

บทที่ 12 เสียง

1. ธรรมชาติของเสียง

เสียงเกิดจากการสั่นของวัตถุ วัตถุที่มีการสั่นแล้วทำให้เกิดเสียงเรียกว่า แหล่งกำเนิดเสียง สำหรับมนุษย์เสียงพูดเกิดจากการสั่นสะเทือนของสายเสียงซึ่งอยู่ภายในกล่องเสียงบริเวณด้านหน้าของลำคอเรียกว่าลูกกระเดือก มนุษย์สามารถควบคุมเสียงที่พูดพูดขึ้นโดยใช้ฟัน ลิ้น ริมฝีปาก ทำให้เกิดเสียงที่แตกต่างกัน แต่เสียงจะมีประโยชน์อย่างสมบูรณ์ต้องมีการได้ยิน

เมื่อเสียงเกิดจากสั่นสะเทือนของวัตถุ แสดงว่าวัตถุได้รับพลังงาน พลังงานนี้ก็จะถูกถ่ายโอนผ่านอากาศมายังหูผู้ฟัง ถ้าไม่มีอากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายโอนพลังงาน เราจะได้ยินเสียงเลย

จากการทดลองใช้กระดิ่งไฟฟ้าที่ส่งเสียงตลอดเวลาใส่ไว้ในครอบแก้ว แล้วค่อยๆ สูบอากาศออก เราจะได้ยินเสียงกระดิ่งไฟฟ้าค่อยๆ จางในที่สุด จะไม่ได้ยินเสียงกระดิ่งไฟฟ้าในครอบแก้วอีกเลย เมื่อภายในครอบแก้วเป็นสุญญากาศ สรุปได้ว่า การเคลื่อนที่ของเสียง ต้องอาศัยตัวกลางในการถ่ายโอนพลังงานการสั่นไปยังที่ต่างๆ



“บางครั้งการสั่นสะเทือน ก็อาจไม่ทำให้เกิดเสียง”

“เสียง” ในความหมายโดยทั่วไปเกี่ยวข้องกับการได้ยินของมนุษย์ซึ่งขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความถี่ของคลื่นที่เกิดขึ้น แอมพลิจูดของคลื่น ระดับเสียง เป็นต้น นักฟิสิกส์ได้จำแนกชนิดของคลื่นเสียงตามความถี่ของ คลื่นและความสามารถในการได้ยินของมนุษย์ ดังนี้

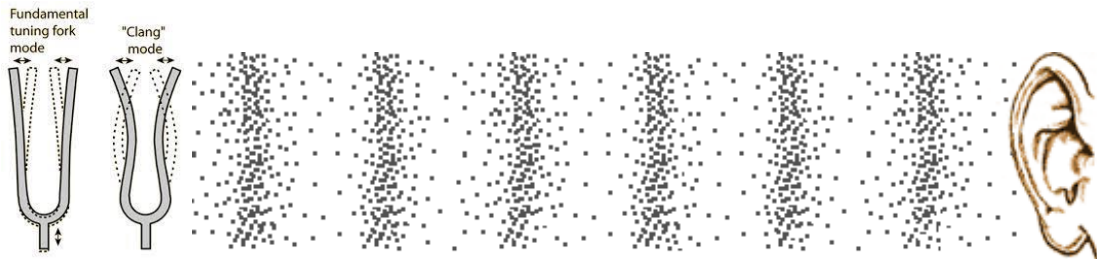
🔊 **คลื่นที่ได้ยินหรือเสียง (audible waves หรือ sound)** เป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่ที่อยู่ในช่วงที่มนุษย์ได้ยินคืออยู่ในช่วง 20 – 20,000 เฮิรตซ์

🐘 **คลื่นใต้เสียง (infrasonic waves หรือ infrasound)** เป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่าช่วงความถี่ที่มนุษย์ได้ยิน คือ ต่ำกว่า 20 เฮิรตซ์ เช่น คลื่นเสียงความถี่ต่ำที่ช้างใช้ในการสื่อสารระหว่างกันแต่มนุษย์ไม่สามารถได้ยินคลื่นเสียงนั้น

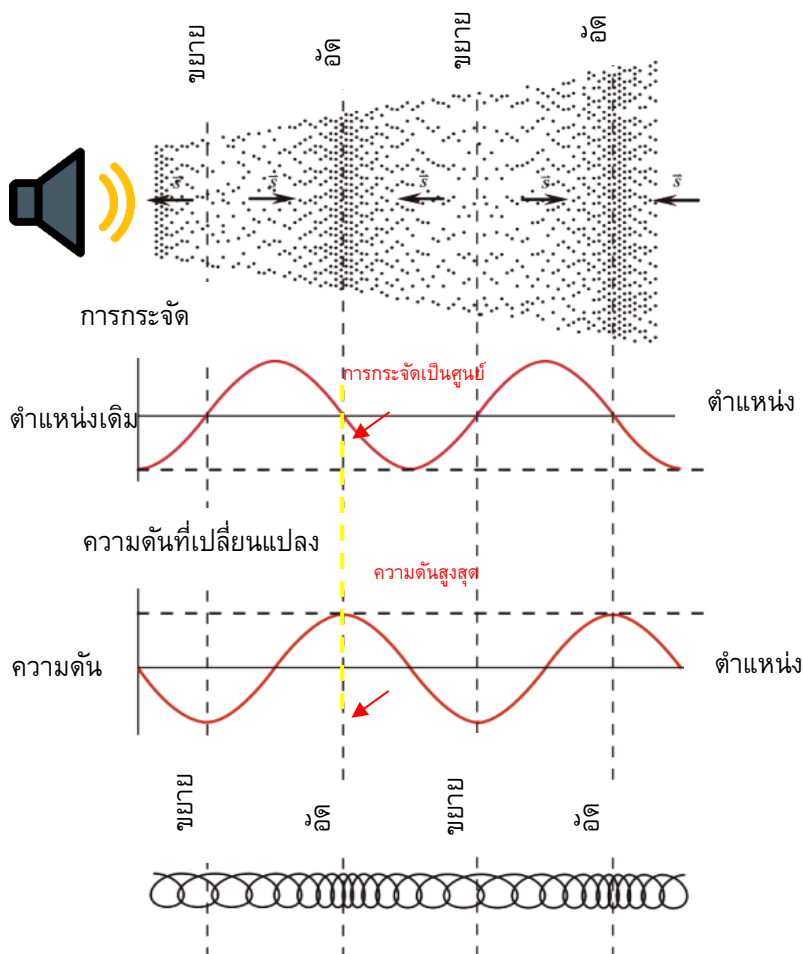
💓 **คลื่นเหนือเสียง (ultrasonic waves หรือ ultrasound)** เป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่าช่วงความถี่ที่มนุษย์ได้ยิน คือ สูงกว่า 20,000 เฮิรตซ์ เช่น สุนัขสามารถตอบสนองต่อเสียง (หรือได้ยิน) นกหวีดความถี่สูง ในขณะที่มนุษย์ไม่สามารถได้ยินเสียงนกหวีดดังกล่าว

1.1 การเคลื่อนที่ของเสียง →

เสียงเกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงและถ่ายโอนพลังงานการสั่นไปยังอนุภาคของตัวกลางที่อยู่ติดกับแหล่งกำเนิดเสียง ทำให้อนุภาคของตัวกลางสั่นและเกิดการถ่ายโอนพลังงานต่อไปยังอนุภาคที่อยู่ถัดกันไปเรื่อย ๆ จนถึงหูผู้ฟัง หากไม่มีตัวกลางเพื่อถ่ายโอนพลังงานจากแหล่งกำเนิดเสียงเราจะไม่สามารถได้ยินเสียงได้ ดังนั้นคลื่นเสียงจึงถูกจัดประเภทเป็นคลื่นตามยาว



พิจารณาการกระจัดของอนุภาคอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านไป จะเห็นว่าตำแหน่งที่อากาศถูกอัดหรือขยายมากที่สุด อนุภาคจะมีขนาดการกระจัดเป็น **ศูนย์** และตำแหน่งซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างส่วนที่อากาศถูกอัดและขยายมากที่สุดอนุภาคจะมีขนาดการกระจัด **สูงสุด** เมื่อเขียนกราฟระหว่างการกระจัดของอนุภาคอากาศกับตำแหน่งตามแนวที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่



จากภาพ กราฟระหว่างความดันอากาศที่เปลี่ยนไปกับตำแหน่งมีลักษณะเป็นคลื่นรูปไซน์ (sinusoidal wave) เช่นเดียวกับกราฟระหว่างการกระจัดของอนุภาคอากาศกับตำแหน่ง แต่มีเฟสต่างกัน 90 องศา

ความดันอากาศที่เปลี่ยนไปมีค่าสูงสุดเมื่อการกระจัดของอนุภาคของอากาศมีค่าเป็นศูนย์

ความดันอากาศที่เปลี่ยนไปมีค่าศูนย์เมื่อการกระจัดของอนุภาคของอากาศมีค่าสูงสุด

แบบฝึกหัด

1. คลื่นเสียงเป็นอย่างไร [\(เฉลย\)](#)

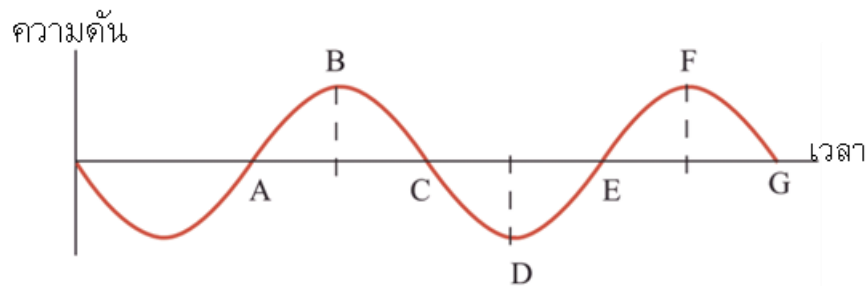
- | | |
|--|--|
| ☐ เป็นคลื่นตามยาว (longitudinal wave) | ☐ เป็นคลื่นตามขวาง (transverse wave) |
| ☐ เป็นคลื่นกล (mechanical wave) | ☐ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic wave) |
| ☐ เป็นคลื่นที่เกิดจากการสั่นของวัตถุ | ☐ สามารถเลี้ยวเบน และแทรกสอดได้ |

2. หากคลื่นเสียงเป็นคลื่นตามยาว จะลักษณะดังนี้ [\(เฉลย\)](#)

1. เป็นคลื่นที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
2. เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ไปตามแนวยาวของตัวกลาง
3. เป็นคลื่นที่อนุภาคของตัวกลางมีการสั่นได้หลายแนว
4. เป็นคลื่นที่อนุภาคของตัวกลางมีการสั่นในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่น

3. ถ้ายานอวกาศ A และยานอวกาศ B อยู่ในบริเวณที่เป็นสุญญากาศเมื่อยานอวกาศ A เกิดระเบิด คนในยาน อวกาศ B จะได้ยินเสียงหรือไม่เพราะเหตุใด [\(เฉลย\)](#)

4. กราฟระหว่างความดันอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ ของอนุภาคของอากาศกับตำแหน่งตามแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงเป็นดังรูป



ก. ตำแหน่งใดบ้างที่ขนาดการกระจัดของอนุภาคของอากาศมีค่ามากที่สุด [\(เฉลย\)](#)

ข. ตำแหน่งใดบ้างที่เป็นตำแหน่งกึ่งกลางส่วนอัดของอนุภาคของอากาศ [\(เฉลย\)](#)

ค. ตำแหน่งใดบ้างที่เป็นตำแหน่งกึ่งกลางส่วนขยายของอนุภาคของอากาศ [\(เฉลย\)](#)

1.2 อัตราเร็วเสียง

เนื่องจากเสียงเป็นคลื่น อัตราเร็วเสียง (v) มีสัมพันธกับความยาวคลื่น (λ) และความถี่ของคลื่น (f)

ดังนั้นการ
$$v = f\lambda \quad \text{และ} \quad v = \frac{s}{t}$$

เมื่อ	v	คือ ความเร็วของคลื่นเสียง
	f	คือ ความถี่ของคลื่นเสียง
	λ	คือ ความยาวคลื่นของคลื่นเสียง

1. อัตราเร็วเสียงในของแข็ง จะเป็นไปตามสูตร

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

เมื่อ Y คือ ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นของของแข็ง (Young's modulus)
 ρ คือ ความหนาแน่นของของแข็งนั้น

2. ในของเหลว อัตราเร็วเสียงจะเป็นไปตามสูตร

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

เมื่อ B คือ ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นของของเหลว (Bulk modulus)
 ρ คือ ความหนาแน่นของของแข็งนั้น

3. อัตราเร็วเสียงในแก๊ส จะเป็นไปตามสูตร

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

เมื่อ γ คือ ค่าอัตราส่วนความร้อนจำเพาะของแก๊ส ($\gamma = c_p / c_v$)
 R คือ ความคงที่ของแก๊ส 8.31 J/mol.K
 T คือ อุณหภูมิของแก๊ส (เคลวิน)
 M คือ มวลโมเลกุลของแก๊ส (กิโลกรัม/โมล)

4. อัตราเร็วของเสียงในอากาศ

ในอากาศทั่วไปที่ผิวโลก จะมีค่าอัตราส่วนความร้อนจำเพาะของแก๊ส $\gamma = 1.4$ มีมวลโมเลกุล 28.8 กรัม/โมล
 ดังนั้น

$$\text{อัตราเร็วเสียงในอากาศ มีค่า } v = \sqrt{\frac{1.4 \times 8.31 \times T}{28.8 \times 10^{-3}}} = 20.1\sqrt{T}$$

ที่อุณหภูมิ t องศาเซลเซียส จะได้ $T = 273 + t$ เคลวิน แทนลงในสูตร

$$v = 20.1\sqrt{273+t} \cdot \frac{\sqrt{273}}{\sqrt{273}} = 20.1\sqrt{273} \cdot \sqrt{\frac{273+t}{273}} = 331\sqrt{1+\frac{t}{273}}$$

$$\text{จาก } (1+x)^{\frac{1}{2}} \approx 1 + \frac{x}{2} \quad \text{เมื่อ } x \ll 1 \quad \text{ดังนั้น} \quad v = 331 \left(1 + \frac{t}{2 \times 273} \right)$$

$$\therefore v = 331 + 0.6t \quad \text{เมื่อ } t \text{ คืออุณหภูมิ ในหน่วย } ^\circ\text{C}$$

สมการนี้เป็นสมการการหาอัตราเร็วคลื่นเสียงในอากาศที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงไม่เกิน ± 40 องศาเซลเซียส

เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางหนึ่งไปยังอีกหนึ่งตัวกลาง ความถี่ของคลื่นเสียง จะมีค่าคงตัวเท่ากับค่าของความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียง ส่วนอัตราเร็วเสียงในตัวกลางหนึ่ง ๆ จะคงตัว เมื่ออุณหภูมิของตัวกลางนั้นคงตัว ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตัวกลาง		อัตราเร็วเสียง (เมตรต่อวินาที)
แก๊ส	อากาศ (0 °C)	331
	อากาศ (20 °C)	343
	คาร์บอนไดออกไซด์ (0 °C)	259
	ออกซิเจน (0 °C)	316
	ฮีเลียม (0 °C)	965
ของเหลว	คลอโรฟอร์ม (20 °C)	1004
	เอทิลแอลกอฮอล์ (20 °C)	1162
	ปรอท (20 °C)	1450
	น้ำกลั่น (20 °C)	1482
	น้ำทะเล (20 °C)	1552
ของแข็ง	อะลูมิเนียม (20 °C)	6420
	เหล็ก (20 °C)	5941
	แกรนิต (20 °C)	6000

ช่วงเวลาที่เสียงเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดเสียงผ่านอากาศมาถึงหูผู้ฟัง ขึ้นกับระยะทาง ระหว่างต้นกำเนิดเสียงกับผู้รับฟัง ถ้าระยะทางมาก เสียงต้องใช้เวลานานกว่าจะได้ยินเสียง แต่ถ้าระยะใกล้ เสียงใช้เวลาน้อยกว่า

เมื่อนักฟิสิกส์ศึกษาอัตราเร็วของเสียงในอากาศ เขาได้พบว่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของอากาศโดยประมาณ ตามสมการ

$$v_T = 331 + 0.6T_C$$

เมื่อ v_T เป็นอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ T ใดๆ และมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

T_C เป็นอุณหภูมิของอากาศ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

แบบฝึกหัด

5. อัตราเร็วของเสียงในอากาศนิ่งขึ้นอยู่กับข้อใด [\(เฉลย\)](#)

- | | |
|------------------------------------|---------------------|
| 1. ความถี่ของการสั่นของแหล่งกำเนิด | 2. อุณหภูมิของอากาศ |
| 3. ความเร็วของแหล่งกำเนิดเสียง | 4. ความเข้มของเสียง |

6. เสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศบริเวณหนึ่งมีอัตราเร็ว 349 เมตร/วินาที เมื่อผ่านไปยังอีกบริเวณหนึ่งอัตราเร็วเปลี่ยนเป็น 343 เมตร/วินาที บริเวณทั้งสองมีอุณหภูมิแตกต่างกันกี่องศา [\(เฉลย\)](#)

7. แหล่งกำเนิดเสียงอันหนึ่งสั่นด้วยความถี่ 692 เฮิรตซ์ วางไว้ในอากาศที่อุณหภูมิ 25°C อยากทราบว่าคลื่นเสียงที่ออกจากแหล่งกำเนิดนี้ จะมีความยาวคลื่นกี่เมตร [\(เฉลย\)](#)

8. จงหาช่วงความยาวคลื่นเสียงที่มนุษย์ได้ยิน ในขณะที่อากาศมีอุณหภูมิ 25°C [\(เฉลย\)](#)

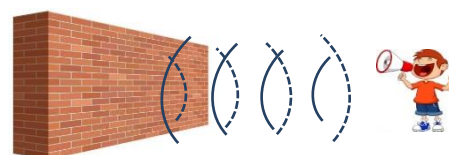
9. แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงให้เสียงที่มีความยาวคลื่น 0.70 เมตร ถ้าอุณหภูมิของอากาศขณะนั้นเป็น 40°C ของเสียงมีค่าเท่าใด [\(เฉลย\)](#)

1.3 พฤติกรรมของเสียง

เสียงมีสมบัติของคลื่นตามยาว ดังนั้นจึงมีพฤติกรรมกันกับคลื่นกล โดยมีคุณสมบัติทั้ง 4 ประการ ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน เช่นเดียวกับคลื่นผิวน้ำ

1.3.1 การสะท้อน

เมื่อเสียงเดินทางจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งที่มีความหนาแน่นต่างกัน จะเกิดการสะท้อนของเสียงและเป็นไปตามกฎการสะท้อน เสียงที่สะท้อนออกมาจะมีความถี่ ความเร็ว ความยาวคลื่น และแอมพลิจูดของคลื่นเท่าเดิม แต่เฟสของคลื่นสะท้อนอาจจะคงเดิมหรือเปลี่ยนแปลงไปโดยพิจารณาจาก

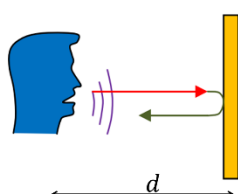


1. เสียงเดินทางจากตัวกลางที่หนาแน่นมากไปยังตัวกลางที่หนาแน่นน้อยกว่าจะทำให้เสียงสะท้อนเพียงบางส่วนเท่านั้น โดยที่คลื่นสะท้อนจะกลับเฟส 180 องศา ส่วนที่เหลือจะเคลื่อนที่ต่อไป
2. เสียงเดินทางจากตัวกลางที่หนาแน่นน้อยกว่าไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากกว่า จะทำให้เสียงสะท้อนกลับมีเฟสเหมือนเดิม
3. การสะท้อนของคลื่นเสียง มีหลักการเดียวกับคลื่นทั่วๆ ไป คือ
 - ทิศทางของคลื่นตกกระทบ เส้นปกติ ทิศทางคลื่นสะท้อนต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน
 - มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน
4. เสียงก้อง เป็นเสียง ๆ เดียวกันที่เราได้ยินซ้ำๆ กันหลายครั้ง ซึ่งเป็นผลเนื่องจากเสียง สะท้อนจากสิ่งกีดขวาง โดยทั่วไปเสียงที่ส่งผ่านไปยังสมองจะยังค้างอยู่นาน 0.1 วินาที ถ้าเสียงที่เปล่งออกไปนั้น เกิดการสะท้อนกลับมาให้ได้ยินในช่วงเวลาที่ยาวกว่า 0.1 วินาที เราสามารถแยกเสียงสะท้อนที่เปล่งออกไปได้ เรียก เสียงสะท้อนในกรณีนี้ว่า เสียงสะท้อนกลับ (echo) แต่ถ้าเราส่งเสียงในห้องที่แคบ เช่น ในห้องน้ำ เสียงสะท้อนที่เกิดขึ้นจะกลับเข้ามาที่หูในช่วงเวลาที่สั้นกว่า 0.1 วินาที ซึ่งเราไม่สามารถแยกเสียงที่เปล่งออกไปกับเสียงที่ สะท้อนกลับออกจากกันได้ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การก้องวาน (reverberation)

ถ้ากำหนดให้เสียงเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v เมตรต่อวินาทีใช้เวลาไปและกลับ t วินาที

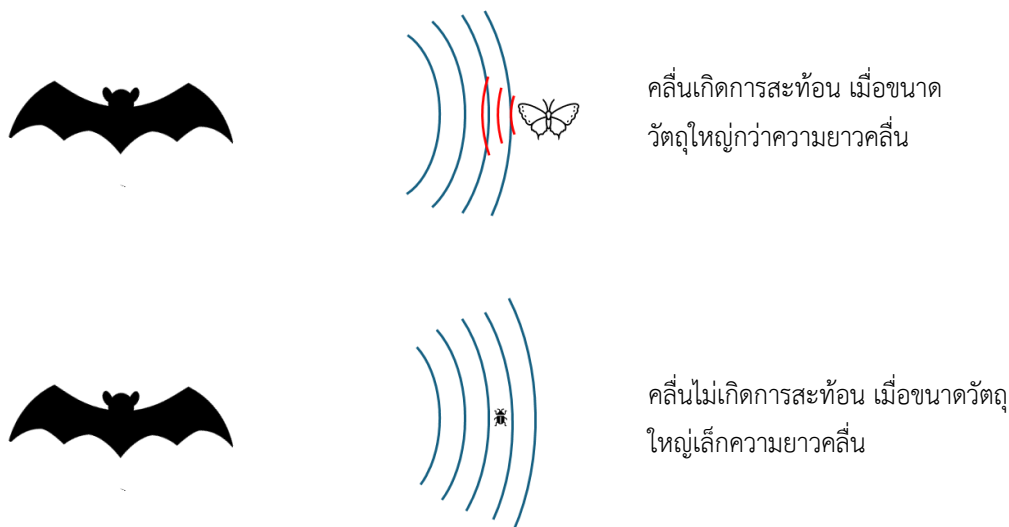
ดังนั้น

$$2d = vt$$



- | | | |
|-------|-----|--|
| เมื่อ | d | คือ ระยะทางที่เสียงเคลื่อนที่และสะท้อนกลับมาของเสียง |
| | v | คือ อัตราเร็วของเสียง |
| | t | คือ เวลาที่เสียงใช้ในการเคลื่อนที่ทั้งหมด |

การสะท้อนของเสียงจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ วัตถุสะท้อนมีขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่นเสียงที่มาตกกระทบ แต่ถ้าวัตถุนั้นมีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่นเสียง คลื่นจะผ่านไปโดยไม่สะท้อน

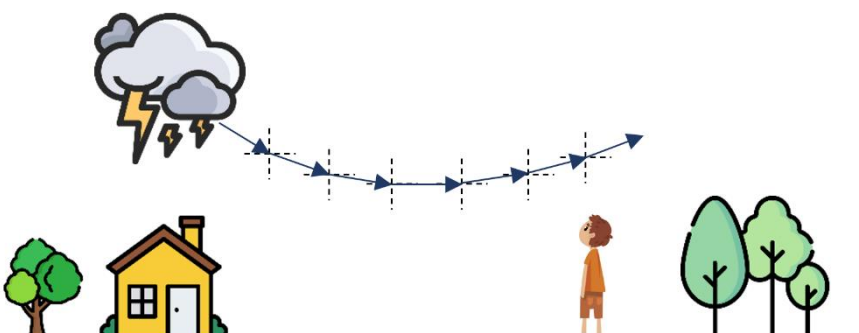


1.3.2 การหักเห

การหักเหของคลื่นเสียง คลื่นเสียงเมื่อเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งจะ เกิดการหักเห เช่นเดียวกับคลื่นน้ำ ในส่วนของคลื่นเสียงที่ผ่านตัวกลางชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดที่มี อุณหภูมิต่างกัน จะทำให้ อัตราเร็วของเสียงเปลี่ยนไปและทิศทางการเคลื่อนที่ของเสียงอาจจะเปลี่ยน หรือไม่เปลี่ยนก็ได้การสะท้อนและการหักเห มักจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน และเป็นไปตามกฎของสเนลล์ (Snell's law)

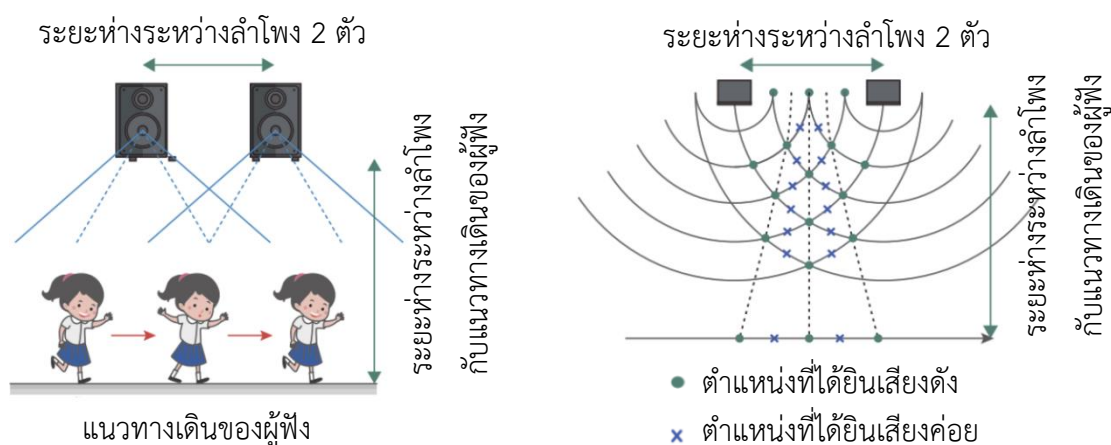
$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\sqrt{T_1}}{\sqrt{T_2}}$$

การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงและอุณหภูมิ คลื่นเสียงที่บริเวณอุณหภูมิสูงจะมีความเร็ว และความยาวคลื่นที่มากกว่าบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นเมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่จากอุณหภูมิสูงไปยัง อุณหภูมิต่ำจะทำความเร็วและความยาวคลื่นลดลง ถ้าคลื่นเสียงเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ ไปยังอุณหภูมิสูง จะทำให้คลื่นเสียงมีความเร็วและความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การเกิด ไฟแลบแต่ไม่ได้ยินเสียง เพราะยังสูงจากผิวโลกอุณหภูมิจะลดลง ทำให้ อัตราเร็วของเสียงน้อยกว่าที่ ผิวโลก ดังนั้นคลื่นเสียงที่เกิดจากไฟแลบจะเกิดการหักเหกลับขึ้นไปในอากาศ ทำให้ผิวโลกไม่ได้ยิน เสียงของฟ้าร้อง



1.3.3 การแทรกสอด

คลื่นเสียงมีลักษณะที่แตกต่างจากคลื่นน้ำ เนื่องจากคลื่นเสียงเป็นคลื่นตามยาว จึงมีส่วนอัดและขยายของคลื่น ซึ่งสามารถเทียบได้กับสันคลื่นและท้องคลื่นของคลื่นน้ำ โดยการแทรกสอดแบบเสริมของ 2 คลื่นเสียง ทำให้ระดับเสียงที่ตำแหน่งและเวลาขณะนั้นสูงขึ้น ส่วนตำแหน่งการแทรกสอดแบบหักล้างจะทำให้ระดับเสียงเบาลง แหล่งกำเนิดคลื่น 2 แหล่งที่มีความถี่เท่ากันและมีเฟสตรงกัน เคลื่อนที่มาซ้อนทับกันทำให้เกิดเสียงดังและเสียงเบา ตามตำแหน่งต่างๆ กัน ตำแหน่งที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่มาซ้อนทับกันแบบเสริมเรียกว่า **ปฏิบัพ (Antinode)** และตำแหน่งที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่มาซ้อนทับกันแบบหักล้างเรียกว่า **บัพ (Node)**



จากภาพในห้องหรือบริเวณที่มีการเปิดลำโพงเสียง 2 ตัว เมื่อไปยืนในตำแหน่งต่างๆ ในแนวที่ขนานกับแนวของลำโพงทั้งสองดังภาพ จะพบว่าบางตำแหน่งจะได้ยินเสียงไม่ชัดเจน และเมื่อเดินตามแนวเส้นตรงนั้นจะได้ยินเสียงชัดเจนบ้างไม่ชัดเจนบ้างสลับกันไป

ตำแหน่งที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่มาซ้อนทับกันแบบเสริม เรียกว่า **ตำแหน่งปฏิบัพ (Antinode)** คลื่นเสียงจะมีแอมพลิจูดสูงสุด ส่งผลทำให้ตำแหน่งนั้นเสียงดังที่สุด เป็นไปตามสมการ

$$|S_1P - S_2P| = n\lambda \quad n = 0, 1, 2$$

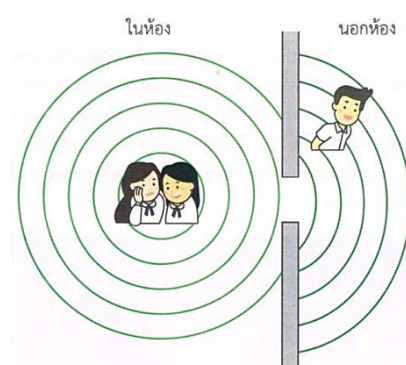
ตำแหน่งที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่มาหักล้างกัน เรียกว่า **บัพ (Node)** คลื่นเสียงจะมีแอมพลิจูดต่ำสุด ส่งผลทำให้ตำแหน่งนั้นเสียงเบาที่สุด เป็นไปตามสมการ

$$|S_1P - S_2P| = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

1.3.4 การเลี้ยวเบน

การเลี้ยวเบนเป็นปรากฏการณ์ที่คลื่นสามารถเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ได้ตามบริเวณ ขอบของสิ่งกีดขวาง การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียงจึงเป็นการเปลี่ยนแปลงทางเดินของเสียงเมื่อผ่าน ช่องแคบหรือขอบของวัตถุ

การได้ยินเสียงคนคุยกันในห้อง ทั้งที่ผู้ฟังอยู่นอกห้อง ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะเสียงเลี้ยวเบนออกมาด้านนอกของห้องผ่านทางช่องหน้าต่างหรือประตู ทำให้ผู้ที่อยู่อีกด้านหนึ่งของผนังห้องได้ยินเสียงของคนที่อยู่ภายในห้องได้แม้ จะมีผนังกั้นทางเดินของเสียงก็ตาม



แบบฝึกหัด

10. นักเรียนคนหนึ่งยืนอยู่ห่างจากกำแพง 102 เมตร ร้องตะโกนคำว่า.....ออกไปและได้ยินเสียงสะท้อนของตนเองในเวลา 0.6 วินาที หลังจากตะโกน ถ้าความยาวคลื่นเสียงเป็น 1.0 เมตร ความถี่ของเสียงที่ได้ยินเป็นกี่เฮิรตซ์ ([เฉลย](#))

11. เรือลำหนึ่งวิ่งเข้าหาหน้าผาเรียบด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที เมื่อเปิดหวูด ขึ้นคนในเรือได้ยินเสียงหวูดสะท้อนจากหน้าผาในเวลา 2.0 วินาที ถ้าขณะนั้นความเร็ว เสียงในอากาศเป็น 350 เมตรต่อวินาที ขณะเปิดหวูดเรือห่างจากหน้าผาเป็นระยะเท่าใด ([เฉลย](#))

12. การที่เสียงเดินทางจากแหล่งกำเนิดเสียงที่หยุดนิ่งผ่านตัวกลางหนึ่งเข้าไปในอีกตัวกลางหนึ่ง เราจะพบว่าปริมาณใดของเสียงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ([เฉลย](#))

13. เสียงเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิ 27°C ไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิเท่ากับห้องสเกลเซียส จึงทำให้ความยาวคลื่นเป็น $3/2$ เท่าของความยาวคลื่นเดิม ([เฉลย](#))

14. เสียงระเบิดใต้น้ำ หักเหขึ้นสู่อากาศโดยมีมุมตกกระทบ 30° จงหามุมหักเหที่ออกสู่อากาศ ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศและในน้ำเป็น 350 และ 1400 เมตร/วินาที ตามลำดับ ([เฉลย](#))

15. แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ห่างจากกำแพง 1.50 เมตร ผู้สังเกตยืนห่างจากกำแพงออกไป 5.00 เมตร ในแนวเดียวกับแหล่งกำเนิด สามารถรับฟังเสียงได้ทั้งที่ออกจากแหล่งกำเนิดโดยตรง และจากการสะท้อนที่กำแพง ถ้าขณะนั้นความเร็วในเสียงในอากาศมีค่า 348 เมตร/วินาที ความถี่ต่ำสุดของแหล่งกำเนิดที่ทำให้ผู้สังเกตได้ยินเสียงค่อยที่สุดมีค่ากี่เฮิรตซ์ ([เฉลย](#))

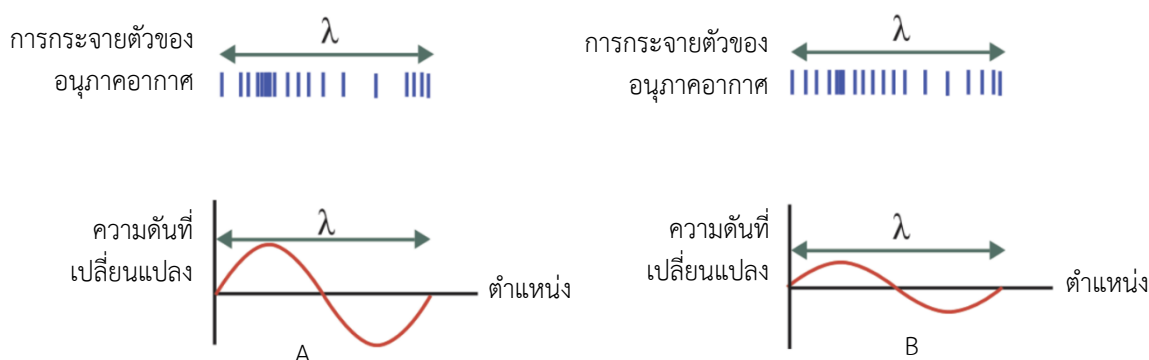
16. ถ้าอัตราเร็วของเสียงในอากาศขณะหนึ่งเท่ากับ 340 เมตร/วินาที เสียงแตรรถยนต์มีความถี่ 170 เฮิรตซ์ ก่อนที่รถยนต์จะออกจากซอยคนขับรถบีบแตรรถยนต์เพื่อให้สัญญาณทำให้คน ซึ่งยืนอยู่บนทางเท้า ณ มุมตึกปากซอยได้ยินเสียงสัญญาณแตรได้ชัดเจน จงประมาณขนาดความกว้างของซอยมีค่ากี่เมตร ([เฉลย](#))

2. การได้ยินเสียง

การที่เราจะได้ยินเสียงนั้น นอกจากปัจจัยด้านความถี่ของเสียงที่หูของมนุษย์สามารถตอบสนองได้แล้ว พลังงานเสียงซึ่งเกี่ยวข้องกับแอมพลิจูดของคลื่นเสียงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการได้ยินเสียงเช่นกัน จะได้ ศึกษา ดังต่อไปนี้

2.1 ความเข้มเสียง

เสียงที่หูได้ยินอาจดังหรือค่อยขึ้นอยู่กับพลังงานที่ถูกส่งมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นเสียง โดยปริมาณที่บ่งบอก พลังงานของคลื่นเสียง คือ แอมพลิจูด



ภาพแสดงการเปรียบเทียบเสียงที่มีความยาวคลื่นเท่ากันแต่มีแอมพลิจูดต่างกัน

รูป A : เสียงมีความดันอากาศที่เปลี่ยนไปมากกว่า (อนุภาคของตัวกลางเบียดเข้าใกล้กันได้ชิดมากกว่า)

รูป B : เสียงที่มีความดันอากาศที่เปลี่ยนไปน้อยกว่า (อนุภาคของตัวกลางเบียดเข้าใกล้กันได้ชิดน้อยกว่า)

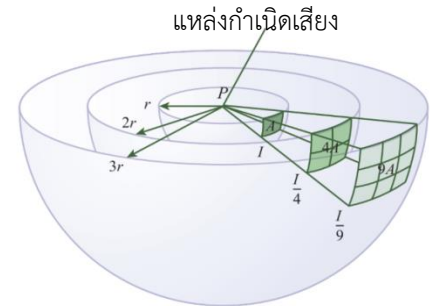
อัตราการถ่ายโอนพลังงานเสียงของแหล่งกำเนิด คือ “กำลังเสียง” มีค่าเท่ากับพลังงานเสียงที่ออกจากแหล่งกำเนิดต่อหน่วยเวลา ผู้ฟังจะได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงที่มีกำลังเสียงมาก ดังกว่าเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงที่มีกำลังเสียงน้อย เมื่ออยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเท่ากัน

กำลังเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียงส่งออกไปต่อหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงเรียกว่า **ความเข้มเสียง (Sound intensity : I)** หาได้จากสมการ



เมื่อ	I	คือ ความเข้มเสียง	มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร
	P	คือ กำลังเสียง	มีหน่วยเป็น วัตต์
	A	คือ พื้นที่ที่เสียงเคลื่อนที่ผ่านในทิศตั้งฉาก	มีหน่วยเป็น ตารางเมตร

สำหรับแหล่งกำเนิดเสียงที่เป็นจุดจะแผ่คลื่นเสียงออกมาทุกทิศทาง โดยมีลักษณะเป็นพื้นผิวทรงกลมที่มีแหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่ศูนย์กลางของทรงกลม ความเข้มเสียงจากแหล่งกำเนิด ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็นระยะ r มีค่าดังสมการ



จากสมการจะเห็นว่าความเข้มเสียงแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง เช่น ที่ระยะ ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงที่เป็นจุดเป็นระยะ r , $2r$, และ $3r$ มีความเข้มเสียงเป็น I , $\frac{I}{4}$ และ $\frac{I}{9}$ ตามลำดับ

แบบฝึกหัด

17. แหล่งกำเนิดเสียงส่งพลังงานด้วยอัตรา $\pi \times 10^{-8}$ วัตต์ ผู้ฟังซึ่งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิด 10 เมตร จะได้ยินเสียงมีความเข้มเสียงกี่วัตต์/ตารางเมตร ([เฉลย](#))

18. ในการทดลองเรื่องความเข้มของเสียงวัดความเข้มของเสียงที่ตำแหน่งที่อยู่ห่าง ไป 10 เมตร จากลำโพงได้ 1.2×10^{-2} วัตต์ต่อตารางเมตร ความเข้มเสียงที่ตำแหน่ง 30 เมตร จากลำโพงจะเป็นเท่าใด ([เฉลย](#))

2.2 ระดับเสียงและความถี่ของเสียงกับการเริ่มได้ยิน

เมื่อหาอัตราส่วนระหว่างความเข้มเสียงที่ดังที่สุดที่มนุษย์ทนฟังได้กับความเข้มเสียงเบาที่สุดที่มนุษย์ได้ยิน มีค่ามากถึง 10^{12} เท่า ดังนั้นเพื่อความสะดวกในทางปฏิบัติจึงนิยมใช้ระดับเสียง เป็นปริมาณที่บอกความดังของเสียง แทนความเข้มเสียง และเป็นเกียรติก่อ อเล็กซานเดอร์ เกรแฮม เบล ระดับความเข้มของเสียงและมีหน่วยเรียกว่า เบล แต่เนื่องจากเบลเป็นหน่วยที่ใหญ่เกินไป ไม่สามารถบอกความละเอียดที่จะบอกค่าความดังของเสียงต่างๆ ได้ จึงแบ่งเป็นหน่วยย่อยลงไป เรียกว่า เดซิเบล (dB)

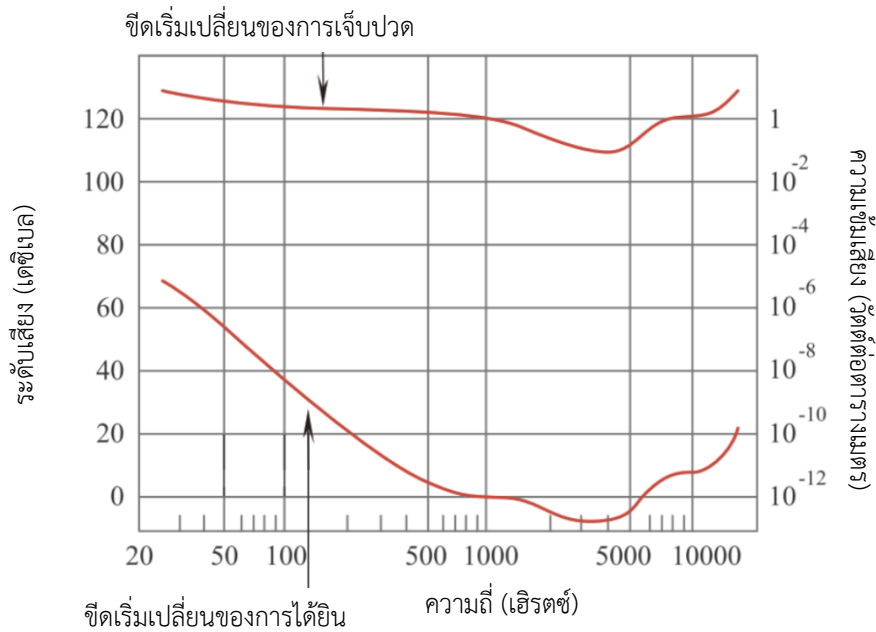
จากการทดลองการได้ยินของคนปกติพบว่า ความเข้มเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยินอยู่ในช่วงที่กว้างมาก เช่น ที่ความถี่เสียง 1000 เฮิรตซ์ เสียงที่เบาที่สุดที่มนุษย์สามารถได้ยินมีความเข้ม 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตรและเสียงที่ดังที่สุดที่ไม่เป็นอันตรายต่อแก้วหูมีความเข้ม 1 วัตต์ต่อตารางเมตร เพื่อลดช่วงที่กว้างมากเกินไปซึ่งยากต่อการอธิบายจึงพิจารณาการได้ยินจากปริมาณที่ใช้ **สเกลลอการิทึม (logarithmic scale)** และเรียกปริมาณนี้ว่า **ระดับเสียง (Sound level)** ดังสมการต่อไปนี้



เมื่อ β คือ ระดับเสียง มีหน่วยเป็น เดซิเบล
 I คือ ความเข้มเสียงที่พิจารณา มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร
 I_0 คือ ความเข้มเสียงอ้างอิง (เท่ากับ 10^{-12}) มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร

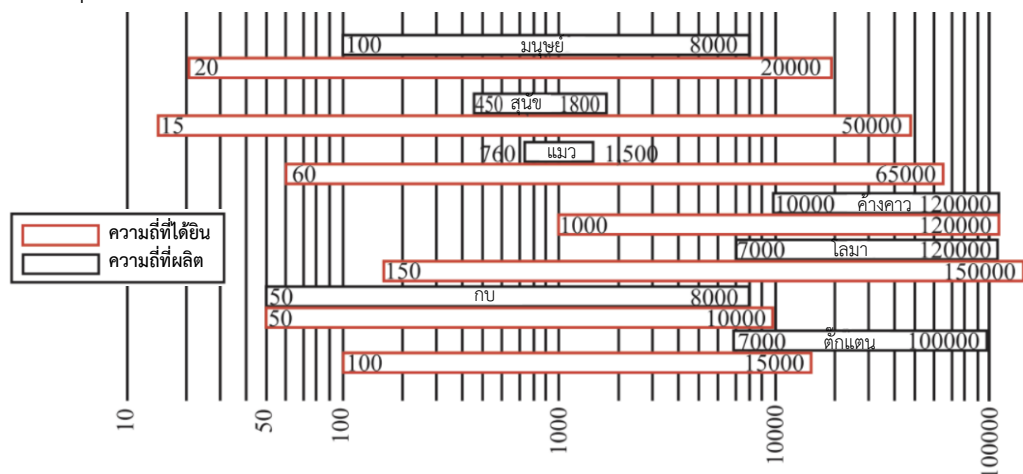
ตัวอย่างระดับเสียงจากแหล่งกำเนิดต่างๆ แสดงดังตาราง

แหล่งกำเนิด	ระดับเสียง (เดซิเบล)	ผลการรับฟัง	แหล่งกำเนิด	ระดับเสียง (เดซิเบล)	ผลการรับฟัง
การหายใจปกติ	10	แทบจะไม่ได้ยิน	เครื่องเสียงสเตอริโอในห้อง	90	รับฟังบ่อยๆ
การกระซิบแผ่วเบา	30	เจิบมาก	เครื่องเจาะถนนแบบอัดลม	90	การได้ยินจะ
สำนักงานที่เจิบ	50	เจิบ	เครื่องตัดหญ้า	100	เสื่อมอย่างถาวร
การพูดคุยธรรมดา	60	ปานกลาง	ดิสโก้เทค, การแสดงดนตรี	120	
			ประเภทร็อก		
เครื่องดูดฝุ่น	75	ดัง	ฟ้าผ่าระยะใกล้	130	ไม่สบายหู
โรงงานทั่วไป, ถนนที่มี	80	ดัง	เครื่องบินไอพ่นขึ้นระยะใกล้	150	เจ็บปวดในหู
การจราจรหนาแน่น					แก้วหูชำรุด
			เครื่องยนต์จรวดขนาดใหญ่	180	ทันที
			ในระยะใกล้		



สำหรับเสียงที่มีความถี่ 1000 เฮิรตซ์ ระดับเสียงต่ำที่มนุษย์ได้ยินและจะเท่ากับ 0 เดซิเบล และระดับเสียงที่สูงที่สุดที่ไม่เป็นอันตรายต่อแก้วหูเท่ากับ 120 เดซิเบล หากเสียงมีความถี่เปลี่ยนไประดับเสียงที่ได้นั้นก็จะเปลี่ยนไปด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงที่ความถี่ต่างๆ แสดงดังภาพ จะเห็นว่า **ขีดเริ่มเปลี่ยนของการได้ยิน (threshold of hearing)** และ **ขีดเริ่มเปลี่ยนของการเจ็บปวด (threshold of pain)** สำหรับเสียงแต่ละความถี่นั้นมีค่าไม่เท่ากัน

มนุษย์รวมถึงสัตว์แต่ละชนิดจะได้ยินเสียงในช่วงความถี่และให้เสียงที่มีช่วงความถี่ต่างกันด้วย ดังรูป



แบบฝึกหัด

สมบัติของ ลอการิทึม

ถ้า $\log_a x = y$ แล้ว $x = a^y$ โดยที่ $a > 0$

$$\log_a 1 = 0$$

$$\log_a a = 1$$

$$\log_a b^u = u \log_a b$$

$$\log(ab) = \log a + \log b$$

$$\log\left(\frac{a}{b}\right) = \log a - \log b$$

ลอการิทึม ที่ควรจำ

$$\log 1 = 0 \quad \log 2 = 0.301 \quad \log e = 0.434 \quad \log 5 = 0.699 \quad \log 10 = 1$$

ถ้าฐานของฟังก์ชันลอการิทึมเป็นเลข 10 หรือ $a = 10$ เราจะเขียนเป็น $y = \log_{10} x = \log x$

20. ณ ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงอันหนึ่ง วัดค่าความเข้มเสียงได้ 10^{-10} วัตต์ต่อตารางเมตร ณ ตำแหน่งนี้จะมีค่าระดับความเข้มเสียงเท่ากับกี่เดซิเบล ([เฉลย](#))

21. ณ จุดหนึ่งเสียงจากเครื่องจักรมีระดับความเข้มเสียงวัดได้ 50 เดซิเบล จงหาความเข้มเสียงจากเครื่องจักร ณ จุดนั้น กำหนดให้ความเข้มเสียงที่เริ่มได้ยินเป็น 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร ([เฉลย](#))

22. คลื่นเสียงถูกส่งออกจากแหล่งกำเนิดเสียงที่เป็นจุดกำลังเสียงที่ส่งออกไปมีค่า 3.14 วัตต์ ผู้ฟังได้ยินระดับความเข้มเสียงเป็น 80 เดซิเบล จงหาระยะห่างระหว่างผู้ฟังกับ แหล่งกำเนิดเสียง ([เฉลย](#))

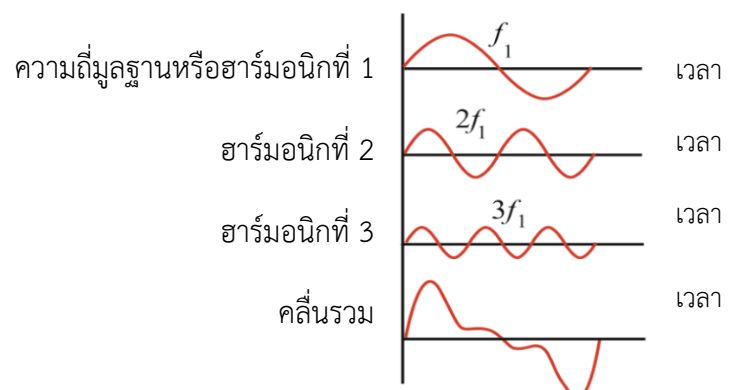
ลักษณะของเสียงที่ได้ยิน แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

1. เสียงดัง - ค่อย ขึ้นอยู่กับแอมพลิจูดของเสียง ถ้าคลื่นเสียงแอมพลิจูดมากเสียงดังมาก ถ้าคลื่นเสียง แอมพลิจูดน้อยเสียงดังค่อย
2. เสียงแหลม - ทุ้ม (หรือระดับเสียง) ขึ้นกับความถี่ของเสียง ถ้าคลื่นเสียงมีความถี่สูงเสียงจะแหลม ถ้าคลื่นเสียงมีความถี่ต่ำเสียงจะทุ้ม ความถี่ต่ำสุด - ความถี่สูงสุดที่หูคนปกติได้ยินเท่ากับ 20 - 20,000 เฮิรตซ์

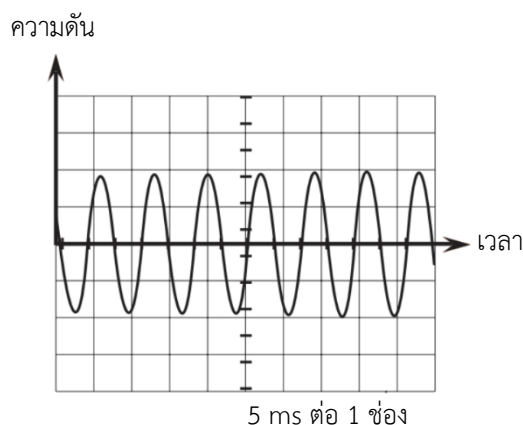
คุณภาพของเสียง (Quality) หมายถึงความไพเราะของเสียง ขึ้นอยู่กับจำนวนโอเวอร์โทนของเสียงถ้า จำนวนโอเวอร์โทนมากเสียงจะนุ่มนวล ถ้าจำนวนโอเวอร์โทนน้อยความนุ่มนวลของเสียงจะน้อยลง

เครื่องดนตรีต่างชนิดกัน เช่น เปียโนและขลุ่ย เล่นตัวโน้ตตัวเดียวกันที่มีความถี่เท่ากัน แต่เราก็สามารถแยกได้ว่าเสียงใดเป็นเสียงจากเปียโน เสียงใดเป็นเสียงจากขลุ่ย เนื่องจากเครื่องดนตรีทั้งสองนี้มี **คุณภาพเสียง (quality of sound)** แตกต่างกัน คุณภาพเสียงในวิชาฟิสิกส์ไม่ใช่การระบุว่าเสียงจากเครื่องดนตรีชนิดใดไพเราะกว่ากัน แต่เป็นการบอกถึงรูปแบบของเสียงที่มีความเฉพาะตัวของเครื่องดนตรีแต่ละชนิด คล้ายกับลายนิ้วมือของแต่ละคน

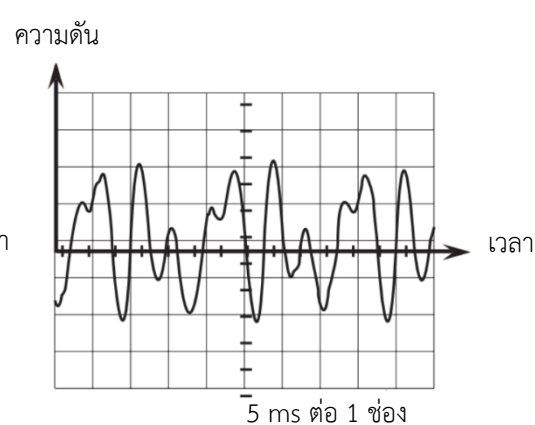
เมื่อเครื่องดนตรีเล่นโน้ตตัวหนึ่ง เครื่องดนตรีจะผลิตเสียงที่มีความถี่หลายค่าออกมาพร้อมกันเรียกว่า **ฮาร์โมนิก (harmonics)** เสียงที่มีความถี่ต่ำสุดเรียกว่า **ฮาร์โมนิกที่หนึ่ง (first harmonic)** หรือ **ความถี่มูลฐาน (fundamental frequency : f_1)** เสียงที่เหลือจะมีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่มูลฐาน ดังสมการ $f_n = nf_1$



ขณะที่แหล่งกำเนิดเสียงสั่นจะให้เสียงซึ่งมีฮาร์โมนิกต่างๆ จะออกมาพร้อมกันเสมอแต่จำนวนฮาร์โมนิกและแอมพลิจูดของแต่ละฮาร์โมนิกจะแตกต่างกันไป เมื่อมารวมกันทำให้ลักษณะของคลื่นเสียงที่ออกมาแตกต่างกันสำหรับแหล่งกำเนิดเสียงที่ต่างกัน หรืออาจสังเกตได้จากรูปร่างคลื่นความดัน ดังภาพ



รูปคลื่นเสียงของขลุ่ยไทย



รูปคลื่นเสียงของทรมเปต

แบบฝึกหัด

23. เสียงที่เกิดจากอุปกรณ์ขึ้นหนึ่งขณะทำงานมีระดับเสียง 50 เดซิเบล จะมีความเข้มเสียงเท่าใด [\(เฉลย\)](#)

24. ขลุ่ยไทยเล่นโน้ต “เร” มีความถี่มูลฐานเท่ากับ 289 เฮิรตซ์ถ้า 4 ฮาร์โมนิกแรกที่เกิดขึ้นได้แก่ ฮาร์โมนิกที่หนึ่งฮาร์โมนิกที่สอง ฮาร์โมนิกที่ห้า และฮาร์โมนิกที่เจ็ด แต่ละฮาร์โมนิกมีความถี่เท่าใด [\(เฉลย\)](#)

2.4 มลพิษทางเสียงและการป้องกัน

เสียงที่ระดับเสียงสูงมากจนเกินไปจนทำให้เกิดอันตรายต่อหูหรือเสียงที่ก่อให้เกิดความรำคาญ จัดว่าเป็นเสียงรบกวน (noise) หากฟังเป็นเวลานานอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพและจิตใจ เสียงรบกวนที่ดังและมีระดับเสียงสูง และก่อให้เกิดความรำคาญแก่ผู้ฟังจัดเป็น มลพิษทางเสียง (noise pollution) ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้ฟังได้

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization; WHO) ได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับระดับเสียงของเสียงรบกวนในชุมชนและเสียงรบกวนในสถานประกอบการที่ไม่ก่อให้เกิดอันตราย ดังนี้

- ✿ เสียงรบกวนในชุมชนที่มีระดับเสียงเฉลี่ยไม่เกิน 70 เดซิเบล จะไม่เป็นอันตรายต่อการได้ยิน
- ✿ เสียงรบกวนในสถานประกอบการ องค์การอนามัยโลกได้กำหนดระดับเสียงและช่วงเวลาไว้ว่า
“ไม่เกิน 85 เดซิเบล ติดต่อกันวันละ 8 ชั่วโมง”

คำจำกัดนี้จะป้องกันไม่ให้ผู้ปฏิบัติงานสูญเสียการได้ยินอย่างถาวรได้ แต่ถ้าได้รับเสียงรบกวนเกิน 85 เดซิเบลมากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวันจะก่อให้เกิดอันตรายได้ และถ้าได้รับเสียงรบกวนเกิน 90 เดซิเบลมากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน จะสูญเสียการได้ยินชั่วคราว

ในประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานระดับเสียงต่าง เพื่อควบคุมระดับเสียงให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายและจิตใจ อันเป็นการแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียงได้ทางหนึ่ง ตัวอย่างเช่น มาตรฐานระดับเสียงที่เกี่ยวข้องกับสถานประกอบการ ดังนี้

ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม กำหนดให้ภายในสถานประกอบการที่มีลูกจ้างคนใดคนหนึ่งทำงานดังต่อไปนี้

ear plugs สามารถลดระดับเสียงได้
15 - 25 dB และ ear muffs สามารถลด
ระดับเสียงได้ 30 - 40 dB



- ❁ ไม่เกินวันละ 7 ชั่วโมง จะต้องมียกระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 91 เดซิเบล
- ❁ เกินวันละ 7 ชั่วโมงแต่ไม่เกิน 8 ชั่วโมง จะต้องมียกระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 90 เดซิเบล
- ❁ เกินวันละ 7 ชั่วโมงแต่ไม่เกิน 8 ชั่วโมง จะต้องมียกระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 90 เดซิเบล
- ❁ นายจ้างจะให้ลูกจ้างทำงานในที่มียกระดับเสียงเกินกว่า 140 เดซิเบลไม่ได้

แนวทางการลดมลพิษทางเสียง



การควบคุมที่แหล่งกำเนิดเสียง



การควบคุมทางผ่านของเสียง



การควบคุมที่ผู้รับฟังเสียง

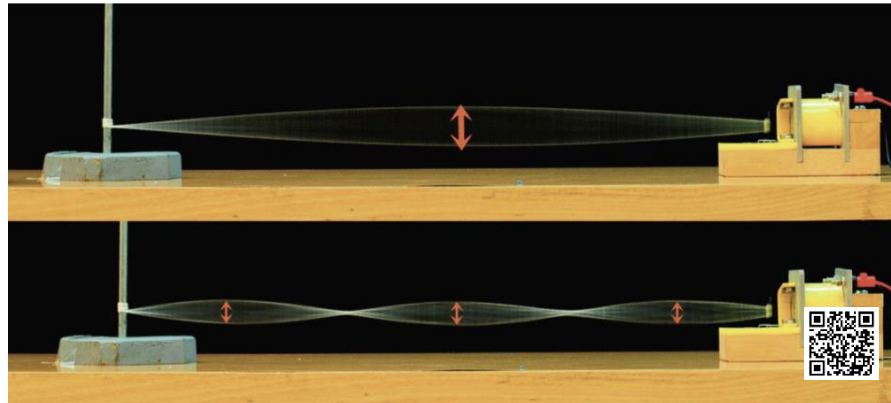
3. ปรากฏการณ์เกี่ยวกับเสียง

เสียงเป็นคลื่นชนิดหนึ่งที่มนุษย์รับรู้ได้ง่ายที่สุดจากการได้ยิน ดังนั้นนอกจากเสียงจะมีสมบัติ สะท้อน หักเห แทรกสอดและเลี้ยวเบนแล้ว ในเรื่องเสียงเรายังจะศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นด้วย ซึ่งปรากฏการณ์เหล่านั้นเป็นผลทำให้เราได้ยินเสียงในลักษณะที่แตกต่างกันออกไป

3.1 คลื่นนิ่ง

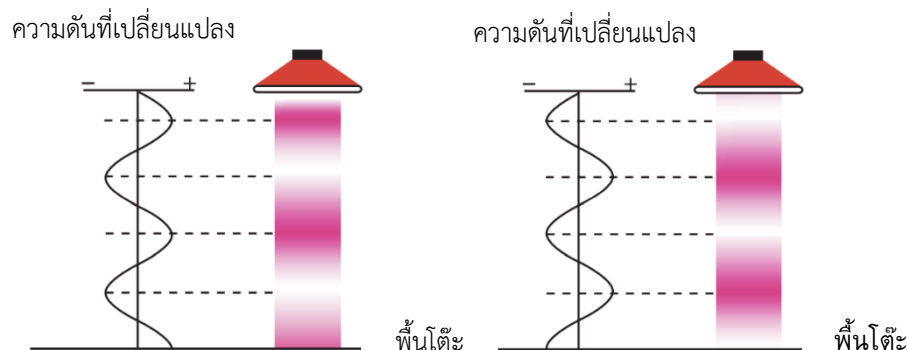
คลื่นนิ่ง คือ การแทรกสอดของคลื่นต่อเนื่อง 2 ขบวนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์ ซึ่งเคลื่อนที่เข้าหากัน ในตัวกลางเดียวกัน ทำให้เราเห็นตำแหน่งบัพ และปฏิบัพที่เกิดขึ้นมีตำแหน่งที่อยู่คงที่แน่นอนไม่มีการย้ายตำแหน่ง จะเห็นว่าบางตำแหน่งไม่มีการสั่นเลย เราเรียกจุดนี้ว่าจุดบัพ (Node) และมีบางตำแหน่งที่สั่นได้มากที่สุดเราเรียกจุดนี้ว่าปฏิบัพ (Antinode) และเราเรียกบริเวณที่อยู่ระหว่างบัพ (Node) ว่า Loop

เนื่องจากคลื่นลัพท์ที่เกิดขึ้นจะมีตำแหน่งที่อยู่นิ่งตลอดเวลา (บัพ) และตำแหน่งที่เปลี่ยนแปลงแอมพลิจูดตลอดเวลา (ปฏิบัพ) โดยมีบัพและปฏิบัพอยู่กับที่ คลื่นลัพท์นี้จึงไม่มีการเคลื่อนที่ไปตามการเคลื่อนที่ของคลื่นทั้งสอง ลักษณะของคลื่นลัพท์ที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า **คลื่นนิ่ง (standing wave)**



ภาพและวิดีโอการทดลอง เรื่อง คลื่นนิ่งตามขวางในเส้นเชือก

หากทดลองเปิดเสียงจากลำโพงเคลื่อนที่ไปกระทบพื้นโต๊ะ ดังภาพ จะเกิดการสะท้อนสะท้อนและเสียงที่สะท้อนจาก พื้นโต๊ะนี้จะซ้อนทับกับเสียงที่ออกมาจากลำโพงโดยตรง ทำให้เกิดการแทรกสอดที่มีลักษณะเป็นคลื่นนิ่งได้



ภาพจำลองผลทดลอง คลื่นนิ่งของเสียงที่เวลาต่างกันครึ่งคาบ

โดยเราจะได้ยินเสียงดังและค่อยสลับกันไป เมื่อได้ยินเสียง ณ ตำแหน่งต่างๆ ระหว่างลำโพงกับพื้นโต๊ะ ตำแหน่งที่ได้ยินเสียงดังแสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงความดันตลอดเวลา (ปฏิบัพความดัน)
ตำแหน่งที่ได้ยินเสียงค่อยแสดงว่า ความดันปกติตลอดเวลา (บัพความดัน)

25. ในการทดลองส่งคลื่นเสียงความถี่ 3000 เฮิรตซ์ ให้ไปตกกระทบกำแพงในแนวตั้งฉาก ปรากฏว่าจุดที่มีเสียงเบาที่สุด 2 จุด ที่ติดกันห่างกัน 6 เซนติเมตร จงหาอัตราเร็วของเสียง ([เฉลย](#))

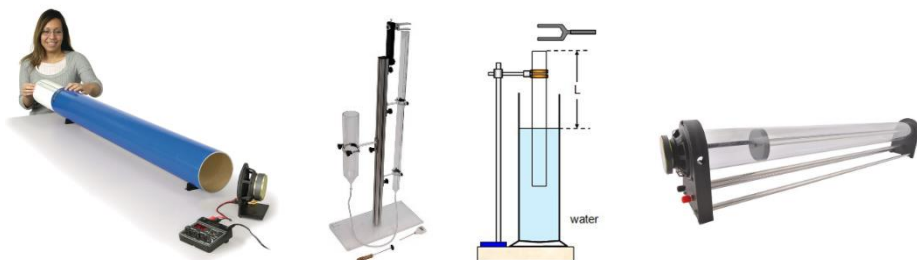
26. การที่ผู้ฟังได้ยินเสียงที่ชัดเจนขึ้นจากการพูดผ่านกรวยกระดาษไปยังผู้ฟังที่อยู่ไกลออกไปนั้น สามารถอธิบายได้ด้วยสมบัติของคลื่นเสียงในข้อใด ([เฉลย](#))

- | | |
|---------------|-----------------|
| 1. การหักเห | 2. การสะท้อน |
| 3. การแทรกสอด | 4. การเลี้ยวเบน |

3.2 การสั่นพ้องของอากาศในท่อ

เมื่อทำให้วัตถุสั่นอย่างอิสระ วัตถุจะสั่นด้วย **ความถี่ธรรมชาติ (natural frequency)** ค่าหนึ่ง หากวัตถุถูกกระตุ้นด้วยความถี่ของการกระตุ้นเท่ากับหรือใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของวัตถุนั้นอย่างต่อเนื่อง วัตถุก็จะสั่นด้วยแอมพลิจูดที่มีค่ามากหรือเรียกว่าเกิด **การสั่นพ้อง หรือ เรโซแนนซ์** และเรียกความถี่ที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องนี้ว่า **ความถี่การสั่นพ้อง หรือ ความถี่เรโซแนนซ์ (resonant frequency)**

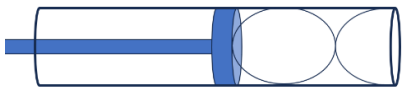
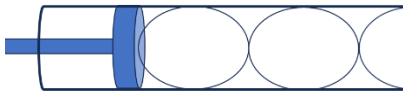
ในทำนองเดียวกันถ้าพิจารณาลำอากาศที่อยู่ในท่อที่มีปลายปิดหนึ่งด้าน เมื่ออนุภาคของอากาศในท่อนี้ถูกกระตุ้นจะสั่นด้วยความถี่ธรรมชาติค่าหนึ่ง หากเรากระตุ้นอนุภาคอากาศในท่อให้สั่นด้วยเสียงความถี่ต่างๆ เมื่อปรับความยาวของลำอากาศในท่อทำให้เกิดการสั่นพ้องของลำอากาศในท่อได้



3.2.1 หลอดเรโซแนนซ์ปลายปิด (เปิด 1 ข้างปิด 1 ข้าง)

เมื่ออากาศในท่อสั้นตามยาว โดยอิสระจะเกิดคลื่นนิ่งขึ้นในท่อปลายปิดจะเป็นตำแหน่งบัพ (ของการกระจัด) ปลายเปิดจะเป็นตำแหน่งปฏิบัพ (ของการกระจัด) ดังนั้น ถ้าท่อยาว ที่ปลายเปิด ของหลอด โมเลกุลของอากาศเกิดการสั่นอย่างอิสระจึงเกิดตำแหน่งปฏิบัพของการกระจัด ส่วนที่ ปลายปิดของหลอด โมเลกุลของอากาศเกิดการสั่นแบบกลับเฟส 180 องศา จึงเกิดตำแหน่งของบัพ ของการกระจัด

จะเห็นว่าการสั่นพ้องครั้งแรกเกิดขึ้นเมื่อล่ออากาศในท่อมีความยาว $L = \frac{\lambda}{4}$ และการสั่นพ้องครั้งที่สองเกิดขึ้นเมื่อล่ออากาศในท่อมีความยาว $L = \frac{3\lambda}{4}$ จาก $v = f\lambda$ จะได้

คลื่นเสียง	เสียงดังครั้งที่	ความถี่	ฮาร์โมนิก
	1	$f = \frac{v}{4L}$	1 st Harmonic f_1
	2	$f = \frac{3v}{4L}$	3 rd Harmonic $f_3 = 3f_1$
	3	$f = \frac{5v}{4L}$	5 th Harmonic $f_5 = 5f_1$
.....	n	$f = \frac{(2n-1)v}{4L}$	$(2n-1)$ $f_{(2n-1)} = (2n-1)f_1$

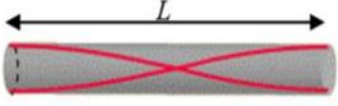
จากการสังเกตความสัมพันธ์ข้างต้น ถ้าให้ f_1 เป็นความถี่ต่ำสุดที่เกิดการสั่นพ้อง เรียกว่า **ความถี่มูลฐาน** ความถี่การสั่นพ้องถัดๆ ไปมีค่าสูงขึ้นเป็น $3f_1, 5f_1, 7f_1$, ตามลำดับ เราสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นหรือความถี่การสั่นพ้องกับความยาวของล่ออากาศในท่อปลายปิดหนึ่งด้านได้ดังสมการ



$$n = 1, 2, 3, \dots$$

3.2.2 หลอดเรโซแนนซ์ปลายเปิด (เปิดทั้ง 2 ข้าง)

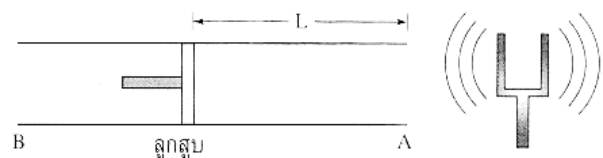
เมื่อเสียงเคลื่อนที่ไปถึงปากหลอดด้านใดด้านหนึ่ง เสียงสะท้อนกลับมาโดยโมเลกุล ของอากาศเกิด การสั่นอย่างอิสระทำให้บริเวณปากหลอดทั้ง 2 ข้างเป็นตำแหน่งปฏิบัพของการกระจัด

คลื่นเสียง	เสียงดังครั้งที่	ความถี่	ฮาร์โมนิก
	1	$f = \frac{v}{2L}$	1 st Harmonic f_1
	2	$f = \frac{2v}{2L}$	2 nd Harmonic $f_2 = 2f_1$
	3	$f = \frac{3v}{2L}$	3 rd Harmonic $f_3 = 3f_1$
.....	n	$f = \frac{nv}{2L}$	$f_n = nf_1$

แบบฝึกหัด

27. ในการทดลองเรื่องการสั่นพ้องของเสียงโดยใช้ท่อปลายปิดข้างหนึ่ง ใช้ส้อมเสียงความถี่ค่าหนึ่ง ทำให้เกิดการสั่นพ้องที่ตำแหน่ง 115 , 365 และ 615 มิลลิเมตรตามลำดับ ถ้าอัตราเร็วของเสียงเท่ากับ 340 เมตร/วินาที ความถี่ของส้อมเสียงที่ใช้มีค่ากี่เฮิรตซ์ ([เฉลย](#))

28. ส้อมเสียงอันหนึ่งมีความถี่ธรรมชาติ 700 เฮิรตซ์ เคาะแล้วนำไปวางไว้ที่ปากหลอดเรโซแนนซ์ ขณะนั้นตั้งลูกสูบจากปลาย A ไป B จงคำนวณหาระยะ L ที่ทำให้ได้ยินเสียงดังมากที่สุดครั้งแรก (กำหนดให้ อัตราเร็วของเสียงในอากาศ 350 เมตรต่อวินาที) ([เฉลย](#))



1. 12.5 cm
2. 16.7 cm
3. 25.0 cm
4. 50.0 cm

29. เคาะส้อมเสียงอันหนึ่งที่ปากหลอดเรโซแนนซ์ พบว่าความยาวของหลอดเรโซแนนซ์เท่ากับ 87.5 เซนติเมตรเป็นตำแหน่งของลูกสูบที่ทำให้เกิดเสียงดังมากที่สุดครั้งที่ 3 ขณะนั้นอัตราเร็วของเสียงในอากาศ เท่ากับ 350 เมตรต่อวินาที จงคำนวณหาความถี่ธรรมชาติของส้อมเสียง [\(เฉลย\)](#)

1. 300 Hz
2. 400 Hz
3. 500 Hz
4. 600 Hz

30. ในการทดลองเรื่องการสั่นพ้อง ได้ผลการทดลองดังนี้ [\(เฉลย\)](#)

ความถี่ (kHz)	ตำแหน่งของลูกสูบขณะเกิดเสียงดังเพิ่มขึ้น		$x_2 - x_1$ (m)
	x_1 (m)	x_2 (m)	
1	0.25	0.42	

ความเร็วของคลื่นเสียงในกรณีนี้ คือข้อใด

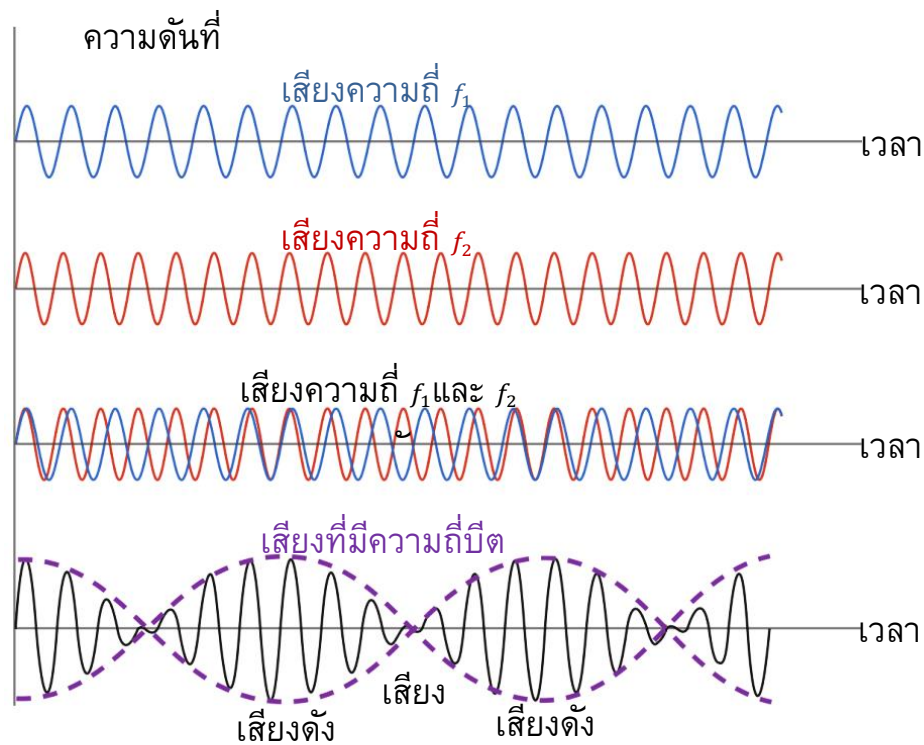
1. 170 m/s
2. 340 m/s
3. 520 m/s
4. 680 m/s

3.3 บีต

เมื่อคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่งที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อยเคลื่อนที่มาพบกัน จะเกิดปรากฏการณ์ที่ได้ยินเสียงดัง-ค่อยสลับกันเป็นจังหวะคงตัว เรียกว่า **บีต (beats)** โดยจำนวนครั้งที่ได้ยิน เสียงดัง-ค่อยในหนึ่งวินาที เรียกว่า **ความถี่บีต (beat frequency)** ซึ่งหาได้จากผลต่างของความถี่ของคลื่นเสียงทั้งสอง



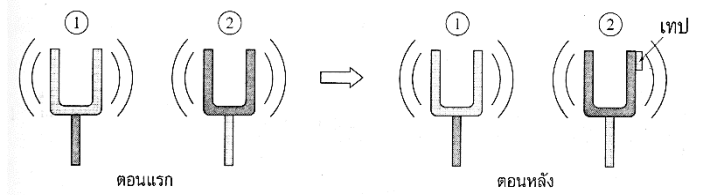
บีตเกิดจากการรวมกันของคลื่นที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อย เช่น การรวมกันของคลื่นเสียงที่มีความถี่ f_1 และ f_2 เป็นเสียงซึ่งมีความถี่บีต 6 แสดงได้ดังรูป



แบบฝึกหัด

31. คลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่ง เมื่อมาซ้อนทับกันแล้วเกิดบีตส์ 5 ครั้งต่อวินาที คลื่นเสียงที่ทุ้มกว่ามีความถี่ 438 เฮิรตซ์ คลื่นเสียงคลื่นหนึ่งจะมีความถี่กี่เฮิรตซ์ ([เฉลย](#))

32. จากรูป ส้อมเสียง 2 อัน ตอนแรกเคาะพร้อมกันจะเกิดบีตส์ความถี่ 5 เฮิรตซ์ ตอนหลังนำเทปขึ้นเล็ก ๆ ไป ติดไว้กับส้อมเสียงอันที่สองแล้วเคาะพร้อมกันอีกครั้ง คราวนี้เกิดบีตส์ความถี่ 3 เฮิรตซ์ ถ้าส้อมเสียง อันแรกมีความถี่ 400 เฮิรตซ์ ส้อมเสียง อันที่สองจะมีความถี่ตอนแรกเท่าไร [\(เฉลย\)](#)

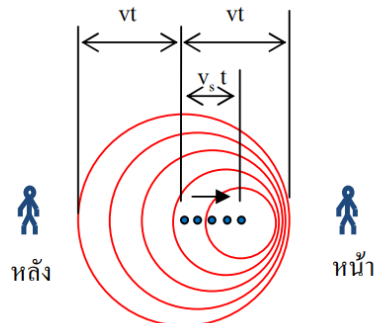


1. 395.0 Hz 2. 397.5 Hz 3. 403.0 Hz 4. 405 Hz

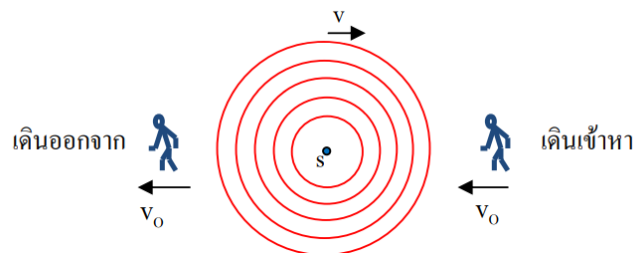
3.4 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนระดับเสียงหรือความถี่ของเสียงอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับผู้ฟัง ลักษณะการเกิดปรากฏการณ์ มีดังนี้

1. เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่เข้าหาผู้ฟัง หรือผู้ฟังเคลื่อนที่เข้าหาแหล่งกำเนิดเสียง คลื่นจาก แหล่งกำเนิดเสียงจะอัดกระชั้นมากขึ้น ความถี่มากทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงสูงขึ้น



2. เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ออกจากผู้ฟังหรือผู้ฟังเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียง คลื่นเสียงจะกระจายกว้างออกกว่าเดิม ความถี่ลดลง ทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงต่ำลง



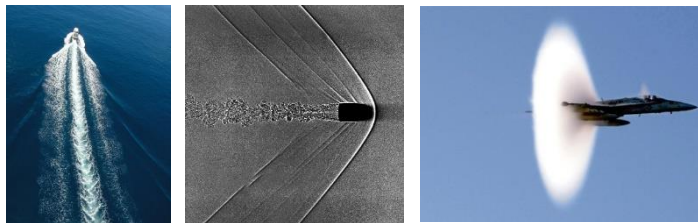
แบบฝึกหัด

33. ในขณะที่แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ในอากาศนิ่ง ข้อใดต่อไปนี้ถูก (เฉลย)

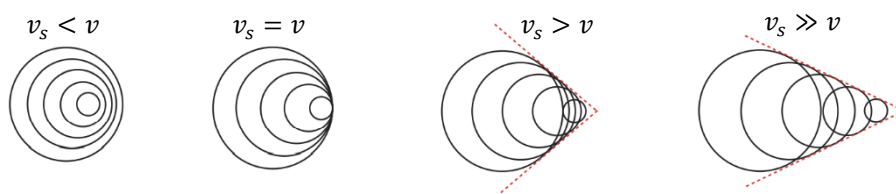
1. ความยาวคลื่นเสียงที่อยู่ด้านหน้าแหล่งกำเนิดจะสั้นกว่าความยาวคลื่นเสียงที่จุดด้านหลังแหล่งกำเนิด
2. ความถี่เสียงที่อยู่ด้านหน้าแหล่งกำเนิดจะต่ำกว่าความถี่เสียงที่จุดด้านหลังแหล่งกำเนิด
3. ความเร็วเสียงด้านหน้าแหล่งกำเนิดจะสูงกว่าความเร็วเสียงด้านหลังแหล่งกำเนิด
4. ความเร็วเสียงด้านหน้าแหล่งกำเนิดจะต่ำกว่าความเร็วเสียงด้านหลังแหล่งกำเนิด

3.5 คลื่นกระแทก

คลื่นกระแทก (shock wave) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุต้นกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่เร็วกว่าอัตราเร็วคลื่นในตัวกลางนั้น เช่น เรือวิ่งเร็วกว่าอัตราเร็วคลื่นน้ำ กระสุนที่วิ่งเร็วกว่าอัตราเร็วเสียงในอากาศ เครื่องบินที่บินด้วยอัตราเร็วเหนือเสียง

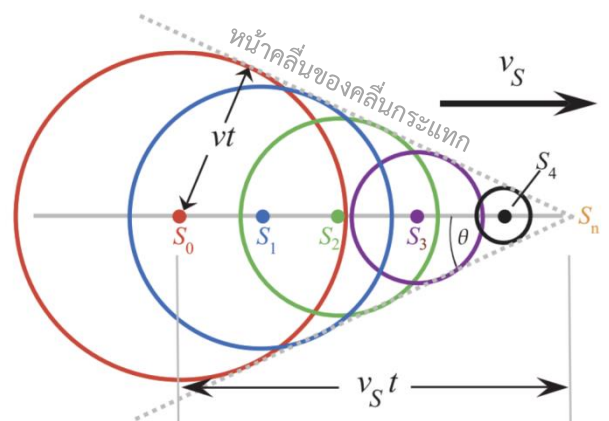


ลักษณะหน้าคลื่นเมื่อแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต่างๆ



พิจารณารูปต่อไปนี้ แสดงหน้าคลื่นที่แผ่ออกจากแหล่งกำเนิดด้วยอัตราเร็ว v

- วงกลมสีแดงแทนหน้าคลื่นที่แผ่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียง ณ เวลาเริ่มต้นที่ตำแหน่ง S_0
- ในช่วงเวลา t หน้าคลื่นจะเคลื่อนที่ได้ระยะทาง vt ในขณะเดียวกันแหล่งกำเนิดเสียงซึ่งเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว v_s จะเคลื่อนที่ได้ระยะทาง $v_s t$ และจะไปอยู่ที่ตำแหน่ง S_n

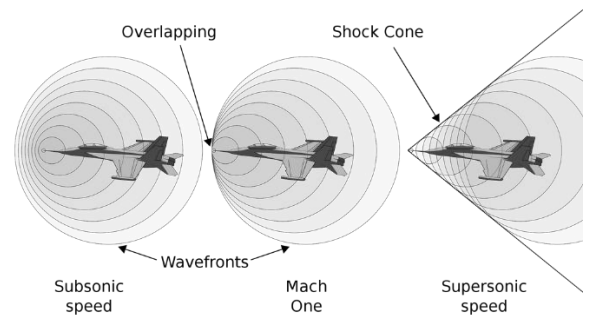


- แหล่งกำเนิดเสียงจะแผ่คลื่นออกมาตลอดเวลาที่เคลื่อนที่โดยเมื่อแหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่ตำแหน่ง S_0 , S_1 , S_2 , S_3 จะแผ่หน้าคลื่นออกมา แทนด้วยวงกลมที่มี S_0 , S_1 , S_2 , S_3 เป็นศูนย์กลางตามลำดับ
- ที่ตำแหน่ง S_n แหล่งกำเนิดยังไม่แผ่คลื่นออกมาจึงมีลักษณะเป็นจุด
- เมื่อลากเส้นสัมผัสหน้าคลื่นวงกลมทั้งหมดได้เป็นแนวหน้าคลื่นอัดตัวกัน เรียกว่าหน้าคลื่นของคลื่นกระแทก โดยแนวหน้าคลื่นกระแทกทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิดเป็นมุม θ เรียกว่า มุมมัค (Mach angle) เครื่องบินที่บินด้วยอัตราเร็วเหนือเสียงจะเกิดคลื่นกระแทก

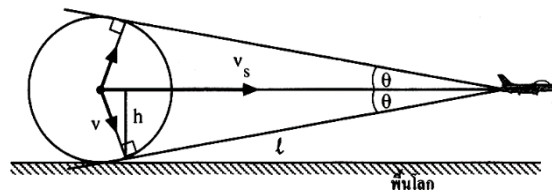
และจะทำให้เกิดเสียงดังที่เรียกว่า **ซอ닉บูม (Sonic boom)**

เลขมัค (Mach number : M) เป็นอัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วของแหล่งกำเนิดเสียงต่ออัตราเร็วเสียงในตัวกลางหรือเขียนเป็นสมการ

$$M = \frac{v_s}{v}$$



นั่นคือ ถ้า $v_s > v$ หรือแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเหนือเสียง (supersonic speed) จะเกิดคลื่นกระแทก และสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างเลขมัคและมุมมัคได้ดังสมการ



$$\frac{1}{\sin \theta} = \frac{l}{h} = \frac{v_s}{v} = M$$

h คือ เพดานบิน

l คือ ระยะห่างจากเครื่องบิน

θ คือ มุมมัค

v_s คือ อัตราเร็วของเครื่องบิน

v คือ อัตราเร็วเสียงในอากาศ

แบบฝึกหัด

34. เครื่องบินความเร็วเหนือเสียงบินในแนวระดับผ่านเหนือศีรษะชายผู้หนึ่ง เมื่อเขาได้ยินเสียงของคลื่นกระแทก เขาจะมองเห็นตัวเครื่องบินมีมุมเงยจากพื้นดิน 30° เครื่องบินมีความเร็วเท่าใดในหน่วยเมตร/วินาที ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 345 เมตร/วินาที ([เฉลย](#))

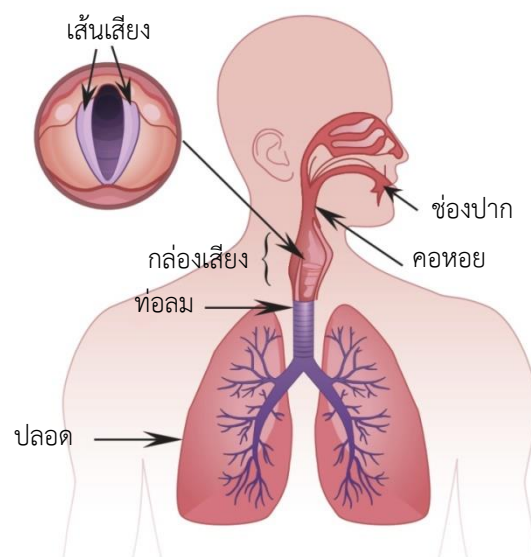
35. เครื่องบิน บินในแนวระดับด้วยอัตราเร็ว 1.5 มัค สูงจากพื้น 10 กิโลเมตร จงหามุมหน้าที่คลื่นกระแทกทำกับแนวทางการเคลื่อนที่ของเครื่องบิน ([เฉลย](#))

4. การประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องเสียง

ในชีวิตประจำวันของเรามีการนำเสียงมาใช้ทั้งในการสื่อสารและทำกิจกรรมต่างๆ เช่น การร้องเพลง การเล่นดนตรี การสนทนา การเรียนการสอน เป็นต้น ซึ่งเป็นเสียงที่มีความถี่อยู่ในช่วงเฉลี่ยประมาณ 20-20000 เฮิรตซ์ และระดับเสียงในช่วง 0-120 เดซิเบล

4.1 การเปล่งเสียงของมนุษย์

การเปล่งเสียงของมนุษย์เกิดจากการทำงานร่วมกันของอวัยวะหลายส่วน โดยลมที่ออกมาจากปอดจะผ่าน **ท่อลม** **กล่องเสียง** **คอหอย** **ช่องปาก** ซึ่งกล่องเสียงเป็นอวัยวะที่ทำให้เกิดเสียง ภายในมี **เส้นเสียง** ที่ซึ่งอยู่ตรงกลางกล่องเสียง เมื่อลมผ่านเส้นเสียงจะสั่นสะเทือนเกิดเป็นเสียงสูงต่ำดังรูป



4.2 การทำงานของเครื่องดนตรี

เครื่องดนตรี เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงโดยให้เสียงที่มีความถี่และคุณภาพเสียงที่แตกต่างกันตามแต่ละประเภท เครื่องดนตรีอาจถูกแบ่งได้เป็น **เครื่องสาย** เช่น กีตาร์ ซอ **เครื่องเป่า** เช่น ขลุ่ย แคน **เครื่องตี** เช่น กลอง ฆ้อง แต่การเกิดเสียงของเครื่องดนตรีทุกประเภทเกิดจาก.....ที่มีลักษณะเป็นคลื่นนิ่ง เช่น



- ❖ การเกิดเสียงของกีตาร์มาจากคลื่นนิ่งที่เกิดจากการสั่นของ.....
- ❖ การเกิดเสียงของขลุ่ยมาจากคลื่นนิ่งที่เกิดจากการสั่นของ.....
- ❖ การเกิดเสียงของกลองมาจากคลื่นนิ่งที่เกิดจากการสั่นของ.....
- ❖ การเกิดเสียงของแกรนด์เปียโนมาจากคลื่นนิ่งที่เกิดจากการสั่นของ.....

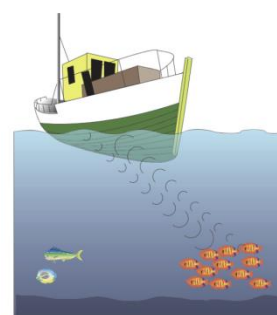
4.3 การปรับเทียบเสียงเครื่องดนตรี

นักดนตรีนำความรู้เรื่องบีตมาประยุกต์ใช้ในการปรับเสียงของเครื่องดนตรีประเภทเครื่องสาย เช่น กีตาร์ ไวโอลิน โดยการเทียบเสียงจากหลอดเทียบเสียงที่มีความถี่มาตรฐานและทำให้เสียงที่มาจากไวโอลิน ดังพร้อมๆ กับเสียงจากหลอดเทียบเสียงมาตรฐาน หากยังได้ยินเสียงบีตแสดงว่าความถี่ของสายไวโอลินเส้นนั้นยังไม่เท่ากับความถี่ของเสียงที่ต้องการจากหลอดเทียบเสียง ต้องปรับความตึงของสายไวโอลินให้พอเหมาะจนกระทั่งไม่เกิดบีต



4.4 การเดินเรือและการประมง

คลื่นเสียงความถี่สูงจากเครื่องโซนาร์ถูกนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งของวัตถุในการเดินเรือหรือ การประมง เป็นระบบที่ใช้การสะท้อนคลื่นเสียงใต้น้ำ คลื่นเสียงถูกปล่อยออกไปสู่ก้นทะเลเมื่อไปกระทบสิ่งกีดขวางก็จะสะท้อนกลับมาที่ตัวรับสัญญาณบนเรือแล้วแปลผลประมาณขนาด รูปร่าง ระยะห่าง และความลึกของวัตถุใต้น้ำ หรือเรือประมงสามารถค้นพบฝูงปลาได้



4.5 ด้านการแพทย์

คลื่นเสียงความถี่สูงที่เรียกว่าคลื่นอัลตราซาวด์ ถูกมาใช้ในการตรวจร่างกายคนไข้โดยส่งคลื่นอัลตราซาวด์เข้าไปในบริเวณที่ต้องการตรวจ โดยการสะท้อนของคลื่นจากอวัยวะเป้าหมายหรือเนื้อเยื่อสามารถนำมาแปลผลฉายภาพขึ้นจอเพื่อตรวจดูทารกในครรภ์



นอกจากนี้คลื่นอัลตราซาวด์ยังสามารถใช้สลายนิ่วในท่อไต ซึ่งเป็นส่วนประกอบของแคลเซียมหรือแร่ธาตุในไตในอดีตแพทย์จะผ่าตัดเพื่อนำก้อนนิ่วออกมา แต่ในปัจจุบันรักษาได้ด้วยการใช้คลื่นอัลตราซาวด์ ทำให้นิ่วแตกสลายเป็นชิ้นเล็กๆ และขับออกจากร่างกายโดยการปัสสาวะ

4.6 ด้านธรณีวิทยา

การใช้คลื่นเสียงที่มีความถี่ในช่วง 1-3 กิโลเฮิร์ตซ์ในการสำรวจ**ปิโตรเลียม** ที่สะสมตัวอยู่ใต้พื้นดินด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจากลำดับชั้นหินบริเวณหลุมเจาะสำรวจ การเก็บข้อมูลจะทำได้โดยการหย่อนหัววัดลงไปหลุมสำรวจหนึ่งในหัววัดที่ใช้คือ **หัววัดคลื่นเสียง** ซึ่งจะส่งคลื่นเสียงผ่านชั้นหิน ชั้นหินที่มีความหนาแน่นต่างกัน ทำให้คลื่นเสียงเดินทางผ่านด้วยความเร็วที่ไม่เท่ากัน เมื่อเก็บข้อมูลได้จะนำไปวิเคราะห์เพื่อหาค่า**ความพรุน** ของชั้นหินนั้น เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณปิโตรเลียมที่สะสมตัวอยู่ในชั้นหิน

4.7 ด้านวิศวกรรมและอุตสาหกรรม

การใช้คลื่นเหนือเสียงในการตรวจสอบรอยร้าวหรือรอยตำหนิในเนื้อโลหะ แก้ว หรือเซรามิก โดยการส่งคลื่นเสียงในช่วงความถี่ 500 กิโลเฮิร์ตซ์ถึง 15 เมกะเฮิร์ตซ์ ผ่านเข้าไปในชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบแล้ววิเคราะห์ลักษณะของคลื่นสะท้อนกลับ หรือวิเคราะห์ลักษณะการรบกวนที่เกิดขึ้นต่อคลื่นที่ผ่านออกไป วิธีการนี้นอกจากจะใช้ตรวจสอบชิ้นงานประเภทโลหะหล่อหรือเซรามิกแล้ว ยังถูกนำไปใช้ตรวจสอบยางรถยนต์ที่ผลิตใหม่อีกด้วย เครื่องมือวัดความหนาของแผ่นโลหะหรือวัสดุที่มีความแข็งอื่นๆ สามารถทำได้โดยใช้คลื่นเหนือเสียง แม้ว่าจะไม่สามารถเข้าถึงอีกด้านหนึ่งของผิวแผ่นโลหะนั้นได้ เช่น การตรวจสอบความหนาของหม้อต้มน้ำความดันสูงสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น