும்ப சப்தங்களை அடையமுடியாது. இந்த அத்தியாயத்தில் எப்படி சப்தங்களை ரிகார்டுசெய்து, அவைகளைக்கொண்டு எப்பொழுது வேண்டுமென்றாலும், மறுபடியும் அதே சப்தங்களை அடைய செய்த, எக்ஸ்பெரிமெண்டுகளைப் பார்ப்போம். இந்த அபிப்பிராயத்துடன் முதல் முதலாக ரிகார்டு செய்யும் யந்திரத்தை சிருஷ்டித்தவரின் பெயர் எடிஸன் (Edison). அவருடைய யந்திரத்திற்கு (Phonograph) போனேகிராப் என்று பெயர். அதன் முக்கியமான அம்சங்களை 62-ம் படத்திலிருந்து தெரிந்துகொள்ளலாம். aa என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் அச்சில் cc என்ற (Drum) டிரம் சேர்க்கப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். h என்ற கைப்பிடியுள்ள சக்கிரத்தைச் சுற்றுவதால் டிரம்மை அச்சின் மேலிருக்கும் மரையில் ஒரு பக்கமிருந்து, மற்றொரு பக்கத்திற்குச் செல்லும்படி செய்யலாம். 63-ம் படத்தில் காணப்படும் (Horn) ஹாரனும், அதன் அடியிலிருக்கும் டயாபரமும், b என்ற துண்டுடன் சேர்க்கப்பட்டிருக்கின்றதை கவனிக்கலாம். d என்ற டயாபரத்தின் நடுமத்தியில் e என்ற ஒரு சிறிய தகட்டை ஒட்டியிருக்கின்றதைக் கவனிக்கவும்.



படம் 62

அந்தத் தகட்டுடன் t என்ற ஒரு ஊசி சேர்க்கப்பட்டு r என்ற ஸ்பிரிங்குடன் உராய்ந்துகொண்டிருக்கின்றதை கவனிக்கலாம். அதன் அடியில் n என்ற விடத்தில் ஒரு ஸ்டீல் முனை சேர்க்கப்பட்டிருப்பதையும் காணலாம்.



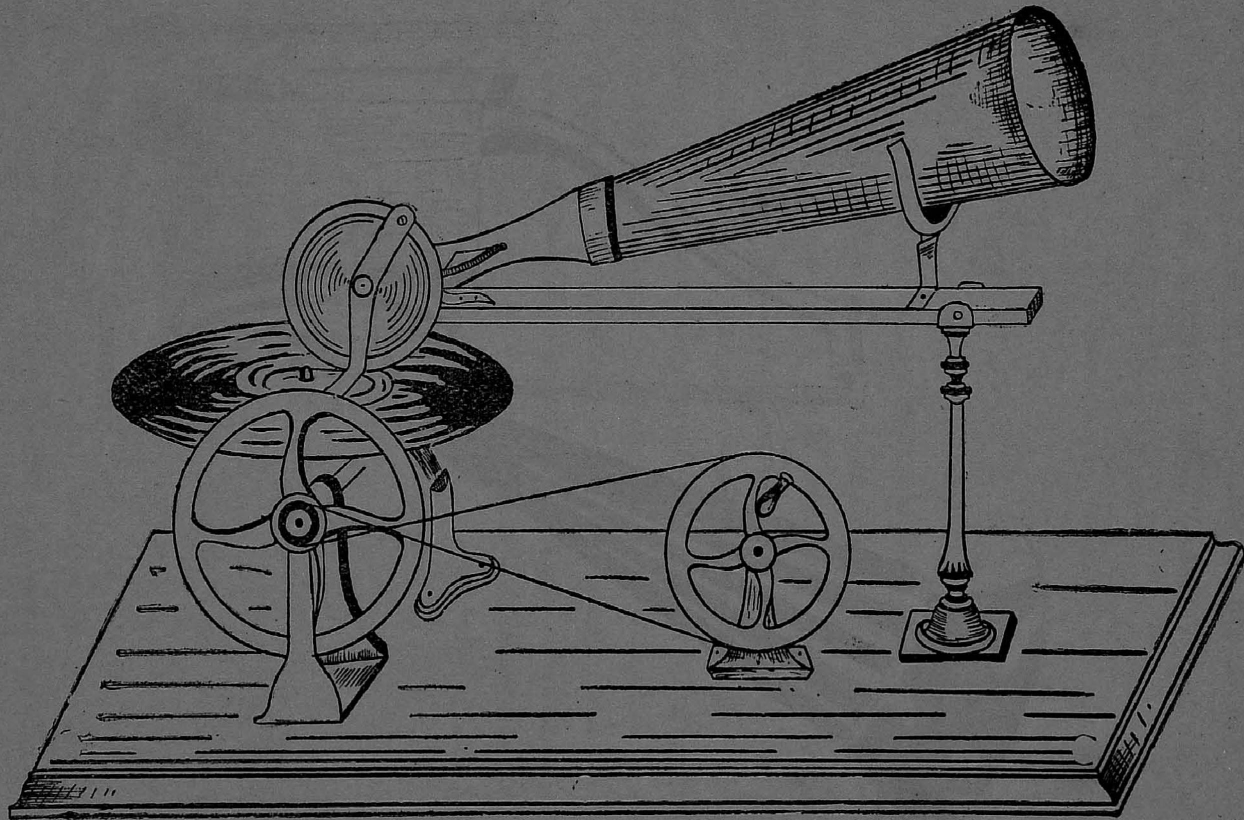
படம் 63

(Drum) டிராம்மைச்சுற்றித் தகரத்தகடு இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. முதலில் s என்ற ஸ்குரூவின் உதவியைக் கொண்டு ஸ்டீல் முனையை தகரத் தகட்டைச் சரியாகத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும்படி செய்யவேண்டும். பிறகு

ஹாரனுக்கு எதிரில் சப்தம் செய்து ஒரே நிதானமாகக் கைப்பிடியைக்கொண்டு சக்கரத்தைச் சுற்றவேண்டும். சப்தம் டயாபரத்தில் மோதுவதினுல் அது வைபரேஷன் செய்யும். அதனுல் ஸ்டீல்முனை தகரத்தை வெட்டும். (Drum) டிரம் ஒரு புறத்திலிருந்து மற்றெருபுறம் போவதற்குள் தகரத்தில் அனேக வெட்டுகள் ஏற்பட்டு, அதனுல் சப்தங்கள் ரிகார்டு செய்யப்படும். ரிகார்டு செய்தபின் s என்ற ஸ்குரூவைத் தளர்த்திக்கொண்டு, கைப்பிடியைக்கொண்டு மறுபடியும் சக்கரத்தைப் பின்னுல் சுற்றி ஹாரனை முதலிலிருந்த இடத்திற்குக்கொண்டுவந்து வைத்துவிடவேண்டும். மறுபடியும் s என்கிற ஸ்குரூவின் உதவியால் ஸ்டீல் முனைத் தகரத்தைத் தொடும்படி செய்து முன்போல சக்கிரத்தை ஒரே நிதானமாகச் சுற்றி டிரம்மை முன்செல்லும்படி செய்தால் ரிகார்டுசெய்த சப்தங்களை மறுபடியும் கேட்கலாம். தகரத்தகட்டின் மேல் ஸ்டீல்முனை முறுக்குள்ள கோட்டைக்கிழிக்கும். அந்தக் கோட்டின் ஒவ்வொரு இடத்திலும் வெட்டின் ஆழம் வெவ்வேருகவிருக்கும். மறுபடியும் ஸ்டீல் முனை அதே கோட்டில் திரும்பச் செல்லுமாறு வைக்கப்படும்பொழுது ஒவ்வொரு இடத்திலிருக்கும் பள்ளத்திற்குத் தகுந்தாற்போல் குதிக்கும். அவ்வாறு குதிப்பதால் டயாபரமும் முன்மாதிரியாக வைபரேஷன் செய்து காற்றில் அலைகள் உண்டாவதினுல் அதே சப்தத்தை நாம் கேட்கிறோம். இதிலிருக்கும் சில குறைகளை நிவர்த்திக்க (Bell) பெல் என்பவர் சில மாறுதல்களைச் செய்தார். தகரத்தகட்டை உபயோகப்படுத்துவதற்குப் பதிலாக மெழுக்கை உபயோகப்படுத்தினர். தவிர ரிகார்டு செய்வதற்கு ஒரு யந்திரத்தையும், திரும்ப ரிகார்டிலிருந்து சப்தத்தைக்கொண்டுவர வேறெரு யந்திரத்தையும் உபயோகப்படுத்தினர். இதே முறையில் ஆராய்ச்சி செய்து 1894-ம் வருஷத்தில் (Berliner) பெர்லினர் என்பவர் ஒரு கிராமபோனை உண்டுபண்ணினர். அதன்

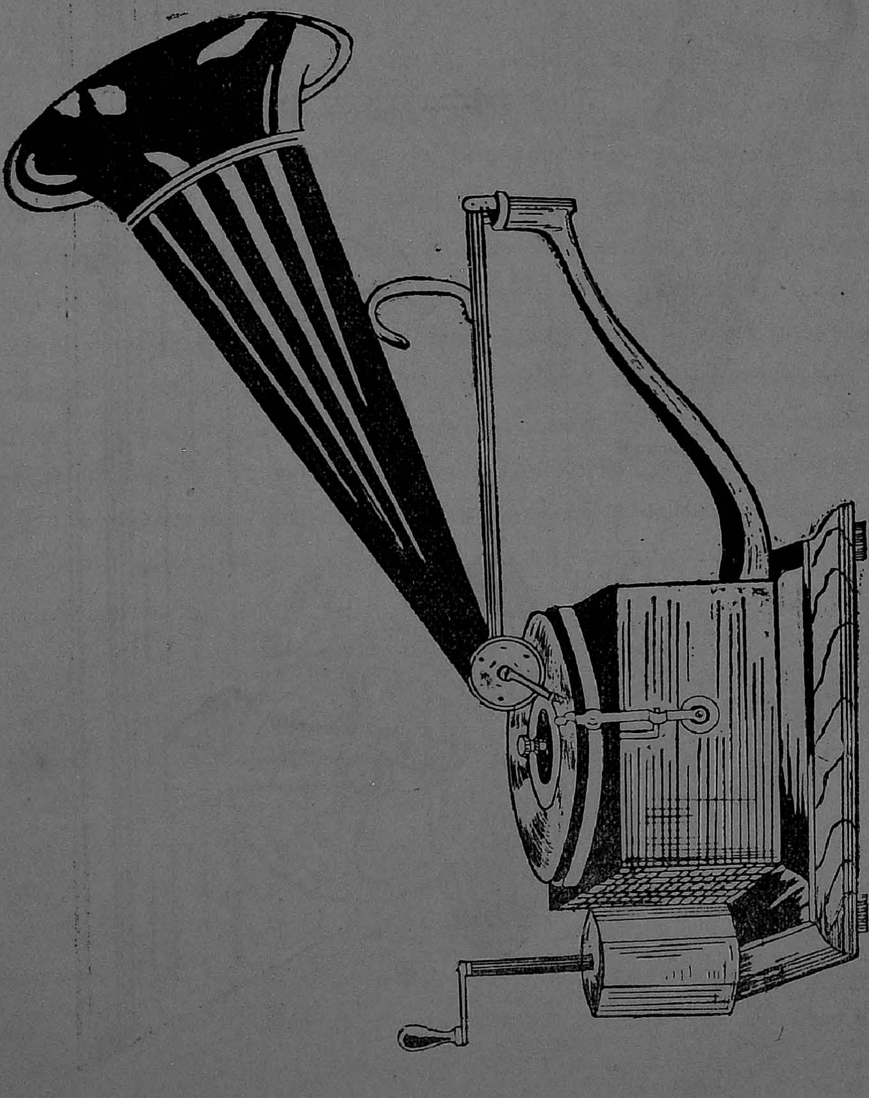
அமைப்பை 64-ம் படத்தில் காணலாம். எடிஸனின் மிஷினைக் காட்டிலும், இதில் இயற்றப்பட்டிருக்கும் சீர்திருத்தங்களைக் கவனித்துப் பார்க்கும்பொழுது எடிஸனின் மிஷினில் திரண்ட வடிவமுள்ள டிராம்மின்மேல் ரிகார்டு எடுக்கப்படுவதையும், இதில் (Disc) டிஸ்கின்மேல் ரிகார்டு எடுக்கப்பட்டிருக்கின்றதையும் அறியலாம். தவிர மற்றொரு வித்தியாசமுண்டு. எடிஸன் ரிகார்டிலிருக்கும் நோட்டின்மேல் ஸ்டீல்முனை செல்லும்பொழுது, மேலும் கீழுமாக எகிறுவதால், மேலும் கீழுமாக வைபரேஷன் செய்யும். இவ்விடம் அப்படியில்லாமல் ஸ்டீல் முனை பக்கவாட்டத்தில் வைபரேஷன் செய்யும். திரும்ப சப்தத்தை அடைவதற்கு படத்தில் காணப்படும் கைப்பிடி சக்கரத்தை ஒரே நிதானமாகச் சுற்றவேண்டும். இதில் ஹார்ன் சேர்க்கப்பட்டிருப்பதைக் காணலாம். 1899-ம் வருஷத்தில் வெளிவந்த மற்றொரு மிஷினை 65-ம் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இதில் பிளேட்டை கையினால் சுற்றுவதற்குப் பதிலாக யந்திரத்தினால் சுற்றுவதற்கு சாதகம் இயற்றப்பட்டிருக்கின்றது.

இப்பொழுது தற்காலம் ரிகார்டுகள் எடுக்கும் முறையையும் அவைகளிலிருந்து (Sound Box) ஸவுண்ட் பாக்ஸ் என்று சொல்லப்படும் முக்கியமான பாகத்தின் உதவியால் கிராமபோன்களிலிருந்து எவ்வாறு சப்தங்களை அடைகின்றோம் என்றும் பார்ப்போம். பழைய முறையில் எடுக்கப்படும் மெழுகு ரிகார்டுகளில் கோடுகளைக் கிழிக்க, சக்தி முழுவதும் வெளி சப்தத்திலிருந்து வரவேண்டியிருப்பதால் ரிகார்டு எடுக்கும் மிஷினின் ஹாரனுக்கு சமீபத்தில் வாத்தியங்களை வாசிக்கவேண்டியிருந்தது. இந்தத் தொந்திரவு புது முறையில் நிவர்த்தி செய்யப்பட்டிருக்கின்றது. (Microphone) மைக்ரோபோன் என்ற கருவியின் முன்பாக வாத்தியங்கள் வாசிக்கப்படும்பொழுது அந்தக் கருவியின் டயாபரத்தை சப்தத்தின் அலைகள் மோதுவதால் மின்சார ஓட்டத்தில்



படம் 64

ஏற்றக்குறைவு ஏற்படுகின்றது. இந்த ஏற்றக்குறைவை (Thermionic Valves) தெர்மியானிக் வால்வ்ஸ் என்று



படம் 65

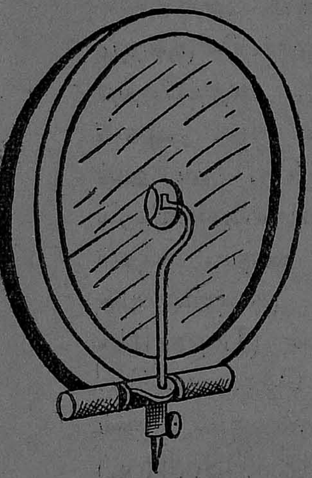
சொல்லப்படும் கருவிகளின் உதவியால் அதிக சக்தி யுடன் வரும்படி செய்து ஸ்டீல் முனைக்கு அசைவு ஏற்

படும்படி செய்யப்படுகின்றது. அதைக்கொண்டு மெழுகுத் தகட்டில் ரிகார்டுகள் எடுக்கப்படுகின்றன. மெழுகு ரிகார்டுகளை மூல ரிகார்டுகளாக வைத்துக்கொண்டு அவைகளிலிருந்து அசல் ரிகார்டுகள் கீழ்க்கண்டவாறு தயாரிக்கப்படுகின்றன. மெழுகு ரிகார்டுகளில் (Graphite) என்கிற காரீயத்தூளைத் தூவி (Copper Sulphate) அல்லது துருசு என்று சொல்லப்படும் திராவகத்தில் அதை வைத்து மின்சாரத்தை, அதன் வழியாகச் செல்லும்படி செய்தால் மெழுகு ரிகார்டின் மேல் தாம்பிரத்தூள்கள் சன்னமாக அதிலுள்ள கோடுகளிற்குத் தகுந்தாற்போல் படியும். வேண்டுமென்கிற கனத்திற்குப் படிந்தவுடன் தாம்பிரம் ரிகார்டிலிருந்து உரித்து எடுக்கப்படும். மூல ரிகார்டிலிருப்பதுபோல் தாம்பிரத்திலும் கோடுகளிருக்கும். அவ்வாறு எடுக்கப்பட்ட தாம்பிர ரிகார்டுகளுக்கு (Negative) நெகடிவ் என்று பெயர் சொல்லப்படும். ஏனெனில் மெழுக்கு ரிகார்டில் பள்ளமாகவிருக்குமிடத்திற்குத் தகுந்தாற்போல் இதில் உயரமாகவும், உயரமாக இருக்குமிடத்திற்குத் தகுந்தாற்போல் இதில் பள்ளமாகவும் இம்மாதிரி மாறி இருப்பதனுல் இது (Negative) நெகடிவ் என்று கூறப்படும். இதிலிருந்து மற்ெறாரு ரிகார்டு தயாரிக்கப்படுகின்றது. இதைத் தயாரிப்பதற்கு ஒவ்வொரு ரிகார்டிங் கம்பெனியும் ஒவ்வொரு முறையை அனுஷ்டிக்கின்றது. இவ்வாறு தயாரிக்கப்படும் ரிகார்டிற்கு (Mother Shell) மதர் ஷெல் என்று சொல்லப்படுகின்றது. இது மெழுகு ரிகார்டைப்போலிருக்கும். இது (Positive) பாஸிடிவ் என்று சொல்லப்படும். இதிலிருந்து மற்ெறாரு (Negative) நெகடிவ் தயார் செய்கிறார்கள். அதற்கு (Working Matrix) வொர்கிங் மேட்ரிக்ஸ் என்று சொல்லப்படுகின்றது. இவ்வாறு ஒவ்வொரு பக்கத்திற்கும் (Working Matrix) வொர்கிங் மேட்ரிக்ஸ் தயார்செய்து ஒரு அச்சு யந்திரத்தின் மேல்பக்கத்திற்கொன்றும் கீழ்பக்கத்திற்கொன்றுமாக இணைக்கப்படுகின்

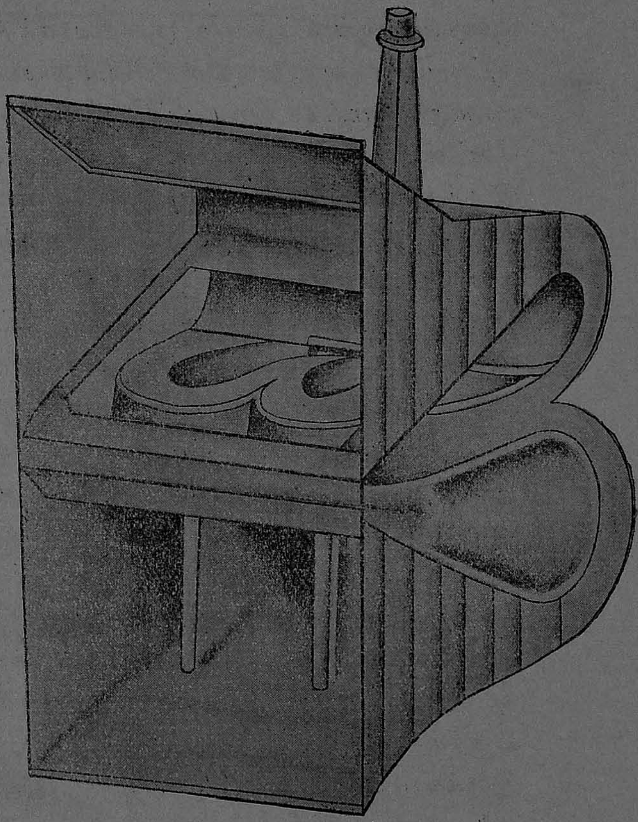
றது. ரிகார்டு பதார்த்தத்தைக் கொதிக்கவைத்து தளதள வென்று அச்சு இயந்திரத்தின் இடையே ஊற்றி இரண்டு பக்கங்களையும் சேர்த்து அமுக்கி, குளிர்ந்த ஜலத்தை மேலே ஊற்றி குளிரச்செய்து விளிம்புகளை வட்டமாகக் கத்தரித்து அச்சு யந்திரத்திலிருந்து ரிகார்டு வெளியே எடுத்துவிடப்படுகின்றது. இதுதான் முடிவாக நாம் உபயோகிக்கும் கிராமபோன் ரிகார்டு. இவ்வாறு எடுக்கப்பட்ட ரிகார்டுகள் பரிசீலனை செய்து வெளியிடப்படுகின்றன.

பிளேட்டிலிருந்து திரும்ப சப்தத்தை அடைவதற்கு உண்டான சக்தி கிராமபோன் பெட்டியிலிருக்கும் ஸ்பிரிங்கிலிருந்து வருகின்றது. அதாவது முதலில் சாவி கொடுக்கும்பொழுது ஸ்பிரிங் இறுகும்படிச் செய்கின்றோம். பிளேட் சுற்றும்பொழுது ஸ்பிரிங் மெதுவாகத் தளர்ந்து அந்த சக்தியைக்கொண்டு ஓடுகின்றது. பிளேட்டின்மேல் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் ஊசிக்கு இந்த சக்தி பரவி அத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்ற (Sound Box) ஸவுண்ட் பாக்ஸிலிருக்கும் டயாபரம் வைபரேஷன் செய்கின்றது. இதனால் காற்றில் அலைகள் ஏற்பட்டு அவைகள் நம்முடைய காதுகளில் மோதுவதால் சப்தத்தைக் கேட்கின்றோம். டயாபரம் நேராக அதிர்ச்சியைக் காற்றில் உண்டுபண்ணும்படி செய்தால் சப்தம் குறைவாகக் கேட்கும். அவ்வாறில்லாமல் சப்தம் அதிகமாகக் கேட்கும்பொருட்டுக் கீழ்க்கண்டவாறு (Sound Box) ஸவுண்ட் பாக்ஸ் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அதன் அமைப்பை 66-ம் படத்தில் காணலாம். பெட்டியின் பின் பக்கத்தில் டயாபரம் சேர்க்கப்பட்டிருக்கின்றது. அதன் எதிரிலிருக்கும் தகட்டில் ஒரு சிறு துவாரத்தைத் தவிர எல்லாப் பக்கங்களும் மூடப்பட்டிருக்கின்றன. டயாபரம் வைபரேஷன் செய்யும்பொழுது அதன் எதிரிலிருக்கும் காற்றில் அசைவு ஏற்பட்டும், அந்தக் காற்று சிறு துவாரத்தின் வழியாக வேகத்துடன் வருவதால், வெளிக்காற்

றில் அதிர்ச்சி அதிகமாக ஏற்பட்டும் சப்தம் அதிகமாகக் கேட்கின்றதென்று அறியவேண்டும். மேலும் இன்னும் சப்தம் அதிகமாக ஏற்படுவதற்கு ஹார்னை (Sound Box) ஸவுண்ட் பாக்ஸுடன் இணைத்திருப்பதைக் கவனித்திருக்கலாம். பழைய மாடல் கிராமபோன்களில் ஹார்ன்,



படம் 66

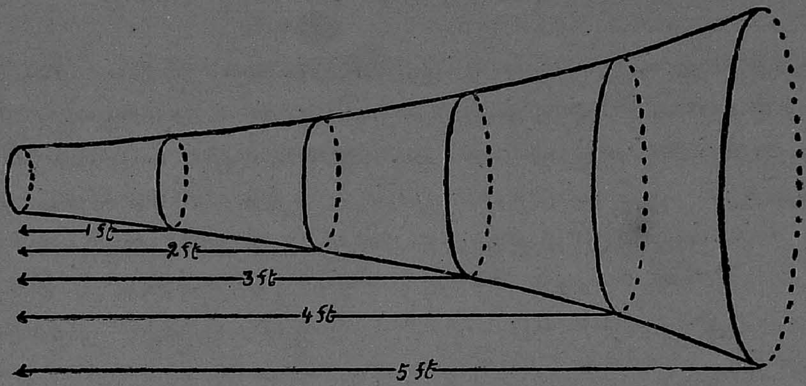


படம் 67

பெட்டிக்கு வெளியில் அமைத்திருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். புது மாடல்களில் ஹார்னை மடித்து அது பெட்டிக்குள் அடங்கியிருக்கும்படி செய்யப்பட்டிருக்கின்றது. இதை 67-ம் படத்திலிருந்து காணலாம். இம்மாதிரி ஹார்ன் அமைக்கப்பட்டுள்ள மெஷின்களிற்கு (Cabinet) காபி

னெட் மாடல் என்று சொல்லப்படுகின்றது. சப்தத்தைப் பெருக்கிக் கொடுக்க ஹார்னின் அமைப்பு எவ்வாறு இருக்க வேண்டுமென்று இப்பொழுது பார்ப்போம். ஹார்ன் குட்டையாகவும், அதன் வெளி வாயின் சுற்றளவு குறைவாகவுமிருந்தால் ஹார்னில் அதிகமாகத் தாக்குதல் (Reflection) ஏற்பட்டு, வெளிக்காற்றில் ஏற்படும் அலைகளின் தென்பு குறைவதினால் சப்தமும் குறைவாகக் கேட்கும். ஹார்ன் குட்டையாகவும், அதன் வெளிவாயின் சுற்றளவு அதிகமாகவும் இருந்தாலும், அப்பொழுதும் சப்தம் அதிகமாகக் கேட்காது. ஆகையினால் ஹார்னின் நீளம் அதிகமாக இருக்கவேண்டியிருக்கின்றது. தவிர ஹார்னிலிருக்கும் காற்றிற்கு ஒரு இயற்கையான சுருதியும், அதற்கேற்ற ஓவர்டோன்களும் இருக்கும் என்று அறிவீர்கள். ஆகையினால் ப்ளேட்டிலிருந்து வரும் சப்தத்தில் ஹார்னுக்குத்தகுந்த சுருதியுள்ள டோன்களை ரிஸொனென்ஸினால் அதிகப்படுத்துவதால் ரிகார்டுகளிலிருந்து வரும் சப்தம் மாறுதலையடையும். சுமாராக எல்லாக் குறைகளையும் நிவர்த்தித்து உபயோகப்படுத்தும் ஹார்ன் (Logarithmic horn) லாகரித்மிக் ஹார்ன் என்று சொல்லப்படும். அதன் அமைப்பை 68-ம் படத்தில் காணலாம். ஒவ்வொரு அடி நீளத்திற்கும் அதன் (Cross-Section) குறுக்கின் பரப்பு முன்னிருந்ததைக்காட்டிலும் இரண்டு மடங்கு அதிகமாக இருக்கும்படி ஹார்ன் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. வெளியே நீட்டிக்கொண்டு விகாரமாக இருக்காமலிருப்பதன்பொருட்டு (Cabinet) காபினெட் மாடலில் ஹார்னை மடித்துப் பெட்டிக்குள் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றதை முன்பே கவனித்தோம். 69-ம் படத்திலிருந்து கொலம்பியா மாடல் நம்பர் 101 மெஷினின் அமைப்பைக் காணலாம்.

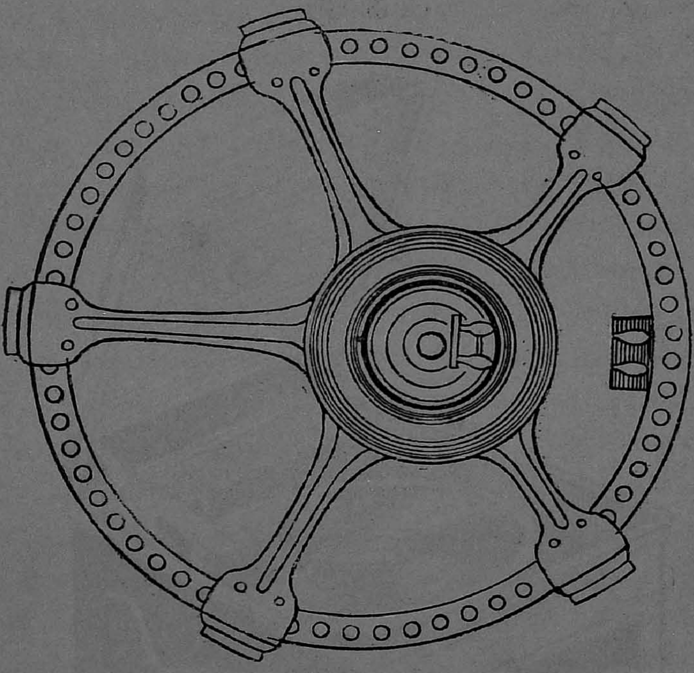
வீடுகளிலும், கட்டிடங்களிலும் சாதாரணமாக, கிராமபோன் மெஷின்களைக்கொண்டு பலபேர்கள் பாட்டுகளைக் கேட்கும்படி செய்யலாம். ஆனால், மைதானங்களிலும்,



படம் 68

படம் 69

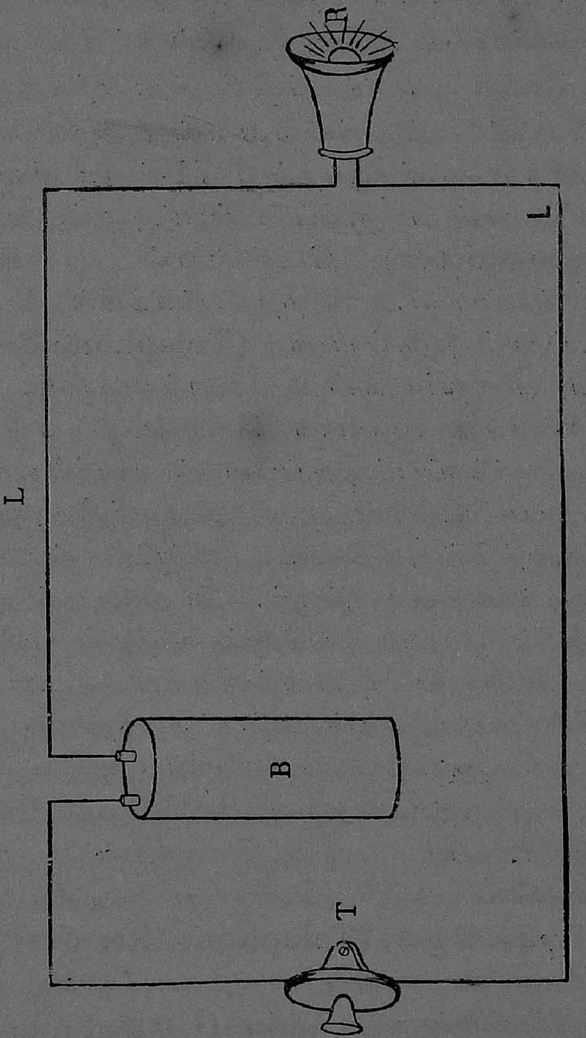
பார்க்குகளிலும் கூடியிருக்கும் ஜனங்கள் எல்லோரும் கேட்கவேண்டுமென்றால் கிராமபோன் மெஷின்களிலி ருந்து வரும் சப்தம் போதாது. ஆகையினால் சப்தம் மின் சாரத்தினால் அதிகப்படுத்தப்பட்டு எல்லோரும் கேட்கும் படி செய்யப்படுகின்றது. அப்பொழுது ஸவுண்ட் பாக்ஸ், ஹார்ன் இரண்டையும் கழட்டிவிட்டு அதற்குப் பதிலாக கிராமபோன் (Pick-up) பிக்கப் என்று சொல்லப்படுவது மிஷினில் சேர்க்கப்படும். பிளேட்டின் மேலிருக்கும்



படம் 70

கோடுகளில் ஊசி செல்லுவதினால் அதில் ஏற்படும் அசைவு (Pick-up) பிக்கப் என்று சொல்லப்படும் மைக்ரோ போனில் ஏற்பட்டு அதன்மூலமாக மின்சார ஓட்டத்தில் ஏற்படும் ஏற்றக் குறைவுகளை, தெர்மியானிக் வால்வ்ஸ் என்று சொல்லப்படும் கருவிகளின் உதவியால் அதிகப் படுத்தி, (Loud Speaker) லவுட் ஸ்பீகரின் வழியாகச் செலுத்த, அதன் டயாபரம் வைபரேஷன்செய்வதால்

சப்தம் அதிகமாக ஏற்பட்டு எல்லோரும் பாட்டுகளைக் கேட்கும்படி செய்யப்படுகின்றது. அம்மாதிரி உபயோகப் படும் (Loud Speaker) லவுட் ஸ்பீகர் ஒன்றை 70-ம் படத்தில் காணலாம்.



படம் 71

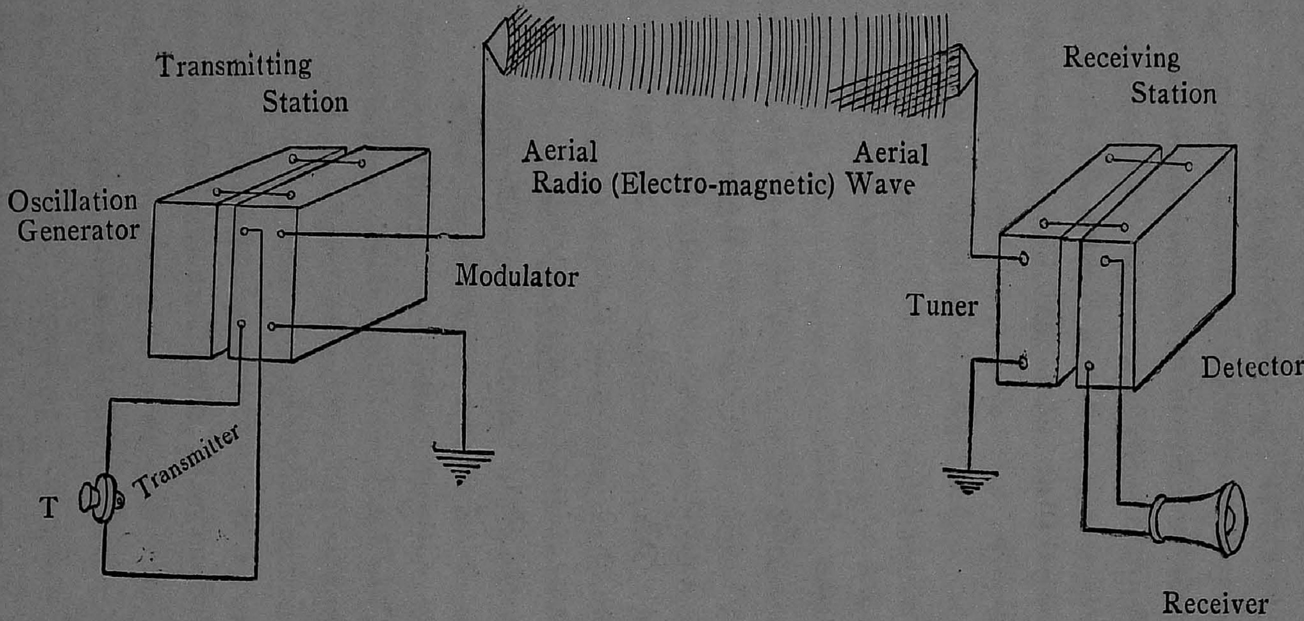
ரேடியோ :—அமெரிக்கா, இங்கிலாந்து, கொழும்பு இம்மாதிரி பல இடங்களில் நடக்கும் சமாசாரங்களும், ஸங்கீதக் கச்சேரிகளும் ரேடியோ அல்லது கம்பியில்லா

டெலிபோன் மூலமாக நம்முடைய தேசத்தில் எல்லா இடங்களிலும் கேட்கப்படுவதை அறிவீர்கள். எவ்வாறு கம்பியில்லா டெலிபோன் மூலமாக ஒரு இடத்தில் நடக்கும் பாட்டுக் கச்சேரிகள் மற்ருெரு இடத்தில் கேட்கப்படுகின்றன என்பதை அறிய, முதலில் கம்பி டெலிபோன் மூலமாக எவ்வாறு ஒரு இடத்திலிருந்து மற்ருெரு இடத்திற்குச் சமாசாரம்செல்லுகின்றது என்று அறியவேண்டும். இதைத் தெரிந்துகொள்ளுவதற்கு 71-ம் படத்தைக் கவனிக்கவும். T என்று குறிப்பிடப்பட்டிருப்பது (Telephone Transmitter) டெலிபோன் டிரான்ஸ்மிடர் என்று சொல்லப்படும். மற்ற பக்கத்தில் R என்று குறிப்பிடப்பட்டிருப்பது (Telephone Receiver) டெலிபோன் ரிஸீவர் என்று சொல்லப்படும். இவை இரண்டும் கம்பிகள் மூலமாக B என்கிற எலெக்ட்ரிக் பாட்டரிக்கு சேர்க்கப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். எலெக்ட்ரிக் பாட்டரியின் ஒரு துருவத்திலிருந்து மற்ருெரு துருவத்திற்கு வெளிக் கம்பிகளின் மூலமாக மின்சாரம் ஓடிக்கொண்டிருக்கும். டெலிபோன் டிரான்ஸ்மிடரின் எதிரில் ஒருவர் பேசினல் காற்றில் உண்டாகும் அலைகள் டெலிபோன் டிரான்ஸ்மிடரின் டயாபரத்தை மோதி அதில் வைபரேஷன் ஏற்பட்டு மின்சார ஓட்டத்தில் அதற்குத் தகுந்தவாறு ஏற்றக் குறைவு ஏற்படுகின்றது. அந்த ஏற்றக்குறைவு (Telephone Receiver) டெலிபோன் ரிசீவரில் ஏற்பட்டு அதன் டயாபரமும் வைபரேஷன் செய்யும். அதிலிருந்து வெளிக் காற்றில் அலைகள் ஏற்படுவதினல் (Telephone Receiver) டெலிபோன் ரிசீவரைக் காதில் வைத்துக்கொண்டிருப்பவர் சப்தத்தைக் கேட்கின்ருர். இந்த (Circuit) ஸர்கூட்டில் பேசுவதற்கு முன்பாக மின்சாரம் ஒரே நிதானமாக ஓடிக்கொண்டிருக்கும். எப்பொழுது மின்சார ஓட்டத்தில் பேசுவதற்குத் தகுந்தாற்போல் ஏற்றக்குறைவு ஏற்படுகின்றதோ அப்பொழுதுதான் டெலிபோன் ரிசீவரில்

சப்தம் உண்டாகும் என்பதை நன்றாக அறியவேண்டும். இம்மாதிரி, கம்பியில் நிதானமாக ஓடிக்கொண்டிருக்கும் மின்சாரத்தில், பேசுவதனால் உண்டாகும் அதிர்ச்சியைச் சேர்க்கப்படுவது (Modulation) மாடுலேஷன் என்று சொல்லப்படும். இந்தக் கருத்து கம்பியில்லா டெலிபோனிலும் உபயோகப்படுத்தப்பட்டிருக்கின்றது. கம்பி டெலிபோனில் அதிர்ச்சி ஒரு இடமிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குக் கம்பிகளின் மூலமாகச் செல்லுகின்றது. ரேடியோவில் அதிர்ச்சி எவ்வாறு செல்லுகிறதென்று இப்பொழுது பார்ப்போம். முதல் அத்தியாயத்தில் வெளிச்சமும், சப்தத்தைப்போல் அலைகள் மூலமாக ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குச் செல்லுகின்றது என்று பார்த்தோம். ஒளிக்குண்டான அலைகள் ஒரு ஸகிண்டிற்கு 186,000 மைல் ஆகாயத்தில் பரவுகின்றதென்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. ஒளி அலைகள் மின்சாரத் துணுக்குகளின் வைபரேஷனால் ஏற்படுகின்ற அலைகளில் ஒரு பகுதி என்று கருதப்படுகின்றது. மின்சாரத் துணுக்குகளின் வைபரேஷனால் உண்டாகும் அலைகளுக்கு (Electro-magnetic waves) எலெக்ட்ரோ மாக்னடிக் வேவ்ஸ் (அலைகள்) என்று சொல்லப்படும். அவ்வொளியலைகள் அவைகளின் நீளத்திற்குத் தகுந்தாற்போல், சிகப்பு ஒளி என்றும், மஞ்சள் ஒளி என்றும், ஊதா ஒளி என்றும் சொல்லப்படும். அதிக நீளமுள்ள அலைகளைக்கொண்டு ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு சப்தம் அனுப்பப்படுகின்றது. அம்மாதிரி நீளமுள்ள (Electro-magnetic waves) எலெக்ட்ரோமாக்னெடிக் அலைகள் ரேடியோ அலைகள் என்று சொல்லப்படுகின்றன. சுமார் 50 (Metre) மீடர் நீளமுதற்கொண்டு 25,000 மீடர் நீளம் வரையில் உள்ள அலைகள் உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றன. ஆகையினால் சப்தம் ஒரு ஊரிலிருந்து மற்றொரு ஊருக்குச் செல்ல ரேடியோ அலைகளை முதலில் உண்டு பண்ண வேண்டுமென்று அறிகின்றோம். இதை உண்டு

பண்ணி சப்தத்தைச் சேர்த்து அனுப்புவிக்கப்படும் இடத்திற்கு (Transmitting Station) டிரான்ஸ்மிடிங் ஸ்டேஷனென்று சொல்லப்படும். குறிப்பிட்ட நீளமுள்ள ரேடியோ அலைகளைத் தொடராக அனுப்பவேண்டுமென்றால் மின்சாரத் துணுக்குகளின் வைபரேஷன் விடாமல் ஏற்பட வேண்டுமென்று அறியவேண்டும். அவ்வாறு மின்சாரத் துணுக்குகளின் வைபரேஷன் விடாமல் உண்டுபண்ணப் பல வழிகள் இருக்கின்றன. அவைகளை விபரமாக இங்கே கவனிக்கமுடியாது. இப்பொழுது எப்படி சப்தத்தை ரேடியோ அலைகளுடன் சேர்த்து அனுப்புவதால் சப்தம் மற்றொரு இடத்திற்குச் செல்லுகின்றதென்பதைப் பார்ப்போம். அலையின் வேகத்தை, அதன் நீளத்தால் வகுத்து வருகின்ற எண், அதன் வைபரேஷன் எண்ணைத் தருகின்றதென்று முன்பு பார்த்திருக்கின்றோம். அதே மாதிரியாக ரேடியோ அலைகளின் வைபரேஷன் எண்ணிக்கையை அறிய அவைகளின் வேகத்தை அதன் நீளத்தால் வகுக்க வேண்டும். அலைகள் 186,000 மைல் ஒரு ஸகிண்டிற்குச் செல்லுவதனால் வேகம் வெகு கடுமையாக இருக்கின்றதென்று தெரிந்துகொள்ளலாம். ஆகையினால் அதன் வேகத்தை அலை நீளத்தால் வகுத்து, வருகின்ற எண் மிகவும் அதிகமாக இருக்குமென்று அறியலாம். அதாவது ரேடியோ அலைகளின் சுருதி பதினாயிரக் கணக்காக இருக்குமென்று தெரிகின்றது. ஆகையினால் அவைகளின் சுருதி நாம் நம்முடைய காதுகளினால் கேட்கக்கூடிய சுருதிகளின் எல்லையைத் தாண்டியிருக்கின்றது. எவ்வாறு கம்பி டெலிபோனில், கம்பியில் நிதானமாகச் சென்று கொண்டிருக்கும் மின்சாரத்துடன் சப்தத்திற்கு உண்டான அதிர்ச்சி சேர்த்தனுப்பப்படுகின்றதோ அதுபோல அதிக சுருதியுள்ள ரேடியோ அலைகளுடன் சப்தத்திற்குண்டான அதிர்ச்சி சேர்க்கப்படுகின்றது. அவ்வாறு அத்துடன் சேர்ப்பதற்கு உபயோகப்படும் கருவிக்கு (Modulator) மாடுலேடர் என்று பெயர். அதன்

உதவியால் சப்தத்தின் அதிர்ச்சிக்குத் தகுந்தவாறு ரேடியோ அலைகளின் ஆம்ப்ளிடியூடில் ஏற்றக் குறைவை உண்டுபண்ணலாம். அவ்வாறு மாடுலேஷன் ஆன அலைகள் (Broadcasting Station) பிராட்காஸ்டிங் ஸ்டேஷனிலிருக்கும் (Arial) ஏரியலிலிருந்து கிளம்பி ஆகாயத்தில் செல்லும். அவைகள் எல்லாத்திசைகளிலும் பரவும். ஒரு ஸகிண்டிற்கு 186,000 மைல் தூரம் பரவுவதால் உலகத்தில் ஒரு இடத்திலிருந்து மற்ருெரு இடத்திற்கு அலைகள் வெகு சீக்கிரம் செல்லக்கூடுமென்று அறியலாம். அதனுல்தான் கொளும்பில் பாட்டை ஆரம்பித்தவுடன் அதே காலத்தில் பாட்டை நாம் இங்கே கேட்கமுடிகின்றது. ரிஸீவிங் ஸ்டேஷனில் நாட்டப்பட்டிருக்கும் ஏரியலில் அவ்வாறு எல்லாத்திசைகளிலும் செல்லுகின்ற ரேடியோ அலைகள் மோதும். (Resonance) ரெஸோனென்ஸ் என்ற கருத்தை உபயோகப்படுத்தி (Receiving Set) ரிஸீவிங் ஸெட் என்று சொல்லப்படும் கருவியில் அதிர்ச்சி ஏற்படுமாறு செய்யப்படுகிறது. அப்பொழுது ரேடியோ அலைகளுக்குத் தகுந்தாற்போல் ஸெட்டில் மின்சார ஓட்டம் ஏற்படும். ஆனுல் அதை நேராக டெலிபோன் ரிஸீவரில் அனுப்புவித்தால் சப்தம் கேட்காது. அதற்காக மின்சாரம் (Rectifier) ரெக்டிபயர் or (Detector) டிடெக்டர் என்று சொல்லப்படும் கருவியில் முதலில் அனுப்பப்பட்டு அதிலிருந்து டெலிபோன் ரிஸீவருக்கு அனுப்பிக்கப்படுகின்றது. அப்பொழுதுதான் டெலிபோன் ரிஸீவரிலிருந்து சப்தம் உண்டாகின்றது. இவ்விடம் காணப்படும் 72-ம் படத்திலிருந்து, மேலே சொன்ன விஷயங்களை சுலபமாக அறியலாம். T என்ற டிரான்ஸ்மிடரின் முன்பாகப் பேசுவதினுல் அல்லது பாடுவதினுல் அதன் டயாபரம் வைபரேஷன் செய்கின்றது. அதனுல் அதன்வழியாகச் செல்லும் மின்சார ஓட்டத்தில் ஏற்படும் ஏற்றக்குறைவுகளின் பலாபலன்களை வால்வுகளின் உதவியினுல் சீர்ப்படுத்திக் கொண்டு, (Oscillator) ஆஸிலேடர் என்று போடப்


Transmitting
Station
Oscillation
Generator
Modulator
Transmitter
T
Aerial
Radio (Electro-magnetic) Wave
Aerial
Receiving
Station
Tuner
Detector
Receiver

படம் 72

பட்டிருக்கும் கருவியினுல் உண்டாகும் ரேடியோ அலைக ளுடன் சேர்க்கப்பட்டு மாடுலேஷன் அடைந்து ஏரியலி லிருந்து வெளிக்கிளம்பி எல்லாத்திசைகளிலும் ஒரு ஸகிண்டிற்கு 186,000 மைல் வேகத்துடன் பரவும். அவை கள் ரிஸீவிங் ஸ்டேஷனிலிருக்கும் ஏரியலில் மோதுகின் றன. எப்படி சப்தத்திற்கு உண்டான அலைகள் நம்மு டைய காதுகளிலிருக்கும் (Drum Skin) டிரம்ஸ்கின் என்கிற தோலை மோதுவதால் நாம் சப்தத்தை அறி கின்ருேமோ, அதுபோலவே ரேடியோ அலைகள் ரிஸீவிங் ஸ்டேஷனிலிருக்கும் ஏரியலில் மோதுவதால், ரேடியோ மூலமாக அனுப்புவிக்கப்படும் ஸமாச்சாரங்களை அறிகின் ருேம். ஏரியல் (Tuner) டியூனர் என்ற பாகத்துடன் சேர்க்கப்பட்டிருப்பதை படத்தில் கவனிக்கலாம். இதைக் கொண்டுதான் நாம் கொளும்புவிலிருந்தோ, இங்கிலாந்தி லிருந்தோ, அல்லது கல்கத்தாவிலிருந்தோ, இன்னும் வெவ்வேறு ஊர்களிலிருந்தோ வரும் சமாசாரத்தை கேட்க வியல்கின்றது. ரிஸொனன்ஸ் என்ற கருத்தை உபயோகப் படுத்தி அந்தந்த ஊரிலிருந்து வரும் ரேடியோ அலைக ளுக்கு ஏற்ற சுருதியுடன் சேர்த்துக்கொள்வதற்கு இதில் ஸாதகம் ஏற்றப்பட்டிருக்கின்றது. அவ்வாறு சுருதி கூட்டியவுடன் அந்த ஊருக்கு உண்டான ரேடியோ அலைகள் மின்சார ஓட்டத்தை ஸெட்டில் உண்டுபண்ணு கின்றது. அது (Detector) டிடெக்டர் என்ற பாகத்தின் மூலமாக டெலிபோன் ரிஸீவரில் செல்லுவதனுல், டெலிபோன் ரிஸீவரின் டயாபரத்தில் வைபரேஷன் ஏற்பட்டு நாம் சப்தத்தைக் கேட்கின்ருேம் என்று அறியவேண்டும்.

கேள்விகள்

80. எடிஸனுடைய போனகிராபின் முக்ய அம்சங்களைப் படத்தில் காட்டி எவ்வாறு சப்தங்கள் அதில் ரிக்கார்டு செய்யப் பட்டு மறுபடியும் திரும்ப அவைகள் நமக்குக் கிடைக்கின்றது என்பதை விவரித்து எழுதவும்.

81. பெர்லினர் மிஷினில் எடிஸன் மிஷினிலிருப்பதைக் காட்டிலும் அதிகமாயுள்ள சீர்திருத்தங்களை விவரித்து எழுதுக.

82. ஹார்ன் மாடல் கிராமபோன் மிஷினின் முக்ய அம்சங்களைப் படத்தில் காட்டி அவைகளின் உபயோகங்களை எழுதுக.

83. புது முறையில் ரிகார்டுகள் எவ்வாறு தயாரிக்கப்படுகின்றன?

கீழ்க்கண்டவைகளைப்பற்றி எழுதுக:—

84. கிராமபோன் ஸவுண்ட் பாக்ஸ்.

85. காபினெட் மாடல் கிராமபோன்.

86. லாகிரத்மிக் ஹார்ன் (Logarithmic Horn).

87. லவுட் ஸ்பீகர் (Loud Speaker).

88. ரேடியோ (Radio).

அத்தியாயம் 10

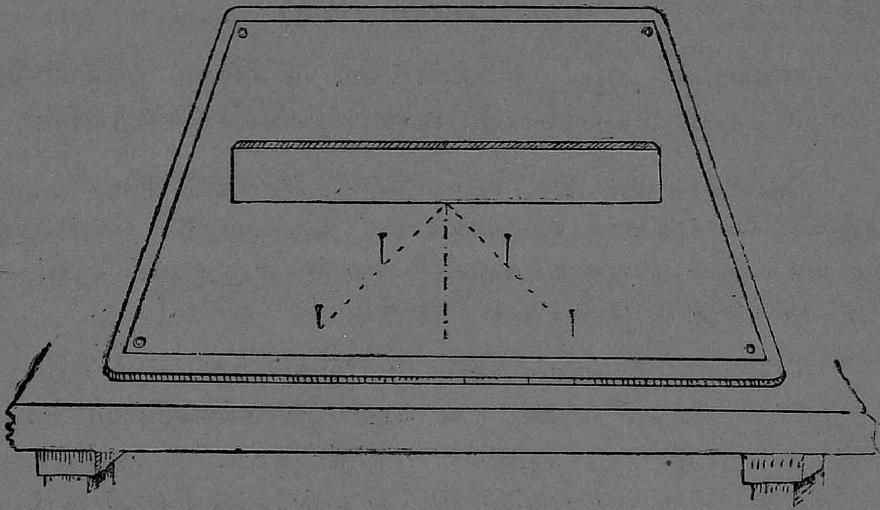
(Reflection of Sounds, Echoes, Reverberation and Interference)

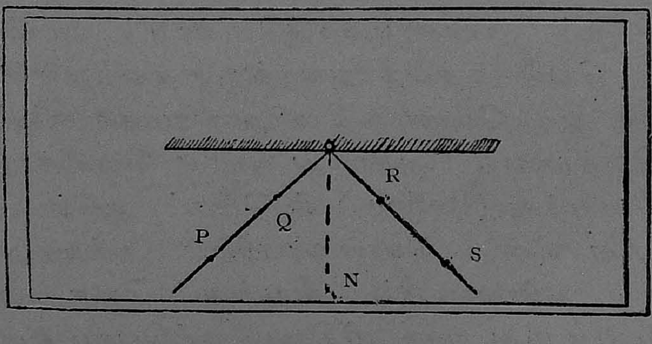
ரிப்ளேக்ஷன் ஆப் ஸவுண்ட்ஸ், எக்கோ அல்லது எதிரொலி, ரேவர்பேரேஷன், இண்டர்பியரேன்ஸ்

[வெளிச்சத்தின் திசை மாறுதல்—சப்தத்தின் திசை மாறுதல்—ரிப்ளெக்ஷனைக் காட்டுவதற்குச் செய்யப்படும் எக்ஸ்பெரிமெண்டு—குவிந்த வஸ்துக்களில் ரிப்ளெக்ஷன் ஏற்படும் விதம்—எதிரொலி—ரெவர்பெரேஷன்—இண்டர்பியரென்ஸ்.]

சப்தம் செய்யும் வஸ்து இருக்குமிடத்திலிருந்து காற்றில் அலைகள் உண்டாகி நாலா பக்கங்களிலும் பரவுகின்றன என்பதை முன்பு பார்த்தோம். அவ்வாறு ஏற்படும் அலைகள் பரவும்பொழுது வஸ்துக்களில் மோதுவதனால் திசை மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன என்பதை இப்பொழுது கவனிக்கவேண்டும். உதாரணமாக, ஒரு முகம்பார்க்கும் கண்ணாடியைக்கொண்டு வெளியிலிருக்கும் சூரிய வெளிச்சத்தை அறைக்குள் சுவற்றில் மோதும்படி செய்ய முடியுமென்பதை சாதாரணமாக எல்லோரும் கவனித்திருக்கலாம். அதாவது சூரிய வெளிச்சம் கண்ணாடியில் விழுந்து (Reflect) ரிப்ளெக்ட் ஆகிச் சுவற்றில் விழுகின்றது என்று சொல்லப்படும். அவ்வாறு சூரிய வெளிச்சம் கண்ணாடியில் விழுந்து திசை மாறுதலை அடையும்பொழுது ஒரு விதியை எப்பொழுதும் அனுசரிக்கின்றது என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அதை விளக்கிக்காட்டக் கீழ்கண்ட எக்ஸ்பெரிமெண்டை எடுத்துக்கொள்ளுவோம். 73-ம் படத்தில் காணப்படுவதுபோல் ஒரு பலகையை எடுத்துக்கொண்டு அதன் மேல் ஒரு வெள்ளைக் காகிதத்தை நன்றாகப் பரப்பி, நான்கு மூலைகளிலும் குண்டூசிகளைக் குத்தி வைக்கவேண்டும்.

அதன்பேரில் ஒரு முகம்பார்க்கும் கண்ணுடியை நிற்க வைத்து அதன் எதிரில் படத்தில் காண்பித்திருக்கிறது போல் இரண்டு குண்டூசிகளைக் குத்திக்கொண்டு அவைக ளின் (Images) தோற்றங்களைக் கண்ணுடியில் பார்த்து,



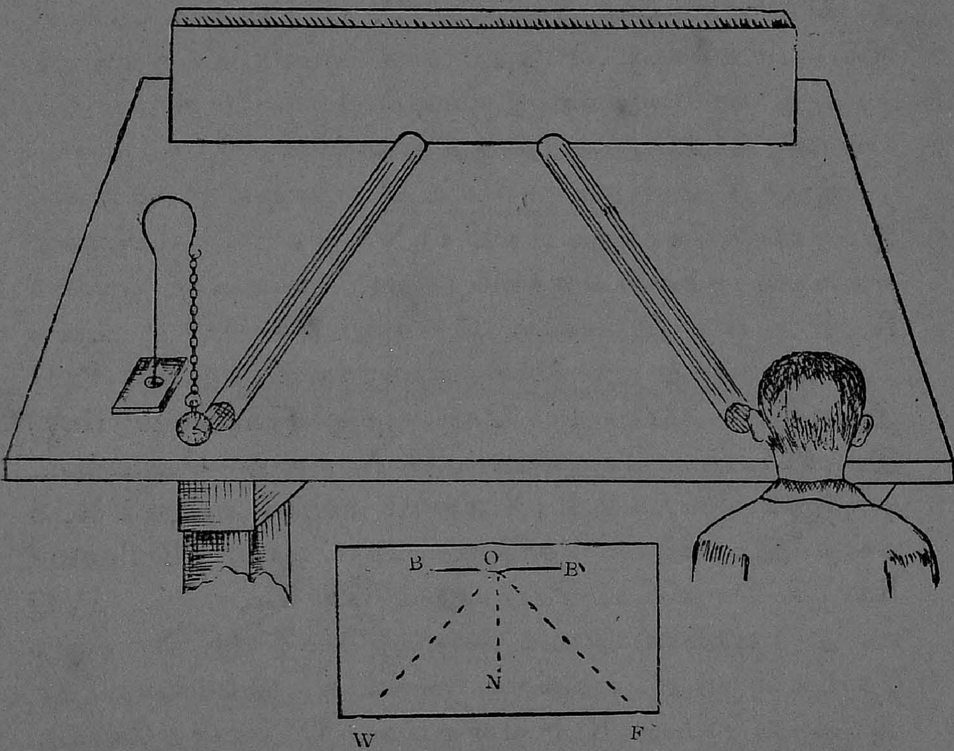


படம் 73

கண்ணுடியில் தெரியும் இரண்டு உருவங்களின் மார்க்கத் தில் அதாவது திசையில் வேறு இரண்டு பின்களை பேப்ப ரில் குத்திக்கொள்ளவேண்டும். பிறகு அவ்வாறு குத்தப் பட்ட இடங்களைச் சேர்த்துக் கோடுகளை யிழுத்தால் படத் தில் காணப்படுவதுபோல், கண்ணுடியின் முன்பாகத்தில்

இரண்டு கோடுகளும் கூடுவதைக் கவனிக்கலாம். கூடுகின்ற இடத்திலிருந்து கண்ணுடியிருக்குமிடத்திற்கு செங்குத்தான மற்ரெரு கோடு படத்தில் காணப்படுவது போல் வரையவேண்டும். முதலில் எடுத்துக்கொண்ட இரண்டு ஊசிகளின் இடங்களை P, Q என்றும், அவைகளின் உருவங்களுடன் தொடராக வைக்கப்பட்டிருக்கும் மற்ற இரண்டு ஊசிகள் இருக்குமிடங்களை R, S என்றும் கண்ணுடிக்குச் செங்குத்தாக இழுக்கப்பட்டிருக்கும் கோட்டிற்கு O N என்றும் குறிப்பிட்டோமானுல் P, Q என்ற இடங்களைச் சேர்க்கும் கோடு O N என்ற கோட்டிலிருந்து எவ்வளவு சரிவாகவிருக்கின்றதோ, அவ்வளவு சரிவாக R, S என்ற இடங்களைச் சேர்க்கும் கோடு O N என்ற கோட்டிலிருந்து இருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். P, Q இடங்களைச் சேர்க்கும் கோட்டிற்கு (Incident Ray) இன்ஸிடெண்ட் ரே என்றும், O N என்று போடப்பட்டிருக்கும் கோட்டிற்கு (Normal) நார்மல் என்றும் R, S என்ற இடங்களைச் சேர்க்கும் கோட்டிற்கு (Reflected Ray) ரிப்ளெக்டெட் ரே என்றும் சொல்லப்படும். P, Q என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் கோடு O N என்ற கோட்டிலிருந்து எவ்வளவு சரிவாக இருக்கின்றதோ, அவ்வளவு சரிவாக R, S என்ற கோடு O N என்ற கோட்டிலிருந்து இருக்குமென்பதை வேறு விதமாகச் சொல்லலாம். அதாவது இன்ஸிடெண்ட் ரே நார்மலிலிருந்து எவ்வளவு சரிவாக விருக்கின்றதோ, அவ்வளவு சரிவாக ரிப்ளெக்டெட் ரே நார்மலிலிருந்து இருக்கின்றதென்று சொல்லலாம். இதைப்போலவே சப்தமும் எதிர்த்து வரும்பொழுது இம்மாதிரியான விதியை அனுஷ்டிக்கின்றது. இதைக் கீழ்க்கண்ட எக்ஸ்பெரிமெண்டினுல் அறியலாம். 74-ம் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருப்பதுபோல், ஒரு பலகையைச் செங்குத்தாக நிறுத்தி அதன் எதிரில் இரண்டு குழாய்களை ஸ்டாண்டுகளின் உதவியால் நிறுத்திப் பலகையைநோக்கி இருக்குமாறு அமர்த்தவேண்டும்.

பிறகு ஒரு குழாயின் வாயின் அருகில், அதாவது படத்தில் குறிப்பிடப்பட்டிருக்குமிடத்தில், கைக்கடிகாரம் ஒன்றைக் கட்டித்தொங்கவிட்டு மற்ருெரு குழாயின் வாயினருகில் காதை வைத்துக்கொண்டு அந்தக் குழாயின்



படம் 74

சரிவை மாற்றிக் கைக்கடிகாரத்தின் சப்தம் கேட்கும் திசையில் அதை வைத்துவிடவேண்டும். அவ்வாறு செய்தபின் பார்த்தால் முதல் குழாய் பலகைக்கு எவ்வளவு சரிவாகவிருக்கின்றதோ, அவ்வளவு சரிவாக இரண்டாவது குழாயும் பலகைக்கு இருக்கின்றதைக் காணலாம். ஆகையினுல் சப்தமும் வெளிச்சத்தைப்போல எதிர்க்கப்படும்பொழுது மேற்கூறிய விதியை அனுஸரிக்கின்றது என்று தெரிந்துகொள்ளவேண்டும். குழிந்தவடிவமுள்ள வஸ்துக்களில் எவ்வாறு சப்தம் எதிர்க்கப்பட்டுவருகிறதென்று இப்பொழுது பார்ப்போம். இவ்விடம் 75-ம் படத்தில் காண்பிக்

படம் 75

கப்பட்டிருப்பதுபோல் கிண்ணவடிவமுள்ள இரண்டு தகடு களை மேஜையின்மேல் நிறுத்தி வைக்கவேண்டும். A என்ற இடத்தில் ஒரு கைக்கடிகாரத்தை கட்டித்தொங்க விட்டு B என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் இடத்திற்குச் சமீபத்தில் ஒரு ரப்பர் குழாயுடன் சேர்க்கப்பட்ட புன லின் உதவியால் R என்ற கிண்ணத்திலிருந்து எதிர்த்து வருகிற அலைகளைக் காதில் வாங்கலாம். அதாவது B என்று போடப்பட்ட இடத்தில் புனலை வைத்துக் காதினால் கவனித்தால்தான் கடிகாரம் ஓடுவது நன்றாகக் காதில் விழும். கடிகாரத்தின் சப்தத்தை எவ்வாறு கேட்கின் றோம் என்பதைச் சொல்லிவிடலாம். A என்று குறிப் பிடப்பட்டிருக்குமிடத்திலிருந்து கடிகாரத்தின் சப்தத் தினால் காற்றில் அலைகள் ஏற்பட்டு அவைகள் அதற்கு எதிராக இருக்கும் R என்ற குவிந்த தகட்டில் விழுந்து, அவ்விடம் எதிர்க்கப்பட்டு நேராகச் சென்று R' என்ற தகட்டில் விழுந்து B என்று போடப்பட்டிருக்குமிடத் தில் மறுபடியும் குவிகின்றது. அதனால்தான் B என்று போடப்பட்டிருக்குமிடத்தில் புனலை வைத்து, அதன் வழியாக நாம் சப்தத்தைக் கேட்கின்றோம். இம்மாதிரி குழிவுள்ள வஸ்துக்களுக்கு சப்தத்தைக் குவிக்கும் தன்மை உண்டு என்று நாம் அறியவேண்டும். இப்பொ ழுது எதிர் ஒலி எப்படி ஏற்படுகின்றது என்று சுலபமாகச் சொல்லலாம். நாம் ஒரு உயர்ந்த சுவற்றின் அருகாமை யில் நின்றுகொண்டு சப்தம் செய்தோமென்றால் அந்த சப்தத்தையும் அது பரவிச் சுவற்றில் விழுந்து எதிர்த்து வரும் சப்தத்தைக் கவனிக்கலாம். இரண்டாவதாகக் கேட்ட சப்தத்திற்கு எக்கோ (Echo) அல்லது எதிர் ஒலி என்று சொல்லப்படும். அவ்வாறு இரண்டு சப்தங்களைத் தனியாக கேட்கவேண்டுமென்றால் நாம் சுவரிலிருந்து சுமார் 70 அடிக்குமேல் உள்ள தூரத்திலிருந்து சப்தம் செய்யவேண்டும். ஏனெனில் இரண்டு சப்தங்களுக்கும் தனித்தனியாகக் கேட்கும்பொழுது இடையே ஏற்படும்

காலம் வீசம் ஸகிண்டிற்குமேல் இருக்கவேண்டுமென்று பரீக்ஷை மூலமாகத் தெரிந்துகொள்ளலாம். ஆகையினுல் அகல நீளம் 70 அடிக்குக் குறைவாகவிருக்கின்ற அறைகளில் எதிரொலி ஏற்படாது என்று அறியலாம்.

Reverberation: ரெவர்பெரேஷன்—ஒரு அறையில் சப்தம் செய்தோமென்ருல் அந்த சப்தம் உடனே அடங்காமல் தங்கியிருக்குமானுல், அப்பொழுது (Reverberation) ரெவர்பெரேஷன் ஏற்படுகின்றது என்று சொல்லப்படும். காலி வீடுகளில் இம்மாதிரி இருப்பதைச் சுலபமாக அறியலாம். அம்மாதிரி வீடுகளில் நாம் சப்தம் செய்தோமென்ருல் நாம் செய்த சப்தம் காதுகளில் விழுந்தவுடன் மறையாமல் சிறிது நேரம் வரையில் கேட்கின்றதை நாம் கவனிக்கலாம். வீடுகளில் சாமான்களைப் பரப்பிவிட்டால் (Reverberation) ரெவர்பெரேஷன் ஏற்படுவதில்லை. இதையும் நாம் கவனிக்கலாம். இவ்வாறு ரெவர்பெரேஷன் ஏற்படும் அறைகளில் நாம் பேசிக்கொண்டிருந்தால், நாம் பேசுவது மற்றவர்களுக்கு நன்ருகப் புரியாது. ஒரே குழப்பமாகக் காதில் சப்தம் விழும். இந்தக் குறைவில்லாமல் சங்கீத ஹால்களைக் கட்டவேண்டும். இந்தக் கெடுதல் இருக்கும் பக்ஷத்தில் அதை நிவர்த்தி பண்ணுவதற்கு ஹாலில் மெத்தை தைத்த நாற்காலிகள் நிறையப் போடுவதுண்டு. அப்பொழுது மெத்தைகளிலிருக்கும் பஞ்சு அலைகளை உறிஞ்சிவிடும். ஆகையினுல் சீக்கிரம் சப்தம் மறைந்துவிடும். தவிர, ஜன்னல்கள் அநேகமிருந்தாலும் இந்தக் கெடுதலை நிவர்த்திசெய்யலாம். ஏனெனில் ஜன்னல்கள் எல்லாம் திறந்திருக்கும்பொழுது ஹாலில் ஏற்படும் சப்தத்தினுல் உண்டாகும் அலைகள் எல்லாப் பக்கங்களிலும் பரவி ஜன்னல்களை அடையும்பொழுது அவைகளின் வழியாக வெளியேறும். அதனுல் சீக்கிரம் சப்தம் மறைந்துவிடும். தவிர மனிதர்களுடைய

உடைகளும் சப்தத்தினுல் உண்டாகும் அலைகளை உறிஞ்சிக்கொள்வதினுல் ஹால் நிரம்ப ஜனங்களிருக்கும்பொழுது ரெவர்பெரேஷன் ஏற்படுவதில்லை என்றும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது.

Interference: இண்டர்பியரன்ஸ்—ஒரு ஹாலில் சில இடங்களில் சப்தம் அதிகமாகவும், சில இடங்களில் சப்தம் கேட்காமலும், இருக்கலாம். ஏனெனில், சுவர்களையோ கூரையையோ நோக்கிச் செல்லும் அலைகளும் அவைகளிலிருந்து எதிர்க்கப்பட்டுவரும் அலைகளும் சேருவதால் ஸ்டேஷனரி அலைகள் ஏற்பட்டு அதனுல் சில இடங்களில் ஆண்டி நோடுகளும் சில இடங்களில் நோடுகளும் உண்டாகும். இம்மாதிரி ஏற்படுவதற்கு (Interference) இண்டர்பியரன்ஸ் என்று பெயர்.

தவிர, மேல்கூரை குழிவுடன் இருக்குமானுல் அதிலிருந்து எதிர்க்கப்பட்டுவரும் சப்தம் ஒரு இடத்தில் குவியும். ஏனெனில் குழிவுள்ள பாகங்களுக்கு சப்தத்தைக் குவிக்கும் தன்மை உண்டென்று முன்பே பார்த்திருக்கின்ரும். ஆகையினுல் சப்தம் சில இடங்களில் அதிகமாகக் கேட்கும். இந்தக் கெடுதலை நிவர்த்திபண்ண மேல்கூரை சமமட்டமாகவிருக்கவேண்டும்.

ஆகையினுல் சங்கீதக் கச்சேரிகளுக்காக ஹால் கட்டவேண்டுமென்ருல் மேற்கூறிய கெடுதல்கள் இல்லாமல் இருக்கவேண்டும். அப்பொழுதுதான் ஏற்படும் சப்தங்கள் நன்ருக எல்லோராலும் கேட்கப்படும்.

கேள்விகள்

89. சூரிய வெளிச்சம் கண்ணுடியில் விழுந்து திசை மாறுதலை அடைகின்றது என்பதை விளக்கிக் காட்ட ஒரு எக்ஸ்பெரிமெண்டை விவரித்து எழுதுக.

90. அதுபோல சப்தமும் எவ்வாறு ஒரு பலகையில் ரிப்ளெக்ஷன் ஆகும் என்பதை விளக்கிக் காட்டச் செய்யப்படும்

எக்ஸ்பெரிமெண்டை விவரித்து எழுதுக. சப்தம் ரிப்ளெக்ஷன் ஆகும்பொழுது அனுஷ்டிக்கும் விதியைக் கூறுக.

91. குழிந்த வடிவமுள்ள வஸ்துக்களில் சப்தம் ரிப்ளெக்ஷன் ஆகும் விதத்தை விளக்கிக்காட்டுவதற்குச் செய்யப்படும் எக்ஸ்பெரிமெண்டை விவரித்து எழுதுக.

92. ரெவெர்பரேஷன், இண்டர்பியரென்ஸ் என்றால் என்ன ?

93. ஸங்கீத மண்டபங்களின் அமைப்பு எவ்வாறு இருக்க வேண்டும்? ஏன் ?

94. எதிரொலி (Echo) என்றால் என்னவென்றும், அது எப்பொழுது ஏற்படும் என்றும் விளக்கி எழுதுக.

அத்தியாயம் 11

(Principles of Staff Notation)

ஸ்டாப் நோடேஷனின் முக்கிய அம்சங்கள்

[ஸ்டாப் நொடேஷனின் கருத்து—நோட்டுகளின் பெயர்களும், அவைகளின் ஸங்கேதங்களும்—பலவித கிளெப்புகளும் அவைகளைக் குறிப்பிடும் விதமும்—ரெஸ்டுகளும் அவைகளின் ஸங்கேதங்களும்—பார் லைன்களும் அவைகளின் உபயோகமும்]

ஐரோப்பியர்கள், அவர்கள் ஸங்கீதத்தைத் தகுந்த அடையாளங்களைக்கொண்டு புஸ்தகத்தில் எழுதுகிறார்கள் என்று நாம் அறிவோம். அம்மாதிரி புஸ்தகரூபமாக, நம்முடைய கர்நாடக ஸங்கீதத்தை எழுதக்கூடாதா வென்றும், அவர்கள் எவ்வாறு அடையாளங்களைக் கொண்டு ஸங்கீதத்தை எழுத்துமூலமாக அப்பியாசம் பண்ணுகிறார்கள் என்றும் இப்பொழுது கவனிப்போம். அவர்களுடைய ஸங்கீதத்தில் பெரும்பாலும் நோட்டுகள் (Notes) அசைவில்லாமல் நேரான நோட்டுகளாக இருப்பதால் சுலபமாக அவைகளை எழுத்துமூலமாகக் குறிப்பிட முடிகின்றது. நம்முடைய ஸங்கீதத்தில் ஸ்வரங்களைத் தொகுதிகளாக உச்சரிக்கும்பொழுது உண்டாகும் சுகத்தை முக்கியமாகக் கைக்கொண்டிருப்பதாலும், ஸ்தானங்களை அசைத்துப்பிடிப்பதாலும், கமகங்களைப் பிரயோகப்படுத்துவதாலும், ஸெமிடோனுக்கு மிகவும் குறைவான இண்டர்வல்கள் உபயோகப்படுவதாலும், நம்முடைய கர்நாடக ஸங்கீதத்தை நொடேஷன்மூலமாகப் பூராவாகக் குறிப்பிடமுடியாது. ஸ்வரப்படுத்தின கீர்த்தனைகள் அனேகம் புஸ்தகங்களிலிருந்தபோதிலும், அவைகளைப் பாடம்பண்ணுவது, அவ்வளவு எளிதல்ல என்பது உங்களுக்குத் தெரியும். இருந்தாலும், நம்முடைய ஸங்கீ

தத்தை நொடேஷன் மூலமாகக் குறிப்பிடலாம் என்பது சிலருடைய நம்பிக்கை. உதாரணமாக, சின்னஸாமி முதலியார் சில கீர்த்தனைகளை ஸ்டாப் நொடேஷன் முறையில் எழுதியிருக்கிறார்.

இப்பொழுது (Staff Notation) ஸ்டாப் நொடேஷன் என்றால் என்னவென்றும், ஐரோப்பிய ஸங்கீதத்தில் அதன் உபயோகம் இன்னதென்றும் கவனிப்போம். படத்

தில் காணப்படுவதுபோல் ஐந்து நேர்கோடுகள் (Staff Notation) ஸ்டாப் நொடேஷனில் ஸ்வரங்களைக் குறிப்பதற்கு எடுத்துக்கொள்ளப்படுகின்றன. அந்தக் கோடுகளுக்கு (Leger Lines) லிகர் லைன்ஸ் என்று பெயர் சொல்லப்படும். எல்லாக் கோடுகளுக்கும் பொதுப் பெயர் (Staff) ஸ்டாப் என்பது. ஸ்வரஸ்தானங்கள் கோடுகள் மேலும், கோடுகளிற்கு இடையேயும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. ஸ்வரஸ்தானங்களின் கார்வையைக் குறிப்பதற்குக் கீழ்க்கண்ட அடையாளங்கள் உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றன.

அவை :—

Full note (புல் நோட்) என்றும் ;

Half note (அரை நோட்) என்றும் ;

Quarter note (கால் நோட்) என்றும் ;

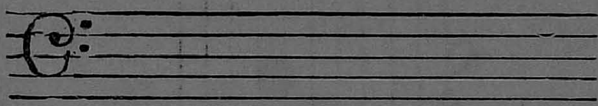
One Eighth note (அரைக்கால் நோட்) என்றும் ;

One Sixteenth note (வீசம் நோட்) என்றும் ;

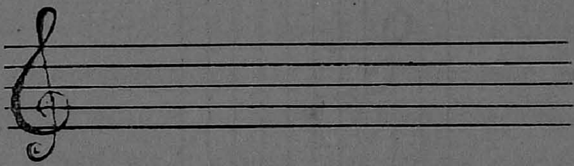
$\frac{1}{32}$ of a note (அரை வீசம் நோட்) என்றும் ;

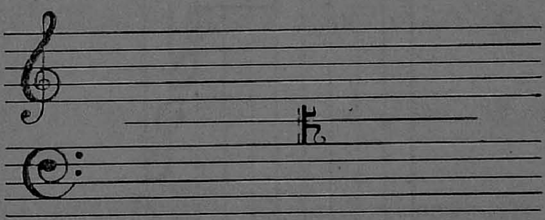
$\frac{1}{64}$ of a note (கால் வீசம் நோட்) என்றும் ;

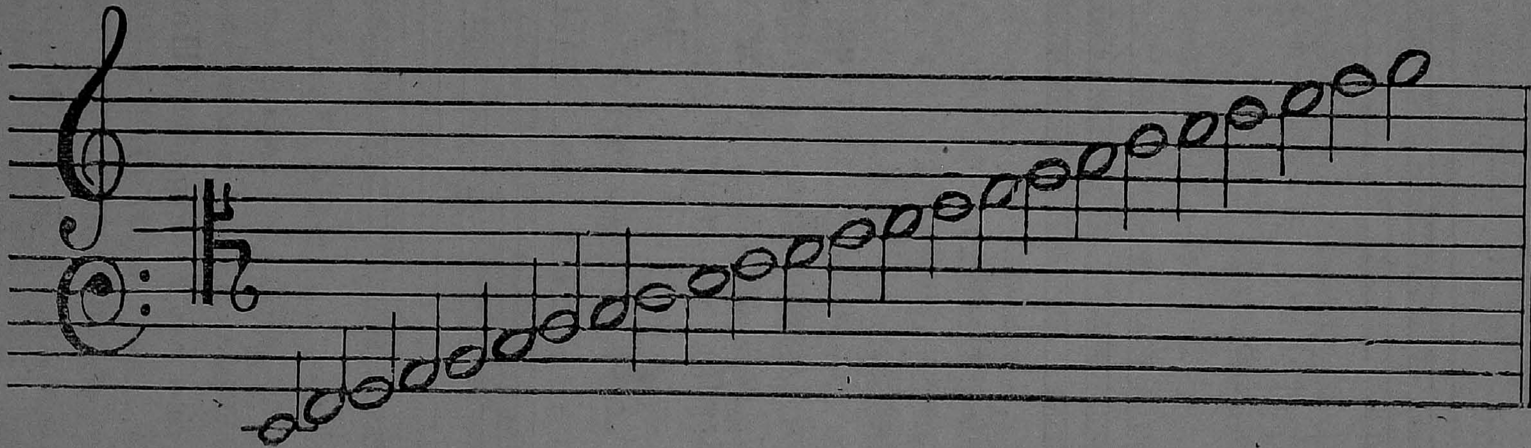
குறிக்கப்படுகின்றன. பிறகு எந்த நோட்டிலிருந்து ஆரம்பம் செய்கின்றதென்பதற்கு என்ன அடையாளத்தைக் கொண்டிருக்கிறார்கள் என்று கவனிக்க வேண்டும். எப்படிச் சுருதிக்குத் தகுந்தவாறு மனிதர்களுடைய சாரீரங்கள், (Bass) பாஸ், (Baritone) பாரிடோன், (Tenor) டெனர், (Alto) ஆல்டோ, (Soprano) ஸொப்ரானோ என்று பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றனவோ, அவைகளுக்குத் தகுந்தவாறு (Bass Staff) பாஸ் ஸ்டாப் (Baritone Staff) பாரிடோன் ஸ்டாப் என்றும், இம் மாதிரியாக எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டிருக்கின்றது. (Staff) ஸ்டாபில் நோட்டுகளின் ஆரம்பத்திற்குத் தகுந்தாற்போல் (Clef) கிளெப் என்ற குறிப்பை உபயோகப்படுத்துகிறார்கள். அவைகளில் மூன்று இருக்கின்றன. அவைகள் (F Clef) எப் கிளெப் என்றும், (C Clef) ஸி கிளெப் என்றும், (G Clef) ஜி கிளெப் என்றும் சொல்லப்படுகின்றன. (Clef) கிளெப்பின் அடையாளத்தினால் C, D, E, F, G, A, B, இந்த நோட்டுகளை (Staff) ஸ்டாபில் குறிக்கமுடியும். (C Clef) என்பதற்கு என்ற அடையாளமும் (F Clef) என்பதற்கு என்ற அடையாளமும், (G Clef) என்பதற்கு என்ற அடையாளமும் உபயோகப்படுகின்றன. இந்த அடையாளம் (Staff) ஸ்டாபின் ஆரம்பத்தில் குறிப்



பிடப்படும். (F Clef) எப் கிளெப்பிற்கு உள்ள அடையாளத்தை எப்பொழுதும் நான்காவது கோட்டில் குறிப்பிடப்படும்.



(G Clef) ஜி கிளெப்பிற்கு உள்ள அடையாளம் எப்பொழுதும் இரண்டாவது கோட்டின் தலைப்பில் குறிப்பிடப்படும். இரண்டு (Clef) கிளெப்பைக் குறிக்கப்பட்டுள்ள (Staff) ஸ்டாபிற்கு (Great Staff) கிரேட் ஸ்டாப் என்று சொல்லப்படும். அதன்மேலே ஐந்து கோடுகளும், கீழே ஐந்து கோடுகளும் இருக்கும் இரண்டு தனி (Staff) ஸ்டாப்களிற்கு இடையே ஒரு கோடு வரைந்து அதன்மேல் (C Clef) ஸி கிளெப்பிற்கு உண்டான அடையாளம் குறிப்பிடப்படும். இவ்வி

டம் காணப்படும் 76-ம் படத்தில் நோட்டுகள் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன. அந்தந்த அடையாளத்துக்கு நேர் அந்தந்த நோட்டுகள் வருவதைக் கவனிக்கலாம். அவ்வாறு 3 ஸ்தாயிக்குள்ள ஸ்வரஸ்தானங்களை (Half Tone) அரை டோன் கார்வையுடன் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றதைப் படத்திலிருந்து காணலாம். ஒவ்வொரு கோட்டின்மேலும், இரண்டு கோடுகளிற்கு இடையேயும் ஸ்தானங்கள்



படம் 76

குறிப்பிடப்பட்டிருப்பதை இதில் முக்கியமாகக் கவனிக்க வேண்டும். இதே ஸ்தானங்களில் என்ற அடையாளத்திற்குப் பதிலாக என்ற அடையாளம் பூராவாகவும் குறிப்பிடப்பட்டிருக்குமானல், எல்லா ஸ்வரங்களும், புல் நோட்டு கார்வையுடன் பிரயோகிக்கப்படவேண்டுமென்று அறியவேண்டும். ஒரே (Staff) ஸ்டாபில் (Full note) புல் நோட் ஸ்வரங்களும், அரை நோட் ஸ்வரங்களும், கால் நோட் ஸ்வரங்களும் இம்மாதிரி எல்லாவித கார்வையுள்ள ஸ்வரங்களும் கலந்து வரலாம். அந்தந்த ஸ்தானத்தில் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும், அடையாளத்தைக்கொண்டு அந்தந்த ஸ்தானங்களுக்கு, புல் நோட் கார்வையோ, அரை நோட் கார்வையோ, எவ்வித கார்வை கொடுக்க வேண்டுமென்று அறியலாம். எவ்வாறு கார்வையை அடையாளங்களைக் கொண்டு (Staff) ஸ்டாபில் குறிப்பிடப்படுகின்றதோ அதுபோலவே (Rest) ரெஸ்ட் அல்லது தாமதத்தையும், கீழ்க்கண்ட அடையாளங்களைக்கொண்டு குறிக்கப்படுகின்றன.

(Full note rest) புல் நோட் ரெஸ்ட்.

(Half note rest) அரை நோட் ரெஸ்ட்.

($\frac{1}{4}$ note rest) கால் நோட் ரெஸ்ட்.

($\frac{1}{8}$ note rest) அரைக்கால் நோட் ரெஸ்ட்.

($\frac{1}{16}$ note rest) வீசம் நோட் ரெஸ்ட்.

($\frac{1}{32}$ note rest) அரை வீசம் நோட் ரெஸ்ட்.

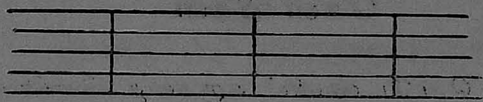
($\frac{1}{64}$ note rest) கால் வீசம் நோட் ரெஸ்ட்.

சில சமயங்களில் நோட்டின் கார்வையை அதிகப் படுத்தக் கீழ்க்கண்ட அடையாளங்களைக்கொண்டு குறிப் பிடப்படும். இவ்வாறு ஒரு வளைவு கோட்டால் சேர்க்கப்பட்டிருந்தால் அந்த ஸ்தானத்திற்கு முக்கால் நோட் கார்வை கொடுக்கவேண்டுமென்று அறியவேண்டும்.

இது வேறுவிதமாகவும் குறிப்பிடப்படும். ½ நோட் டிற்குப் பக்கத்தில் ஒரு புள்ளியைப்போட்டால் அப்பொ ழுதும் முக்கால் நோட் கார்வை கொடுக்கவேண்டுமென்று அறியவேண்டும்.

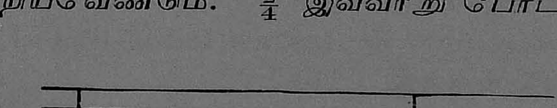
நோட்டுகளை ஒரு ஸெமிடோன் இடைவெளி அதிகப் படுத்தினல் அதற்கு (Sharp notes) ஷார்ப் நோட்டு களென்றும், ஒரு ஸெமிடோன் இடைவெளி குறைவாகப் பிடித்தால் (Flat notes) பிளாட் நோட்டுகளென்றும் சொல்லப்படும். அவைகளின் அடையாளங்கள் கீழ்க் கண்டவாறு குறிக்கப்படும். ♯ F என்பதற்கு (F Sharp) எப் ஷார்ப்பென்றும் ♭ F என்பதற்கு (F Flat) என்றும் எப் பிளாட் என்றும் அறியவேண்டும்.

சாகித்தியங்கள் இவ்வாறு அடையாளங் களைக்கொண்டு குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன. தாளத் தைக் குறிப்பதற்கு உண்டான அடையாளத்தை இப்பொ ழுது பார்ப்போம். தாளத்தை (Bar lines) பார் லைன்கள் என்று சொல்லப்படும் கோடுகளைக்கொண்டு காண்பிக்கப் படும். அவைகள் செங்குத்தாக (Staff) ஸ்டாப் கோடு களில் இழுக்கப்படும். உதாரணமாகக் கீழ்க்கண்ட (Staff) ஸ்டாபில் செங்குத்தாக வரையப்பட்ட கோடுகளுக்கு



(Bar lines) பார் லைன்களென்றும், அம்மாதிரி இரண்டு கோடுகளுக்கு இடையேயுள்ள இடத்திற்கு (Bar) பார் என்றும் சொல்லப்படும். இரண்டு கோடுகளிற்கும் உள்ள இடைவெளி தாளத்தின் பரிமாணத்தைக் குறிக்கும். அதைத் தெரிந்துகொள்வதற்கு (Staff) ஸ்டாப்பின் ஆரம்பத்தில் இரண்டு நம்பர்கள் ஒன்றின் கீழ் ஒன்றாகப் போடப்பட்டிருக்கும். அதைக்கொண்டு தாளத்தை அறியவேண்டும். உதாரணமாக (Staff) ஸ்டாபின் ஆரம்

பத்தில் $\frac{2}{2}$ என்று போடப்பட்டிருந்தால் இரண்டு பார் கோடுகளுக்குள் அரை நோட்டுகளில் இரண்டு அரை நோட்டுகளின் கார்வை இருக்கவேண்டுமென்று அறிய வேண்டும். ஒரு தட்டிற்கும், மற்றொரு தட்டிற்கும் மத்தியில் இரண்டு அரை நோட்டுகள் புகுத்த வேண்டு மென்று அறியவேண்டும். $\frac{2}{4}$ இவ்வாறு போட்டிருந்தால்



இரண்டு பார் கோடுகளுக்கு மத்தியில் $\frac{1}{4}$ நோட்டு கார்வை யுள்ள ஸ்வரங்களில் இரண்டு ஸ்வரங்கள் அடங்கியிருக்க வேண்டுமென்று அறியவேண்டும். இம்மாதிரி குறிப்பிட் டிருக்கும் அடையாளத்தைக்கொண்டு தாளத்தின் பரிமா ணத்தை அறியலாம்.

கேள்விகள்

95. ஸ்டாப் நொடேஷனின் கருத்தை விளக்கிக்காட்டி எவ்வாறு பல நோட்டுகள் அதில் குறிப்பிடப்படுகின்றன என்று எழுதவும்.

96. நம்முடைய ஸங்கீதத்திற்கு ஸ்டாப் நொடேஷனின் உபயோகம் எம்மட்டுமென்று எழுதவும்.

கீழ்க்கண்டவைகளைப் பற்றி எழுதுக :—

97. கிளெப்புகளும் அவைகளின் ஸங்கேதங்களும்.

98. நோட்டுகளின் பெயர்களும் அவைகளின் ஸங்கேதங்களும்.

99. ரெஸ்டுகளின் பெயர்களும் அவைகளின் ஸங்கேதங்களும்.

100. (Leger lines and Bar lines) லிகர் லைன்களும் பார் லைன்களும்.

(LIST OF TERMS USED)

பதங்களின் ஜாப்தா

1. (Nerves of Taste) சுவை நரம்புகள்.
2. (Optic Nerves) பார்வை நரம்புகள்.
3. (Auditory Nerves) கேள்வி நரம்புகள்.
4. (Tuning Fork) டியூனிங் போர்க் அல்லது ஒலிக்கவை.
5. (Drumskin of the Ear) காதிலிருக்கும் மெல்லிய [தோல்.
6. (Simple Pendulum) ஸிம்பிள் பெண்டுலம்.
7. (Spring) ஸ்பிரிங் அல்லது தள்ளுவை.
8. (Vibration number) வைபரேஷன் எண்.
9. (Amplitude) ஆம்பிளிடியூட்.
10. (Pitch) பிட்சு அல்லது சுருதி.
11. (Trevelyn Rocker) டிரவிலியன் ராக்கர்.
12. (Siren) ஸைரன்.
13. (Crest) கிரெஸ்ட் அல்லது சிகரம்
14. (Trough) டிராப் அல்லது பள்ளம்.
15. (Wave) அலை.
16. (Transverse waves) டிரான்ஸ்வெர்ஸ் அலைகள் [அல்லது ஊடுருவலைகள்.
17. (Longitudinal waves) லான்ஜிடியூடினல் அலைகள் அல்லது நேரோடலைகள்.
18. (Condensation) காண்டென்ஸேஷன் அல்லது [நெருக்கம்.
19. (Rarefaction) ராரிபாக்ஷன் அல்லது விசாலம்.
20. (Progressive waves) ப்ரோகிரஸிவ் அலைகள் அல்லது தொடர்ந்து செல்லும் அலைகள்.
21. (Stationary waves) ஸ்டேஷனரி அலைகள் அல்லது [பரவாமலிருக்கும் அலைகள்.
22. (Nodes) நோடுகள்.
23. (Antinodes) ஆண்டிநோடுகள்.

24. (Sound box) ஸவுண்ட் பாக்ஸ்.
25. (Monochord) மானோகார்டு.
26. (Bridges) குதிரைகள்.
27. (Peg) முளை.
28. (Scale) அளவுகோல்.
29. (Density) டென்ஸிடி அல்லது திண்மை.
30. (Loop) லூப் அல்லது பிரிவு.
31. (Fundamental Tone) மூல சுருதி.
32. (Overtones) ஓவர்டோன்கள் அல்லது பரிவார [சுருதிகள்.
33. (Beats) பீட்ஸ்.
34. (Resonance) ரிஸொனன்ஸ் அல்லது பிம்ப ஒலி.
35. (Sympathetic Vibration) ஸிம்பதெடிக் வைப [ரேஷன்.
36. (Closed pipe) ஒரு பக்கம் திறந்த குழாய்.
37. (Open pipe) இரண்டு பக்கங்களும் திறந்த குழாய்.
38. (Organ pipe) ஆர்கன் பைப்
39. (Open organ pipe) மேலே திறந்த ஆர்கன் பைப்.
40. (Closed organ pipe) மேலே மூடப்பட்ட ஆர்கன் [பைப்.
41. (Kundt's tube) குண்ட்ஸ் டியூப்.
42. (Lycopodium) லிகோபோடியம், ஒரு சன்னமான [தூள்.
43. (Volume) பரிமாணம்.
44. (Measuring Jar) அளவு பாத்திரம்.
45. (Resonators) ரிஸொனேடர்கள்.
46. (Helmholtz Resonator) ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் ரிஸொ [னேடர்.
47. (Nipple) நிப்பிள்.
48. (Musical Scale) மியூஸிகல் ஸ்கேல்.
49. (Interval) இன்டர்வெல்.
50. (Octave) ஆக்டேவ், ஒரு ஸ்தாயி.
51. (Major Scale) மேஜர் ஸ்கேல்.
52. (Minor Scale) மைனர் ஸ்கேல்.
53. (Second) ஸகிண்டு.
54. (Major Third) மேஜர் தேர்டு.

55. (Fourth) போர்த்து.
56. (Fifth) பிப்த்து.
57. (Major Sixth) மேஜர் ஸிக்ஸ்த்.
58. (Major Seventh) மேஜர் ஸெவென்த்.
59. (Major Tone) மேஜர் டோன்.
60. (Minor Tone) மைனர் டோன்.
61. (Semi Tone) ஸெமி டோன்.
62. (Minor Second) மைனர் ஸகிண்டு.
63. (Minor Third) மைனர் தேர்டு.
64. (Minor Sixth) மைனர் ஸிக்ஸ்த்.
65. (Minor Seventh) மைனர் ஸெவென்த்.
66. (Temperament) டெம்பரமெண்டு.
67. (Equal Temperament) ஈகுவல் டெம்பரமெண்டு.
68. (Concord and Discord) கன்கார்டும், டிஸ்கார்டும்.
69. (Concordant Triads) கன்கார்டண்டு டிரயர்டுகள்.
70. (Beating Interval) பீடிங் இண்டர்வெல்.
71. (Percussion) பெர்குஷன்.
72. (Bow) பிடிலின் வில்.
73. (Finger board) பிங்கர் போர்டு.
74. (Bowl) குடம்.
75. (Side Bridge) ஸயிடு பிரிட்ஜ்.
76. (Plectrum) பிளெக்ட்ரம்.
77. (Convex) புறங்கவிந்த.
78. (Buzzing effect) ஜீவு.
79. (Beads) மணிகள்.
80. (Young-Helmholtz Law) எங்-ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் [விதி.
81. (Sound-Post) ஸவுண்ட் போஸ்ட், ஒரு சிறிய மரத் [துண்டு.
82. (Resin) ரோஸனம்.
83. (Mute) மியூட்.
84. (Wolf Note) வுல்ப் நோட்.
85. (Mouth hole) மவுத் ஹோல்.
86. (Stiff) முரண்.
87. (Conical) குவிந்த வடிவமுள்ள.

88. (Stretched membranes) பிருவாய் இழுக்கப்பட்ட
[தோல்கள்.
89. (Chladni's figures) சிலாட்னிஸ் கோலங்கள்.
90. (Nodal line) நோடல் லைன்.
91. (Nodal circles) நோடல் வட்டங்கள்.
92. (Nodal Meridians) நோடல் மிரிடியன்கள்.
93. (Elasticity) நெகிழ்ச்சி.
94. (Vocal organ or Larynx) வோகல் ஆர்கன் அல்லது
[லாரிங்ஸ்.
95. (Vocal chords) வோகல் கார்டுகள்.
96. (Muscles) தசைகள்.
97. (Wind Pipe) காற்று குழாய்.
98. (Pinna) வெளிக்காது.
99. (Middle Ear) நடுக்காது.
100. [Ossicles (Hammer, Anvil, Stirrup)] காதிலிருக்கும் எலும்புத் தொடர்களின் பொது பெயரும் தனிப்
[பெயர்களும்.
101. (Cochlea) காக்லீயா.
102. (Basilar membrane) பேஸிலார் மெம்பரேன்.
103. (Fibres) சிறு நரம்புகள்.
104. (Loudness or Intensity) லவுட்நெஸ் அல்லது
[இண்டன்ஸிட்டி.
105. (Timbre or quality) டிம்பர் அல்லது குவாலிடி.
106. (Form of Vibration) வைபரேஷனின் அமைப்பு.
107. (Simple Tone) தனித்த சப்தம்.
108. (Compound Tone) கலப்பான சப்தம்.
109. (Analyse) விபாகம் செய்தல்.
110. (Synthesize) சேர்ப்பது.
111. (Imitate) இமிடேட் அல்லது பாவனைசெய்தல்.
112. (Simple Vibration's Trace) தனித்த வைபரேஷ
[னின் சுவடு.
113. (Compound Vibration's Trace) சங்கர வைபரேஷ
[னின் சுவடு.
114. (Miller's phonodeik) மில்லரின் போனோடிக்
[என்னும் கருவி.

115. (Horn) ஹாரன்.
116. (Diaphragm) டயாபரம் அல்லது ஒரு மெல்லிய [தகடு.
117. (Oscillograph) ஆஸிலோகிராப் என்னும் கருவி.
118. (Phonograph) போனோகிராப்.
119. (Disc) வட்டமான தகடு.
120. (Microphone) மைகிரோபோன் என்னும் கருவி.
121. (Thermionic Valve) தெர்மியானிக் வால்வ்.
122. (Graphite) காரீயம்.
123. (Copper Sulphate) துருசு.
124. (Mother Shell) மதர் ஷெல் அல்லது மூலகூடு.
125. (Working Matrix) வொர்க்கிங் மேட்ரிக்ஸ்.
126. (Cabinet Model) காபினெட் மாடெல்.
127. (Logarithmic Horn) லாகரத்மிக் ஹாரன்.
128. (Cross-section) குறுக்குப் பரப்பு.
129. (Gramophone pick-up) கிராமபோன் பிக்-அப்.
130. (Loud Speaker) லவுட் ஸ்பீகர்.
131. (Telephone Transmitter) டெலிபோன் டிரான்ஸ் [மிடர்.
132. (Telephone Receiver) டெலிபோன் ரிசீவர்.
133. (Circuit) சர்குட்.
134. (Modulation) மாடுலேஷன்.
135. (Electro-magnetic waves) எலெக்ட்ரோ மாக் [னெடிக் அலைகள்.
136. (Transmitting station) டிரான்ஸ்மிடிங் ஸ்டேஷன் [அல்லது அனுப்பப்படுமிடம்.
137. (Modulator) மாடுலேடர்.
138. (Broadcasting Station) ரேடியோ சமாசாரம் [கிளம்பும் இடம்.
139. (Arial) ஏரியல்.
140. (Receiving Set) ரிசீவிங் ஸெட்.
141. (Rectifier or Detector) ரெக்டிபயர் அல்லது [டிடக்டெர்.
142. (Oscillator) ஆஸிலேடர்.
143. (Tuner) டியூனர்.

144. (Reflect) ரிப்ளெக்ட்.
145. (Image) உருவம்.
146. (Incident Ray) இன்ஸிடெண்ட் ரே.
147. (Normal) நார்மல்.
148. (Reflected Ray) ரிப்ளெக்டட் ரே.
149. (Echo) எக்கோ அல்லது எதிரொலி.
150. (Staff Notation) ஸ்டாப் நொடேஷன்.
151. (Bass) பாஸ்.
152. (Baritone) பாரிடோன்.
153. (Tenor) டெனர்.
154. (Alto) ஆல்டோ.
155. (Soprano) ஸொபிரானோ.
156. (Bass Staff) பாஸ் ஸ்டாப்.
157. (Baritone Staff) பாரிடோன் ஸ்டாப்.
158. (Clef) கிளெப்.
159. (F-Clef) எப்-கிளெப்.
160. (C-Clef) ஸி கிளெப்.
161. (G-Clef) ஜி-கிளெப்.
162. (Sharp notes) ஷார்ப் நோட்டுகள்.
163. (Flat notes) பிளாட் நோட்டுகள்.
164. (Bar lines) பார் கோடுகள்.

(INDEX)

பொருட் குறிப்பு

அலையின் அமைப்பு—22, 26.

அலையின் நீளம்—22, 24, 62, 65, 172.

அலையின் வேகம்—26, 62, 172.

அளவு கோல்—37.

அளவு பாத்திரம்—77.

அனுமந்தரம்—103.

அனுவாதிஸ்வரம்—91, 92.

ஆக்டேவ்—83, 84, 92.

ஆம்பிளிடியூட்—12, 13, 22, 24, 33, 123, 140, 173.

ஆர்கன் பைப்—4, 69, 70, 71, 72, 74.

ஆல்ககால்—4, 75.

ஆல்டோ—188.

ஆன்வில்—134.

ஆஸிலோகிராப்—154.

இண்டர்பியரன்ஸ்—184.

இண்டர்வல்—83, 85, 86, 90, 93, 94, 186.

இறுக்கம்—111.

இனிமையான ஒலி—9, 15, 16, 17, 138, 143, 147.

இன்ஸிடெண்ட் ரே—179.

ஈகுவல் டெம்பரமெண்ட்—90, 99, 103.

உட்காது—2.

ஊடுருவலைகள் (டிரான்ஸ்வெர்ஸ் அலைகள்)—26, 28, 29, 31, 64.

எக்கோ (எதிரொலி)—182.

என்ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் விதி—108.

எடிஸன்—156, 160.

எலெக்ட்ரோ மாக்னடிக் அலைகள்—171.

ஏரியல்—173, 175.

ஒலிக்கவை (டியூனிங்போர்க்)—4, 6, 9, 12, 13, 31, 35, 36, 51, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 77, 79, 80, 130, 131, 141, 142, 145, 147, 148, 149.

ஒலி பரவும் வேகம்—8, 65.

ஒலியின் சுருதி (பிட்சு)—13, 15, 18, 33, 36, 38, 40, 41, 47, 51, 53, 66, 114, 137, 139, 144.

ஓவர்டோன்கள் (பரிவார சுருதிகள்)—50, 78, 79, 93, 94, 107, 108, 114, 115, 116, 120, 121, 123, 124, 129, 130, 131, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 151, 154, 166.

கன்கார்ட்—91, 92.

கன்கார்டண்ட் டிரயட்ஸ்—91.

காக்லீயா—134, 135, 136.

காபினெட் மாடல்—166.

காற்றுத் தூண்கள்—55.

கிரெஸ்ட் (சிகரம்)—21, 22, 28.

கிராமபோன்—159, 164, 165, 168.

கிளெப்—188.

குண்ட்ஸ் டியூப்—74.

குதிரை (பிரிட்ஜ்)—37, 38, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 110, 111.

குவாலிடி (டிம்பர்)—139, 140, 142, 144, 145, 147.

கேள்வி நரம்புகள்—2, 134, 135.

சிலாட்னிஸ் கோலங்கள்—118.

சுவை நரம்புகள்—2.

டயாபரம்—152, 153, 164, 168, 175.

டியூனர்—175.

டிரம்ஸ்கின்—9, 13, 105, 133, 136, 175.

டிரான்ஸ்மிடிங் ஸ்டேஷன்—172.

டிராப் (பள்ளம்)—21, 22, 24, 28.

டிஸ்கார்ட்—91, 92, 93, 94, 95.

டெலிபோன்—6, 170, 171, 172.

டெலிபோன் டிரான்ஸ்மிடர்—170, 173.

டெலிபோன் ரிஸீவர்—170, 173, 175.

டெனர்—188.

ட்ரெவிலயன் ராக்கர்—16.

தாரஷட்ஜமம்—103.

திண்மை (டென்ஸிடி)—42.

தெர்மியானிக் வால்வுஸ்—162, 168, 173.

தொடர்ந்துசெல்லும் அலைகள் (ப்ரொகிரஸிவ் அலைகள்) 30.

நடுக்காது—2, 132.

நார்மல்—179.

நிப்பிள்—78, 79.

நிலையாயிருக்கும் அலைகள் (ஸ்டேஷனரி அலைகள்)—30, 31, 42, 64, 65, 69, 71, 74, 75, 184.

நெகிழ்ச்சி—122, 145.

நெருக்கம் (கான்டென்ஸேஷன்) 28, 62.

நேரோடலைகள் (லாஞ்ஜிடியூடினல் அலைகள்)—26, 28, 29, 30, 31, 61, 64.

நொடேஷன்—186.

நோடல் லைன்—120, 121, 122.

நோடு—31, 45, 64, 65, 69, 71, 72, 74, 75, 108, 120, 184.

பக்க பஞ்சமம்—103.

பக்க ஸாரணி—103.

பஞ்சமம்—103.

பாரிடோன்—188.

பார் லைன்கள்—192, 193.

பார்வை நரம்புகள்—2.

பாஸ்—188.

பிங்கர் போர்டு—99, 109, 110.

பிப்த்—92.

பிளாட் நோட்டு—192.

பிளெக்ட்ரம்—103.

பீடிங் இண்டர்வல்—93, 94, 95.

பீட்ஸ்—51, 92, 93, 94.

பெல்ஜாடி—4.

பெர்குஷன்—98, 117, 120.

பெர்லினர்—159.

பேஸிலார் மெம்பரேன்—134, 135, 136, 137.

போர்த்து—84, 92.

போனோகிராப்—156.

போனோடிக்—151.

பௌ—98, 109.

மதர்ஷெல்—163.

மந்தரம்—103.

மவுத்ஹோல்—112, 113, 114.

மாடுலேடர்—172.

மாடுலேஷன்—171, 173, 175.

மானோகார்டு—37, 47, 49, 51.

மியூட்—111

மியூஸிகல் ஸ்கேல்—83, 98, 99, 106, 110, 112, 117, 121.

மில்லர்—151.

மின்சார சக்தி—4, 131, 154, 160, 163, 168, 170, 171, 172, 173.

மூல சுருதி—50, 93, 94, 107, 114, 130, 131, 143, 146.

மேஜர்டோன்—85, 87, 90, 93.

மேஜர்தேர்டு—84, 92.

மேஜர் ஸெவெந்த்—84, 92.

மேஜர் ஸிக்ஸ்த்—84, 92.

மேஜர் ஸ்கேல்—83, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 92.

மைக்ரோபோன்—160.

மைனர்டோன்—85, 87, 90.

மைனர்தேர்டு—86, 92, 93.

மைனர் ஸகிண்ட்—86, 92.

மைனர் ஸிக்ஸ்த்—86, 92.

மைனர் ஸெவெந்த்—86, 92.

மைனர் ஸ்கேல்—83, 85, 86, 89, 92.

ரிச்சர்ட்ஸன்—113, 114.

ரிப்ளெக்ட்—177.

ரிப்ளெக்டெட் ரே—179.

ரிஸீவிங் ஸெட்—173.

ரிஸொனன்ஸ் (பிம்ப ஒலி)—57, 60, 64, 65, 66, 67, 68, 77, 79, 123, 129, 166, 173, 175.

ரிஸொனேடர்—78, 98, 131, 144, 148.

ரீடுகள்—86, 98, 112, 115, 116, 117, 126, 128, 129, 145, 146.

ரெவெர்பெரேஷன்— 183.

ரேடியோ—169, 171, 172, 173, 175.

ரோஸனம்—109, 110, 141.

லவுட்நெஸ்—139, 140.

லவுட் ஸ்பீகர்—168, 169.

லாக்ரித்மிக் ஹார்ன்—166.

லாரிங்ஸ்—126, 148.

லிக போடியம்—75.

லிகர் லைன்கள்—187.

லூப்பு—31, 42, 43, 45, 47, 49, 50, 64, 65, 66, 67, 68, 72, 73, 74, 107, 120, 146.

லெவல் லைன்—22.

வாதிஸ்வரம்—91, 95.

வாயுவாங்கி—4, 5.

விசாலம் (ஏரிபாக்ஷன்)—28, 63.

விவாதிஸ்வரம்—91, 92.

வுல்ப் நோட்—111.

வெளிக்காது—2, 131.

வெறுப்பான ஒலி—9.

வைபரேஷன்—11, 12, 24, 26, 28, 35, 43, 45, 47, 60, 61, 64, 66, 69, 72, 98, 103, 107, 109, 110, 111, 112, 113, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 128, 130, 131, 137, 140, 141, 142, 143, 145, 146, 148, 149, 150, 151, 153, 159, 160, 164, 168, 171, 172.

வைபரேஷன் நம்பர் அல்லது எண்—12, 13, 15, 38, 40, 41, 47, 49, 51, 53, 57, 62, 65, 66, 69, 77, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 92, 93, 94, 113, 114, 130, 131, 140, 143.

வைபரேஷனின் அமைப்பு—142, 143.

வொர்கிங் மேட்ரிக்ஸ்—163.

வோகல் கார்டுகள்—126, 128, 129, 130.

ஸகிண்ட்—84, 92.

ஸம்வ்ரதிஸ்வரம்—92, 95.

ஸர் ஸி. வி. ராமன்—104, 106, 107, 108, 111, 124.

ஸவுண்டு பாக்ஸ்—36, 98, 103, 108, 128, 160, 164, 165, 168.

ஸவுண்டு போஸ்ட்—108, 110.

ஸாரணி—103.

ஸிம்பதடிக் வைபரேஷன்—57, 58, 60, 64, 75, 77, 80, 136, 137, 144.

ஸிம்பிள் பெண்டுலம்—10, 142, 148.

ஸெமிடோன்—85, 87, 90, 93, 186.

ஸைரென்—17, 53.

ஸொப்ரானோ—188.

ஸோனா மீட்டர்—37, 42, 51, 108, 139.

ஸ்டாப்—187, 188, 189, 191, 192, 193.

ஸ்டாப் நொடேஷன்—187.

ஸ்டிரப்—134.

ஸ்டேஷனரி அலைகள்—30, 31, 42, 64, 65, 69, 71, 74, 75, 184.

ஸ்பிரிங் (துள்ளுவை)—11.

ஹாம்மர்—134.

ஹெம் ஹோல்ட்ஸ்—78, 79, 92, 129, 130, 143, 144, 146, 147.

ஹென்ஸன்—113, 114.

ஷார்ப் நோட்டு—192.

ஜீவு—105.

ஜீவாளம்—106, 107.

V. V.