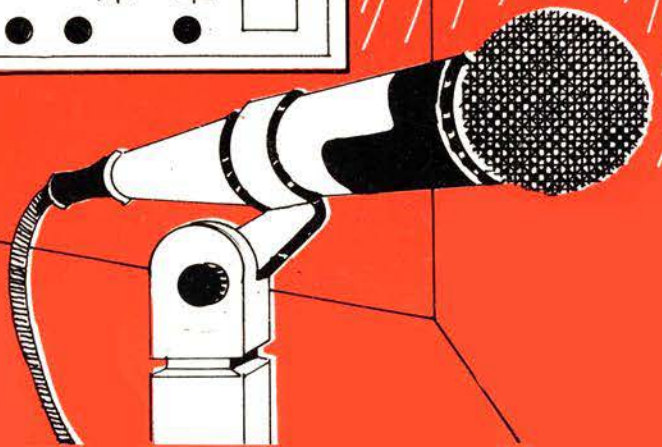
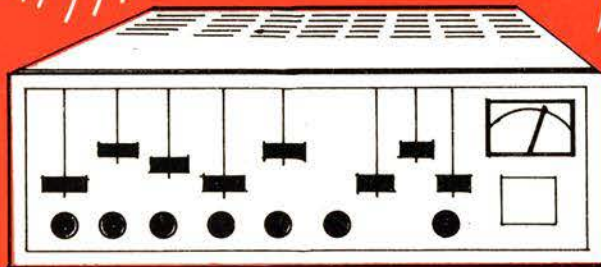


วิศวกรรมระบบเสียง

AUDIO ENGINEERING

จำพิง มั่งคละสวัสดิ





- | | | |
|---|---------------------------------------|----------------------|
| 1. หลักโยยการณอังกฤษ | อ. สมคิด | กุลชล |
| 2. คู่มือไฟฟ้าทั่วไปภาคปฏิบัติ | อ. ทวย | สำเร็จ |
| 3. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้า เล่ม 1 | อ. พงษ์ | พุทธางกุล |
| 4. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้า เล่ม 2 | อ. พงษ์ | พุทธางกุล |
| 5. คู่มือการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้า | อ. ชัยเชษฐ์ - เอ็บ - สุรีย์ - ภีรภัทร | |
| 6. ทฤษฎีเครื่องยนต์ดีเซล | อ. มัมพร | พันธุ์ชูจิตต์ |
| 7. ทฤษฎีช่างไอน้ำ | อ. มัมพร | พันธุ์ชูจิตต์ |
| 8. กลศาสตร์วัสดุ | อ. ชาญ | ณัดงาน |
| 9. กลศาสตร์ของไหล | อ. ชาญ | ณัดงาน |
| 10. สถิติศาสตร์ | อ. ชาญ | ณัดงาน |
| 11. ทฤษฎีและวิธีปรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน | อ. สุวิทย์ | อภิกุลชัยสิทธิ์ |
| 12. อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป | อ. ชิตชัย | สุทธาควิน |
| 13. ทฤษฎีเครื่องวัดไฟฟ้า - การวัดขนาดทางไฟฟ้า | อ. วิบูลย์ | เชมรังษณญ์ |
| 14. วิศวกรรมเครื่องเสียง | อ. จำเพ็ง | มงคละสวัสดิ์ |
| 15. ระบบดิจิทัล 1 | อ. จำเพ็ง | มงคละสวัสดิ์ |
| 16. การควบคุมมอเตอร์ | อ. วิจิตร | บุญยธโรกุล |
| 17. ระบบทำความเย็น ตู้เย็น ห้องเย็น | อ. วิจิตร | บุญยธโรกุล |
| 18. เทคนิคการสร้างอาคารเบื้องต้น (เทคนิคก่อสร้าง) | ผ.ศ. พิกพ | สุนทรสมัย |
| 19. การควบคุมงานก่อสร้างอาคาร | อ. อวยชัย | สุภาพจน์ |
| 20. กลศาสตร์งานโครงสร้าง | อ. อวยชัย - เทอดศักดิ์ | |
| 21. กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง | อ. อวยชัย - เทอดศักดิ์ - เศรษฐา | |
| 22. กลศาสตร์โครงสร้าง | อ. เฉลิมศักดิ์ | นามเชียงใต้ |
| 23. ทฤษฎีโครงสร้าง | อ. ชาญชัย | จารุจินดา |
| 24. การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก | อ. ชาญชัย | จารุจินดา |
| 25. ประมาณราคางานก่อสร้าง | อ. อุทัย | อนันต์ |
| 26. การประมวลผลข้อมูล | ร.ศ. ยุพิน | ไทยรัตนานนท์ |
| 27. คอมพิวเตอร์เบื้องต้นและเทคนิคการเขียนโปรแกรม | อ. วัชรภรณ์ | สุริยาภินันท์ |
| 28. ทฤษฎีและปฏิบัติระบบคอมพิวเตอร์ | อ. ธงชัย | สิทธิกรณ์ |
| 29. ศัพท์ไมโครคอมพิวเตอร์ | อ. ชนะ | โคภากรักษ์ |
| 30. สรุปสูตรคณิตศาสตร์ชั้นสูง | | |
| 31. แคลคูลัสเบื้องต้น | อ. ไบตรี | ปชาเดชสุวรรณ |
| 32. สมการแคลคูลัสและการประยุกต์ | อ. ไบตรี | ปชาเดชสุวรรณ |
| 33. เทคนิคการอินทิเกรต | อ. ไบตรี | ปชาเดชสุวรรณ |
| 34. POWER ELECTRONIC 1 | อ. อุดมศักดิ์ | ยังยืน |
| 35. การติดตั้งไฟฟ้าในอาคารและในโรงงาน | อ. มงคล | ชมบุญ |
| 36. เครื่องวัดไฟฟ้า | อ. ณรงค์ | ซอนตะวัน |
| 37. ไฟฟ้าเบื้องต้นและงานไฟฟ้าทั่วไป | อ. ณรงค์ | ซอนตะวัน |
| 38. หม้อแปลงไฟฟ้า | อ. ณรงค์ | ซอนตะวัน |
| 39. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ | อ. ณรงค์ | ซอนตะวัน |
| 40. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ | อ. ณรงค์ | ซอนตะวัน |
| 41. เทคโนโลยีโทรศัพท์ | น.ต. ธวัชชัย | เลื่อนฉวี |
| 42. ดิจิตอลเทคนิค เล่ม 1 - 2 | น.ต. ธวัชชัย | เลื่อนฉวี ราคาเล่มละ |
| 43. ดิจิตอลภาคปฏิบัติ | น.ต. ธวัชชัย | เลื่อนฉวี |

วิศวกรรมระบบเสียง

AUDIO ENGINEERING

แปลเรียบเรียงโดย
ร่ำฟิง มังคละสวัสดิ์

ภาควิชาไฟฟ้า วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ

จัดทำจำหน่ายโดย

23 บุ๊คเซนเตอร์

เลขที่ใหม่ 185-191 (เลขที่เดิม 245/82-85)

ถ.อรุณอมรินทร์ บางเขิน บางพลัด กทม. 10700

โทร. 4337391-4

สาขาปิ่นเกล้า : โทร. 4343392

ธนาคาร, ตัวแลกเงินหรือเช็ค กรุณาส่งจ่าย ป.ณ. บางกอกน้อย
ในนาม นายวิสูตร อาษาเทวี เท่านั้น เพื่อป้องกันการสูญหาย

คำนำ

หนังสือ วิศวกรรมระบบเสียงเล่มนี้ ได้รวบรวมและเรียบเรียงขึ้นจากประสบการณ์ที่ได้ทำการสอนวิชานี้มาหลายปี ประกอบกับหาหนังสือตำราเรียนทางด้านนี้น้อยมาก จึงได้พยายามที่จะรวบรวมและเรียบเรียงขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกและเป็นคู่มือในการเรียนวิชาวิศวกรรมระบบเสียง ซึ่งเป็นหลักสูตรการเรียนสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส) พร้อมกันนั้นยัง เป็นคู่มือในการศึกษาค้นคว้าแก่ผู้สนใจทางด้านนี้อีกด้วย

หนังสือวิศวกรรมระบบเสียง ประกอบขึ้นด้วยเนื้อหาความรู้ 4 บทด้วยกันคือ บทที่ 1 กล่าวถึงคุณสมบัติเบื้องต้นของเสียง บทที่ 2 กล่าวถึงเครื่องมือวัดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเสียงและอุปกรณ์ต่าง ๆ บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบติดตั้งระบบเสียงทั้งในอาคารและนอกอาคาร และ บทที่ 4 กล่าวถึงการแก้ปัญหาจากแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนอันเกิดขึ้นด้วยเครื่องจักรกลหรืออุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ

หนังสือเล่มนี้แม้จะได้รวบรวมและเรียบเรียงขึ้นมาด้วยความตั้งใจอย่างเต็มที่ก็ตาม ย่อมจะมีข้อบกพร่องผิดพลาดบ้างเป็นธรรมดา เพื่อความสมบูรณ์ของวิชาและ เป็นประโยชน์แก่การศึกษาวិชานี้ หากท่านผู้มีคำแนะนำหรือบอกกล่าวประการใดผู้รวบรวมและเรียบเรียงขอขอบพระคุณล่วงหน้ามา ณ โอกาสนี้ด้วย

ร่ำพิง มังคละสวัสดิ์

ผู้เรียบเรียง

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ	11
1.1 คลื่นเสียง	11
1.2 การสะท้อนของคลื่นเสียง	13
1.3 ประโยชน์ใช้สอยซึ่งอาศัยหลักการสะท้อนของเสียง	15
1.4 การทดลองการหักเหของเสียง	16
1.5 เสียงรบกวน (Noise) และเสียงดนตรี (Musical Sound)	18
1.6 ระดับเสียง	18
1.7 ความเข้มและความดัง	21
1.8 คุณภาพของเสียง	21
1.9 MASKING OF SOUNDS	22
1.10 BEAT	22
1.11 DOPPLER EFFECT	23
1.12 RESONANCE	23
1.13 Decibels and Levels	25
1.14 Sound Power Level	26
1.15 การรวมค่าเดซิเบล (Adding Decibels)	32
1.16 การลบค่าเดซิเบล (Subtracting Decibels)	36

1.17	การเฉลี่ยค่า decibel (Averaging Decibel)	38
1.18	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าระดับเสียง	40
1.19	โฟน (Phones)	42
1.20	โซน (Sones)	42
1.21	การคำนวณด้วยโฟนและโซน	45

บทที่ 2 เครื่องมือวัดระดับเสียงและการวัด	50
2.1 เครื่องมือวัดระดับเสียง	50
2.1.1 ไมโครโฟน	52
2.1.2 ความไวของไมโครโฟน	53
2.2 การวิเคราะห์ผ่านความถี่เสียง	55
2.3 ระดับกำลังอัดของเสียงที่ใช้สเกล A ทั้งหมดจากย่านออกเทป.	59
2.4 ผลของอุณหภูมิในชั้นบรรยากาศและความกดดันของชั้นบรรยากาศต่อกำลังอัดของเสียง.	63
2.5 ข้อจำกัดและโครงสร้างของเสียง	65
2.6 การวัดระดับเสียง	70

บทที่ 3 สนามเสียง	77
3.1 สนามอิสระ	77
3.2 ระยะเวลาการยึดเยื่อของเสียง	79
3.3 สัมประสิทธิ์ของการเก็บและดูดซึมเสียง	85
3.4 ความคงที่ของห้อง	89
3.5 วิธีการจัดงานขยายเสียง	93
3.6 วิธีหาขนาดของเครื่องขยายเสียง	96
3.7 การหาค่าอิมพีแดนซ์ที่เหมาะสม	99
3.8 ไลน์แมทซ์ชิงเอาต์พุททรานส์ฟอร์มเมอร์	101
3.9 การต่อลำโพงขยาย	104
3.10 สายลำโพง	106
3.11 เอาต์พุททรานส์ฟอร์มเมอร์จะคล้ายกับแอ็คติวทรานส์ฟอร์มเมอร์	109
3.12 เอาต์พุททรานส์ฟอร์มเมอร์ระบบ 100 V	109
3.13 การติดตั้งลำโพงขยายเสียง	114

บทที่ 4 สนามอิสระ	124
4.1 ระดับกำลังของเสียงในสนามอิสระ	124
4.2 การแผ่กระจายเป็นทรงกลม	124
4.2.1 การวัด 20 ตำแหน่ง	124
4.2.2 การวัด 12 ตำแหน่ง	127
4.2.3 การวัด 8 ตำแหน่ง	128
4.3 ทิศทางตรง	128
4.3.1 ไดเรกทีวิตีอินเด็กซ์	128
4.3.2 แพลตเตอร์ของทิศทางตรง	129
4.4 ระดับกำลังอัดของเสียง	131
4.4.1 การคำนวณหาค่า SPL จากค่า PWL	132
4.5 ระดับกำลังของเสียงในสนามอิสระในบริเวณที่มีการสะท้อนของเสียง	133
4.5.1 คลื่นรบกวนจากบริเวณที่มีการสะท้อนของเสียง	136
4.5.2 ระดับกำลังของเสียงในสนามที่มีการยึดเยื่อของเสียง	138
4.5.3 ระดับกำลังของเสียงในสนามที่มีการยึดเยื่อของเสียง	139
4.6 การหาค่า Sound power level โดยการปรับดันกำเนิดเสียง	140
4.7 กำลังอัดของเสียงในสนามกึ่งยึดเยื่อ	143
4.8 กำลังอัดของเสียงในสนามกึ่งยึดเยื่อเหนือบริเวณที่มีการสะท้อน	143
4.9 การหาค่าระดับกำลังของเสียงจากการวัดค่าระดับกำลังอัดของเสียงที่ระยะทางต่างกัน	147

4.10	ค่าไคเรคตริตี้ เนื่องจากตำแหน่งที่ติดตั้งภายในห้อง	150
4.11	ผลของค่า Room Constant เมื่อวัดกำลังอัดของเสียงให้อยู่ใกล้ต้นกำเนิดเสียง. .	152
4.12	ไม่สามารถทำให้ลดลง 6 dB ได้	156
4.13	การหาค่าระดับกำลังของเสียงของเครื่องจักรขนาดใหญ่	158

บทที่ 1

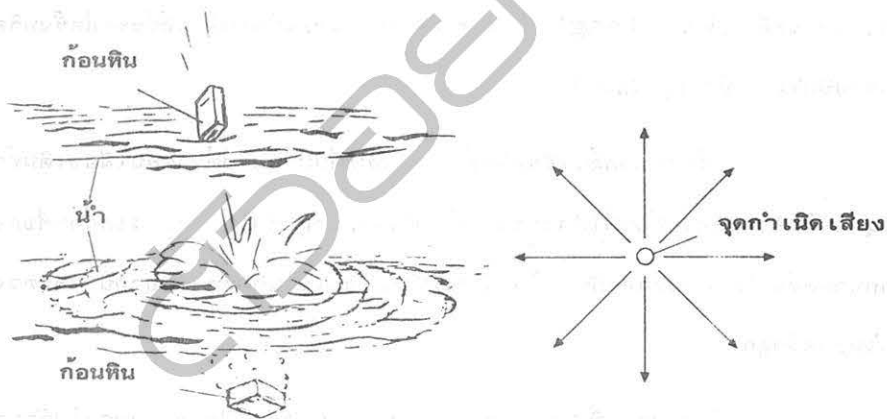
บทที่ 1

บทนำ

(Introduction)

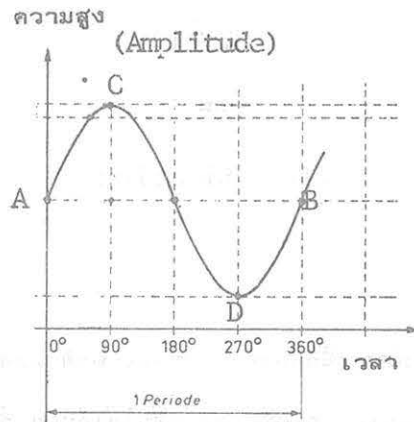
1.1 คลื่นเสียง

คำว่าคลื่นเมื่อใช้คำนี้กับอาการ ขึ้น-ลง บนผิวของน้ำเมื่อโยนก้อนหินลงไปในน้ำนิ่งๆ แล้วเห็นระลอกกลม ๆ กระจายออกไปจากจุดนั้น แต่ว่าขึ้นไม่เล็ก ๆ ที่ลอยอยู่ในผิวน้ำลอยขึ้น-ลง ผลอบ ๆ โผล่ ๆ จะเคลื่อนที่ไปข้าง ๆ กันน้อยมาก ขึ้นไม่เปรียบได้กับการเคลื่อนที่ของน้ำ ณ จุดต่าง ๆ ซึ่งเคลื่อนที่ขึ้นลงขวางแนวการเดินทางของคลื่น คลื่นแบบนี้มีชื่อว่า Transverse wave หรือคลื่นตามขวาง ดังแสดงด้วยภาพ สมมุติว่าเราตัดลงมาในแนวการเคลื่อนที่ของคลื่น ขณะหนึ่งใช้ความยาวหนึ่งลูก (ซึ่งต่อ ๆ ไปก็ลักษณะอย่างนี้)



รูป 1.1 แสดงพื้นผิวน้ำเมื่อโยนก้อนหินลงไปกระทบจะแผ่กระจายออกไปรอบ ๆ

แนว AB เป็นระดับผิวของน้ำนิ่งจะเห็นส่วนที่สูงกว่าระดับนี้มากที่สุดที่จุด C ที่เรียกว่ายอดคลื่นหรือสันคลื่น (Crest) นั่นคือ คลื่นได้ทำให้โมเลกุลของน้ำที่ C ซึ่งเดิมเคยอยู่ระดับ AB ขึ้นไปห่างจากตำแหน่งเดิมมากที่สุด ระยะคลื่น (Displace) มากสุดเรียก Amplitude หรือความสูงของคลื่น จุด D เป็นจุดที่ โมเลกุลของน้ำลงไปได้ระดับ AB ซึ่งมีค่าเท่ากับ Amplitude เช่นกัน เรียกท้องคลื่น (Though)



รูป 1.2 โครงสร้างของเสียงใน 1 วัฏคลื่น

เวลาต่อมาเล็กน้อย สันคลื่นและท้องคลื่นถ้าวิ่งจากซ้ายไปขวา สันคลื่นก็จะเลื่อนไปทางขวา ยอดคลื่นที่วิ่งไปได้ทางแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นเท่าไรใน 1 หน่วยเวลา ก็เป็นความเร็วของคลื่นนั้น เวลาที่มันใช้ในการเดินทางไปได้ 1 ลูก เรียกว่าคาบ (Period) ระยะทางของ 1 ลูกคลื่น เรียกว่าความยาวคลื่น (Wavelength) อัตราที่ไม่เลกวลของน้ำเคลื่อนที่ขึ้นลงก็ครั้งหรือรอบต่อ 1 วินาที เรียกว่าความถี่หรือ Frequency

เรื่องของคลื่นเสียงก็คล้าย ๆ กับคลื่นน้ำในแง่ที่ว่าคลื่นเสียงเดินทางผ่านตัวกลางไป จะทำให้อนุภาคในตัวกลางเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิมแต่ละอนุภาคในแนวการเคลื่อนที่ของคลื่น 1 ลูกเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิมขนาดต่าง ๆ กัน ในบริเวณครึ่งลูกจะไปในทิศทางเดียวกัน และตรงกันข้ามกับบรรดาอนุภาคในอีกครึ่งลูก

ข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างคลื่นน้ำ และคลื่นเสียงคืออนุภาคในตัวกลางในเสียง อนุภาคจะมีการเคลื่อนที่แต่ในแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นเท่านั้น เราจึงเห็นอนุภาคในครึ่งลูกคลื่น เคลื่อนที่ไปทางซ้ายสุด ทางขวาสุด ขนาดต่าง ๆ กัน จึงเกิดจุดที่อนุภาคมาอัดตัวกันมากและจุดที่อนุภาคที่กระจายออกไปทั้งสองข้าง เกิดความกดคั่นน้อยในเวลาต่อมาจุดที่อนุภาคอัดกัน และกระจายออกจากกันก็เลื่อนไปในแนวทางการเคลื่อนที่ของคลื่น

ดังนั้น เมื่อมีเสียงเดินทางไปในตัวกลางจะเกิดจุดที่อนุภาคอัดตัว (Compression) และจุดที่อนุภาคขยายตัวออกจากกัน สลับกันไปตลอดทางและจุดเหล่านี้เคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งไปเรื่อยในแนวทางการเคลื่อนที่ของคลื่น มองในแง่ความกดคั่น (Pressure) ที่จุดหนึ่งๆ จะมีค่ามากกว่าปกติ เท่ากับปกติและน้อยกว่าปกติสลับกันไป ลักษณะของคลื่นที่ไม่เลกวลของตัวกลางที่คลื่นนั้นเดินทางผ่านไป มีการสั่นหรือเคลื่อนที่ในแนวการเดินทางของคลื่น เรียกว่าคลื่นตามยาว Longitudinal Wave จึงเป็นลักษณะประจำตัวของคลื่นเสียงทั่วไป

เสียงเดินทางผ่านได้ใน อากาศ ของแข็ง ของเหลว ยกเว้นสุญญากาศ ในบรรดา
ตัวกลางอากาศเป็นตัวกลางที่สำคัญที่สุดที่เกี่ยวข้องกับการที่คลื่นเสียงเดินทางไปและการได้ยิน

พิจารณาบรรดาสารที่คลื่นเสียงไปได้จะเห็นว่าคุณสมบัติร่วมกันสำคัญอย่างหนึ่ง คือ
Elastic Property ที่ เป็น เนื้อเดียวกันและต่อเนื่องกัน

สำหรับสารที่มีลักษณะไม่ต่อเนื่องติดต่อกัน เช่น ขี้เลื่อย ขนสัตว์ จะเห็นว่ามี
Elasticity ระหว่างชั้นอนุภาคน้อย คลื่นเสียงเดินทางผ่านไปได้สะดวก

แสงและเสียงต่างก็ เป็นคลื่นแต่ต่างแสง เป็นคลื่นที่สามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้ส่วน
เสียง เป็นคลื่นที่ต้องการตัวกลางที่เป็นสสารในการเดินทางไป ทั่ว ๆ แล้วแสงเป็นเสมือนสมบัติของสากล
(Universe) แต่ว่าเสียงเป็นสมบัติของโลก

ความเร็วของแสง (Velocity of Light wave) นักวิทยาศาสตร์ทดลองพบว่ามีความเร็วประมาณ 186,000 ไมล์ต่อ 1 วินาที แสงมีความเร็วประมาณ 900,000 เท่าของ
ความเร็วเสียงในอากาศ ในอากาศธรรมดาเสียงเดินทางได้ประมาณ 1 ไมล์ใน 5 วินาที แต่ความเร็วของเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ประมาณ 1090 ฟุตต่อวินาที หรือประมาณ 332.4
เมตรต่อวินาที หรือ 750 ไมล์ต่อ 1 ชั่วโมง ที่เรียกว่าเป็นความเร็วหนึ่ง

แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความเร็วก็มากขึ้นตามลำดับ โดยประมาณความเร็วเพิ่มขึ้น 2
ฟุตต่อ 1 องศาเซลเซียส

1.2 การสะท้อนของคลื่นเสียง

เมื่อคลื่นเสียงเดินทางไปกระทบสิ่งกีดขวาง เช่น ฝาผนังห้อง ม่าน กำแพง ต้นไม้
ส่วนหนึ่งจะถูกกูดกลับไปเป็นพลังงานความร้อน พลังงานอีกส่วนหนึ่งจะสามารถผ่านวัตถุนั้น เช่น ทำให้
คนในห้องถัดไปได้ยิน พลังงานส่วนสุดท้ายจะสะท้อนกลับ อย่างที่เราเห็นดินในเรื่องแสงสะท้อนที่กระจก-
เงาไม่ว่าสิ่งกีดขวางจะเป็นวัตถุชนิดใด จะเกิดเหตุทั้ง 3 อย่างในปริมาณต่าง ๆ กัน

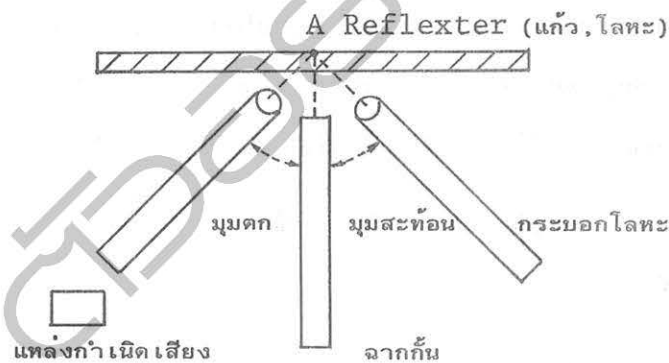
ในห้องที่มีฝาผนังแข็ง มีการดูดกลืน(Absorption)และการส่งผ่านทะลุไปน้อย
มากจึงมีพลังงานที่สะท้อนมามาก เราจึงเห็นผลของการสะท้อนชัดเจน และสะท้อนไปมาหลายทบทาง
ครั้งมีจำนวน 200 - 300 ครั้ง ก่อนที่พลังงานที่สะท้อนอ่อนกำลัง จนไม่สามารถทำให้เราได้ยิน นั่นก็
หมายถึงเราจะได้ยินเสียงนั้นนานกว่าปกติ และจะรู้สึกได้ว่าเสียงนั้นยืดยาวออกไปไม่ใช่ได้ยินเป็นคำ ๆ
200 - 300 ครั้ง ทั้งนี้เพราะแต่ละเสียงมาถึงหูในเวลาต่างกันน้อยมากสมองไม่สามารถจะแยกออกให้

เป็นคนละเอียดได้ ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า การยึดเยื่อเสียง

ในที่บางแห่งมีการยึดเยื่อเสียงมากเกินไปทั้งนี้อาจเป็นด้วยมีสิ่งสะท้อนเสียง ซึ่งเป็นสิ่งที่แข็ง ๆ เรียบ ๆ เช่นฝาผนัง หรือสิ่งล้อมรอบขนาดใหญ่ เช่น หอประชุม โรงภาพยนตร์ เหล่านี้ทำให้ได้ยินเสียงยุ่งยากสับสนจับใจความไม่ได้ หมดความน่าฟังไป ซึ่งจะพบเสมอในการฟังปาฐกถาสุนทรพจน์ ในหอประชุมที่สร้างขึ้นไม่ถูกหลักการทางเสียง

ตรงกันข้าม ถ้าเสียงที่ออกไปในตัวกลางไม่มีการสะท้อนกลับยังผู้ฟังเสียเลย เช่นพูดในที่โล่งแจ้ง หรือในที่ที่มีสิ่งที่ดูดกลืนพลังงานเสียง ซึ่งมีลักษณะตรงกันข้ามกับสิ่งสะท้อนเสียง คืออ่อนนุ่ม ขรุขระ เช่น ผ้าม่าน ผ้าม่านห้อย ส่วลี ทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงนั้นทวน ๆ ด่วน ๆ หมดความน่าฟัง

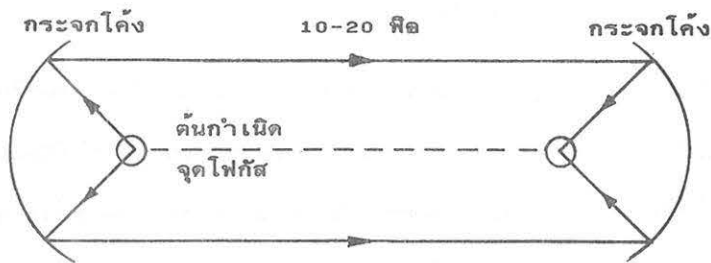
ในทางดนตรี ต้องการยึดเยื่อเสียงมากกว่าการพูดจาปกติ ซึ่งเราอาจคำนวณได้กฎการสะท้อนของเสียงสามารถทดลองให้ดูได้ ด้วยการทดลองง่าย ๆ ดังรูป 1.3



รูป 1.3 แสดงการสะท้อนของเสียง

แหล่งกำเนิดเสียงเป็นนาฬิกา หรือเสียงความถี่สูงมีกระจกโลหะเรียบ ๆ ยาว 2-3 ฟุต และมีฉากกั้นกลางเสียงเดินทางผ่านกระจกไปสะท้อนกับตัวสะท้อน ซึ่งอาจจะเป็นแผ่นแก้วโลหะ แล้วเลื่อนกระจกฟิงไปตำแหน่งที่ได้ยินชัดดังที่สุด ซึ่งจะพบว่าแนวของกระจกทั้งสองทำมุมกับเส้นปกติ ที่จุด A เท่ากัน นั่นคือมุมตกเท่ากับมุมสะท้อน

กฎการสะท้อนของเสียงที่พื้นผิวโค้งอาจทดสอบได้ด้วยการใช้กระจก หรือแผ่นโลหะโค้งรูปพาราโบลา วางหันหน้าเข้าหากัน และอยู่ห่างกันประมาณ 10-20 ฟุต วางนาฬิกาที่จุดโฟกัสของกระจกโค้งอันหนึ่ง เสียงที่สะท้อนออกมาจะเป็นแนวขนาน เนื่องจากความโค้งของกระจกไปสะท้อนที่อีกกระจก และไปรวมกันที่จุดโฟกัสทำให้เราได้ยินเสียงดังที่สุดที่นั่น



รูป 1.4 การสะท้อนของเสียงที่ผิวโค้ง

1.3 ประโยชน์ใช้สอยซึ่งอาศัยหลักการสะท้อนของเสียง

SPEAKING TUBE หรือ MEGAPHONE เรียกตามภาษาของชาวบ้านว่าโทรโข่งช่วยให้พลังงานเสียงไม่กระจายไปทั่วบริเวณ แต่อาศัยการสะท้อนในท่อช่วยให้เสียงเดินทางไปในทิศทางหนึ่งมาก ทำให้ได้ยินได้ไกล



รูป 1.5 การสะท้อนของเสียงในท่อ

ในการถ่ายภาพยนตร์ธรรมชาติที่ต้องการบันทึกเสียงนกเสียงกาไกล ๆ เราอาศัยโลหะรูปพาราโบลาใหญ่ ๆ หันหน้าให้แนวแกนไปผ่านเสียงนก และใช้ไมโครโฟน วางรับเสียงที่จุดโฟกัส WHISPERING GALLERY WASHINGTON คนที่เข้าไปใน DOME จะเห็นว่าเขาสามารถได้ยินเสียงคนกระซิบอยู่ห่างได้

เรื่องสำคัญอีกอย่างหนึ่งเกี่ยวกับการสะท้อนเสียงคือ ECHO หรือ การซ้ำเสียง-เดิมเป็นธรรมชาติอย่างหนึ่งของหู ที่สามารถจะแยกเสียง 2 เสียงว่าเป็นคนละเสียง เกิดก่อน เกิดทีหลังกันได้ ต่อเมื่อเสียงหนึ่ง ๆ มาถึงหูทีหลังเสียงแรกเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 0.1 วินาที มิฉะนั้นเราจะรู้สึกเป็นเสียงเดียวกันผสมไป

อาศัยความรู้ในเรื่องความเร็วเสียงมาคำนวณประกอบจะเห็นว่า เมื่อเสียงแรกมาถึงหูอีกเสียงหนึ่งต้องใช้เวลามากประมาณไม่น้อยกว่า 0.1 วินาที ซึ่งคิดเป็นระยะทาง

1 วินาที	เสียงเดินทางในอากาศได้ประมาณ	1100 ฟุต
0.1 วินาที	เสียงเดินทางในอากาศได้ประมาณ	$\frac{1100 \text{ ฟุต} \times 0.1 \text{ วินาที}}{1 \text{ วินาที}}$

= 110 ฟุต

ดังนั้น ถ้าเราอยู่ห่างจากกำแพงพอสมควร และส่งเสียงหรือตะโกน สักคำ สองคำ สิ่งแรกที่เราได้ยินเป็นเสียงที่ออกจากปาก - อากาศ - ที่ ซึ่งอาจจะพูดได้ว่าได้ยินทันที อีกสักครู่เราจะได้ยินเสียงอีกเสียงหนึ่งซ้ำเสียงเดิม เหมือนมีคนที่มีเสียงเหมือนเรากอยพูดยู่ห่าง ๆ นั่นก็คือเสียง ECHO ซึ่งเป็นผลมาจากเสียงแรกเดินทางไปสะท้อนยังกำแพงกลับมายังหู ซึ่งเวลาไม่น้อยกว่า 0.1 วินาที จะเดินทางได้ประมาณ 110 ฟุต นั่นคือระยะทางจากผู้พูดไปยังกำแพง และจากกำแพงกลับมายังหู ดังนั้นระยะทางจากผู้พูดไปยังกำแพงต้องไม่น้อยกว่า 55 ฟุต FATHOMETER อาศัยการสะท้อนได้น้ำของคลื่นเสียงเพื่อวัดความลึกของทะเล โดยส่งสัญญาณความถี่สูง (ULTRASONIC) ไปในน้ำสะท้อนที่ก้นทะเล และรับด้วยเครื่องรับทราบเวลาที่เสียงเดินทางไปและความลึกของทะเล

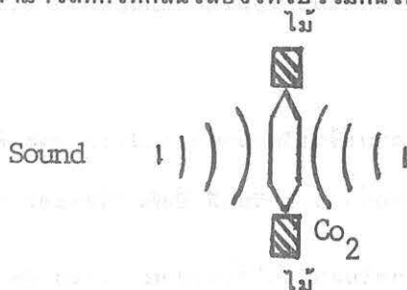
การหักเหของคลื่นเสียง (Reflection of sound)

เมื่อมีคลื่นเสียงออกจากสิ่งกำเนิดเสียงที่อยู่ในตัวกลางที่เหมือนกันทุกอย่าง จะมีคลื่นเสียงออกไปทุกทิศทุกทางด้วยความเร็วเท่ากัน โมเลกุลของตัวกลางที่อยู่ห่างจากสิ่งกำเนิดเสียงเท่ากัน จะมีลักษณะการเคลื่อนที่แบบเดียวกัน หรือเรียกว่ามีวัฏภาค (phase) เดียวกันแนวทรงกลมหรือวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่แหล่งเสียงจะเป็นบริเวณโมเลกุลตัวกลางอัดตัวหรือกระจายออกจากกัน เช่นเดียวกัน

ในตัวกลางทั่วไปเช่น อากาศ เราทราบแล้วว่าระดับต่างๆ มีความแตกต่างในเรื่องอุณหภูมิ (temperature) ความชื้น (humidity) ความหนาแน่น (density) อันเป็นผลเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางความเร็วและทำให้แนวการเคลื่อนที่และรูปคลื่นเปลี่ยนแปลงไป

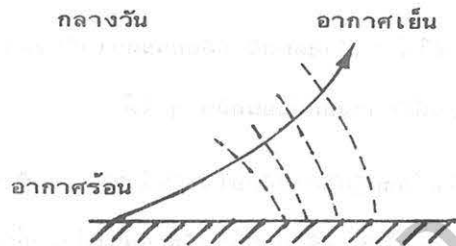
1.4 การทดลองการหักเหของเสียง

อุ้งยางบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นรูปคล้ายเลนส์นูนวางอยู่ระหว่างไม้ 2 แผ่น ดังภาพ ปรากฏว่าเลนส์นี้สามารถหักเหคลื่นเสียงให้ไปรวมกันเกิดเสียงดังมากที่สุดที่จุดหนึ่งได้



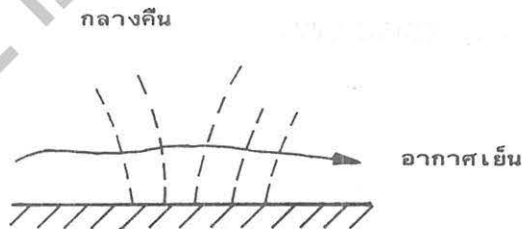
รูป 1.6 การหักเหของเสียง

อุณหภูมิ ณ ระดับต่าง ๆ กันทำให้เกิดหักเหของแนวทางเดินคลื่นเสียงซึ่งมีผลต่อการได้ยินได้ไกลหรือใกล้ คือได้ยินเสียงไกล ๆ ในเวลากลางคืนดีกว่ากลางวัน ในระหว่างอากาศระดับใกล้พื้นดินอุ่นหรือร้อนกว่าอากาศระดับสูง ๆ ขึ้นไปพอดกกลางคืนท้องฟ้าแจ่มใส พื้นโลกคายความร้อนออกไป ทำให้อากาศติด ๆ พื้นดินเย็นกว่าอากาศระดับสูง



รูป 1.7 การหักเหของคลื่นเสียงกลางวัน

ดังนั้นในเวลากลางวันคลื่นเสียงจึงหักเหขึ้นไปเหนือพื้นดิน เนื่องจากเสียงเดินทางไปไกล ๆ พื้นดินเร็วกว่าในเวลากลางคืน เหตุการณ์ตรงข้าม คือ เสียงเดินทางโค้งงอลงสู่พื้นดิน นอกจากนั้น กลางคืนมีความเงียบสงบช่วยให้ทุกคนเรามีความไวต่อเสียงค่อย ๆ ได้



รูป 1.8 การหักเหของคลื่นเสียงกลางคืน

คลื่นเสียงเดินทางในอากาศชื้น (Moist air) ได้เร็วกว่าอากาศแห้ง ๆ (Dry air) แนวทางการเคลื่อนที่ของเสียงคล้ายกับเวลากลางคืน บางครั้งเราจะได้ยินเสียงฟ้าคำรามไกล ๆ ได้ชัด เจนซึ่งพอจะสันนิษฐานได้ว่าฝนกำลังจะตก

1.5 เสียงรบกวน (noise) และเสียงดนตรี (musical sound)

เสียงทั้งหลายที่เราได้ยินได้ฟังอยู่ทุกวันนี้ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. เสียงรบกวน (Noise)
2. เสียงดนตรี (Musical note)

เครื่องมือที่ใช้ทำเสียงดนตรี ก็คือบรรดาเครื่องดนตรี ซึ่งอาศัยหลักการสำคัญอย่างหนึ่งที่ว่าต้องสามารถสร้างเสียงที่มีความถี่แน่นอนหนึ่ง ๆ ได้

ตัวอย่างในท้องปฏิบัติการนิยมนำ (siren) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นกลมเจาะรูต่างเท่า ๆ กัน หมุนแผ่นนี้ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าหรือหมุนด้วยมือ แล้วเป่าลมผ่านท่อไปยังรูแนวใดแนวหนึ่ง จะมีอากาศผ่านไปอีกข้างเป็นท่วง ๆ หรือก้อน ๆ (puff) เกิดเสียงที่มีความถี่ตามต้องการได้ และอาจคำนวณความถี่ของเสียงได้ถ้าหากทราบความเร็ว การหมุนเช่น N รอบ/วินาทีและแนวที่เป่ามี n รู ดังนั้นเสียงที่ออกไปมีความถี่ $= nN$ ลูกต่อวินาที นั่นก็คือนับหมุนเร็วยิ่งมีค่ามาก เสียงที่ออกไปก็ยิ่งสูงมาก ยิ่งหมุนช้า เสียงที่ออกไปยิ่งต่ำ

คุณลักษณะสำคัญของเสียงดนตรี (CHARACTERISTICS OF MUSICAL SOUND)

ระดับเสียง (PITCH)

ความเข้มของเสียง (INTENSITY) และความดัง (LOUDNESS)

คุณภาพ (QUALITY)

1.6 ระดับเสียง

ทุกคนปกติสามารถได้ยินเสียงที่มีความถี่ในย่าน 20 Hz - 20,000 Hz การตอบสนองความถี่สูงของแต่ละคน เปลี่ยนแปลงไปตามวัย คืออายุยิ่งมากความสามารถที่จะรับรู้เสียงสูง ๆ ยิ่งลดลง

เสียงใดมีความถี่สูงกว่าอีกเสียงหนึ่งอาจเรียกว่ามีระดับเสียงสูงกว่า (Higher pitch) อีกเสียง

เสียงของผู้ชายอยู่ในความถี่ประมาณ 250 - 1,000 Hz

เสียงของผู้หญิงอยู่ในความถี่ประมาณ 500 - 1,500 Hz

เท่าที่ทดลองกันมาความถี่ของเสียงที่หูคนคุ้น และตอบสนองไวที่สุด คือ ความถี่

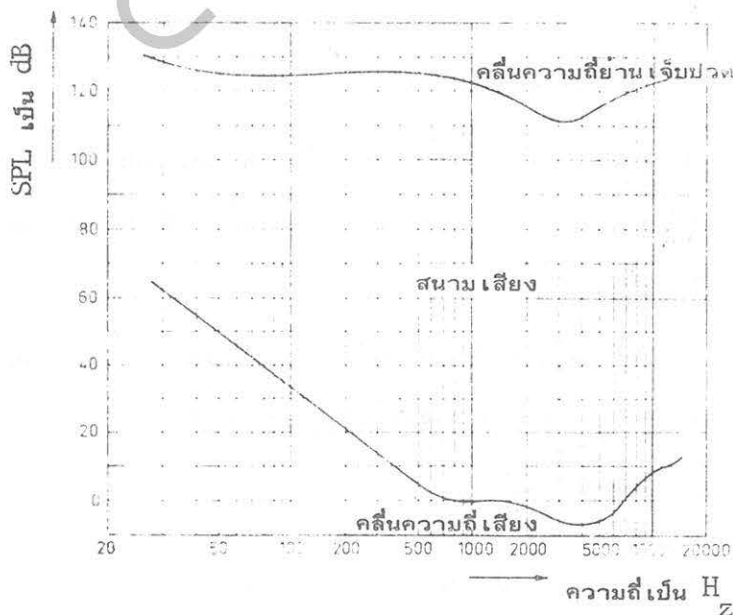
3,000 Hz

ความเข้มของเสียง เสียงค่อย มีแอมพลิจูดต่ำเสียงที่ดังขึ้นมีความเข้มมากขึ้นมีแอมพลิจูดสูง

ในการทดลองพบว่า ความเข้มของเสียง ณ จุดต่าง ๆ มีขนาดแปรผัน เป็นสัดส่วนโดยตรงกับแอมพลิจูดกำลังสอง

ความไวของหูกับความเข้ม เมื่อเริ่มทดลองด้วยเสียงที่มีความถี่ขนาดหนึ่งมีความเข้มน้อย ๆ ตั้งแต่เราไม่สามารถจะได้ยินได้ ค่อย ๆ เพิ่มความเข้มจนเราสามารถได้ยินได้ ณ จุดของความเข้มนั้นเราเรียกว่า Threshold of Hearing ของความถี่นั้น เมื่อเพิ่มความเข้มขึ้นเรื่อย ๆ เราจะได้ยินรู้สึกดังขึ้น ๆ ความเข้มที่เพิ่มที่เราได้ยินได้ปรากฏว่ามีค่ามากหลายล้าน เท่าของความเข้มของเสียงที่เริ่มได้ยินนับได้ว่าทุกคนเราสามารถรับความเข้มของเสียงหนึ่ง ๆ มีย่านใหญ่โตมากจะต้องมีความเข้มอยู่ค่าหนึ่งเริ่มให้ความรู้สึกเจ็บปวดแทรกเข้ามากับการได้ยิน ค่านี้เรียกว่า Threshold Value of Pain

ความเข้มและความถี่ ในการทดลองหาค่าของความเข้มของเสียงความถี่ต่าง ๆ ที่พอดีให้เกิดความรู้สึกเจ็บในการได้ยิน ปรากฏว่ามีค่าความเข้มไม่เท่ากัน เสียงที่มีความถี่ต่ำ ๆ และสูง ๆ มีแนวโน้มที่จะมีความเข้มมาก ๆ จึงจะทำให้เกิดความรู้สึกเจ็บในการได้ยิน หรือกล่าวง่าย ๆ ที่ความถี่เท่า ๆ กับเสียงความถี่ขนาดกลาง (1000 - 5000 Hz)



รูปที่ 1.9 ลักษณะสมบัติของคลื่นความถี่เสียงและคลื่นความถี่ที่ทำให้เจ็บปวดหู