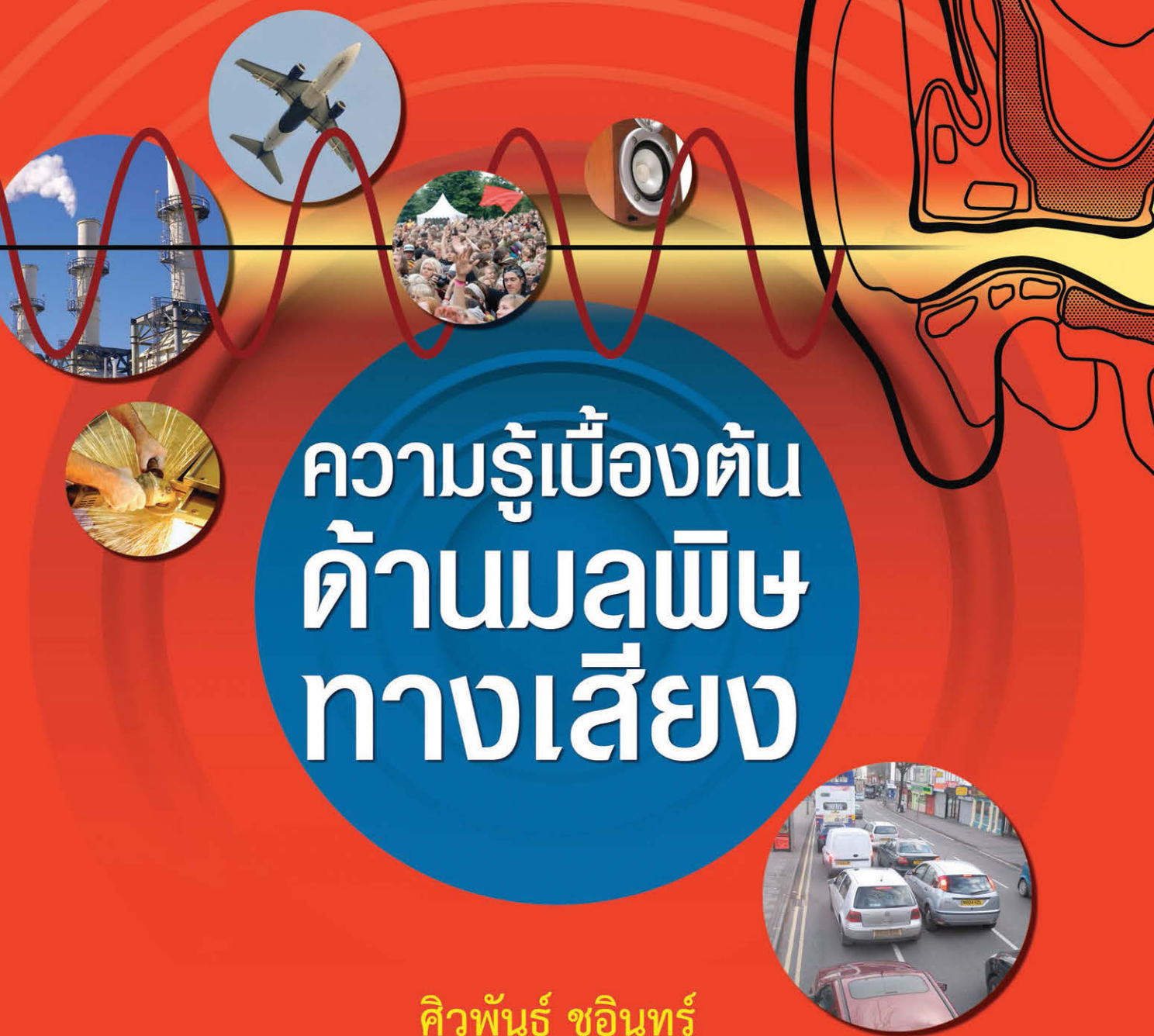




สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ความรู้เบื้องต้น ด้านมลพิษ ทางเสียง

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์

ความรู้เบื้องต้นด้านมลพิษทางเสียง

ความรู้เบื้องต้นด้านมลพิษทางเสียง

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์



สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2556

300.-

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์

ความรู้เบื้องต้นด้านมลพิษทางเสียง / ศิวพันธุ์ ชูอินทร์

1. มลพิษทางเสียง.

363.74

ISBN 978-974-03-3146-9

สพจ. 1788



สรสคุณคำวิชาการ ผู้สังคัม

www.ChulaPress.com

Knowledge to All

ลิขสิทธิ์ของสำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 1,000 เล่ม พ.ศ. 2556

การผลิตและการลอกเลียนหนังสือเล่มนี้ไม่ว่ารูปแบบใดทั้งสิ้น

ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้จัดจำหน่าย ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

สาขา

ศาลาพระแก้ว โทร. 0-2218-7000-3 โทรสาร 0-2255-4441

สยามสแควร์ โทร. 0-2218-9881-2 โทรสาร 0-2254-9495

ม.นคร จ.พิษณุโลก โทร. 0-5526-0162-4 โทรสาร 0-5526-0165

ม.เทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา โทร. 0-4421-6131-4 โทรสาร 0-4421-6135

ม.บูรพา จ.ชลบุรี โทร. 0-3839-4855-9 โทรสาร 0-3839-3239

โรงเรียนนายร้อย จปร. จ.นครนายก โทร. 0-3739-3023 โทรสาร 0-3739-3023

ม.พะเยา จ.พะเยา โทร. 0-5446-6799-800 โทรสาร 0-5446-6798

จัตุรัสจามจุรี (CHAMCHURI SQUARE) ชั้น 4 โทร. 0-2160-5301-2 โทรสาร 0-2160-5304

รัตนานิเบศร์ (แยกแคราย) โทร. 0-2950-5408-9 โทรสาร 0-2950-5405

Call Center (จัดส่งทั่วประเทศ) โทร. 0-2255-4433 <http://www.chulabook.com>

เครือข่าย

ศูนย์หนังสือ ม.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย โทร. 0-5391-7020-4 โทรสาร 0-5391-7025

ศูนย์หนังสือ ม.วลัยลักษณ์ จ.นครศรีธรรมราช โทร. 0-7567-3648-51 โทรสาร 0-7567-3652

ร้านหนังสือบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) งามคำแหง 43/1 โทร. 0-2538-2573 โทรสาร 0-2539-7091

ศูนย์หนังสือ ม.ราชภัฏเชียงราย จ.เชียงราย โทร. 0-5377-6000

ศูนย์หนังสือ ม.ราชภัฏสุราษฎร์ธานี จ.สุราษฎร์ธานี โทร. 0-7735-5466, 0-7791-3333 โทรสาร 0-7735-5468

ศูนย์หนังสือเทคโนโลยีโออาร์พีซี จ.ระยอง โทร. 0-3889-9130-2 ต่อ 331 โทรสาร 0-3889-9130 ต่อ 301

ศูนย์หนังสือ ม.ราชภัฏเทพสตรี จ.ลพบุรี โทร. 0-3642-7485-93

ร้านค้า, หนังสือเข้าชั้นเรียน ติดต่อแผนกขายส่ง สาขารัตนานิเบศร์ (แยกแคราย) โทร. 0-2950-5408-9 โทรสาร 0-2950-5405

กองบรรณาธิการ : ทศนีย์ ผิวขำ

พิสูจน์อักษร : พรเพ็ญ รัตนโพธิ์แสงศรี

ออกแบบปก : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ขอบและท่า โทร. 0-2447-2464, 08-1642-0419

ออกแบบรูปเล่ม : ดิษฐานันท์ ชาเสน

พิมพ์ที่ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร. 0-2218-3557 โทรสาร 0-2218-3551 [5612-129]

www.cuprint.chula.ac.th

คำนำ

หนังสือความรู้เบื้องต้นด้านมลพิษทางเสียง ได้เรียบเรียงขึ้นเพื่อใช้ประกอบการศึกษาในระดับปริญญาตรี โดยมุ่งเน้นให้ผู้อ่านมีความรู้ความเข้าใจความรู้เบื้องต้นด้านมลพิษทางเสียง ทั้งสาเหตุการเกิดมลพิษทางเสียง ผลกระทบ การประเมินผลกระทบ การควบคุม และการตรวจติดตามมลพิษทางเสียง เป็นต้น

หนังสือเล่มนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 9 บท ได้แก่ บทนำ หู การได้ยิน และผลกระทบ การวิเคราะห์เสียง การตรวจวัดระดับเสียง เสียงภายนอกอาคารและเสียงในชุมชน มลพิษทางเสียงในอาคารและอุตสาหกรรม การประเมินผลกระทบจากมลพิษทางเสียง การควบคุม ป้องกันมลพิษทางเสียง กฎหมาย ข้อบังคับ มาตรฐานคุณภาพเสียง แต่ละบทได้มีการศึกษาอย่างกว้างขวาง เป็นระบบและมีหลักฐาน สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งอ้างอิง นำไปปฏิบัติได้

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารเล่มนี้จะอำนวยประโยชน์ต่อผู้นำไปใช้อย่างสมควร ผู้เขียนขอรับความคิดเห็นและคำติชม เพื่อนำไปใช้ปรับปรุงให้ดีขึ้นในการพิมพ์ครั้งต่อไป ขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์มา ณ โอกาสนี้

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์

สิงหาคม 2556

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	
สารบัญ	
สารบัญภาพ	
สารบัญตาราง	
บทที่ 1 บทนำ	1
เสียง	2
มลพิษทางเสียง	3
สมบัติทางฟิสิกส์ของคลื่นเสียง	5
สนามเสียง	16
สรุป	17
คำถามทบทวน	17
เอกสารอ้างอิง	19
บทที่ 2 หู การได้ยิน และผลกระทบต่อสุขภาพ	21
หูกับการได้ยิน	22
ความสามารถในการรับฟังเสียง	28
ผลกระทบจากมลพิษทางเสียง	30
ปัจจัยที่มีผลต่อการได้รับผลกระทบ	32
สรุป	33
คำถามทบทวน	34
เอกสารอ้างอิง	35
บทที่ 3 การวิเคราะห์เสียง	37
กำลังเสียง ความเข้มเสียง และความดันเสียง	38
เดซิเบล	40
ระดับเสียง	41
การรวมระดับเสียงในหน่วยเดซิเบล	46
การลบระดับเสียงในหน่วยเดซิเบล	54

	หน้า
ความดังและระดับความดังเสียง	57
การวิเคราะห์เสียงแยกตามความถี่	59
สรุป	62
คำถามทบทวน	62
เอกสารอ้างอิง	64
บทที่ 4 การตรวจวัดระดับเสียง	65
ประโยชน์ของการตรวจวัดระดับเสียง	66
การตรวจวัดระดับเสียงเบื้องต้น	66
เครื่องวัดระดับเสียง	67
ส่วนประกอบของเครื่องวัดระดับเสียง	69
อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการตรวจวัดระดับเสียง	78
การตรวจวัดระดับเสียงโดยทั่วไป	79
การตรวจวัดระดับเสียงที่แหล่งกำเนิด	82
การตรวจวัดปริมาณเสียงสะสม	87
การตรวจวัดระดับเสียงจากการจราจร	88
สรุป	89
คำถามทบทวน	89
เอกสารอ้างอิง	90
บทที่ 5 เสียงภายนอกอาคารและเสียงในชุมชน	93
แหล่งกำเนิดของมลพิษทางเสียง	94
ชนิดของเสียง	100
ระดับเสียงทางสถิติ	103
ระดับพลังงานเสียงเฉลี่ยสมมูล	107
ระดับพลังงานเสียงเฉลี่ยสมมูลกลางวัน-กลางคืน	109
สรุป	115
คำถามทบทวน	116
เอกสารอ้างอิง	120

	หน้า
บทที่ 6 มลพิษทางเสียงในอาคารและอุตสาหกรรม	121
เวลาที่เสียงเดินทางและสะท้อนกลับในอาคาร	122
การดูดซับเสียง	124
การสูญเสียพลังงานเสียงเมื่อส่งผ่านวัสดุ	128
เกณฑ์ในการรับเสียงที่มีลักษณะคงที่	131
อัตราการรับเสียง	133
ระดับเสียงในงานอาชีพวอนามัย	134
โครงการการอนุรักษ์การได้ยิน	137
เสียงจากโรงงานอุตสาหกรรม	138
สรุป	141
คำถามทบทวน	141
เอกสารอ้างอิง	143
บทที่ 7 การประเมินผลกระทบจากมลพิษทางเสียง	145
การประเมินผลกระทบจากมลพิษทางเสียง	146
การประเมินระดับเสียงจากการจราจรทางบก	149
การประเมินระดับเสียงจากโครงการสนามบิน	155
การประเมินผลกระทบทางเสียงจากรถไฟ	163
การประเมินระดับเสียงจากโรงงานอุตสาหกรรม	166
สรุป	170
คำถามทบทวน	170
เอกสารอ้างอิง	173
บทที่ 8 การควบคุม ป้องกันมลพิษทางเสียง	175
หลักทั่วไปในการควบคุมมลพิษทางเสียง	176
การควบคุมมลพิษทางเสียงจากการจราจร	176
การควบคุมเสียงในอุตสาหกรรม	182
มาตรการลดผลกระทบทางเสียงจากสนามบินพาณิชย์	191
สรุป	192
คำถามทบทวน	193
เอกสารอ้างอิง	195

	หน้า
บทที่ 9 กฎหมาย ข้อบังคับ มาตรฐานคุณภาพเสียง	197
มาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป	198
มาตรฐานคุณภาพเสียงในสถานประกอบการ	199
มาตรฐานระดับเสียงจากการทำเหมืองหิน	199
มาตรฐานระดับเสียงของเรือ	200
มาตรฐานระดับเสียงของรถยนต์	200
รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2540	201
พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535	202
พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535	205
พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535	207
มาตรฐานคุณภาพเสียงขององค์การอนามัยโลก	209
สรุป	212
เอกสารอ้างอิง	213
ภาคผนวก	215
ภาคผนวก ก. เสียงรบกวน	216
ภาคผนวก ข. เฉลยคำถามทบทวน	241
บรรณานุกรม	243
ประวัติผู้เขียน	249

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	แผนภาพแสดงองค์ประกอบของการเกิดเสียง	3
1.2	ลักษณะของการอัดสลับกับการขยายของโมเลกุลอากาศทำให้เกิดคลื่น	5
1.3	การเคลื่อนที่อัด-ขยายของโมเลกุลอากาศในลูกสูบ	6
1.4	ความถี่ของคลื่นความถี่สูง (a) และคลื่นความถี่ต่ำ (b)	7
1.5	ความถี่ของคลื่นเสียงกับการได้ยินของสิ่งมีชีวิต	8
1.6	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเสียงกับอุณหภูมิ	9
1.7	การแพร่ของคลื่นเสียง	12
1.8	การหักเหของคลื่นเสียงในอากาศที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน	13
1.9	การหักเหของคลื่นเสียงในอากาศที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน	13
1.10	การสะท้อนของคลื่นเสียง	14
1.11	การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง	15
1.12	สนามเสียงที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงที่อยู่ในห้อง	16
2.1	ส่วนประกอบของหู	23
2.2	ส่วนประกอบของหูชั้นกลาง	24
2.3	ส่วนประกอบของหูชั้นใน	25
2.4	ลักษณะของเซลล์ขน	26
2.5	ตำแหน่งของเยื่อบางที่เฉพาะต่อความถี่เสียง	26
2.6	แผนภาพแสดงกลไกในการได้ยิน	27
2.7	การเดินทางของเสียงเข้าสู่หูคน	28
2.8	ระดับเสียงที่คนได้ยินตามความถี่ต่าง ๆ	29
3.1	ระดับเสียงกับกิจกรรมในชีวิตประจำวัน	46
3.2	กราฟสำหรับใช้ในการรวมระดับเสียง 2 ค่า ณ ตำแหน่งและเวลาหนึ่ง	49
3.3	กราฟสำหรับใช้ในการลบระดับเสียง 2 ค่า ณ ตำแหน่งและเวลาหนึ่ง	55
3.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความดังเสียงกับระดับความเข้มเสียงที่ความถี่ต่างๆ	58

ภาพที่		หน้า
4.1	แผนภาพแสดงส่วนประกอบของเครื่องวัดระดับเสียง	69
4.2	โครงสร้างภายนอกของเครื่องวัดระดับเสียงโดยทั่วไป	69
4.3	เครื่องวัดระดับเสียง	70
4.4	ชุดเครื่องวัดระดับเสียง	70
4.5	ลักษณะของไมโครโฟน	71
4.6	ทิศทางการรับเสียงของไมโครโฟนชนิดต่าง ๆ	72
4.7	กราฟแสดงค่าที่ใช้ในการถ่วงน้ำหนักของวงจรถ่วงน้ำหนัก	73
4.8	อุปกรณ์ปรับเทียบเสียงชนิดอะคูสติก	77
4.9	อุปกรณ์ปรับเทียบเสียงชนิดพีสตันโฟน	78
4.10	การใช้อุปกรณ์กำบังลม	79
4.11	ตำแหน่งการวางไมโครโฟน	80
4.12	การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับเสียงภายนอกอาคาร	80
4.13	การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับเสียงภายในอาคาร	81
4.14	การวางตำแหน่งของไมโครโฟนตามวิธีมาตรฐานของ IEC และ ANSI	83
4.15	การตรวจวัดระดับเสียงจากรถยนต์เครื่องยนต์เบนซิน	84
4.16	การตรวจวัดระดับเสียงจากรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล	85
4.17	การตรวจวัดระดับเสียงจากรถจักรยานยนต์	86
4.18	เครื่องวัดปริมาณเสียงสะสม	87
4.19	การติดตั้งเครื่องวัดปริมาณเสียงสะสมที่ตัวบุคคล	88
4.20	การตรวจวัดระดับเสียงจากการจราจร	88
5.1	แหล่งกำเนิดเสียงแบบจุดและลักษณะการแผ่กระจายของพลังงานเสียง	95
5.2	แผนภาพสำหรับใช้หาการลดทอนของเสียงตามระยะทาง	96
5.3	แหล่งกำเนิดเสียงแบบเส้นและลักษณะการแผ่กระจายของพลังงานเสียง	97
5.4	แหล่งกำเนิดเสียงจากการจราจร	98
5.5	การลดทอนเสียงจากแหล่งกำเนิดแบบจุดและแบบเส้น	99
5.6	แหล่งกำเนิดเสียงจากการจราจรบนถนนที่กว้างและการแผ่กระจายพลังงานเสียง	100

ภาพที่		หน้า
5.7	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของเสียงที่ดังสม่ำเสมอ	101
5.8	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของเสียงที่เปลี่ยนแปลงสม่ำเสมอ	101
5.9	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของเสียงที่ดังเป็นระยะ	102
5.10	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของเสียงกระแทก	102
5.11	ตัวอย่างการเขียนกราฟความถี่สะสมและการอ่านค่า L_N	104
5.12	ฮิสโทแกรมแสดงร้อยละของเวลาและระดับเสียง	105
5.13	ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สะสมร้อยละของเวลาที่เกิดเสียงนั้น กับระดับเสียง	107
5.14	ผลการตรวจวัดระดับเสียงสำหรับคำถามทบทวนข้อ 5.	117
5.15	แผนภาพแสดงการจัดวางเครื่องจักรสำหรับคำถามทบทวนข้อ 8.	118
6.1	ระยะเวลาสะท้อนกลับของเสียงในห้องต่าง ๆ	123
6.2	สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความถี่ต่าง ๆ ตามความพรุน และความหนาของวัสดุ	125
6.3	สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความถี่ต่าง ๆ และลักษณะของห้อง	125
6.4	การสะท้อนเสียง การดูดซับเสียง และส่งผ่านวัสดุ	128
6.5	การสะท้อนเสียงและส่งผ่านวัสดุ	129
7.1	แผนภาพแสดงการประเมินผลกระทบมลพิษทางเสียงเพื่อจัดทำอีไอเอ	147
7.2	ค่าระดับพลังงานเสียงอ้างอิง $[(L_o)_{Ei}]$ ของรถแต่ละชนิด	150
7.3	ระยะทางระหว่างผู้สังเกตกับช่องทางจราจร (D)	151
7.4	ค่า Shielding Factor (ΔS) หรือค่าระดับเสียงที่ลดลงเนื่องจากอุปสรรค ในการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงระหว่างจุดกำเนิดกับจุดรับเสียง	153
7.5	กราฟแสดงค่าระดับเสียงจากเครื่องบินเทอร์โบเจ็ต (turbojet) ที่ระยะต่าง ๆ (EPNL) จากสนามบิน	157
7.6	โครงสร้างของ NEF เท่าที่มีขนาด L และ W	161
7.7	เส้น NEF เท่า รอบสนามบิน สำหรับตัวอย่างข้อที่ 7.3	162
7.8	แสดงตัวอย่างเส้น NEF เท่า บริเวณรอบสนามบิน	163
7.9	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับเสียง L_{dn} กับระยะทางจากกึ่งกลางรางรถไฟ	165

ภาพที่		หน้า
7.10	แผนภาพแสดงตำแหน่งของเครื่องจักรในคำถามบททวนข้อ 2.	171
8.1	การใช้กำแพงบั่นเสียง และค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ	178
8.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขเฟรสนेलกับการลดลงของระดับเสียงจากกำแพงบั่นเสียงที่มีลักษณะตรง เนื้อแข็ง	179
8.3	การกั้นทางเดินเสียงแบบต่าง ๆ	180
8.4	กำแพงบั่นเสียงของโครงการสะพานกรุงเทพ	181
8.5	กำแพงบั่นเสียงของโครงการสะพานพระราม 8	181
8.6	กำแพงบั่นเสียงของถนนรามคำแหง	182
8.7	การใช้วัสดุช่วยลดการสั่นสะเทือน	183
8.8	การใช้วัสดุที่ดูดซับเสียงปิดแหล่งกำเนิด	183
8.9	การลดการสั่นของโครงสร้างที่ไม่แข็งแรง เพื่อลดเสียงดัง	184
8.10	การติดตั้งกำแพงบั่นเสียงเพื่อลดเสียงที่ทางผ่าน	185
8.11	การสร้างห้องเพื่อกันทิศทางการเคลื่อนที่ของเสียง	185
8.12	ระดับเสียงที่ลดลงตามร้อยละของห้องที่เปิด	186
8.13	อุปกรณ์ป้องกันเสียงส่วนบุคคลรูปแบบต่าง ๆ	188
8.14	การใช้ที่อุดหูป้องกันมลพิษทางเสียง	189
8.15	ช่องทางที่เสียงสามารถเคลื่อนที่ผ่านเข้าสู่หูได้แม้ใช้อุปกรณ์ป้องกัน	190
8.16	ตำแหน่งของทางด่วนในคำถามบททวนข้อ 6.	194
ก. 1	แผนภาพการคำนวณเสียงรบกวน	223

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ความเร็วของเสียงในตัวกลางต่าง ๆ	11
1.2	ความเร็วของเสียงในตัวกลางที่อุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮต์	11
3.1	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเสียงกับระดับกำลังเสียง	42
3.2	ความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงที่เพิ่มขึ้นในหน่วยเดซิเบล กับความเข้มเสียงที่เพิ่มขึ้น	44
3.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเสียงกับระดับความดันเสียง สำหรับเสียงที่เกิดขึ้นเป็นประจำ	45
3.4	ค่าที่ใช้ช่วยในการรวมระดับเสียงในหน่วยเดซิเบล	51
3.5	ค่าที่ใช้ช่วยในการลบระดับเสียงในหน่วยเดซิเบล	56
3.6	ความสัมพันธ์ระหว่างความดังเสียงและระดับความดังเสียง	59
3.7	การรับรู้เสียงต่อปริมาณการเปลี่ยนแปลงระดับเสียงในหน่วยเดซิเบล	59
3.8	ผลการตรวจวัดระดับความดันเสียงแยกตามความถี่	60
3.9	ตัวอย่างการรวมระดับเสียงโดยใช้ตารางที่ 3.4 ซึ่งเป็นการรวมเสียงเป็นคู่ ๆ ที่มีความถี่เสียงใกล้เคียงกัน	61
3.10	ผลการตรวจวัดระดับความดันเสียงแยกตามความถี่	63
4.1	การเปรียบเทียบข้อดีและการใช้งานของเครื่องวัดระดับเสียงรูปแบบต่าง ๆ	68
4.2	ค่าการถ่วงน้ำหนักของวงจรถ่วงน้ำหนักเอและซีตามความถี่ต่าง ๆ ของเครื่องวัดระดับเสียงตามมาตรฐาน ANSI, 1983	74
5.1	ระดับเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงแต่ละชนิด	103
5.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สะสมร้อยละของเวลาที่เกิดเสียงนั้น กับระดับเสียง	106
5.3	ผลการตรวจวัดระดับเสียง	111
5.4	ค่าผลการปรับแก้ค่า L_{eq} และผลรวมค่า L_{eq} ที่ทำการปรับแก้ค่าแล้ว	111
5.5	ผลการตรวจวัดระดับเสียง	116
5.6	ผลการตรวจวัดระดับเสียงในเวลาต่าง ๆ	116
6.1	ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเดินทางและสะท้อนกลับของเสียงในห้อง สำหรับกิจกรรมทางดนตรีและห้องที่มีการใช้เสียงอื่น ๆ	123

ตารางที่	หน้า
6.2 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุแต่ละชนิด	126
6.3 ระยะเวลาสะสมที่สามารถทำงานได้ในระยะเวลา 8 ชั่วโมงของการทำงานในแต่ละวันกับระดับเสียงต่าง ๆ และจำนวนการหยุดพัก	132
6.4 ระดับเสียงที่ยอมให้คนงานได้รับในการทำงานในแต่ละวัน	135
6.5 ระยะเวลาที่ยอม (อนุญาต) ให้สัมผัสระดับเสียงหนึ่ง ๆ ได้	136
6.6 ระดับเสียงในสถานประกอบการต่าง ๆ	140
7.1 พื้นที่อ่อนไหวต่อการได้รับเสียง	148
7.2 เกณฑ์ในการพิจารณาค่า α และระดับเสียงที่ลดลงเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า	151
7.3 ค่า NEF ที่มีผลต่อชุมชนโดยรอบสนามบิน	158
7.4 จำนวนเครื่องบินในเวลากลางวันและกลางคืน	159
7.5 อัตราส่วนระหว่างค่า L/W ที่ใช้ประกอบในภาพที่ 7.6	160
7.6 ผลการได้รับเสียงรอบสนามบิน (ตามเกณฑ์ของ Housing and Urban Development: HUD)	161
7.7 ข้อมูลการสำรวจปริมาณเครื่องบิน	172
8.1 ระดับเสียงที่เหมาะสมภายในหูที่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเสียงส่วนบุคคล	190
9.1 แนวทางของมาตรฐานคุณภาพเสียงที่เสนอโดยองค์การอนามัยโลก	210
ก. 1 ข้อกำหนดในการตรวจวัดระดับเสียงพื้นฐานและระดับเสียงขณะไม่มีการรบกวน	220
ก. 2 ค่าสมมติผลการตรวจวัดระดับเสียง	221
ก. 3 ตารางปรับค่าระดับเสียง	224
ก. 4 กิจกรรมหรือแหล่งกำเนิดเสียงที่ส่วนใหญ่มีเสียงลักษณะพิเศษ	228
ก. 5 ตารางปรับค่าระดับเสียง	230
ก. 6 ตารางปรับค่าระดับเสียง	232
ก. 7 ตารางปรับค่าระดับเสียง	234
ก. 8 ตารางปรับค่าระดับเสียง	236
ก. 9 ตารางปรับค่าระดับเสียง	239

บทที่ 1

บทนำ



เนื้อหาในบท

- เสียง
- มลพิษทางเสียง
- สมบัติทางฟิสิกส์ของคลื่นเสียง
- สุนามเสียง



ปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยมีความรุนแรงมากขึ้นทุกวัน ตามการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจ การคมนาคมขนส่ง หรือแม้แต่ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีการเกษตรกรรม การที่ประเทศไทยมีนโยบายที่จะพัฒนาให้ประเทศเป็นประเทศอุตสาหกรรม ทำให้มีการวางแผนการการดำเนินงานกิจการของโรงงานอุตสาหกรรม มีการก่อสร้างถนนเพื่อรองรับการคมนาคมที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมแย่ลง ไม่ว่าจะเป็นปัญหาด้านมลพิษทางน้ำ ปัญหามลพิษทางอากาศ ชยะและของเสียอันตราย หรือแม้แต่ปัญหาด้านมลพิษทางเสียง ปัญหามลพิษทางเสียงอาจเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่บางคนถือว่าไม่รุนแรงมากนัก แต่การพัฒนากิจกรรมทางอุตสาหกรรม การขนส่ง ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางเสียงตามมา การจราจรในพื้นที่กรุงเทพมหานครบริเวณริมถนนเป็นตัวการที่ทำให้เกิดปัญหามลพิษทางเสียงมากที่สุด ก่อให้เกิดความรำคาญและส่งผลกระทบต่อทั้งผู้ที่อาศัยอยู่บริเวณนั้นและผู้สัญจรไปมา ส่วนเสียงในอุตสาหกรรมมีผลต่อคนงานที่ทำงานในบริเวณนั้น ซึ่งยอมรับในความเสี่ยงที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนงานเอง

เสียง

เกษม จันทรแก้ว (2541, หน้า 355) ให้ความหมายของเสียง (sound) ว่าหมายถึง “พลังงานที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลอากาศ (หรือตัวกลางอื่น) แล้วโมเลกุลของอากาศดังกล่าวจะเกิดแรงอัดและขยายสลับกัน ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงความดัน เกิดลักษณะเป็นคลื่น ที่เรียกว่า ‘คลื่นเสียง (sound wave)’ ซึ่งเมื่อผ่านเข้าสู่แก้วหูจะทำให้เกิดการได้ยินเสียงขึ้น”

กรมควบคุมมลพิษ (2544, หน้า 1–1) ให้ความหมายของเสียง (ทางกายภาพ) ว่าหมายถึง “การสั่นสะเทือนของตัวกลางหรืออากาศที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศจากแหล่งกำเนิดที่จะทำให้เกิดการสั่นนั้น”

สนธิ ศุขวัฒน์ (2546, หน้า 1) อธิบายว่า “เสียงเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดันในตัวกลางต่าง ๆ เช่น น้ำ อากาศ หรือตัวกลางอื่นที่มนุษย์สามารถได้ยิน”

สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ (2547, หน้า 4) ให้ความหมายของเสียงว่าหมายถึง “สิ่งที่รับรู้ได้ด้วยหู” หรือหมายถึง “ความเปลี่ยนแปลงของความดันอากาศที่ทำให้ตัวกลางหรืออากาศสั่นสะเทือน ซึ่งความสั่นสะเทือนนี้เมื่อกระทบกับแก้วหูมนุษย์แล้วสามารถส่งผลให้เกิดสัญญาณในระบบการได้ยิน”

จากความหมายที่กล่าวมารวมความได้ว่า “เสียงเกิดจากการที่วัตถุหรือแหล่งกำเนิดเสียงมีการสั่นสะเทือนทำให้โมเลกุลของอากาศโดยรอบสั่นตามไปด้วยในรูปของคลื่น แล้วเคลื่อนที่เข้าสู่หูของคนทำให้เกิดการได้ยินขึ้น” แสดงดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 แผนภาพแสดงองค์ประกอบของการเกิดเสียง

มลพิษทางเสียง

เกษม จันทรแก้ว (2541, หน้า 362) ให้ความหมายของมลพิษทางเสียง (noise pollution) ว่าหมายถึง “สภาวะที่มีเสียงที่ไม่พึงปรารถนา รบกวนโสตประสาท จนเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์”

กรมควบคุมมลพิษ (2544, หน้า 1–1) กล่าวถึงมลพิษทางเสียงว่า “เป็นเรื่องที่กล่าวถึงผลกระทบทางเสียงที่มีต่อมนุษย์หรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ทั้งทางด้านกายภาพต่อร่างกายมนุษย์และจิตใจ” มลพิษทางเสียงมีต้นตอจากกิจกรรมของคน ส่วนเสียงที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติไม่ถือว่าเป็นมลพิษทางเสียง

อุดมลักษณ์ ศรีทัศนีย์, สมพจน์ เตชะมีนา และสมศิริ ใจเปี่ยม (2535, หน้า 1) กล่าวถึงมลพิษทางเสียงว่าหมายถึง “ภาวะแวดล้อมที่มีเสียงที่ไม่พึงปรารถนา รบกวนโสตประสาทจนได้รับอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์”

มลพิษทางเสียงอาจหมายถึงเสียงรบกวนก็ได้ ซึ่งกรมควบคุมมลพิษ (2544, หน้า 2–2) ได้กล่าวถึงเสียงรบกวนว่าหมายถึง “ระดับเสียงจากแหล่งกำเนิดขณะมีการรบกวนที่มีระดับเสียงสูงกว่าระดับเสียงพื้นฐาน และมีระดับการรบกวนเกินกว่าระดับเสียงรบกวน” โดยที่ระดับเสียงพื้นฐานหมายถึง “ระดับเสียงที่ตรวจวัดในสิ่งแวดล้อมเดิมขณะยังไม่มีเสียงจากแหล่งกำเนิด หรือแหล่งกำเนิดยังไม่ดำเนินกิจกรรม ใช้ระดับเสียงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 (percentile level 90, L_{90}) ซึ่งหมายถึงระดับเสียงที่ร้อยละ 90 ของเวลาที่ตรวจวัดจะมีระดับเสียงเกินค่านี้” หรือเสียงรบกวนอาจหมายถึง “ระดับเสียงในขณะที่มีแหล่งกำเนิดสูงกว่าระดับเสียงพื้นฐานมากกว่า 10 เดซิเบล”

Davis & Cornwell (1991, p. 501) และ Wilson (1994, p. 1) อธิบายถึงมลพิษทางเสียง (noise) ว่าหมายถึง “เสียงที่ไม่ต้องการ (unwanted sound) ประกอบด้วยเสียงโดยทั่วไป เสียงที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เสียงจากการจราจรและจากอุตสาหกรรม เป็นต้น”

จากความหมายที่กล่าวมาแล้วนั้นรวมความได้ว่า การที่จะบอกว่าเสียงนั้นเป็นเสียงในลักษณะที่เรียกว่ามลพิษทางเสียงหรือไม่นั้น จะต้องพิจารณาถึงระดับความดังในระยะเวลาหนึ่ง ๆ และผลของเสียงต่อสุขภาพของมนุษย์ เพราะเสียงที่เกิดขึ้นทั้งที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ หรือที่มนุษย์สร้างขึ้นอาจจะเป็นมลพิษก็ได้ เช่น เสียงดนตรี เสียงนกร้อง เสียงลมพัด มลพิษทางเสียงแตกต่างจากมลพิษสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เพราะเป็นมลพิษที่มองไม่เห็น ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบการได้ยินของคน ก่อให้เกิดความรำคาญ ความเครียด นอกจากนี้มลพิษทางเสียงเป็นสภาวะที่มีเสียงรบกวนที่มนุษย์ไม่ต้องการซึ่งมีความแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล เช่น มลพิษทางเสียงจากเสียงดนตรี บางคนชอบที่จะได้ยินเสียงที่ดังมาก แต่บางคนบอกว่าเสียงในระดับนั้นดังมากเกินไป ทำให้เกิดมลพิษทางเสียง ในการพิจารณาแหล่งกำเนิดมลพิษทางเสียง พบว่าแหล่งกำเนิดเสียงที่จะก่อให้เกิดมลพิษทางเสียงส่วนใหญ่จะมาจากการกระทำของมนุษย์ เช่น เสียงจากการจราจรทางบก ทางด่วน เสียงจากอุตสาหกรรม เสียงจากเครื่องปั้นเสียงจากเรือยนต์

การที่จะเกิดเสียงและมลพิษทางเสียง ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1. แหล่งกำเนิดเสียงที่มีการสั่น
2. ตัวกลางในการนำเสียงเข้าสู่หู ในที่นี้คือ อากาศ
3. หู ประสาทการรับรู้

ด้วยเหตุที่เกิดมลพิษทางเสียงมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการดังกล่าว ดังนั้น การเรียนรู้เรื่องเสียงและมลพิษทางเสียงเพื่อดำเนินการจัดการแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียง จะเรียนรู้และดำเนินการที่ทั้ง 3 องค์ประกอบนั้นเป็นหลัก

แหล่งกำเนิดเสียงที่ก่อให้เกิดมลพิษทางเสียงมาจากการกระทำของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นเสียงภายนอกอาคารหรือเสียงในชุมชน เช่น การจราจรทางบก เรือ เครื่องบิน และเสียงที่อยู่ในอาคารหรือเสียงในสถานประกอบการ เช่น เสียงในอุตสาหกรรมทอผ้า การทุบตี โลหะ การล้างขวดแก้ว เสียงเหล่านี้หากมีระดับเสียงสูงจะก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อประสาทการรับรู้หรือหูของมนุษย์ ความรุนแรงของผลกระทบขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ระดับเสียง ความถี่เสียง ระยะเวลาการสัมผัส การประเมินเพื่อหาระดับเสียงของแหล่งกำเนิดที่มีการก่อสร้างหรือดำเนินการแล้ว ทำได้โดยการใช้เครื่องตรวจวัดระดับเสียงซึ่งให้ผลที่ถูกต้อง

แม่นยำ แต่ในกรณีที่ยังไม่มีการก่อสร้างหรือไม่มีกิจกรรมของแหล่งกำเนิดเสียงนั้นก็สามารถใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาทำนายเพื่อประเมินระดับเสียงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้

สมบัติทางฟิสิกส์ของคลื่นเสียง

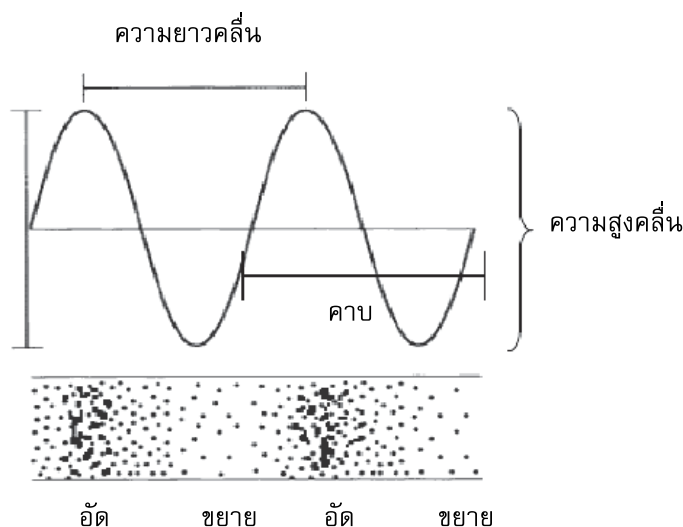
มลพิษทางเสียงเป็นการอธิบายถึงเสียงในลักษณะของคลื่นเสียง ดังนั้น การอธิบายพฤติกรรมของคลื่นเสียงก็สามารถใช้หลักการหรือสมบัติทางฟิสิกส์ของคลื่น สรุปได้ดังนี้

1. คลื่นเสียง

วรารุณ เสือดี (2543, หน้า 27) กล่าวว่า “คลื่นเสียง (sound wave) เกิดจากการสั่นของวัตถุหรือการแปรปรวนของอากาศ คลื่นเสียงจะเดินทางผ่านตัวกลาง เช่น อากาศซึ่งมีทั้งมวลและความยืดหยุ่น (elasticity) โมเลกุลของอากาศจะเคลื่อนที่ไปมาหรือขึ้นลงผ่านจุดสมดุล โมเลกุลที่อยู่ใกล้กับวัตถุที่สั่นจะถูกกดอัดเป็นลำดับแรก การกดอัดนี้ทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่และอัดต่อ ๆ กันไป”

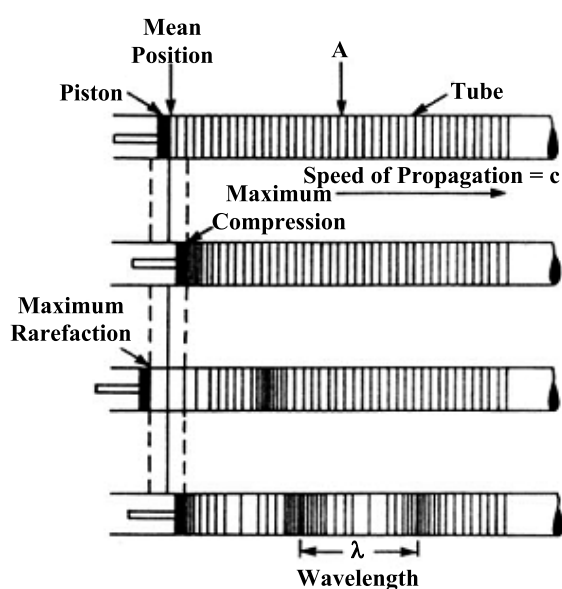
กรมควบคุมมลพิษ (2544, หน้า 1–4) กล่าวถึงคลื่นเสียงว่า “คลื่นเสียงเป็นคลื่นแนวยาวหรือคลื่นตามยาว” ดังแสดงในภาพที่ 1.2

เกษม จันทรแก้ว (2541, หน้า 256) กล่าวถึงคลื่นเสียงว่า “คลื่นเสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลของอากาศ แล้วโมเลกุลของอากาศเกิดแรงอัดและขยายสลับกัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศสูงขึ้นและต่ำลงตามลักษณะของแรงอัดและขยายของโมเลกุลของอากาศ”



ภาพที่ 1.2 ลักษณะของการอัดสลับกับการขยายของโมเลกุลอากาศทำให้เกิดคลื่น

Davis & Cornwell (1991, p. 501) อธิบายถึงคลื่นเสียงว่าเป็นผลมาจากการสั่นสะเทือนของของแข็ง ทำให้อากาศโดยรอบเกิดการอัดและขยาย มีลักษณะเหมือนกระบอกสูบ ดังภาพที่ 1.3 เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ไปทางขวามือทำให้โมเลกุลอากาศที่มีความหนาแน่นและมีความดันสูงเคลื่อนที่ไปทางขวามือ และเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่กลับไปทางซ้ายมือจะทำให้ความดันลดลง เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ไปทางขวา-ซ้ายก็ทำให้เกิดการอัด-ขยายของอากาศตลอดเวลา โมเลกุลของอากาศจึงมีการเคลื่อนที่เป็นรูปคลื่นอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 1.3 การเคลื่อนที่อัด-ขยายของโมเลกุลอากาศในลูกสูบ

ที่มา : Davis & Cornwell, 1991, p. 503

จากความหมายของคลื่นเสียงที่กล่าวมา สรุปได้ว่า “เสียงเป็นคลื่นตามยาว การเกิดเสียงมีความสัมพันธ์กับการสั่นสะเทือน การสั่นสะเทือนของวัตถุแหล่งกำเนิดเสียงมีผลให้โมเลกุลของอากาศที่อยู่รอบ ๆ สั่นสะเทือนตามไปด้วยเกิดเป็นคลื่น เรียกว่า ‘คลื่นเสียง’ เดินทางไปตามตัวกลางที่เป็นอากาศเข้าสู่หู การสั่นสะเทือนของโมเลกุลของอากาศยังคงอยู่และส่งต่อไปยังแก้วหูของมนุษย์ในคลื่นความถี่เดียวกับที่เกิดจากแหล่งกำเนิด ทำให้อวัยวะภายในหูสั่นและส่งผลการสั่นไปสู่สมองเพื่อแปลสัญญาณเสียงเกิดการได้ยินขึ้น”

ด้วยเหตุที่เสียงมีพฤติกรรมเป็นคลื่นเสียง ดังนั้น คลื่นเสียงจึงมีลักษณะเหมือนคลื่นโดยทั่วไป เช่น เมื่อเสียงมีการเคลื่อนที่จะเกี่ยวข้องกับความเร็วเสียง ความยาวคลื่น มีคาบ เกิดการแพร่ การหักเห และการเบี่ยงเบนได้

2. ความถี่เสียง

เกษม จันทรแก้ว (2541, หน้า 347) อธิบายว่า “ความถี่เสียง (frequency of sound: f) คือ จำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศตามลักษณะของการอัดและขยายของโมเลกุลของอากาศใน 1 วินาที” หน่วยของความถี่เสียงคือ “เฮิรตซ์ (hertz: Hz) หรือรอบต่อวินาที (cycle per second)” ความถี่ของคลื่นเสียงขึ้นอยู่กับขนาดของคลื่น

อุดมลักษณ์ ศรีทัศนีย์, สมพจน์ เตชะมีนา และสมศิริ ใจเปี่ยม (2535, หน้า 1) อธิบายว่า “ความถี่เสียง หมายถึง จำนวนการสั่นสะเทือนต่อวินาทีในหน่วยเฮิรตซ์”

ความถี่ (frequency) อาจหมายถึงจำนวนคลื่นต่อ 1 วินาที ซึ่งบอกว่าคลื่นเคลื่อนที่ไปได้เป็นระยะทางเท่าใดในระยะเวลาหนึ่ง มีหน่วยคือ รอบต่อวินาที หรือเฮิรตซ์ ความถี่ของเสียงมีความสัมพันธ์กับความเร็วเสียงและความยาวของคลื่นเสียง โดยแปรตามความเร็วเสียงและแปรแบบผกผันกับความยาวของคลื่นเสียง ดังสมการที่ (1.1) และภาพที่ 1.4

$$C = \lambda f \quad \dots (1.1)$$

เมื่อ C คือ ความเร็วเสียง (เมตรต่อวินาที)

λ คือ ความยาวคลื่นเสียง (เมตร)

f คือ ความถี่ของคลื่นเสียง (รอบต่อวินาที หรือเฮิรตซ์)



ภาพที่ 1.4 ความถี่ของคลื่นความถี่สูง (a) และคลื่นความถี่ต่ำ (b)

ตัวอย่างที่ 1.1

จงคำนวณหาความเร็วเสียง เมื่อคลื่นเสียงมีความยาว 1.376 เมตร และมีความถี่ 250 รอบต่อวินาที

วิธีทำ

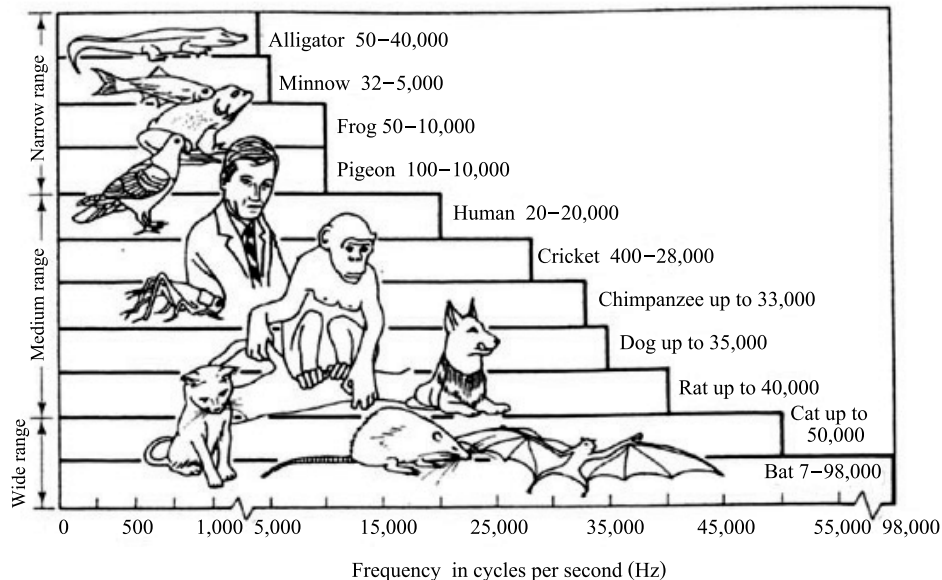
จากสมการที่ (1.1) $C = \lambda f$

แทนค่าลงในสมการ

ดังนั้น $C = 1.376 \text{ (เมตร)} \times 250 \text{ (รอบต่อวินาที)}$

$= 344 \text{ เมตรต่อวินาที}$

เพราะฉะนั้นคลื่นเสียงนี้มีความเร็ว 344 เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 1.5 ความถี่ของคลื่นเสียงกับการได้ยินของสิ่งมีชีวิต

ที่มา : Wilson, 1994, p. 144

ธรรมชาติของมนุษย์จะได้ยินเสียงอยู่ในช่วงความถี่ 20-20,000 เฮิรตซ์ ดังภาพที่ 1.5 แต่จะมีช่วงความถี่ที่ไวต่อการรับรู้คือ 500-4,000 เฮิรตซ์ เสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20,000 เฮิรตซ์ เรียกว่า “อัลตราซาวนด์ (ultrasound)” เสียงชนิดนี้หูของมนุษย์ไม่สามารถได้ยินเสียงในความถี่นี้ถูกนำมาใช้ในงานเชื่อมพลาสติกและในการทำมาสะอาดหรือการตรวจเช็กวัสดุ ผลของเสียงอัลตราซาวนด์อาจทำให้เกิดอาการปวดศีรษะและอาจทำอันตรายต่อช่องหู ทำให้หูหนวก