

บทที่ 10 เสียง

10.1 ธรรมชาติของเสียง

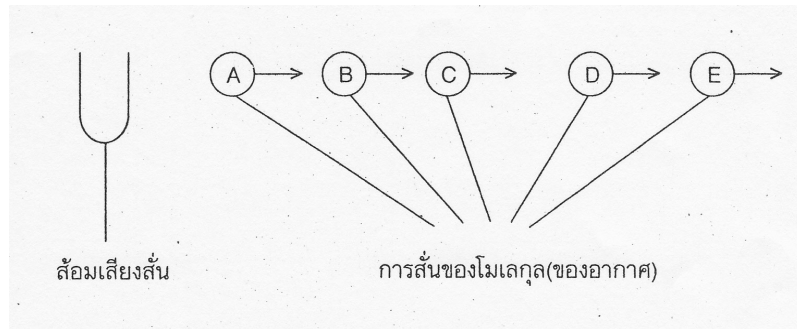
1. การเกิดขึ้นของเสียง คือ เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุต่าง ๆ
2. การสั่นของวัตถุ เช่น การสั่นของสายกีตาร์ จะมีการถ่ายโอนพลังงาน การสั่นจากต้นกำเนิดเสียงมายังหูคนฟัง (ถ้าไม่มีอากาศจะไม่เกิดเสียง)
3. แหล่งกำเนิดของเสียงสั่นครบ 1 รอบ จะได้ 1 ลูกคลื่น เท่ากับ λ
4. ความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียงเท่ากับความถี่เสียง
5. การจะเกิดเสียงได้ ต้องมีองค์ประกอบ 3 อย่าง
 - 5.1 มีแหล่งกำเนิดเสียง
 - 5.2 มีการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง
 - 5.3 มีตัวกลางให้คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่าน
6. ถ้าไม่มีอากาศเสียงวิ่งไม่ได้ เช่น เสียงวิ่งผ่านอวกาศไม่ได้
7. เสียงเป็นคลื่นกล คือ เสียงเป็นคลื่นกล เพราะต้องมีตัวกลางถึงจะเกิดเสียงได้
8. เสียงเป็นคลื่นตามยาว คือ เสียงเป็นคลื่นตามยาว เพราะเวลาคลื่นเสียงเคลื่อนที่ ทิศคลื่น ทิศตัวกลางขนานกัน

แบบฝึกหัด 10.1 ธรรมชาติและสมบัติของเสียง

- 1.1 ในเวลากลางคืนอากาศบริเวณพื้นดินเย็นกว่าอากาศบริเวณที่อยู่สูงขึ้นไป ถ้านักเรียนเป่าขลุ่ยเสียงในขลุ่ยจะมีการหักเหอย่างไร จงอธิบายและวาดภาพประกอบ
- 2.1 (O-NET49) คลื่นใดต่อไปนี้ เป็นคลื่นที่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
 1. คลื่นแสง
 2. คลื่นเสียง
 3. คลื่นผิวน้ำคำตอบที่ถูกต้องคือ
 1. ทั้ง 1, 2 และ 3
 2. ข้อ 2 และ 3
 3. ข้อ 1 เท่านั้น
 4. ผิดทุกข้อ
- 2.2 (O-NET52) ข้อใดต่อไปนี้ ถูกต้องเกี่ยวกับคลื่นตามยาว
 1. เป็นคลื่นที่ของตัวกลางมีการสั่นในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่น
 2. เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ไปตามแนวยาวของตัวกลาง
 3. เป็นคลื่นที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
 4. เป็นคลื่นที่อนุภาคของตัวกลางมีการสั่นได้หลายแนว

10.2 การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงผ่านตัวกลาง

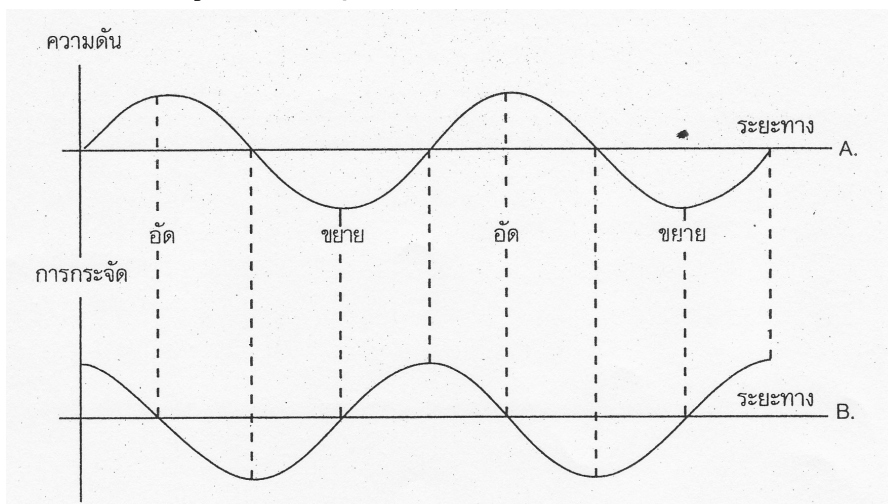
ถ้าวัตถุต้น เช่น การสั่นของสายกีตาร์ จะไปสั่นโมเลกุลอากาศโดยรอบและมีการถ่ายโอนพลังงานคลื่นเสียงกับอากาศจะอยู่ในแนวเดียวกัน



ความรู้ประกอบการเคลื่อนที่ของเสียงผ่านตัวกลาง

1. คลื่นเสียงเคลื่อนที่โดยโมเลกุลของตัวกลางไม่ได้เคลื่อนที่ไปพร้อมกับคลื่นเสียง แต่จะเคลื่อนที่แบบสั่นกลับไปกลับมา
2. เมื่อคลื่นเสียงวิ่งผ่านไป โมเลกุลอากาศจะสั่นไปมาและอยู่ในที่เดิม
3. การสั่นของเสียงพลังงานจะถูกถ่ายโอนจากแหล่งกำเนิดไปยังหูผู้ฟัง
4. ความถี่ของแหล่งกำเนิดเท่ากับความถี่เสียง
5. ความเร็วเสียงจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ถ้าอุณหภูมิคงที่

รูปแสดงโมเลกุลของคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศ



A. กราฟระหว่างความดันกับระยะทางของแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง

B. กราฟระหว่างการกระจัดกับระยะทางของแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง

ความรู้ประกอบการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงผ่านตัวกลาง

1. ขณะที่ยังไม่มีคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลอากาศ ระยะห่างของโมเลกุลอากาศจะห่างเท่ากัน
2. ตอนที่อากาศมีคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านทำให้เกิดความดันอากาศเปลี่ยนไป ทำให้คนได้ยินเสียง
3. ความถี่ของผู้ฟัง = ความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียง
4. บริเวณที่อากาศอัดตัวสูงกว่าปกติจะเกิดเสียงดังมาบริเวณที่อากาศอัดตัวน้อยกว่าปกติจะเกิดเสียงดังน้อย

5. กราฟระหว่างความดันกับระยะทางและการกระจัดกับระยะทางมีเฟสต่างกัน 90°

6. ระยะห่างจากช่วงอากาศอัดตัวเท่ากับ λ และอัดถึงขยายตัวเท่ากับ $\lambda/2$

แบบฝึกหัด 10.2 การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงผ่านตัวกลาง

1.1 ถ้ายานอวกาศ A และยานอวกาศ B อยู่ในบริเวณที่เป็นสุญญากาศ เมื่อยานอวกาศ A เกิดระเบิด คนในยานอวกาศ B จะได้ยินเสียงหรือไม่เพราะเหตุใด

10.2 อัตราเร็วของเสียง

1. ตัวกลาง เสียงจะเคลื่อนที่เร็วที่สุดเมื่อตัวกลางเป็นของแข็ง รองลงมาคือของเหลว และเคลื่อนที่ผ่านแก๊สได้ช้าที่สุด

ความหนาแน่นของของแข็ง > ความหนาแน่นของของเหลว > ความหนาแน่นของแก๊ส

$$D_{\text{ของแข็ง}} > D_{\text{ของเหลว}} > D_{\text{แก๊ส}}$$

2. ความหนาแน่นของตัวกลาง ความหนาแน่นมากความเร็วมาก ความหนาแน่นน้อยความเร็วน้อย

$$V_{\text{ของแข็ง}} > V_{\text{ของเหลว}} > V_{\text{แก๊ส}}$$

3. อุณหภูมิของตัวกลาง อัตราเร็วของเสียงเป็นปฏิภาคโดยตรงกับรากที่สองของอุณหภูมิสัมบูรณ์ขณะนั้น

ถ้าให้ v แทน ความเร็วของเสียงในอากาศ

T แทน อุณหภูมิสัมบูรณ์ ($t + 273$) T เป็น อุณหภูมิเคลวิน t เป็นอุณหภูมิเป็นเซลเซียส

$$v \propto \sqrt{T}$$

$$\text{สูตรเปรียบเทียบ} \quad \frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \dots\dots\dots(10.1)$$

ถ้าแปลงอุณหภูมิเป็นเซลเซียส

จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ $t = 0^\circ\text{C}$ เสียงจะมีความเร็วเท่ากับ 331 m/s

$$\text{แทนในสมการ 10.1} \quad \frac{V_{t^\circ\text{C}}}{V_{0^\circ\text{C}}} = \sqrt{\frac{t + 273}{0 + 273}}$$

$$\text{จะได้} \quad v_t = v_0 + 0.6 t \dots\dots\dots(10.2)$$

$$\text{หรือ} \quad v_t = 331 + 0.6 t \dots\dots\dots(10.3)$$

เมื่อ v_t แทน อัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ $t^\circ\text{C}$ v_0 แทน อัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ 0°C

อัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ 0°C ประมาณ 331 m/s และถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1°C อัตราเร็วของเสียงจะเปลี่ยนเป็น 0.6 m/s

ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (λ) ความถี่ (f) และอัตราเร็วเสียง (v)

ยังคงเป็นไปตามคุณสมบัติพื้นฐานทั่วไปคือ

$$v = \lambda f \dots\dots\dots(10.4)$$

เมื่อ

v แทน ความเร็วของคลื่นเสียง

f แทน ความถี่ของคลื่นเสียง

λ แทน ความยาวคลื่นของคลื่นเสียง

เพิ่มเติม

1. อัตราเร็วของเสียงในของแข็ง

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} \dots\dots\dots(10.5)$$

เมื่อ

Y = ค่ามอดูลัสของยัง (N/m^2)

v = อัตราเร็วของเสียงในของแข็ง (m/s)

ρ = ความหนาแน่นของของแข็ง (kg/m^3)

2. อัตราเร็วของเสียงในของเหลว

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \dots\dots\dots(10.6)$$

เมื่อ

B = ค่า Bulk modulus (N/m^2)

v = อัตราเร็วของเสียงในของแข็ง (m/s)

ρ = ความหนาแน่นของของแข็ง (kg/m^3)

การสะท้อนและการหักเหของเสียง

การสะท้อนของเสียง

เมื่อคลื่นเสียงเดินทางจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งที่มีความหนาแน่นต่างกัน เสียงจะเกิดการสะท้อน เช่น เสียงเดินทางจากอากาศไปยังผาผนัง

1. เสียงเดินทางจากตัวกลางที่หนาแน่นมากไปยังตัวกลางที่หนาแน่นน้อยกว่า จะทำให้เสียงสะท้อนเพียงบางส่วนเท่านั้น โดยที่คลื่นสะท้อนจะกลับเฟส 180 องศา ส่วนที่เหลือจะเคลื่อนที่ต่อไป

2. เสียงเดินทางจากตัวกลางที่หนาแน่นน้อยกว่าไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากกว่า จะทำให้เสียงสะท้อนกลับมีเฟสเหมือนเดิม

3. การสะท้อนของคลื่นเสียง มีหลักการเดียวกับคลื่นทั่วไป คือ

- ทิศทางของคลื่นตกกระทบ เส้นปกติ ทิศทางคลื่นสะท้อนต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน
- มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

4. เสียงก้อง (Echo Sound) เป็นเสียง ๆ เดียวกันที่เราได้ยินซ้ำ ๆ กันหลายครั้ง ซึ่งมันผลเนื่องจากเสียงสะท้อนจากสิ่งกีดขวาง เข้าสู่หูเราในเวลาที่แตกต่างกันมากกว่า $\frac{1}{10}$ วินาที เช่น เสียงในอากาศมีความเร็วเป็น 340 เมตรต่อวินาที เราจะต้องยืนห่างจากสิ่งสะท้อนเสียงเป็นระยะทางสั้นที่สุดเท่าใดจึงจะได้ยินเสียงสะท้อนใด

ประโยชน์ของเสียงสะท้อนกับมนุษย์และสัตว์

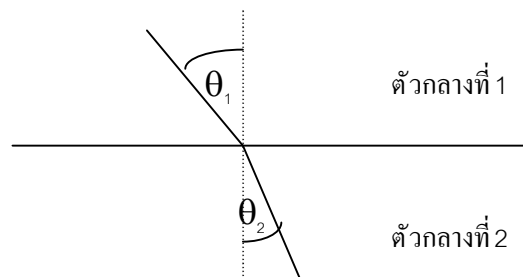
1. ใช้ในการหาอาหารของสัตว์บางชนิด เช่น ค้างคาว ปลาโลมา
2. ใช้ผลิตเครื่องโซนาร์ (SONAR) ซึ่งสามารถผลิตคลื่นเสียงอัลตราโซนิกขึ้นได้ ซึ่งคลื่นนี้เมื่อส่งไปกระทบกับสิ่งกีดขวางจะสะท้อนกลับเข้าเครื่อง ทำให้ทราบลักษณะทิศระยะทางของสิ่งกีดขวาง
3. ใช้ตรวจรอยร้าวในเนื้อโลหะ
4. ใช้ในทางการแพทย์ เพื่อตรวจดูความผิดปกติของเนื้อเยื่อภายใน เช่น นัยน์ตา ดับ มดลูก มะเร็งในสมอง และทารกในครรภ์ ที่ใช้ในวงการแพทย์มีช่วงความถี่ ระหว่าง 1,000,000 - 4,000,000 Hz
5. ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค และทำความสะอาดเสื้อผ้า

การหักเหของคลื่นเสียง

เมื่อเสียงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกันหรือแม้แต่ว่าตัวกลางชนิดเดียวกันแต่มีอุณหภูมิต่างกัน จะมีผลให้อัตราเร็วของคลื่นเสียงเปลี่ยนไป เช่น ขณะที่พายุฝนฟ้าคะนอง ในบางครั้งปรากฏว่าพื้นฟ้าแลบ แต่ไม่ได้ยินเสียงเนื่องจากเสียงที่เกิดขึ้น เกิดการหักเหในชั้นบรรยากาศกลับไปหมด จึงไม่มีคลื่นเสียงส่งมายังหูเรา

กฎการหักเห มี 2 ข้อ คือ

1. ทิศทางของคลื่นตกกระทบ เส้นปกติ ทิศทางคลื่นสะท้อนต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน
2. อัตราส่วนระหว่าง $\sin$ ของมุมตกกระทบกับ $\sin$ ของมุมหักเหมีค่าคงที่ ค่าคงที่นี้คือ ดรรชนีของตัวกลางที่สองเทียบกับตัวกลางแรก



เมื่อตัวกลางเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน หรือแม้แต่ว่าตัวกลางชนิดเดียวกันแต่มีอุณหภูมิต่างกัน จะมีผลให้อัตราเร็วของคลื่นเสียงเปลี่ยนไป และทิศทางของเสียงเปลี่ยนไปซึ่งเป็น

ไปตามกฎของสเนล (Snell ' s Law)

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} \dots\dots\dots (10.7)$$

เมื่อ θ_1 แทน มุมตกกระทบ

θ_2 แทน มุมหักเห

λ_1 แทน ความยาวคลื่นในตัวกลางที่ 1

λ_2 แทน ความยาวคลื่นในตัวกลางที่ 2

v_1 แทน ความเร็วของคลื่นเสียงในตัวกลางที่ 1

v_2 แทน ความเร็วของคลื่นเสียงในตัวกลางที่ 2

n_1, n_2 แทน ครรชนหักเหสัมพัทธ์ ของตัวกลางที่ 2 เทียบกับตัวกลางที่ 1

อากาศที่อุณหภูมิสูง จะมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศที่มีอุณหภูมิต่างกันจะเกิดการหักเห และทิศทางของคลื่นเสียงจะเปลี่ยนไป

- คลื่นเสียงที่เคลื่อนที่จากความเร็วต่ำสู่ความเร็วสูง จะหักเหออกจากเส้นปกติ
- คลื่นเสียงที่เคลื่อนที่จากความเร็วสูงสู่ความเร็วต่ำ จะหักเหเข้าหาเส้นปกติ

เราอาจจะยกตัวอย่างที่พบเห็นในชีวิตประจำวันได้ดังนี้ การเห็นฟ้าแลบแต่ไม่ได้ยินเสียงร้องเพราะขณะเกิดฟ้าแลบอากาศเบื้องบนอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศเบื้องล่าง ฉะนั้นอัตราเร็วของคลื่นเสียงที่เกิด จะเปลี่ยนจากอัตราเร็วต่ำไปสู่อัตราเร็วสูง ทำให้เกิดคลื่นเสียงเบนออกจากเส้นปกติ ถ้าอุณหภูมิบนและส่วนล่างต่างกันมาก ๆ จะทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมด ทำให้ไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้อง

แบบฝึกหัด 10.3 อัตราเร็วของเสียง

- 1.1 จงหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และ 30 องศาเซลเซียส
- 1.2 จงหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ 30 °C กำหนดให้อัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ 0 °C เท่ากับ 331 m/s
- 1.3 จงหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ 323 K กำหนดให้อัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ 0 °C เท่ากับ 331 m/s
- 1.4 ที่อุณหภูมิ 20 °C กับ 40 °C อัตราเร็วของเสียงจะต่างกันเท่าใด
- 1.5 ที่อุณหภูมิ 283 K กับ 313 K อัตราเร็วของเสียงจะต่างกันเท่าใด
- 1.6 ที่อุณหภูมิ 35 °C คลื่นเสียงที่มีความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ จะมีความยาวคลื่นเท่าใด
- 1.7 ถ้าเสียงมีความเร็ว 300 เมตรต่อวินาที ระยะห่างระหว่างส่วนอัดที่อยู่ติดกันห่างกัน 1.5 เมตร ความถี่ของคลื่นเสียงเป็นเท่าใด
- 1.8 ถ้าเสียงมีความเร็ว 400 เมตรต่อวินาที ระยะห่างระหว่างส่วนขยายที่อยู่ติดกันห่างกัน 2 เมตร ความถี่ของคลื่นเสียงเป็นเท่าใด
- 1.9 ค้างคาบส่งคลื่นอัลตราโซนิก ความยาวคลื่นสั้นที่สุด 0.3 มิลลิเมตร ออกมาถ้าอัตราเร็วของเสียงในอากาศขณะนั้นเท่ากับ 330 เมตรต่อวินาที ความถี่ของคลื่นที่มากที่สุดที่ค้างคาบส่งออกมามีค่าเท่าใด
- 1.10 ค่ามอดูลัสของยังของเหล็กกล้าเท่ากับ $3.2 \times 10^{12} \text{ N/m}^2$ และมีความหนาแน่น 8000 kg/m^3 อัตราเร็วของคลื่นเสียงในเหล็กกล้ามีค่าเท่าใด

- 1.11 ชายคนหนึ่งตะโกนด้วยเสียงที่มีความถี่ 1,000 Hz โดยหันหน้าเข้าหาหน้าผาซึ่งอยู่ห่างออกไป 680 เมตร
ปรากฏว่าเขาได้ยินเสียงสะท้อนกลับมาภายหลังเขาตะโกนไปแล้ว 1 วินาที จงหาว่าอัตราเร็วเสียงและความยาวคลื่นเสียงที่เขาตะโกนมีค่าเท่าใด
- 1.12 เรือลำหนึ่งลอยนิ่งอยู่ ณ ความลึก 600 เมตร ถ้าส่งคลื่นลงไปตรง ๆ และสามารถรับคลื่นสะท้อนกลับมา
ได้ในเวลา 0.8 วินาที อัตราเร็วของคลื่นน้ำมีค่าเท่าใด
- 1.13 ยิงปืนห่างจากหน้าผาแห่งหนึ่งปรากฏว่าได้ยินเสียงสะท้อนในเวลา 1 วินาที ถ้าขณะนั้นอุณหภูมิเท่ากับ 125°C
หน้าผาอยู่ห่างจากจุดที่ยิงเท่าใด
- 1.14 ชายคนหนึ่งทิ้งก้อนหินลงไปในหลุมลึก 250 เมตร ที่อุณหภูมิ 5°C เขาจะได้ยินเสียงสะท้อนกลับในเวลา
เท่าใด
- 2.1 คนที่มีบ้านพักริมทางรถไฟมักตรวจสอบว่าจะมีขบวนรถไฟผ่านหรือไม่ โดยใช้หูแนบกับรางรถไฟ เพราะเหตุ
ใดจึงทำเช่นนั้น
- 2.2 จะมีวิธีทดสอบได้อย่างไรว่า อัตราเร็วเสียงในอากาศที่อุณหภูมิหนึ่งๆ มีค่าคงตัวโดยไม่ขึ้นอยู่กับความถี่
- 3.1 ถ้ายิงปืนระหว่างหน้าผาสองแห่ง ปรากฏว่าได้ยินเสียงสะท้อน 2 ครั้ง หลังจากยิงปืนเป็นเวลา 2 วินาที และ 3
วินาทีตามลำดับ จงหาระยะระหว่างหน้าผาทั้งสอง กำหนดอุณหภูมิของอากาศขณะนั้นเป็น 40 องศาเซลเซียส
อัตราเร็วของเสียงที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสเท่ากับ 331 เมตรต่อวินาที และเพิ่มขึ้น 0.6 เมตร ต่อวินาที ทุก 1
องศาเซลเซียส (887.5 m)
- 3.2 จงหาความยาวคลื่นของเสียงซึ่งมีความถี่ 1000 เฮิรตซ์ ขณะคลื่นเสียงผ่านอากาศ น้ำ และเหล็ก ที่มีอุณหภูมิ 0
องศาเซลเซียสเท่ากัน กำหนดให้อัตราเร็วของเสียงในอากาศ น้ำ และเหล็ก ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีค่า
เป็น 343 1482 และ 5941 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ (0.34 m , 1.48 m , 5.94 m)
- 3.3 เครื่องโซนาร์บนเรือลำหนึ่งส่งคลื่นลงไปได้ที่ท้องทะเล และรับเสียงสะท้อนได้ในเวลา 5 วินาที
ถ้าอัตราเร็วของเสียงในน้ำทะเลเท่ากับ 1450 เมตรต่อวินาที ท้องทะเลนั้นลึกเท่าใด ($6,25\text{ m}$)
- 4.1 (O-NET49) ชาวประมงส่งคลื่นโซนาร์ไปยังฝูงปลาพบว่าช่วงเวลาที่ยาวนานที่สุดที่คลื่นออกไปจากเครื่องส่งจนกลับ
มาถึงเครื่องเป็น 1.0 วินาทีพอดี จงหาว่าปลาอยู่ห่างจากเรือเท่าใด กำหนดให้อัตราเร็วของคลื่นในน้ำเป็น
1,540 เมตร/วินาที
1. 260 m 2. 520 m 3. 770 m 4. 1,540 m
- 4.2 (O-NET50) ข้อใดต่อไปนี้เป็นวัตถุประสงค์ของการบุผนังของโรงงานภาพยนตร์ด้วยวัสดุกลืนเสียง
1. ลดความถี่ของเสียง 2. ลดความดังของเสียง
3. ลดการสะท้อนของเสียง 4. ลดการหักเหของเสียง
- 4.3 (O-NET52) ข้อใดไม่ถูกต้อง
1. ค้างคาวอาศัยคลื่นเสียงในย่านอินฟราโซนิกในการบอกทิศทางและจับเหยื่อ
2. สุนัขสามารถได้ยินเสียงที่มีความถี่ในย่านอัลตราโซนิกได้
3. เสียงที่มีความถี่ในย่านอินฟราโซนิกจะมีความถี่ต่ำกว่าความถี่ที่มนุษย์สามารถได้ยิน
4. คลื่นเสียงในย่านอัลตราโซนิกสามารถใช้ทำความสะอาดเครื่องมือแพทย์

4.4 (O-NET52) ข้อใดต่อไปนี้ ที่มีผลทำให้อัตราเร็วของคลื่นเสียงในอากาศเปลี่ยนแปลงได้

1. ลดความถี่
2. เพิ่มความยาวคลื่น
3. เพิ่มแอมพลิจูด
4. ลดอุณหภูมิ

4.5 (O-NET52) เครื่องโซนาร์ในเรือประมงได้รับสัญญาณสะท้อนจากท้องทะเล หลังจากส่งสัญญาณลงไปเป็นเวลา 0.4 วินาที ถ้าอัตราเร็วเสียงในน้ำเป็น 1,500 เมตรต่อวินาที ทะเลมีความลึกเท่าเท่ากับข้อใด

1. 150 เมตร
2. 300 เมตร
3. 600 เมตร
4. 900 เมตร

4.6 (O-NET53) วัสดุที่ใช้ในการบุผนังโรงภาพยนตร์มีผลในการลดปรากฏการณ์ใดของเสียง

1. การหักเห
2. การสะท้อน
3. การสั่นพ้อง
4. ดอปเพลอร์

4.7 (O-NET54) ปัจจัยต่อไปนี้ มีผลต่อความเร็วเสียงในอากาศ

1. ความถี่
2. อุณหภูมิ
3. ความดัน
4. ความชื้นเสียง

4.8 (O-NET54) ห้องประชุมหรือโรงภาพยนตร์ มักบุเพดานห้องด้วยกระดาษขานอ้อย ติดผ้าม่านที่ผนังห้อง และปูพรมที่พื้น ทั้งนี้เพื่อช่วยลดเสียงที่เกิดจากคุณสมบัติข้อใด

1. การสะท้อนของเสียง
2. การหักเหของเสียง
3. การแทรกสอดของเสียง
4. การเลี้ยวเบนของเสียง

5.1 (มข.50) ชายคนหนึ่งยืนตะโกนเข้าใส่หน้าผา เขาได้ยินเสียงสะท้อนกลับมาหลังจากตะโกนไป เขาที่ถ้าความเร็วของเสียงในอากาศขณะนั้นเท่ากับ 350 เมตรต่อวินาที จงหาว่า หน้าผาอยู่ห่างจากชายคนนี้เป็นระยะทางเท่าไร

1. 35 เมตร
2. 175 เมตร
3. 350 เมตร
4. 700 เมตร

5.2 (มข.51) ข้อใดต่อไปนี้ มีผลต่ออัตราเร็วของเสียง

- ก. อุณหภูมิ ข. ความถี่ ค. ความยาวคลื่น

คำตอบที่ถูกต้องคือ

1. ข้อ ก. เท่านั้น
2. ข้อ ก. และ ข้อ ข.
3. ข้อ ก. และ ข้อ ค.
4. ข้อ ข. และ ข้อ ค.

5.3 (มข.53) เปิดเสียงความถี่ 200 เฮิรตซ์ ให้เคลื่อนที่กระจายไปในอากาศที่มีอุณหภูมิ 25 °C จงหาค่าความยาวคลื่นเสียง

1. 500 เมตร
2. 346 เมตร
3. 8.0 เมตร
4. 1.73 เมตร

5.4 (มข.54) ถ้าอากาศมีอุณหภูมิ 0 °C ความเร็วเสียงในอากาศมีค่าเท่าไร

1. 330 เมตร/วินาที
2. 331 เมตร/วินาที
3. 340 เมตร/วินาที
4. 343 เมตร/วินาที

5.5 กำหนดให้ อัตราเร็วเสียงในน้ำทะเลเป็น 1500 m/s และในอากาศปกติเป็น 300 m/s ส่งคลื่นเสียงที่มีความยาวคลื่นในอากาศเป็น 0.5 m ลงไปที่ผิวน้ำทะเลในแนวตั้งในช่วงเวลานั้นๆ หลังจากนั้น ได้ยินเสียงสะท้อนกลับ จงหาความลึกของน้ำที่ตำแหน่งนั้น และความถี่ของคลื่นเสียงที่ใช้

1. ทะเลลึก 4500 m เสียงมีความถี่ 600 Hz
2. ทะเลลึก 9000 m เสียงมีความถี่ 600 Hz
3. ทะเลลึก 4500 m เสียงมีความถี่ 3000 Hz
4. ทะเลลึก 9000 m เสียงมีความถี่ 3000 Hz

10.4 ความเข้มเสียงและการได้ยิน

10.4.1 ความเข้มเสียง

แหล่งกำเนิดที่มีช่วงกว้างของการสั่น (amplitude) กว้างมาก จะเกิดเสียงดังกว่าเสียงที่มี amplitude น้อย ในทางวิทยาศาสตร์ เรียกความดังของเสียงว่า *ความเข้มของเสียง* การวัดความเข้มของเสียงวัดได้จากพลังงานของเสียงที่ตกตั้งฉากบน 1 หน่วยพื้นที่ใน 1 หน่วยเวลา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (watt/m^2) และหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

เมื่อ I คือ ความเข้มของเสียงที่จุดใดจุดหนึ่ง (watt/m^2)

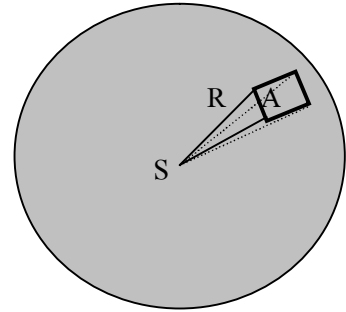
P คือ กำลังของเสียงจากแหล่งกำเนิด (watt)

R คือ ระยะระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับจุดที่พิจารณา (m)

A คือ พื้นที่ของเสียงที่ตกตั้งฉากกับแหล่งกำเนิด (m^2)

S คือ จุดกำเนิดคลื่นเสียงที่มีหน้าคลื่นเป็นรูปทรงกลม

$\therefore$ พื้นที่ ๆ เสียงตกตั้งฉากก็คือ พื้นที่ผิวทรงกลม ซึ่งมีพื้นที่ $4\pi R^2$



$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi R^2} \dots\dots\dots(10.8)$$

$$\therefore I \propto \frac{1}{R^2}$$

ความเข้มเสียงสูงสุดที่มนุษย์ได้ยิน (เสียงดัง) 1 watt/m^2

ความเข้มเสียงต่ำสุดที่มนุษย์ได้ยิน (เสียงเบา) $10^{-12} \text{ watt/m}^2$

10.4.2 ระดับความเข้มของเสียง

เมื่อหาอัตราส่วนระหว่างความเข้มเสียงที่ดังที่สุดที่มนุษย์ทนฟังได้กับความเข้มเสียงเบาที่สุดที่มนุษย์ได้ยิน มีค่ามากถึง 10^{12} ดังนั้นเพื่อความสะดวกในทางปฏิบัติ จึงนิยมใช้ **ระดับความเข้มเสียง** เป็นปริมาณที่บอกความดังของเสียงแทน ความเข้มเสียง และเป็นเกียรติแก่ อเล็กซานเดอร์ เกรแฮม เบล ระดับความเข้มของเสียงและมีหน่วยเรียกว่า เบล แต่เนื่องจากเบลเป็นหน่วยที่ใหญ่เกินไป ไม่สามารถบอกความละเอียดที่จะบอกค่าความดังของเสียงต่าง ๆ ได้ จึงแบ่งเป็นหน่วยย่อยลงไป เรียกว่า เดซิเบล (dB)

มนุษย์สามารถได้ยินเสียงที่มีความดังที่ระดับความเข้มของเสียงตั้งแต่ -120 เดซิเบล เสียงที่ดังมากเกินไปอาจทำให้หูหนวกได้ เช่น เสียงฟ้าผ่าใกล้ๆ ตัว ที่มีค่าความดังเกิน 20 dB เป็นต้น เสียงที่มีความดังไม่มากแต่ได้ยินเป็นเวลานานหลายชั่วโมงก็อาจเป็นอันตรายได้ เช่น เสียงเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม (มลภาวะทางเสียง) องค์การอนามัยโลกจึงกำหนดว่าเสียงที่ปลอดภัยต้องมีความเข้มไม่เกิน 5 dB เมื่อต้องได้ยินติดต่อกันวันละ 8 ชั่วโมงขึ้นไป เสียงที่ดังไม่ถึงขั้นเป็นอันตรายกับหูแต่อาจมีผลกระทบทางด้านจิตใจได้ เช่น ทำให้เกิดความเครียด ไม่มีสมาธิ เป็นต้น

เราสามารถหาระดับความเข้มของเสียง ได้ดังนี้

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \dots\dots\dots(10.9)$$

เมื่อ β คือ ระดับความเข้มของเสียงที่จุดพิจารณา (dB , เดซิเบล)

I คือ ความเข้มของเสียงขณะใดขณะหนึ่งที่จุดพิจารณา (watt/m^2)

I_0 คือ ความเข้มของเสียงต่ำสุดที่มนุษย์ได้ยิน $= 10^{-12} \text{ watt/m}^2$

ตาราง แสดงระดับความเข้มเสียงจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ

แหล่งกำเนิด	ระดับความเข้มเสียง (dB)	ผลการรับฟัง
การหายใจปกติ	10	แทบจะไม่ได้ยิน
การกระซิบแผ่วเบา	30	เจิบมาก
สำนักงานที่เงียบ	50	เจิบ
การพูดคุยธรรมดา	60	ปานกลาง
เครื่องดูดฝุ่น	75	ดัง
โรงงานทั่วไป, ถนนที่มีการจราจรหนาแน่น	80	ดัง
เครื่องเสียงสเตอริโอในห้อง, เครื่องเจาะถนน	90	รับฟังบ่อย ๆ
แบบอัดลม	100	การได้ยินจะเสื่อมอย่างถาวร
เครื่องตัดหญ้า		
ดิสโก้เทค การแสดงดนตรีประเภทร็อก	120	ไม่สบายหู
ฟ้าผ่าระยะใกล้	130	
เครื่องบินไอพ่นกำลังขึ้นที่ระยะใกล้	150	เจ็บปวดในหู
จรวดขนาดใหญ่กำลังขึ้นที่ระยะใกล้	180	แก้วหูชำรุดทันที

ข้อสังเกต

1. I รวมกันตรง ๆ ได้ คือ $I_{\text{รวม}} = I_1 + I_2 + I_3$ 2. β รวมกันตรง ๆ ไม่ได้ คือ $\beta_{\text{รวม}} \neq \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$

10.4.3 มลภาวะของเสียง

เมื่อเราอยู่ใกล้บริเวณที่กำลังมีการตอกเสาเข็มหรือมีการขุดเจาะถนนด้วยเครื่องเจาะหรือบริเวณโรงงานอุตสาหกรรมที่มีเครื่องจักรขนาดใหญ่ หรือแม้แต่ในบริเวณสนามบิน เสียงที่เกิดขึ้นในบริเวณเหล่านี้ จะเป็นเสียงที่มีระดับความเข้มเสียงสูง ถ้าหูรับฟังเสียงเหล่านี้ติดต่อกันนาน ๆ จะทำให้สภาพหูและสภาพจิตใจของผู้ฟังผิดปกติ ดังนั้นผู้ที่ทำงานในบริเวณที่มีระดับความเข้มสูง จึงต้องมีจุดอุดหูหรือที่ครอบหูหรือวัสดุเก็บเสียงอื่นๆ เพื่อช่วยลดระดับความเข้มเสียงให้หูปลอดภัย

เนื่องจากเสียงที่มีระดับความเข้มเสียงสูง เป็นอันตรายต่อผู้ฟังที่อยู่ใกล้ กระทรวงมหาดไทยจึงได้ออกประกาศเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานในบริเวณที่มีเสียงดัง โดยมีเกณฑ์ ดังแสดงในตาราง

ตาราง ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยเกี่ยวกับเสียง

เวลาในการทำงานต่อวัน (ชั่วโมง)	ระดับความเข้มเสียงที่คนทำงานได้รับอย่างต่อเนื่องต้องไม่เกิน (เดซิเบล)
น้อยกว่า 7	91
7 – 8	90
มากกว่า 8	80

เสียงที่มีระดับความเข้มเสียงสูง และเสียงที่ทำความรำคาญแก่ผู้ฟัง คือ มลภาวะของเสียง

การปรับปรุงหรือแก้ไข แหล่งกำเนิดเสียงให้มีความดังเสียงลดลง จะทำให้ระดับความเข้มของเสียงลดลงด้วย จึงจัดเป็นการลดมลภาวะของเสียงวิธีหนึ่ง ในกรณีที่เราไม่สามารถแก้ไขความดังของเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียงได้ การป้องกันโดยวิธีอื่น ๆ เช่น การใช้จุดอุดหู หรือที่ครอบหู หรือการติดตั้งวัสดุเก็บเสียง จะสามารถช่วยลดมลภาวะของเสียงได้

10.4.4 หูกับการได้ยิน

หูเป็นอวัยวะสำคัญในการรับเสียง แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

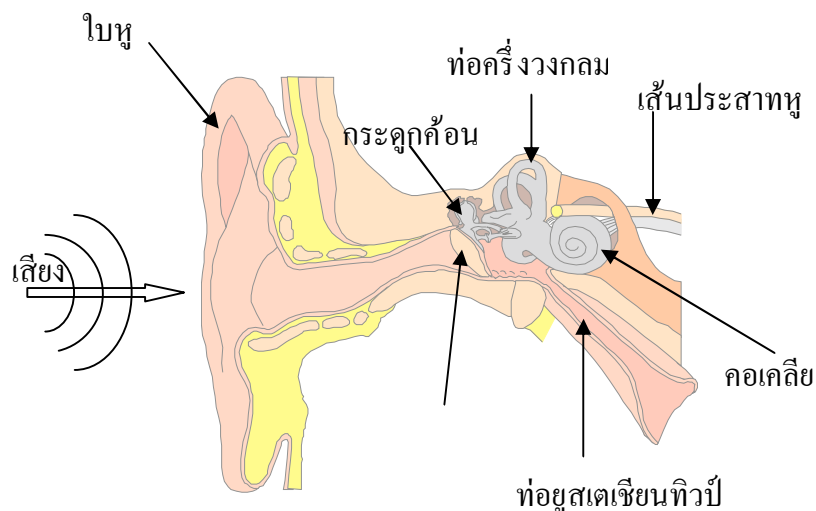
1. หูส่วนนอก (external ear) ประกอบด้วยใบหู รูหูหรือช่องหู จนถึงแก้วหู ทำหน้าที่รับเสียงจากภายนอก คลื่นเสียงเดินทางไปทางรูหู โดยมีช่องหูทำหน้าที่รวมเสียงไปสู่แก้วหู

2. หูส่วนกลาง (middle ear) อยู่ถัดจากแก้วหูเข้าไป มีลักษณะเป็นโพรงอากาศ ภายในมีกระดูก 3 ชิ้น ได้แก่กระดูกค้อน อยู่ชิดแนบกับแก้วหู กระดูกโกลนมีฐานวางปิดช่องที่ต่อไปยังหูชั้นใน และกระดูกทั่งทำหน้าที่ส่งต่อแรงสั่นสะเทือนของเสียงไปยังหูส่วนใน และหูส่วนกลาง นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ปรับความดันอากาศภายในให้เท่ากับความดันอากาศภายนอก โดยอาศัยท่อที่ติดต่อกับโพรงอากาศ หากความดันไม่เท่ากันจะทำให้หูอื้อ ได้ยินเสียงไม่ชัดเจน

3. หูส่วนใน (inner ear) ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน

ส่วนแรก คือ คอเคลีย (cochlea) เป็นท่อขดคล้ายรูปหอยโข่ง ภายในมีของเหลว มีเซลล์รับความรู้สึกสั่นสะเทือนของของเหลวภายในคอเคลีย ทำหน้าที่รับคลื่นเสียง และแปลงเป็นคลื่นไฟฟ้าไปตามประสาทได้ยินไปยังสมอง เพื่อรับรู้การได้ยินและแปลความหมายโดยสมอง

ส่วนที่สอง คือ ท่อครึ่งวงกลม 3 ท่อ ตั้งฉากซึ่งกันและกัน ทำหน้าที่รับการทรงตัวของร่างกายและการเคลื่อนไหวของศีรษะ



แบบทดสอบ 10.4 ความเข้มเสียงและการได้ยิน

1.1 ชายคนหนึ่งขณะอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิด 3 เมตรจะได้ยินเสียงมีความเข้ม 10^{-8} W/m^2 แหล่งกำเนิดเสียงมีความถี่ 360 Hz ($36 \times 10^{-8} \pi$ วัตต์)

1.2 ความเข้มของเสียงที่น้อยที่สุดที่มนุษย์รับฟัง ได้มีค่า 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตรเสียงที่มีความเข้ม 10^{-10} วัตต์ต่อตารางเมตรจะมีระดับความเข้มเสียงเป็นเท่าใด

- 1.3 แผลงตัวหนึ่งบินหนีไปในแนวเส้นตรงด้วยความเร็ว 0.1 m/s จากคนคนหนึ่งซึ่งยืนอยู่นิ่งในที่โล่งอากาศราบว่าคนนั้นจะได้ยินเสียงจากการบินของแมลงนานเท่าใดถ้ากำหนดให้อัตราของพลังงานเสียงที่แมลงนั้นส่งออกมาเท่ากับ $4\pi \times 10^{-12}$ วัตต์เมื่อเสียงที่เบาที่สุดที่มนุษย์สามารถได้ยินได้มีความเข้ม 10^{-12} วัตต์ตารางเมตร
- 1.4 สีไวโอลินหนึ่งตัวมีระดับความเข้มเสียง 10 เดซิเบล ถ้าจะให้ระดับความเข้มเสียงเป็น 30 เดซิเบล จะต้องสีไวโอลินพร้อมกันกี่ตัว
- 2.1 ระดับเสียงที่ต่ำที่สุดกี่เดซิเบล ที่มนุษย์ไม่ควรฟังติดต่อกันเกิน 8 ชั่วโมง ตามกฎหมายแรงงาน
- 2.2 ในบางครั้งเราอาจเรียกสุนัขด้วยการเป่านกหวีดชนิดที่คนไม่ได้ยินเสียง นกหวีดชนิดนี้ควรให้เสียงความถี่อย่างไร
- 2.3 หูของคนมีกำลังเสียง 20 วัตต์ ถ้าคลื่นเสียงจากหูคนไปแผ่หน้าคลื่นออกไปเป็นรูปทรงกลม จงหาความเข้มเสียงที่ผิวทรงกลม ซึ่งอยู่ห่างออกไปจากหูคน 150 เมตร ($7.07 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$)
- 3.2 นาย ก. เห็นพลุแตกกลางอากาศเหนือศีรษะเขาขึ้น 80 เมตร ขณะเดียวกันนาย ข. ซึ่งอยู่ห่างจากนาย ก. ตามแนวราบ เป็นระยะทาง 60 เมตร ก็เห็นพลุแตกเช่นกัน ความเข้มของเสียงพลุที่นาย ข. ได้รับเป็นกี่เท่าของความเข้มเสียงพลุที่นาย ก. ได้รับ (0.64)
- 3.3 รถยนต์ที่วิ่งบนทางด่วนพิเศษสายหนึ่ง ทำให้เกิดเสียงที่มีระดับเสียง 90 เดซิเบล ที่ระยะห่างจากถนน 20 เมตร นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรที่จะทำให้ได้ยินเสียงนี้มีระดับลดลง(-)
- 4.1 (O-NET49) เสียงผ่านหน้าต่างในแนวตั้งจากมีค่าความเข้มเสียงที่ผ่านหน้าต่างเฉลี่ย 1.0×10^{-4} วัตต์ต่อตารางเมตร หน้าต่างกว้าง 80 เซนติเมตร สูง 150 เซนติเมตร กำลังเสียงที่ผ่านหน้าต่างมีค่าเท่าใด
1. $0.8 \times 10^{-4} \text{ W}$ 2. $1.2 \times 10^{-4} \text{ W}$ 3. $1.5 \times 10^{-4} \text{ W}$ 4. $8.0 \times 10^{-4} \text{ W}$
- 5.1 (มข.50) โรงงานแห่งหนึ่งเปิดเครื่องจักรเครื่องหนึ่ง และวัดระดับความเข้มเสียงที่เกิดจากการทำงานของเครื่องจักรได้ 80 เดซิเบล ถ้าโรงงานนี้เปิดใช้เครื่องจักรทั้งหมดที่มีอยู่ 20 เครื่อง จะวัดระดับความเข้มเสียงได้เท่าไร (สมมติให้ความเข้มเสียงที่ออกมาจากเครื่องจักรแต่ละเครื่องมีขนาดเท่ากันที่ตำแหน่งเครื่องวัด) (กำหนดให้ $\log 2 = 0.3$)
1. 86 เดซิเบล 2. 93 เดซิเบล 3. 100 เดซิเบล 4. 160 เดซิเบล
- 5.2 (มข.51) ถ้าลำโพงเครื่องหนึ่งมีกำลังลดลงจากเดิม 10% และผู้ฟังยืนห่างจากลำโพงเป็น 2 เท่าของระยะห่างเดิม จงหาว่าผู้ฟังจะได้ยินเสียงที่มีระดับความเข้มเสียงลดลงกี่เดซิเบล กำหนดให้ $\log 2 = 0.3$ $\log 3 = 0.5$
1. 6.0 2. 4.0 3. 3.0 4. 2.0
- 5.3 (มข.51) เมื่อยิงปืน 1 นัด ทำให้เกิดเสียงที่มีระดับความเข้มเสียง 20 เดซิเบล ถ้าต้องการทำให้เสียงที่มีระดับความเข้มเสียง 40 เดซิเบล จะต้องยิงปืนพร้อมกันกี่กระบอก
1. 2 2. 10 3. 20 4. 100
- 5.4 (มข.52) แดงเห็นดอกไม้ไฟระเบิดอยู่เหนือศีรษะของเขาในระยะ 10 เมตรพอดี ในขณะที่เดียวกัน ถ้าดำยืนห่างจากแดง บนพื้นราบเดียวกันไปตามแนวราบเป็นระยะ 24 เมตร เขาจะได้ยินเสียง ดอกไม้ไฟระเบิดด้วยความเข้มเสียงเป็นกี่เท่าที่แดงได้ยิน
1. 25:169 2. 25:144 3. 5:13 4. 5:12

5.5 (มข.53) เมื่อเรายืนห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงคงตัว 10 เมตร เราได้ยินเสียงด้วยระดับความเข้ม 50 เดซิเบล ถ้าเราเดินเข้าหาแหล่งกำเนิดเสียงจนเหลือระยะห่าง 1 เมตร จะได้ยินเสียงดังกี่เดซิเบล

1. 52 2. 70 3. 500 4. 5000

5.6 (มข.52) ความเข้มเสียง 18×10^{-7} วัตต์ต่อตารางเมตร คิดเป็นระดับความเข้มเสียงกี่เดซิเบล

(กำหนดให้ $\log 2 = 0.3010$ และ $\log 3 = 0.4771$)

1. 5.26 2. 50 3. 52.6 4. 62.6

5.7 (มข.54) แสงยืนห่างจากลำโพง 40 เมตรจะพอดีได้ยินเสียงจากลำโพง ถ้าเขาเดินเข้าไปยืนที่ตำแหน่งห่างจากลำโพง 10 เมตร จะได้ยินเสียงที่วัตต์/ตารางเมตร

1. 2×10^{-12} 2. 4×10^{-12} 3. 8×10^{-12} 4. 16×10^{-12}

5.8 มานีเห็นพลุแตกกลางอากาศเหนือศีรษะขึ้นไป 40 เมตร ขณะเดียวกันกับชูใจ ซึ่งอยู่ห่างจากมานีตามแนวราบเป็นระยะทาง 30 เมตร ก็เห็นพลุแตกเช่นกัน ความเข้มเสียงที่ชูใจได้ยินเป็นกี่เท่าของมานี(มข.55)

1. 0.64 เท่า 2. 0.36 เท่า 3. 2.44 เท่า 4. 7.72 เท่า

10.5 เสียงดนตรี

10.5.1 ระดับเสียง

การได้ยินเสียงในแต่ละครั้ง มียอดประกอบสำคัญ 3 ประการ คือ

1. แหล่งกำเนิดเสียง 2. ตัวกลาง 3. ประสาทรับเสียง

เมื่อมียอดประกอบ 3 ประการครบแล้ว เราอาจจะได้ยินหรือไม่ได้ยินเสียงก็ได้ ขึ้นอยู่กับที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. ความถี่ของเสียง 2. ความเข้มของเสียง

ลักษณะของเสียงที่ได้นั้น แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

1. เสียงดัง- ค่อย ขึ้นอยู่กับอัมพลิจูดของเสียง ถ้าคลื่นเสียงอัมพลิจูดมากเสียงดังมาก ถ้าคลื่นเสียง

อัมพลิจูดน้อยเสียงดังค่อย

2. เสียงแหลม – ทุ้ม (หรือระดับเสียง) ขึ้นกับความถี่ของเสียง ถ้าคลื่นเสียงมีความถี่สูงเสียงจะแหลม

ถ้าคลื่นเสียงมีความถี่ต่ำเสียงจะทุ้ม ความถี่ต่ำสุด- ความถี่สูงสุดที่หูคนปกติได้ยินเท่ากับ 20 – 20,000 เฮิรตซ์

การแบ่งระดับเสียง มีหลายวิธี เช่น

1. การแบ่งเสียงดนตรีทางวิทยาศาสตร์

ตาราง การแบ่งระดับเสียงดนตรีในวิทยาศาสตร์

ระดับเสียง	C (โด)	D (เร)	E (มี)	F (ฟา)	G (ซอล)	A (ลา)	B (ที)	C' (โด)
ความถี่ (Hz)	256	288	320	341	384	427	480	512

2. การแบ่งระดับเสียงของเครื่องดนตรีสากลที่นิยมในปัจจุบัน

ตาราง การแบ่งระดับเสียงดนตรีในทางดนตรีสากล

ระดับเสียง	C (โด)	D (เร)	E (มี)	F (ฟา)	G (ซอล)	A (ลา)	B (ที)	C' (โด)
ความถี่ (Hz)	261.6	293.7	329.6	349.2	392.0	440.0	493.9	523.3

เสียงคู่แปด (Octave) คือ เสียงดนตรีในทางวิทยาศาสตร์คู่หนึ่งที่มีความถี่เป็น 2 เท่าของอีกค่าหนึ่งเช่น

เสียง C กับ C' เป็นเสียงคู่แปด เพราะ C' มีความถี่ 2 เท่าของ C

เสียง C' กับ C'' เป็นเสียงคู่แปด เพราะ C'' มีความถี่ 2 เท่าของ C'

การหาความสัมพันธ์ของความถี่ในเสียงคู่แปด

$$x' = 2x$$

$$x'' = 2x' = 2(2x) = 2^2x$$

$$x''' = x'' = 2(2^2x) = 2^3x$$

$$\text{ดังนั้น } x^n = 2^n x \dots\dots\dots(10.10)$$

เมื่อ x แทน ความถี่ใด ๆ n แทน จำนวนขีดบน x

10.5.2 คุณภาพเสียง (Quality)

คุณภาพของเสียง หมายถึงความไพเราะของเสียง ขึ้นอยู่กับจำนวนโอเวอร์โทนของเสียงถ้าจำนวนโอเวอร์โทนมากเสียงจะนุ่มนวล ถ้าจำนวนโอเวอร์โทนน้อยความนุ่มนวลของเสียงจะน้อยลง

เสียงดนตรี

เสียงดนตรีเป็นจะเป็นเสียงที่น่าฟังหรือไม่ต้องประกอบด้วยสิ่งต่อไปนี้

- ระดับเสียง ขึ้นอยู่กับความถี่ ความถี่สูงเสียงจะแหลม ความถี่ต่ำเสียงจะทุ้ม
- ความดัง ขึ้นอยู่กับความเข้มของเสียงหรือแอมพลิจูด แอมพลิจูดมากเสียงดัง แอมพลิจูดน้อยเสียงค่อย
- คุณภาพของเสียง ขึ้นอยู่กับค่าความเข้มของเสียง(I) และความถี่ของเสียง (f) คุณภาพของเสียงทำให้เรา

แยกได้ว่าเสียงดังกล่าวนั้นมาจากเครื่องดนตรีชนิดใด

เครื่องดนตรีแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. เครื่องดนตรีประเภทสาย
2. เครื่องดนตรีประเภทเคาะ หรือตี
3. เครื่องประเภทเป่า

เครื่องดนตรีประเภทสาย เช่น ไวโอลิน กีตาร์ เบส ซอฮู้ ซอด้วง ซอสามสาย ขิม จะเข้ พิณ เสียงที่ออกมาจะขึ้นกับความตึงของสายนั้น ถ้าสายตึงมากจะได้เสียงสูง ถ้าสายหย่อนเสียงจะต่ำลง และถ้าสายใหญ่เสียงจะต่ำกว่าสายเล็กกระยะที่เส้นเสียงสั้นสั้นจะได้เสียงสูงแต่ระยะที่เส้นเสียงสั้นยาวจะได้เสียงต่ำ

เครื่องดนตรีประเภทสายมักมีกล่องเสียง เพื่อทำให้เสียงดังขึ้นเพราะใช้หลักการสั่นพ้องมาช่วย

เครื่องดนตรีประเภทเคาะหรือตี เช่น กลอง ฉิ่ง ฉาบ ระนาด อังกะลุง ระฆัง กรับ ฆ้องขนาดเล็กเมื่อเกิดการสั่นสะเทือนจะให้เสียงสูงกว่าฆ้องขนาดใหญ่ ถ้าวัตถุที่ใช้เคาะต่างกันจะเกิดเสียงต่างกัน เช่น ระนาดทุ้มให้เสียงทุ้มกว่าระนาดเอก

เครื่องดนตรีประเภทเป่า เครื่องดนตรีประเภทนี้ต้องใช้อากาศที่อยู่ในท่อหรือในกล่องสั่นเช่น ขลุ่ย แคน ปี่ แซกโซโฟน รูปร่างและขนาดเครื่องดนตรีต่างกันทำให้ลำอากาศในเครื่องดนตรีต่างกันจึงเกิดเสียงต่างกัน และยังขึ้นกับวัสดุที่นำมาทำเครื่องดนตรีด้วย

สิ่งที่ควรทราบเกี่ยวกับเสียงดนตรี

- **chord** คือ โน้ตของเสียงดนตรีสองโน้ตหรือมากกว่า ทำให้เกิดขึ้นพร้อมกัน
- **concord** หมายถึงโน้ตทั้งหลายรวมกันเข้าทำให้เกิดเสียงที่น่าฟัง
- **dis-cord** หมายถึงโน้ตทั้งหลายรวมกันเข้าทำให้เกิดเสียงที่ไม่น่าฟัง

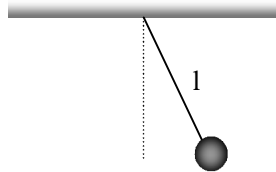
- **Melody** หมายถึงเมื่อโน้ต 2-3 โน้ต ทำให้เกิดขึ้นต่อเนื่องกันทำให้เกิดโน้ตที่รวมกันเป็นทำนองที่น่าฟัง

10.5.3 ความถี่ธรรมชาติ

เป็นความถี่ในการสั่นหรือแกว่งของวัตถุอย่างอิสระ เช่น สายกีตาร์ที่ถูกขึงตึง เมื่อถูกดีดบริเวณตรงกลาง สายกีตาร์จะสั่นด้วยความถี่ธรรมชาติ ซึ่งมีค่าเท่ากับความถี่มูลฐาน

วัตถุที่ตรึงไว้เมื่อปล่อยให้สั่นมันจะสั่นด้วยความถี่คงตัวค่าหนึ่ง เรียกว่า**ความถี่ธรรมชาติ** เช่น การสั่นของ ลูกตุ้มนาฬิกา การสั่นของมวลผูกติดกับสปริง

ลูกตุ้มนาฬิกา



มีความถี่ของการสั่น $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$ (10.11)

เมื่อ f แทน ความถี่ของการสั่น(ความถี่ธรรมชาติของนาฬิกา)

g แทน ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก l แทน ความยาวของเชือกลูกตุ้ม

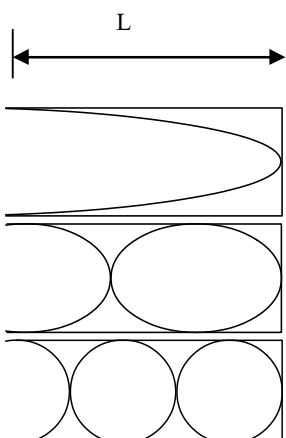
10.5.4 การสั่นพ้องของเสียง

การสั่นพ้องของเสียง เกิดเมื่อความถี่ของเสียงตามธรรมชาติ เท่ากับความถี่ของเสียงที่ถูกทำให้เกิดขึ้นหรือ ความถี่ที่ถูกบังคับ หลักการนี้นำมาประดิษฐ์เครื่องดนตรีประเภทสาย เช่น ซอ กีตาร์ ไวโอลิน โดยมีต้องเสียง ช่วยให้เกิดการสั่นพ้องของเสียง

หลักของการสั่นพ้องของเสียง

1. ในท่อปลายปิดหนึ่งข้างไม่ว่าจะเกิดการสั่นพ้องครั้งที่เท่าไร ปากท่อจะต้องเป็นปฏิบัพและที่ก้นท่อ จะต้องเป็นบัพเสมอ และเกิดคลื่นนิ่งในท่อ

ปลายปิดด้านหนึ่ง



เกิดการสั่นครั้งแรกเรียก Fundamental หรือ 1st Harmonic

$$L = \frac{\lambda}{4}$$

เกิดการสั่นครั้งที่สอง เรียก 2nd Harmonic

$$L = \frac{3\lambda}{4}$$

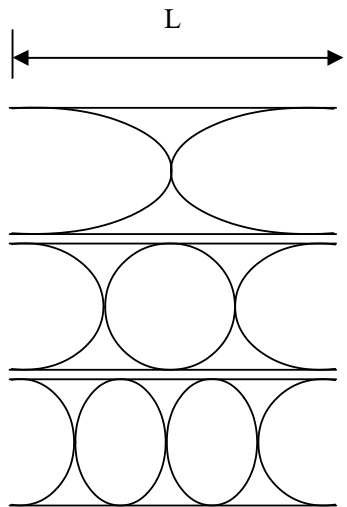
เกิดการสั่นครั้งที่สาม เรียก 3rd Harmonic

$$L = \frac{5\lambda}{4}$$

เขียนเป็นสูตรทั่ว ๆ ไป

$$L = \frac{n\lambda}{4} \quad \text{เมื่อ } n = 1, 3, 5, \dots$$

ปลายเปิดทั้งสองข้าง



เกิดการสั่นครั้งแรกเรียก Fundamental หรือ 1st Harmonic

$$L = \frac{\lambda}{2}$$

เกิดการสั่นครั้งที่สอง เรียก 2nd Harmonic

$$L = \frac{2\lambda}{2} = \lambda$$

เกิดการสั่นครั้งที่สาม เรียก 3rd Harmonic

$$L = \frac{3\lambda}{2}$$

เขียนเป็นสูตรทั่ว ๆ ไป

$$L = \frac{n\lambda}{2} \quad \text{เมื่อ } n = 1, 2, 3, \dots$$

เมื่อ L = ความยาวของท่อ

เพิ่มเติม

1. ความถี่มูลฐาน (Fundamental) คือความถี่ต่ำสุดของคลื่นนิ่งในหลอดทดลอง ซึ่งจะทำให้คลื่นที่ได้มีความยาวคลื่นมากที่สุด

2. โอเวอร์โทน (Overtone) คือความถี่ของคลื่นนิ่งที่ถัดจากความถี่มูลฐาน กรณิของคลื่นนิ่งในหลอด Overtone มีค่าขึ้นกับจำนวน loop

3. ฮาร์โมนิก (Harmonic) คือตัวเลขที่บอกว่าความถี่นั้นเป็นกี่เท่าของความถี่มูลฐาน

ชื่อเรียกความถี่ต่างๆ

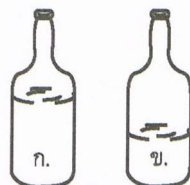
ค่าความถี่	ค่าฮาร์โมนิก	จำนวนฮาร์โมนิก
ตอนแรก f_1	ฮาร์โมนิกที่ 1	ความถี่มูลฐาน
$f_2 = 2f_1$	ฮาร์โมนิกที่ 2	โอเวอร์โทนที่ 1
$f_3 = 3f_1$	ฮาร์โมนิกที่ 3	โอเวอร์โทนที่ 2
$f_n = nf_1$	ฮาร์โมนิกที่ n	โอเวอร์โทนที่ n-1

ประโยชน์ของการสั่นพ้อง

- ใช้ในการตอกเสาเข็ม
- ใช้ในการเข็นรถขึ้นจากหล่ม
- ใช้ในการผลิตเครื่องดนตรีให้มีเสียงดังขึ้น เช่น กีตาร์ ไวโอลิน กลอง
- ใช้ในการแข่งเรือ โดยการพายเป็นจังหวะพร้อมกัน

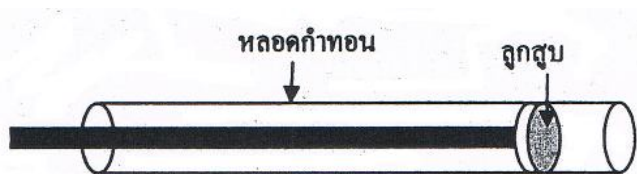
แบบฝึกหัด 10.5 เสียงดนตรี

- 1.1 จงหาความถี่ของเสียง E''' กำหนด $E = 320$ Hz
- 1.2 เสียงที่มีความถี่ 2,560 Hz เป็นเสียงสามคู่แปดของเสียงที่มีความถี่เท่าใด
- 1.3 ขณะหนึ่งอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส จึงเริ่มทำการทดลองการสั่นพ้องโดยใช้หลอดเรโซแนนซ์กับส้อมเสียง เมื่อปรับหลอดเรโซแนนซ์ให้ยาว 20 เซนติเมตร ส้อมเสียงจะต้องสั่นด้วยความถี่ต่ำสุดเท่าใดจึงจะเกิดการสั่นพ้องได้
- 1.4 ท่อปลายเปิดสองข้างยาว 80 เซนติเมตร เกิดการสั่นพ้องกับส้อมเสียงอันหนึ่งที่ทำให้ความถี่ต่ำสุดที่จะเกิดการสั่นพ้องได้ถ้านำส้อมเสียงนี้ไปเคาะที่ปากท่อปลายเปิดข้างเดียวแล้วเกิดการสั่นพ้อง อยากทราบว่าท่อตอนหลังนี้ ต้องยาวอย่างน้อยที่สุดเท่าไร
- 1.5 หลอดปลายเปิดสองข้างปลายหนึ่งจุ่มลงในน้ำให้อยู่ได้พิน้ำส่วนหนึ่ง จดระดับน้ำหลอดให้ได้น้ำเสียงดัง เมื่อนำส้อมเสียงซึ่งกำลังสั่นมาจ่อเหนือปากหลอด พบว่ามีสองตำแหน่งที่เสียงดังที่สุดตำแหน่งที่หลอดจุ่มลงในน้ำ 110 เซนติเมตร และตำแหน่งที่สองหลอดจุ่มลงในน้ำ 135 เซนติเมตร
 - ก. จงหาความยาวคลื่นเสียงในอากาศ
 - ข. ในช่วงเวลาที่คลื่นเสียงสั่นครบ 1 รอบคลื่นในอากาศเคลื่อนที่ได้กี่เมตร
 - ค. ถ้าความเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที ความถี่ส้อมเสียงเป็นเท่าไร
- 1.6 ขณะหนึ่งอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จึงเริ่มทำการทดลองการสั่นพ้องโดยใช้หลอดเรโซแนนซ์กับส้อมเสียง เมื่อปรับหลอดเรโซแนนซ์ให้ยาว 50 เซนติเมตร ส้อมเสียงจะต้องสั่นด้วยความถี่ต่ำสุดเท่าใดจึงจะเกิดการสั่นพ้องได้
- 1.7 จงเลือกหลอดเรโซแนนซ์อันที่สั้นที่สุด เพื่อจะใช้กับคลื่นที่มีความถี่ 100 เฮิรตซ์ แล้วเกิดกำทอนได้ 3 ครั้ง (กำหนดความเร็วเสียงเป็น 350 เมตรต่อวินาที)
- 2.1 เล่นไวโอลินและกีตาร์ด้วยเสียง A ความถี่ 440 เฮิรตซ์ แต่เสียงที่ออกมาจากเครื่องดนตรีทั้งสองมีคุณภาพเสียงต่างกัน เป็นเพราะเหตุใด
- 2.2 ความถี่ต่ำสุดที่เกิดจากเครื่องดนตรีชนิดหนึ่งเรียกว่าอย่างไร
- 2.3 เพราะเหตุใดเครื่องดนตรีที่มีขนาดใหญ่ จึงให้ระดับสูงต่ำของเสียง ต่ำกว่าเครื่องดนตรีประเภทเดียวกันขนาดเล็กกว่า เช่น กลองใบใหญ่กับกลองใบเล็ก
- 2.4 ขวด ก. และ ข. เป็นขวดชนิดเดียวกัน และมีขนาดเท่ากัน แต่มีระดับน้ำในขวดต่างกัน เมื่อใช้ไม้เคาะด้านข้างของขวด ทำให้เกิดเสียง ขวดใดมีระดับสูงต่ำของเสียงสูงกว่า เพราะเหตุใด



- 3.1 เมื่อเป่าแซกโซโฟนตัวหนึ่งให้เกิดขึ้นเสียงที่มีความถี่มูลฐาน 440 เฮิรตซ์ พร้อมกับฮาร์โมนิกที่ 3 5 9 และ 11 จงหาความถี่ทั้งหมดของเสียงทั้งหมดที่เป่าจากแซกโซโฟนในขณะนี้ $440, 1,320, 2,200, 3,960, 4,840$

- 3.2 ปริมาตรไวโอลินให้เกิดเสียง “ซอล” ซึ่งมีความถี่ 384 เฮิร์ตซ์ ขณะที่ในห้องมีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ถ้าเขาตีไวโอลินเดิมในห้องปรับอากาศที่มีอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส โดยเล่นโน้ตเสียง “ซอล” ความถี่ของเสียงจากไวโอลินจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไรจงอธิบาย (-)
- 3.3 ท่อทรงกระบอกปลายปิดข้างหนึ่งยาว 2.40 เมตร ถ้าเสียงมีอัตราเร็ว 343 เมตร ต่อวินาที เสียงจากท่อนี้ จะมีความถี่ต่ำสุดเท่าใด (35.7 Hz)
- 3.4 เมื่อให้เสียงความถี่ 500 เฮิร์ตซ์ ผ่านเข้าไปในหลอดเรโซแนนซ์ ขณะอุณหภูมิอากาศเป็น 30 องศาเซลเซียส คลื่นเสียงจะต้องมีความถี่เท่าใดจึงจะเกิดการสั่นพ้องของอากาศได้อีกครั้งหนึ่ง (508.7 Hz)
- 3.5 ในการทดลองการสั่นพ้องของอากาศขณะเกิดการสั่นพ้องครั้งแรก ลูกสูบอยู่ห่างจากปากหลอดเรโซแนนซ์ 18 เซนติเมตร และเมื่อเกิดการสั่นพ้องครั้งที่ถัดไปจะต้องดึงลูกสูบห่างจากปากหลอดเรโซแนนซ์กี่เซนติเมตร (54 cm)
- 3.6 หลอดแก้วรูปทรงกระบอกเปล่าปลายปิดข้างหนึ่งถ้านำมาใส่น้ำให้มีระดับต่างๆ กันแล้วนำส้อมเสียงที่กำลังสั่นให้เกิดเสียงไปไว้ใกล้ปากหลอดจะพบว่ามีความสูงของน้ำในหลอดแก้ว 2 ค่าที่ทำให้เกิดเสียงดังกว่าเดิมครั้งแรกมีน้ำในหลอดแก้วสูง 12 เซนติเมตร ครั้งที่สอง มีน้ำในหลอดแก้วสูง 37 เซนติเมตร ถ้าส้อมเสียงสั่นด้วยความถี่ 682 เฮิร์ตซ์ อัตราเร็วเสียงในอากาศขณะนั้น มีค่าเท่าใด (341 m/s)
- 4.1 (O-NET49) ถ้าคิดก็ตาร์แล้วพบว่าเสียงที่ได้ยินต่ำกว่าปกติจะมีวิธีปรับแก้ให้เสียงสูงขึ้นได้อย่างไร
1. เปลี่ยนใช้สายเส้นใหญ่ขึ้น
 2. ปรับสายให้หย่อนลง
 3. ปรับตำแหน่งสายให้ยาวขึ้น
 4. ปรับสายให้ตึงขึ้น
- 4.2 (O-NET50) ระดับเสียงและคุณภาพเสียงขึ้นอยู่กับสมบัติใดตามข้อใด
1. ความถี่ รูปร่างคลื่น
 2. รูปร่างคลื่น ความถี่
 3. แอมพลิจูด ความถี่
 4. ความถี่ แอมพลิจูด
- 5.1 (มข.51) คุณภาพของเสียงบอกได้ด้วยปริมาณใดของเสียง
1. ความยาวคลื่น
 2. ระดับเสียง
 3. ความเข้มเสียง
 4. องค์ประกอบของฮาร์โมนิกของเสียง
- 5.2 (มข.53) ในการทดลองการสั่นพ้องของเสียง ขณะเกิดการสั่นพ้องของเสียงครั้งแรก ลูกสูบอยู่ห่างจากปากหลอดเรโซแนนซ์ 20 เซนติเมตร เมื่อเกิดการสั่นพ้องครั้งที่ต่อไป ลูกสูบจะอยู่ห่างจากปากหลอดเท่าใด
1. 30 เซนติเมตร
 2. 40 เซนติเมตร
 3. 60 เซนติเมตร
 4. 100 เซนติเมตร



- 5.3 เชือกยาว 1.8 เมตร ผูกติดกับเครื่องเคาะสัญญาณที่มีความถี่คงที่ ปลายเชือกอีกข้างคล้องผ่านรอกที่ห้อยติดกับนี้อยู่ โดยระยะจากรอกถึงเครื่องเคาะสัญญาณเป็นระยะ 1.5 เมตร เมื่อใช้น้ำ 9 ตัว ทำให้เกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือกได้ แต่ถ้าลดน้ำลงคลื่นนิ่งหายไป และจะเกิดอีกครั้งเมื่อเหลือน้ำ 4 ตัว จงหา จำนวนลูปที่เกิดขึ้นเมื่อใช้น้ำ 9 ตัว (มข.55)

1. 1 ลูป
2. 2 ลูป
3. 3 ลูป
4. 4 ลูป

5.4 (มข.54) ถ้าให้เสียงที่มีความถี่ 600 เฮิรตซ์ เป็นความถี่ฮาร์โมนิคลำดับที่หนึ่ง จงหาค่าสูงสุด ($n_{\max}$) ของลำดับฮาร์โมนิคที่ n ที่หูคนเราได้ยิน

1. $n_{\max} = 33$

2. $n_{\max} = 20$

3. $n_{\max} = 16$

4. $n_{\max} = 10$

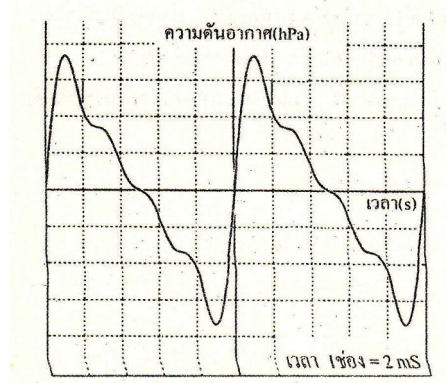
5.5 ขณะอัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 300 m/s วัดความดันอากาศที่มีความดันอากาศที่มีคลื่นเสียงผ่าน ณ ตำแหน่งหนึ่งแล้วได้ กราฟดังรูปจงหาค่าความถี่คลื่นเสียงนี้ (มข.56)

1. 2, 4, 6, ... Hz

2. 10×10^{-3} , 20×10^{-3} , 30×10^{-3} , ... Hz

3. 10, 20, 30, ... Hz

4. 100, 200, 300, ... Hz



5.6 ขณะอัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 320 m/s ถ้าเป้าขวดที่มีความลึก 0.2 m เสียงความถี่เท่าใดที่ไม่เกิดขึ้น (มข.56)

1. 400 Hz

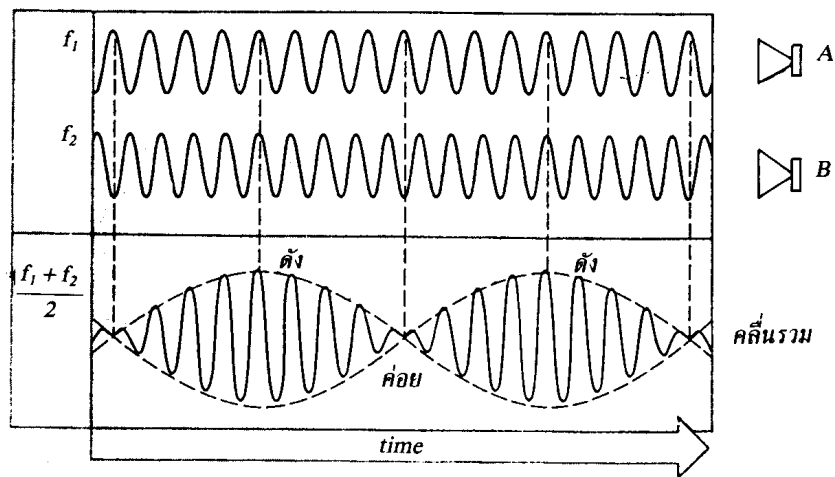
2. 800 Hz

3. 1200 Hz

4. 2,000 Hz

10.6 บีตส์และคลื่นนิ่งของเสียง

จากรูป 10.3 คลื่นเสียงถูกแปลงออกมาจากลำโพง A และ B มีความถี่ f_1 และ f_2 ตามลำดับ



รูป 10.3

ความถี่ f_1 และ f_2 ต่างกันเล็กน้อย ปรากฏว่าเสียงจากลำโพง A และ B จะมาแทรกสอดกันทำให้เกิดคลื่นรวมมีลักษณะที่แอมพลิจูดเปลี่ยนแปลง บริเวณที่มีแอมพลิจูดสูงเสียงจะดัง บริเวณที่มีแอมพลิจูดต่ำเสียงจะค่อย บริเวณทั้งสองไม่อยู่นิ่งกับที่ แต่จะเคลื่อนที่ไปทำให้เราได้ยินเสียงดังและค่อยสลับกันไปเป็นจังหวะ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า บีตส์ (Beats)

สูตรคำนวณบีตส์ (ความถี่บีตส์ = f_b)

1. $f_b = f_1 - f_2$ (เมื่อ $f_1 > f_2$) หรือ $f_2 - f_1$ (เมื่อ $f_2 > f_1$)
2. ถ้าโจทย์ให้หาความถี่เฉลี่ย $f_{เฉลี่ย} = \frac{f_1 + f_2}{2}$ $f_{เฉลี่ย}$ ต้องอยู่ในช่วง 20 – 20000 Hz จึงจะได้ยิน

ข้อควรจำ

จากการวิเคราะห์ปรากฏการณ์บีตส์พบว่า

1. ปรากฏการณ์บีตส์จะสังเกตได้ชัดเจน เมื่อ $\frac{f_1 + f_2}{2} \gg f_1 - f_2$ หรือ $f_{เฉลี่ย} \gg f_b$

นั่นคือ ผลต่างของความถี่ของคลื่นสองขบวนต้องน้อยมากเมื่อเทียบกับความถี่ของคลื่นลัพธ์ หรือเทียบกับความถี่ของคลื่นแต่ละขบวนที่มารวมกัน

2. ความถี่บีตส์ (f_b) ต้องไม่มากนัก ไม่ควรเกิน 7 Hz ถ้าสูงกว่านี้ จะไม่ได้ยินการเกิดบีตส์

3. แอมพลิจูดของคลื่นทั้งสองขบวนต้องมีขนาดใกล้เคียงกัน มิฉะนั้น เสียงดังและค่อยจะไม่แตกต่างกัน อาจฟังไม่ชัดเจน ทำให้ไม่รู้สึกราวว่าได้ยินการเกิดบีตส์

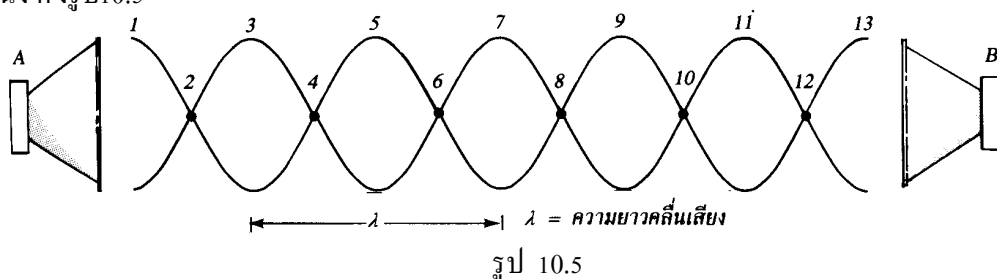
ประโยชน์ของบีตส์

1. ใช้วัดความถี่ของส้อมเสียง เมื่อทราบความถี่มาตรฐานและความถี่ของบีตส์
2. ใช้เทียบเสียงของเครื่องดนตรี เช่น การเทียบเสียงของสายกีตาร์ โดยมีเครื่องเทียบเสียง

มาตรฐานเปรียบเทียบไม่ว่าจะเป็นไวโอลิน หรือกีตาร์ ใช้หลักว่าเมื่อเสียงเท่ากันแล้วจะไม่เกิดบีตส์ ถ้ายังเกิดบีตส์อยู่ แสดงว่าเสียงยังไม่เท่ากัน ต้องปรับจนเสียงทั้งสองไม่ทำให้เกิดบีตส์ การเกิดบีตส์นั้นหูบางคนอาจจะไวรับเสียงได้ แต่บางคนก็รับไม่ได้

คลื่นนิ่ง (Standing Wave)

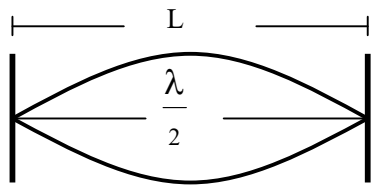
คือ คลื่นรวมที่เกิดจากคลื่นสองขบวน (ซึ่งเป็นคลื่นจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์) เคลื่อนที่เข้าหากันในตัวกลางเดียวกัน มีผลให้เกิดปฏิบัพและบัพสลับกันไป โดยตำแหน่งปฏิบัพ และบัพคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงตำแหน่ง ดังรูป 10.5



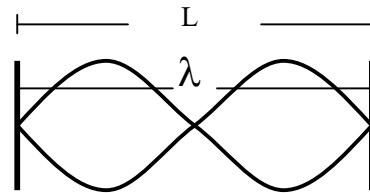
พิจารณารูป 10.5 สมมติลำโพง A และ B เปล่งเสียงซึ่งมีความถี่ ความยาวคลื่น แอมพลิจูด และเฟสตรงกันออกมาทั้งสองด้าน

ตำแหน่งที่ 1,3,5,7,9,11,13 เรียกว่าปฏิบัพ ตำแหน่ง 2,4,6,8,10,12 เรียกว่าบัพ ถ้าเราฟังเสียงตรงตำแหน่งที่เป็นปฏิบัพของคลื่นเสียงจะดังมาก แต่ถ้าเราฟังเสียงตรงตำแหน่งที่เป็นบัพของคลื่นเสียงจะค่อยมาก

การหาความยาวคลื่นปลายตึง ทั้ง 2 ข้าง ได้ดังนี้

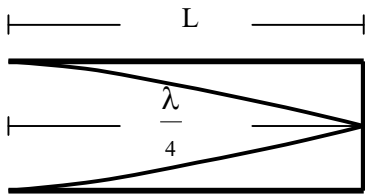


จากรูป $\frac{\lambda}{2} = L$
 $\lambda = 2L$

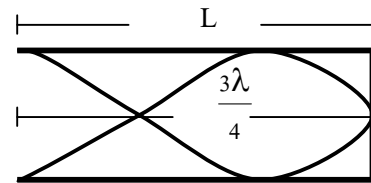


จากรูป $\lambda = L$

การหาความยาวคลื่นปลายตึง ข้างเดียวได้ดังนี้

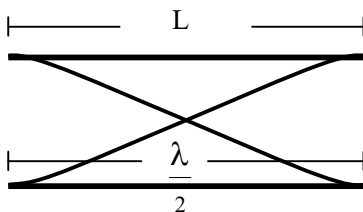


จากรูป $\frac{\lambda}{4} = L$
 $\lambda = 4L$

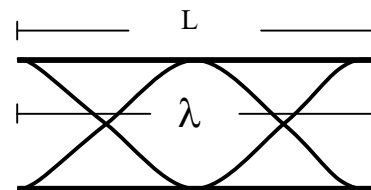


จากรูป $\frac{3\lambda}{4} = L$
 $\lambda = \frac{4L}{3}$

การหาความยาวคลื่นปลายอิสระทั้งสองข้างได้ดังนี้



จากรูป $\frac{\lambda}{2} = L$
 $\lambda = 2L$

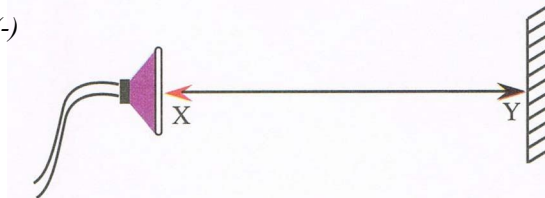


จากรูป $\lambda = L$

แบบฝึกหัด 10.6 บีตส์และคลื่นนิ่งของเสียง

- 1.1 ถ้าโพง 2 ตัว ส่งเสียงความถี่ 600 และ 605 Hz ออกมา ถามว่าความถี่ของเสียงที่เราได้ยินและความถี่บีตส์เป็นเท่าไร
- 1.2 ถ้าต้องการให้เกิดเสียงดังเป็นจังหวะๆ ต่างกันทุกครึ่งวินาที จะต้องเคาะส้อมเสียงซึ่งมีความถี่ 500 เฮิรตซ์ พร้อมกับส้อมเสียงที่มีความถี่เท่าไร
- 1.3 เมื่อเคาะส้อมเสียงสองอันมีความถี่ 450 และ 456 เฮิรตซ์ จะทำให้เกิดจังหวะเสียงดังหรือเสียงค่อยใน วินาทีเท่ากับเท่าไร
- 1.4 ถ้าต้องการให้เกิดเสียงดังเป็นจังหวะๆ ต่างกันทุก 0.1 วินาที จะต้องเคาะส้อมเสียงซึ่งมีความถี่ 500 เฮิรตซ์ พร้อมกับส้อมเสียงที่มีความถี่เท่าไร

- 1.5 ถ้าอุณหภูมิของอากาศขณะนั้นเป็น 25 องศาเซลเซียส จงหาความยาวที่น้อยที่สุดของกล่องเสียงที่ทำให้เกิดความถี่เสียง จากการสั่นของส้อมเสียงด้วยความถี่ที่ติดตั้งบนกล่องเสียงด้วยความถี่ 30 เฮิร์ตซ์ (1.5 m)
- 1.6 ถ้าอุณหภูมิของอากาศขณะนั้นเป็น 15 องศาเซลเซียส จงหาความยาวที่น้อยที่สุดของกล่องเสียงที่ทำให้เกิดความถี่เสียง จากการสั่นของส้อมเสียงด้วยความถี่ที่ติดตั้งบนกล่องเสียงด้วยความถี่ 80 เฮิร์ตซ์
- 2.1 ไวโอลินสองตัวความถี่ 438 และ 440 เฮิร์ตซ์ ถ้าสีไวโอลินทั้งสองพร้อมกันจะเกิดปรากฏการณ์ใดของเสียง
- 2.1 เรือลำหนึ่งกำลังแล่นเข้าหาหน้าผา กับต้นเรือเปิดหวูดส่งสัญญาณด้วยความถี่ 1500 Hz โดยเปิดสัญญาณอย่างต่อเนื่อง เพราะเหตุใดผู้คนบนเรือจึงได้ยินเสียงปิด
- 2.1 การหาอัตราเร็วของเสียงในของเหลวโดยใช้หลักการของคลื่นนิ่ง ทำได้อย่างไร อธิบาย
- 3.1 นักดนตรีผู้หนึ่งติดกีตาร์ทำให้เกิดเสียงความถี่ 440 เฮิร์ตซ์ ขณะเดียวกันที่มีเสียงออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียงอื่น ทำให้เกิดการบิตมีความถี่ 5 เฮิร์ตซ์ เมื่อเขาปรับความถี่ของเสียงจากสายกีตาร์ลดลงเป็น 329.6 เฮิร์ตซ์ ปรากฏว่าได้ยินเสียงที่มีระดับสูงต่ำของเสียงเดียวกัน จงหาความถี่ f (334.6 Hz)
- 3.2 แหล่งกำเนิดเสียงส่งคลื่นเสียงความถี่ 1000 เฮิร์ตซ์ ด้วยกำลังเสียงคงตัว เข้าหากำแพงในแนวตั้งฉาก ดังรูป เมื่อใช้เครื่องรับฟังเสียงเคลื่อนที่บนแนว XY พบว่าความเข้มเสียง ณ ตำแหน่งต่างมีค่าไม่สม่ำเสมอ ทั้งนี้เกิดจากสมบัติใดบ้างของเสียง(-)



- 3.3 แหล่งกำเนิดเสียงความถี่ 2000 เฮิร์ตซ์ ไปกระทบตัวสะท้อนอันหนึ่ง เมื่อใช้เครื่องรับฟังเสียงเคลื่อนที่ไปตามแนวตรงระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับตัวสะท้อนได้ยินเสียงดัง ค่อยสลับกัน ถ้าต้องการให้ตำแหน่งเสียงดังสองตำแหน่งที่อยู่ติดกันอยู่ห่างกันมากกว่าเดิม 2 เซนติเมตร แหล่งกำเนิดเสียงจะต้องส่งเสียงความถี่เท่าใดไปกระทบตัวสะท้อน อัตราเร็วของเสียงในอากาศเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที (1,619.05 Hz)
- 4.1 (O-NET51) ในการเปรียบเทียบเสียงก๊อกรู้ดกับหลอดเทียบเสียงมาตรฐาน เมื่อติดสายก๊อกรู้ดพร้อมกับหลอดเทียบเสียงเกิดบิตส์ขึ้นที่ความถี่หนึ่ง แต่เมื่อขันให้สายตึงขึ้นเล็กน้อยความถี่ของบิตส์สูงขึ้นความถี่ของเสียงก๊อกรู้ดเดิมเป็นอย่างไร
 1. สูงกว่าเสียงมาตรฐาน
 2. ต่ำกว่าเสียงมาตรฐาน
 3. เท่ากับเสียงมาตรฐาน
 4. อาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าเสียงมาตรฐานก็ได้
- 4.2 (O-NET52) สมบัติตามข้อใดของคลื่นเสียงที่เกี่ยวข้องกับการเกิดบิตส์
 1. การสะท้อน
 2. การหักเห
 3. การเลี้ยวเบน
 4. การแทรกสอด
- 5.1 (มข.52) ถ้าโพงสองตัวมีลักษณะเหมือนกันทุกประการถูกต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดสัญญาณความถี่ 500 เฮิร์ตซ์ เครื่องเดียวกันแต่ลำโพงตัวหนึ่งถูกต่อสายสัญญาณแบบกลับขั้วกับอีกตัวหนึ่ง นำลำโพงทั้งสองมาวางหันหน้าเข้าหากันห่างกันพอสมควร ค่ากล่าวต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง
 1. เสียงจากลำโพงจะทำให้เกิดบิตส์ในช่วงระหว่างลำโพงทั้งสอง
 2. ที่ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างลำโพงทั้งสองจะมีบัพของคลื่นเสียง
 3. ที่ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างลำโพงทั้งสองจะเกิดปฏิกิริยาของคลื่นเสียง
 4. ที่ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างลำโพงทั้งสองอาจจะเกิดบัพหรือปฏิกิริยาของคลื่นเสียงก็ได้

5.2 (มข.53) คลื่นเสียงชุด A มีความถี่ 210 เฮิรตซ์เคลื่อนที่รวมกับคลื่นเสียงชุด B ซึ่งมีเสียงทุ้มกว่า ปรากฏว่าเกิดบีตส์ด้วยความถี่ 4 บีตส์ต่อวินาที คลื่นเสียงชุด B มีความถี่กี่เฮิรตซ์

1. 206

2. 208

3. 212

4. 214

5.3 แหล่งกำเนิดเสียงส่งคลื่นเสียงที่มีความถี่ 700 เฮิรตซ์ ไปกระทบตัวสะท้อนตัวหนึ่งเมื่อใช้เครื่องรับฟังเสียงเคลื่อนไปตามแนวแหล่งกำเนิดเสียงกับตัวสะท้อนได้ยินเสียงดัง ค่อย สลับกัน ถ้าต้องการให้ตำแหน่งเสียงดังสองตำแหน่งที่อยู่ติดกันห่างกันมากกว่าเดิม 5 เซนติเมตร แหล่งกำเนิดเสียงต้องส่งความถี่เท่าใด ให้ความเร็วเสียงในอากาศเป็น 350 เมตรต่อวินาที (มข..55)

1. 583.3 เฮิรตซ์

2. 636.3 เฮิรตซ์

3. 783.3 เฮิรตซ์

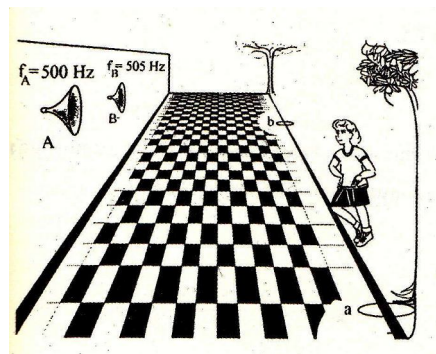
4. 836.3 เฮิรตซ์

5.4 ขณะที่เดินตามเส้นทาง A B ซึ่งไกลพอสมควร ผ่านลำโพง A และ B ที่กระจายเสียงความถี่ต่างกันด้วยความดันที่เท่ากัน ดังรูป ข้อความใดไม่ถูกต้อง (มข.56)

1. ที่ตำแหน่ง A จะได้ยินเสียงดังและเบาสลับกัน
อย่างละ 5 ครั้งต่อวินาที
2. ที่ตำแหน่ง B จะได้ยินเสียงดังและเบาสลับกัน
อย่างละ 5 ครั้งต่อวินาที

3. ที่ตำแหน่งระหว่าง A และ B จะได้ยินเสียง
มีความถี่ 1005 Hz

4. ถ้า A และ B ปลอ่ยเสียงความถี่ 500 Hz เท่ากันจะมีบางตำแหน่งที่ได้ยินเสียงเบา

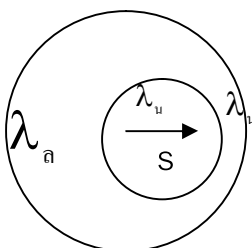


10.7 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก (Doppler effect and Shock Wave)

ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ (Doppler effect) คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนระดับเสียงหรือความถี่ของเสียงอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับผู้ฟัง ลักษณะการเกิดปรากฏการณ์มีดังนี้

1. เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่เข้าหาผู้ฟัง หรือผู้ฟังเคลื่อนที่เข้าหาแหล่งกำเนิดเสียง คลื่นจากแหล่งกำเนิดเสียงจะอัดกระชั้นมากขึ้น ความถี่มากขึ้นทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงสูงขึ้น
2. เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ออกจากผู้ฟังหรือผู้ฟังเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียง คลื่นเสียงจะกระจายกว้างออกกว่าเดิม ความถี่ลดลง ทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงต่ำลง

กรณีที่ 1 แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ ผู้สังเกตหยุดนิ่ง



$$\text{จาก } v = f\lambda$$

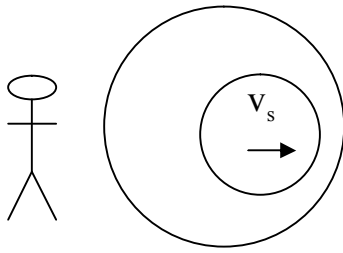
$$\text{จะได้ว่า } \lambda = \frac{v \pm v_s}{f_s}$$

$$\lambda_u = \frac{v - v_s}{f_s}$$

$$\lambda_g = \frac{v + v_s}{f_s}$$

ความถี่เสียงที่ผู้สังเกตได้ยิน

กรณี แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกต

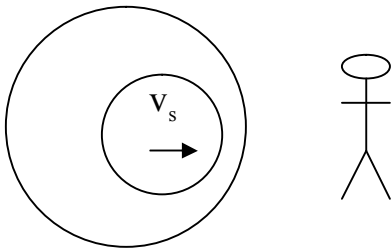


จาก $\lambda_a = \frac{v + v_s}{f_s}$

และ $f_0 = \frac{v}{\lambda_a}$

จะได้ $f_0 = f_s \left[\frac{v}{v + v_s} \right]$

กรณี แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกต



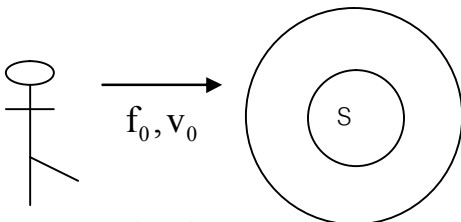
$\lambda_u = \frac{v - v_s}{f_s}$

$f_0 = \frac{v}{\lambda_u}$

$f_0 = f_s \left[\frac{v}{v - v_s} \right]$

กรณีที่ 2 แหล่งกำเนิดเสียงหยุดนิ่ง ผู้สังเกตเคลื่อนที่

กรณี ผู้สังเกตเคลื่อนที่เข้าหาแหล่งกำเนิดเสียง

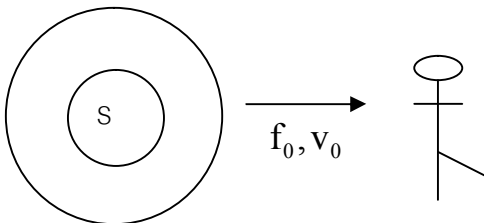


จาก $v = f\lambda$

$\lambda = \frac{v}{f_s}$

จะได้ $f_0 = f_s \left[\frac{v + v_0}{v} \right]$

กรณี ผู้สังเกตเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียง



จาก $v = f\lambda$

$\lambda = \frac{v}{f_s}$

จะได้ $f_0 = f_s \left[\frac{v - v_0}{v} \right]$

กรณีที่ 3 แหล่งกำเนิดและผู้สังเกตต่างเคลื่อนที่เป็นการนำเอา 2 กรณีแรกมาผสมกัน

โดยเมื่อพิจารณาทั้ง 3 กรณี สามารถสรุปเป็นสมการที่ใช้คำนวณหาความถี่เสียงที่ผู้ฟังได้รับ ดังนี้

$$f_0 = f_s \left[\frac{v \pm v_0}{v \pm v_s} \right]$$

เมื่อ f_0 = ความถี่ที่ผู้สังเกตได้ยิน(Hz)

f_s = ความถี่ของแหล่งกำเนิด(Hz)

v = ความเร็วเสียงในอากาศ (m/s)

V_0 = ความเร็วของผู้สังเกต (m/s)

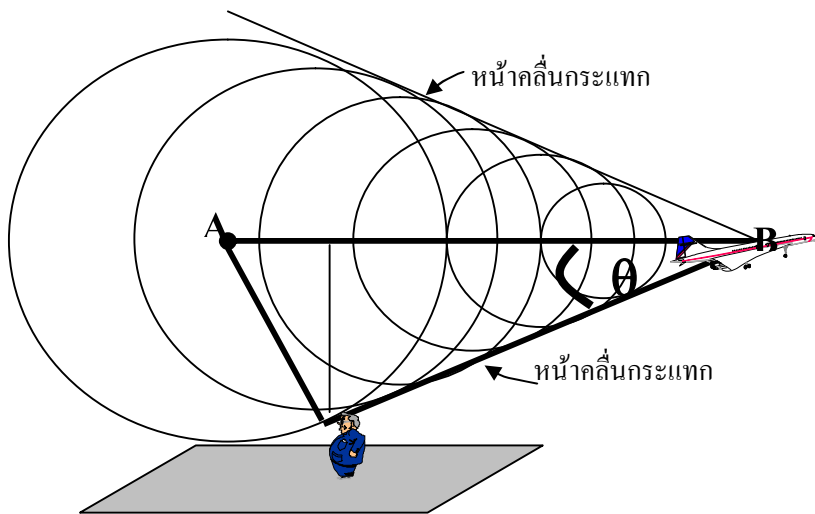
v_0 เป็น + ถ้าวิ่งเข้าหาแหล่งกำเนิด v_0 เป็น - ถ้าวิ่งออกจากแหล่งกำเนิด

V_s = ความเร็วของแหล่งกำเนิดเสียง (m/s)

เป็น + ถ้าผู้ฟังอยู่หลังแหล่งกำเนิด เป็น - ถ้าผู้ฟังอยู่หน้าแหล่งกำเนิด

คลื่นกระแทก (Shock Wave)

คือ ปรากฏการณ์ที่ผู้สังเกตที่หยุดนิ่งได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง (Source) มีความเร็วมากกว่าความเร็วของเสียง แสดงลักษณะของคลื่นได้ดังรูป



จากรูป แหล่งกำเนิดเสียง (Source) เคลื่อนจาก $A \rightarrow B$ ใช้เวลา t คลื่นเสียงเคลื่อนจาก $A \rightarrow C$ ใช้เวลา t อันเดียวกัน

$$\text{จะได้} \quad \sin\theta = \frac{AC}{AB} = \frac{AC/t}{AB/t} = \frac{v}{V_s} \quad \text{ดังนั้น} \quad \sin\theta = \frac{v}{V_s}$$

เมื่อ v = ความเร็วคลื่นเสียง, V_s = ความเร็วของแหล่งกำเนิด, θ = ครึ่งหนึ่งของมุมที่ปลายกรวย

Mach number คือเลขที่ให้ทราบความเร็วของแหล่งกำเนิดเสียงเป็นกี่เท่าของความเร็วคลื่นเสียง

หาค่า Mach number ได้จาก อัตราส่วนระหว่าง อัตราเร็วของแหล่งกำเนิดกับอัตราเร็วเสียง

$$\text{Mach number} = \frac{V_s}{v} = \frac{1}{\sin\theta}$$

ข้อสังเกต

1. ถ้าเลขมัค (Mach Number) < 1 แสดงว่า $V_s < v$ Subsonic

2. ถ้าเลขมัค (Mach Number) $= 1$ แสดงว่า $V_s = v$ หน้าคลื่นตอนหน้าแหล่งกำเนิดคลื่นจะซ้อนกัน

เรียกว่า Critical Sonic

3. ถ้าเลขมัค (Mach Number) > 1 แสดงว่า $V_s > v$ ทำให้เกิดหน้าคลื่นกระแทก เรียกว่า Shock Wave

แบบฝึกหัด 10.7 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก

ตัวอย่าง ขั้วรถคันหนึ่งด้วยความเร็ว 25 m/s เปิดแตรส่งเสียงด้วยความถี่ 300 Hz ขณะนั้นความเร็วของเสียง

340 m/s จงหา ก. ความยาวคลื่นด้านหน้า ข. ความยาวคลื่นด้านหลัง

ก. วิธีทำ จาก
$$\lambda_u = \frac{v - v_s}{f_s}$$
$$\lambda_u = \frac{340 - 25}{300}$$
$$\lambda_u = \frac{315}{300} = 1.05 \text{ เมตร}$$

ข. วิธีทำ จาก
$$\lambda_a = \frac{v + v_s}{f_s}$$
$$\lambda_a = \frac{340 + 25}{300}$$
$$\lambda_a = \frac{365}{300} = 1.22 \text{ เมตร}$$

ตัวอย่าง รถยนต์คันหนึ่งกำลังแล่นด้วยความเร็ว 25 m/s เปิดแตรด้วยความถี่ 200 Hz ออกมา ผู้สังเกตบนรถจักรยาน

อีกคันหนึ่งกำลังแล่นด้วยความเร็ว 10 m/s จะได้ยินเสียงแตรด้วยความถี่เท่าใด ($v_s = 340 \text{ m/s}$) เมื่อ

- ก. ผู้สังเกตนำหน้ารถเปิดแตร ข. แล่นสวนทางกัน
ค. ผู้สังเกตเคลื่อนที่ตามรถเปิดแตร ง. แล่นไปคนละทิศทาง
ก. ผู้สังเกตนำหน้ารถเปิดแตร

วิธีทำ
$$f_0 = \left[\frac{v - v_0}{v - v_s} \right] f_s$$
$$f_0 = \left[\frac{340 - 10}{340 - 25} \right] (200)$$
$$f_0 = \left(\frac{330}{315} \right) (200)$$
$$f_0 = 209.52 \text{ Hz}$$

ตอบ ได้ยินเสียงแตรด้วยความถี่เท่า 209.52 Hz

ข. แล่นสวนทางกัน

วิธีทำ
$$f_0 = \left[\frac{v + v_0}{v - v_s} \right] f_s$$
$$f_0 = \left[\frac{340 + 10}{340 - 25} \right] (200)$$
$$f_0 = \left(\frac{350}{315} \right) (200)$$
$$f_0 = 222.22 \text{ Hz}$$

ตอบ ได้ยินเสียงแตรความถี่เท่า 222.22 Hz

ก. ผู้สังเกตเคลื่อนที่ตามรถเปิดเตา

วิธีทำ
$$f_0 = \left[\frac{v + v_0}{v + v_s} \right] f_s$$
$$f_0 = \left[\frac{340 + 10}{340 + 25} \right] (200)$$
$$f_0 = \left(\frac{350}{365} \right) (200) = 191.78 \text{ Hz}$$

ตอบ ได้ยินเสียงแตรความถี่เท่า 191.78 Hz

ง. เล่นไปคนละทิศทาง

วิธีทำ
$$f_0 = \left[\frac{v - v_0}{v + v_s} \right] f_s$$
$$f_0 = \left[\frac{340 - 10}{340 + 25} \right] (200)$$
$$f_0 = \left(\frac{330}{365} \right) (200) = 180.82 \text{ Hz}$$

ตอบ ได้ยินเสียงแตรความถี่เท่า 180.82 Hz

1.1 รถไฟขบวนหนึ่งวิ่งด้วยความเร็ว 30 m/s ในอากาศนิ่ง ความถี่หวูดรถไฟมีค่าเท่ากับ 600 Hz ถ้าเสียงในอากาศมีความเร็ว 330 m/s จงหา

- ก. ความยาวคลื่นเสียงเมื่อผู้สังเกตอยู่น้ำรถไฟ
- ข. ความยาวคลื่นเสียงเมื่อผู้สังเกตอยู่หลังรถไฟ
- ค. ความถี่ของเสียงที่ผู้สังเกตได้ยินขณะอยู่นิ่งเมื่ออยู่น้ำรถไฟ
- ง. ความถี่ของเสียงที่ผู้สังเกตได้ยินขณะอยู่นิ่งเมื่ออยู่หลังรถไฟ

1.2 รถยนต์คันหนึ่งกำลังแล่นด้วยความเร็ว 40 m/s เปิดแตรด้วยความถี่ 100 Hz ออกมา ผู้สังเกตบนรถอีกคันหนึ่งกำลังแล่นด้วยความเร็ว 10 m/s จะได้ยินเสียงแตรด้วยความถี่เท่าใด ($v_s = 340 \text{ m/s}$) เมื่อ

- ก. ผู้สังเกตนำหน้ารถเปิดเตา
- ข. แล่นสวนทางกัน
- ค. ผู้สังเกตเคลื่อนที่ตามรถเปิดเตา
- ง. เล่นไปคนละทิศทาง

1.3 เครื่องบินมีความเร็ว 2.5 มัก จะมีอัตราเร็วเท่ากับเท่าไรถ้าอัตราเร็วเสียงเท่ากับ 340 เมตร/วินาที

1.4 ถ้าต้องการให้เครื่องบินมีอัตราเร็วเป็นสองเท่าของอัตราเร็วเสียง หน้าคลื่นกระแทกที่เกิดจากเครื่องบินนี้จะต้องทำมุมกันกี่องศา

1.5 ชายคนหนึ่งยืนบนถนนเห็นเครื่องบินลำหนึ่งบินอยู่เหนือระดับพื้นดินตรงที่เขาขึ้นเป็นระยะ 8 กิโลเมตร นับจากนั้นไปอีกกี่วินาทีเขาจึงจะได้ยินเสียงเครื่องบินถ้าเครื่องบินบินเร็วกว่าเสียง $\frac{5}{3}$ เท่าและอัตราเร็วเสียงในขณะนั้นเท่ากับ 340 เมตร/วินาที

2.1 ในการวัดอัตราเร็วการไหลของเลือดในหลอดเลือด สามารถวัดโดยใช้คลื่นเสียงได้อย่างไร จงอธิบาย

3.1 (มข.50) ชายคนหนึ่งยืนรอรับเพื่อนที่สถานีรถไฟ ขณะที่รถไฟกำลังแล่นเข้าสถานีด้วยอัตราเร็ว 36 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ได้เปิดหวูดออกมาด้วยความถี่ 1000 เฮิร์ตซ์ อยากทราบว่าชายผู้นี้จะได้ยินเสียงความถี่อะไร

1. น้อยกว่าเฮิร์ตซ์
2. มากกว่าเฮิร์ตซ์
3. เท่ากับเฮิร์ตซ์
4. ข้อมูลไม่เพียงพอ

3.2 (มข.52) ในเรื่องของปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ข้อใดต่อไปนี้ไม่ถูกต้อง

1. ถ้าต้นกำเนิดคลื่นเคลื่อนเข้าหาผู้สังเกตที่อยู่นิ่ง คลื่นที่ผู้สังเกตได้รับความถี่นั้นสั้นกว่าเมื่อเทียบกับกรณีที่ต้นกำเนิดไม่เคลื่อนที่
2. ถ้าต้นกำเนิดคลื่นเคลื่อนเข้าหาผู้สังเกตที่อยู่นิ่ง คลื่นที่ผู้สังเกตได้รับความยาวคลื่นยาวกว่าเมื่อเทียบกับกรณีที่ต้นกำเนิดไม่เคลื่อนที่
3. ถ้าผู้สังเกตเคลื่อนเข้าหาต้นกำเนิดคลื่นที่อยู่นิ่ง คลื่นที่ผู้สังเกตได้รับความยาวคลื่นสั้นกว่าเมื่อเทียบกับกรณีที่ผู้สังเกตไม่เคลื่อนที่
4. ถ้าผู้สังเกตเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v เข้าหาต้นกำเนิดคลื่นที่อยู่นิ่ง เทียบกับกรณีที่ต้นกำเนิดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v เดียวกันเข้าหาผู้สังเกตที่อยู่นิ่ง คลื่นที่ผู้สังเกตได้รับในแต่ละกรณีจะมีความถี่ไม่เท่ากัน

3.3 (มข.54) รถไฟ A จอดนิ่งอยู่ในสถานีแต่รถไฟ B แล่นเข้ามาหาแล้วเคลื่อนหนีออกไป ถ้าทั้งสองเปิดหวูดด้วยความถี่เดียวกัน ข้อสรุปต่อไปนี้ข้อใดไม่ถูกต้อง

1. ขณะที่รถไฟ B แล่นเข้ามา คนในรถไฟ A ได้รับคลื่นเสียงจากรถไฟ B มีความยาวคลื่นสั้นลง
2. ขณะที่รถไฟ B แล่นหนีไป คนในรถไฟ A ได้รับคลื่นเสียงจากรถไฟ B มีความยาวคลื่นยาวลง
3. ขณะที่รถไฟ B แล่นเข้ามา คนในรถไฟ B ได้รับคลื่นเสียงจากรถไฟ A มีความยาวคลื่นสั้นลง
4. ขณะที่รถไฟ B แล่นหนีมา คนในรถไฟ B ได้รับคลื่นเสียงจากรถไฟ A มีความถี่น้อยลง

10.8 การประยุกต์ความรู้เรื่องเสียง

จากการศึกษาธรรมชาติและสมบัติของเสียง เราได้นำความรู้ต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ประโยชน์ต่างๆ หลายด้านด้วยกัน เช่น

10.8.1 ด้านสถาปัตยกรรม

การออกแบบอาคาร ห้องประชุมต่างๆ มักต้องคำนึงเกี่ยวกับเสียงสะท้อนกลับ ว่าต้องการให้มีหรือไม่มี หรือต้องการใช้มีมากน้อยเพียงใด

- ถ้าต้องการให้มีมากก็ต้องออกแบบผนังห้อง เพดาน ให้เกิดเสียงสะท้อนกลับมาสวมกัน
- ถ้าลดเสียงสะท้อนกลับ ต้องออกแบบให้เกิดเสียงสะท้อนกลับมากหักล้างกันและใช้วัสดุดูดกลืนเสียง

บุผนังห้องและเพดาน

10.8.2 ด้านการประมง

- เรือประมงใช้เครื่องโซนาร์ (SONAR = Sound Navigation and Ranging) หาดำแหน่งของฝูงปลา

- SONAR จะใช้คลื่นเหนือเสียงที่มีความถี่ในช่วง 20 – 100 กิโลเฮิร์ตซ์

- การทำงานของ SONAR จะส่งคลื่นเหนือเสียงออกไปเป็นจังหวะเมื่อกระทบฝูงปลาจะสะท้อนกลับมายังเรือ และสัญญาณเสียงถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าผ่านเครื่องวิเคราะห์สัญญาณ ซึ่งจะบอกช่วงห่างของเวลาระหว่างสัญญาณเสียงที่ส่งออกไปกับสัญญาณเสียงที่สะท้อนกลับ และแปลงช่วงเวลาเป็นระยะห่างของวัตถุที่สะท้อนโดยจะแสดงผลออกมาทางจอภาพ

- ใช้คลื่นเหนือเสียงสื่อสารระหว่างเรือด้วยกัน

10.8.3 ด้านการแพทย์

- แพทย์ได้นำคลื่นเหนือเสียงมาใช้ในการตรวจอวัยวะภายในของคนเราเพื่อวินิจฉัยสาเหตุของความผิดปกติ เช่น การตรวจการทำงานของลิ้นหัวใจ ตรวจมดลูกตรวจครรภ์ ตรวจเนื้องอก ตับ ม้ามและสมอง

- คลื่นเหนือเสียงสามารถสะท้อนที่รอยต่อระหว่างชั้นของเนื้อเยื่อต่าง ๆ ดีกว่ารังสีเอกซ์มาก

- คลื่นเหนือเสียงที่ใช้ในวงการแพทย์เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานคลื่นเหนือเสียงด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีความถี่ในช่วง 1- 10 MHz

- คลื่นคลื่นเหนือเสียงผ่านผิวหนังเข้าสู่ร่างกายไปกระทบเนื้อเยื่อ ซึ่งมีความหนาแน่นต่างกัน สะท้อนคลื่นได้ดีต่างกัน เครื่องรับคลื่นสะท้อนจะเปลี่ยนเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งเมื่อผ่านเครื่องวิเคราะห์คลื่นสัญญาณแล้วไปยังคอมพิวเตอร์ส่งผลสรุปออกทางจอภาพ

10.8.4 ด้านธรณีวิทยา

การสำรวจธรณีฟิสิกส์เป็นขั้นตอนการสำรวจโดยการศึกษาความแตกต่าง และคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นหิน เช่น การวัดค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กโลก การวัดค่าแรงดึงดูดของโลก การวัดความไหวสะเทือน ทั้งนี้เพื่อนำมาศึกษาและแปลความหมายประกอบกับการสำรวจธรณีวิทยา

การสำรวจน้ำมัน โดยการระเบิดบางจุดบนพื้นดิน แรงระเบิดจะสั่นสะเทือนไปทุกทิศทาง เมื่อถึงชั้นหินก็จะสะท้อนกลับและมีเครื่องมือวัดแรงสะท้อน ซึ่งบอกเวลาและแรงสั่นสะเทือนออกมาในกระดาษ จากข้อมูลพอจะบอกลักษณะของแอ่งน้ำมัน

10.8.5 ด้านวิศวกรรมและอุตสาหกรรม

- คลื่นเหนือเสียงยังสามารถนำไปใช้ตรวจรอยร้าวในวัตถุที่ทึบ ๆ เช่น รอยร้าวในท่อก๊าซหรือรอยร้าวบนรางรถไฟ

- หลักการทำงาน ส่งคลื่นUltrasonic ออกไปแล้วรับคลื่นสะท้อนกลับ แต่เปลี่ยนคลื่นสะท้อนกลับให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากส่วนปกติกับส่วนที่เป็นรอยร้าวจะมีความแตกต่างกัน