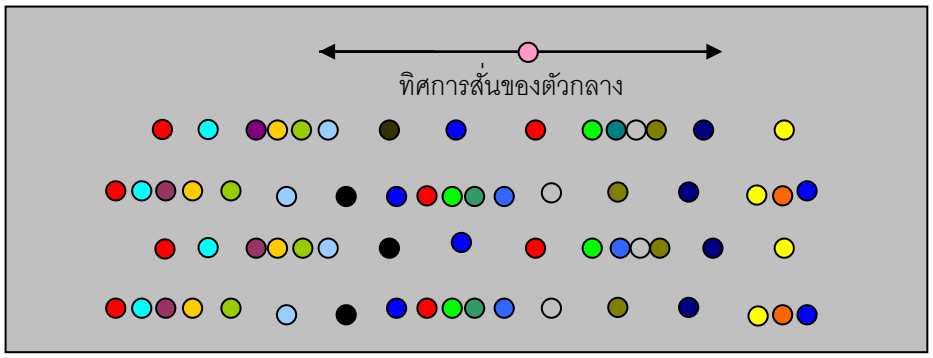
เสียง (Sound)

1. ธรรมชาติของเสียง

เสียง (Sound) เป็นคลื่นกลชนิดหนึ่ง เป็นคลื่นตามยาว เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ การสั่นของอนุภาคจะถ่ายโอนพลังงานผ่านตัวกลาง ซึ่งตัวกลางจะสั่นในลักษณะอัดและขยายดังรูป การถ่ายโอนพลังงานจะถ่ายโอนได้ดีในตัวกลางที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊สตามลำดับ เสียงเดินทางผ่านสุญญากาศไม่ได้



จากรูป แสดงว่าเสียงเป็นคลื่นตามยาว โดยมีอัตราเร็วตามสมการ

$$v = f\lambda \qquad \text{.....1}$$

คลื่นเสียงประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. ส่วนอัด (Compression) คือ ส่วนที่อนุภาคของตัวกลางเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับคลื่นและมีความดันมากกว่าปกติ

2. ส่วนขยาย (Rarefaction) คือ ส่วนที่อนุภาคของตัวกลางเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงข้ามกับคลื่นและมีความดันน้อยกว่าปกติ

2. การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงผ่านตัวกลางต่าง ๆ

การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงต้องอาศัยตัวกลางในการถ่ายทอดพลังงาน ดังนั้นอัตราเร็วของเสียงจะขึ้นอยู่กับภาพของตัวกลาง เช่น อุณหภูมิ ความหนาแน่น และความยืดหยุ่นของตัวกลาง ดังตาราง

ตาราง แสดงอัตราเร็วของเสียง 0°C และ 25°C ในตัวกลางต่าง ๆ

ตัวกลาง	อัตราเร็วของเสียง (m/s)	
	ที่ 0°C	ที่ 25°C
อากาศ	331.5	346
ไฮโดรเจน	1,270	1,339
น้ำ	1,450	1,498
เหล็ก	5,100	5,200

3. อัตราเร็วของเสียงในอากาศ

เสียงจะเคลื่อนที่ได้เร็วในตัวกลางที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊สตามลำดับ อัตราเร็วของเสียงในอากาศพบว่าแปรผันโดยตรงกับรากที่สองของอุณหภูมิ ในหน่วย เคลวิน ดังนั้น

$$V = v_0\sqrt{\frac{T}{273}} \qquad \text{.....2}$$

V = ความเร็วของเสียง

V_0 = ความเร็วของเสียงที่อุณหภูมิ 273 เคลวิน

T = อุณหภูมิในหน่วย เคลวิน

ในกรณีที่ให้ t เป็นอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส จะแสดงความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของอากาศตามสมการกับความเร็วของเสียงได้ดังต่อไปนี้

$$v = 331 + 0.61 \qquad \text{.....3}$$

ตัวอย่าง ที่อุณหภูมิ 20 °C เสียงจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่เท่าใด จึงจะได้ระยะทาง 2 กิโลเมตร

วิธีทำ จาก v = 331+06t

v = 331+0.6(200

v = 343 m/s

จาก $t = \frac{s}{v} = \frac{2x10^3}{343} = 5.83$ วินาที

$\therefore$ ระยะทาง 2 กิโลเมตร เสียงจะใช้เวลาเคลื่อนที่ 5.83 วินาที

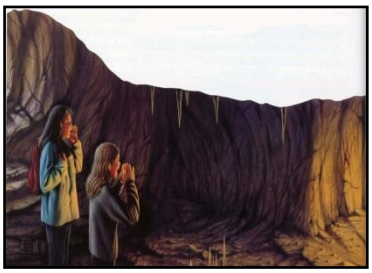
4. สมบัติบางประการของเสียง

4.1 การสะท้อน

เสียงเป็นคลื่นชนิดหนึ่ง ดังนั้นจึงมีคุณสมบัติของการสะท้อนเหมือนกับคลื่นอื่นๆ เมื่อเสียงเคลื่อนที่ไปพบสิ่งกีดขวางเสียงจะสะท้อนกลับ โดยจะเป็นไปตามกฎการสะท้อนของคลื่นคือ

1. มุมตกกระทบ = มุมสะท้อน
2. รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉากอยู่บนระนาบเดียวกัน

เสียงจะสะท้อนได้ดี ถ้าผิวสะท้อนแข็งและเรียบ ปรากฏการณ์สะท้อนของเสียงที่เราเคยพบคือ **เสียงก้อง** (Echo) เมื่อนักศึกษาตะโกนใกล้ตึกโดยอยู่ตำแหน่งที่เหมาะสม เมื่อเสียงเคลื่อนที่ไปกระทบตึกแล้วสะท้อนกลับมา โดยใช้เวลาเดียวกัน 0.1 หรือ $\frac{1}{10}$ วินาที ประสาทสมองเรา จะสามารถแยกเสียงได้ แต่ถ้าคลื่นเสียงใช้เวลาน้อยกว่า 0.1 วินาที เราจะไม่ได้ยินเสียงก้องเพราะสมองจะแยกไม่ได้ จากสมบัติการสะท้อนของเสียงเราสามารถนำไปใช้วัดระยะทางได้



รูปแสดงการสะท้อนของคลื่นเสียง

จากรูป เสียงเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปยังผิวสะท้อนแล้วสะท้อนกลับมายังตำแหน่งเดิมจะได้ระยะทางเท่ากับ 2x ถ้าเสียงใช้เวลาในการเคลื่อนที่ t จะได้

$$v = \frac{2x}{t} \qquad \text{.....4}$$

หรือ

$$x = \frac{vt}{2} \qquad \text{.....5}$$

ตัวอย่าง ชายคนหนึ่งส่งเสียงตะโกนออกไปข้างหน้าผาที่อยู่ห่างออกไป ปรากฏว่าได้ยินเสียงสะท้อนกลับหลังจากตะโกนแล้ว 4 วินาที ถ้าขณะนั้นอุณหภูมิ 25°C ให้หาว่าชายคนนี้จะอยู่ห่างจากหน้าผาเท่าไร

วิธีทำ จาก $v = 331+0.6t$

$= 331+0.6(25)$

$= 346$ m/s

จาก $x = \frac{vt}{2}$

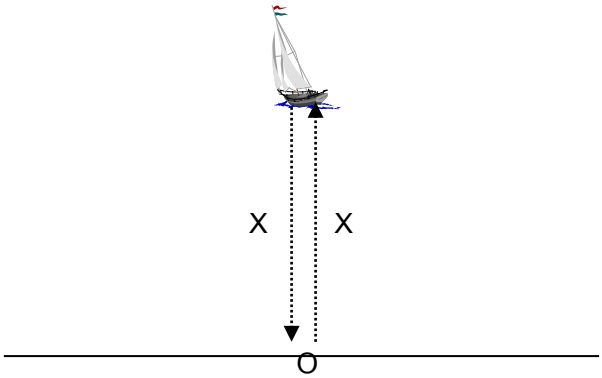
$= \frac{346(4)}{2}$

$= 692$ m

$\therefore$ ชายคนนั้นจะอยู่ห่างจากหน้าผา 692 เมตร

ตัวอย่าง เรือลำหนึ่ง ส่งคลื่นสัญญาณเสียงลงไปในน้ำทะเลและได้รับสัญญาณเสียงกลับมาในเวลา 0.6 วินาที ถ้าอัตราเร็วเสียงในน้ำทะเลเท่ากับ 1,500 เมตร/วินาที ทะเลบริเวณนั้นลึกเท่าใด

วิธีทำ



สมมุติให้ทะเลบริเวณนั้นลึก = X เมตร

เสียงเดินทางลงไปและกลับขึ้นมายังเรือได้ระยะทาง = 2X เมตร

เสียงเดินทางลงไปและกลับขึ้นมายังเรือใช้เวลาทั้งหมด = 0.6 วินาที

จากสูตร $v = \frac{S}{t}$

ดังนั้น $1,500 = \frac{2X}{0.6}$

$2X = (1,500)(0.6)$

$X = 450$ เมตร

∴ ทะเลบริเวณนั้นลึก 450 เมตร **ตอบ**

4.2 บีตส์และคลื่นนิ่ง

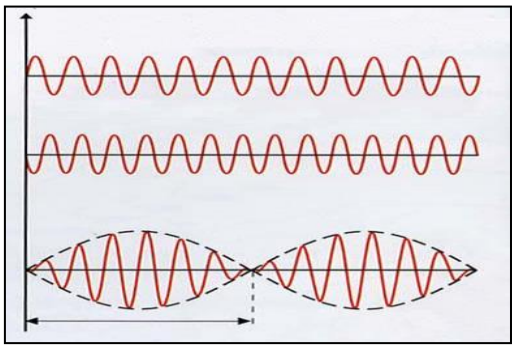
บีตส์ (Beats) เกิดจากการแทรกสอดของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง 2 แหล่ง ที่มีแอมพลิจูดเท่ากัน แต่ความถี่ต่างกันก็เล็กน้อย คลื่นเสียง 2 คลื่น จะมีทิศไปทางเดียวกันหรือตรงข้ามก็ได้ เสียงที่ได้ยินจะเป็นเสียงเดียวกันแต่ดังและค่อยเป็นจังหวะ ถ้าความถี่ของคลื่นเสียงทั้งสอง ต่างกันไม่มากนัก เสียงบีตส์จะได้ยินเสียงเป็นจังหวะช้าๆ แต่ถ้าความถี่ของเสียงทั้งสองต่างกัน มากขึ้น เสียงบีตส์ที่ได้ยินจะเป็นจังหวะเร็วขึ้น ซึ่งมนุษย์เราสามารถได้ยินเสียงบีตส์ที่มีความถี่ ไม่เกิน 7 เฮิรตซ์ ให้ f_1, f_2 เป็นความถี่ของคลื่นเสียงทั้งสอง

ความถี่บีตส์ $f = |f_1 - f_2|$ 6

และความถี่เสียงที่ได้ยินจะเป็นค่าเฉลี่ยของความถี่ของคลื่นเสียงทั้งสอง

$$f = \frac{f_1 + f_2}{2}$$ 7

ประโยชน์ของบีตส์ นักดนตรีอาศัยปรากฏการณ์ของบีตส์ในการเทียบเสียงดนตรีกับหลอดเทียบเสียงความถี่มาตรฐาน เช่น การตั้งสายไวโอลิน โดยทำให้เกิดเสียงพร้อมๆ กัน แล้วปรับจนกระทั่งไม่มีเสียงบีตส์จึงจะถือได้ว่าเสียงทั้งสองมีความถี่เท่ากันและเป็นเสียงเดียวกัน



รูป แสดงการเกิดบีตส์ของคลื่นเสียง

ตัวอย่าง ถ้าต้องการให้เกิดเสียงดังเป็นจังหวะห่างกันทุกครึ่งวินาที จะต้องเคาะส้องเสียง ซึ่งมีความถี่ 500Hz พร้อมกับเสียงมีค่าความถี่เท่าไร

วิธีทำ ทำให้เกิดเสียงดังเป็นจังหวะห่างกันทุกครึ่งวินาที

$\therefore$ ความถี่บีตส์เป็น 2 ครั้งต่อวินาที

จาก $\Delta f = |f_1 - f_2|$

$2 = f_1 - 500$ หรือ $2 = 500 - f_2$

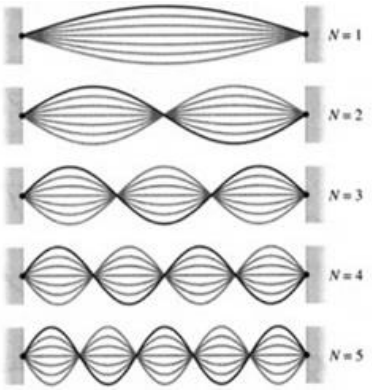
$f_1 = 502$ Hz หรือ $f_2 = 498$ Hz

$\therefore$ ส้อมเสียงอีกอันหนึ่ง มีความถี่ 502 Hz หรือ 498 Hz

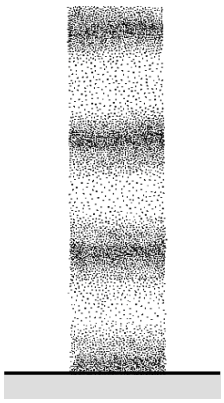
คลื่นนิ่ง (Standing Wave) เกิดจากการแทรกสอดของคลื่น 2 ขบวน ที่มี ความยาวคลื่นเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงข้าม เช่น คลื่นเสียงสะท้อนจากพื้นโต๊ะจะกลับมาแทรกสอดกับคลื่นตกกระทบทำให้เกิดคลื่นนิ่งเสียงจะดังมากที่จุด ปฏิบัพ (Antinode) และจะเบาที่จุดบัพ (Node)

ระยะห่างระหว่างบัพ (N) หรือระหว่างปฏิบัพ (A) ของคู่ถัดไป $= \frac{\lambda}{2}$

ระยะห่างระหว่างตำแหน่งของบัพและปฏิบัพที่อยู่ ถัดกัน $= \frac{\lambda}{4}$



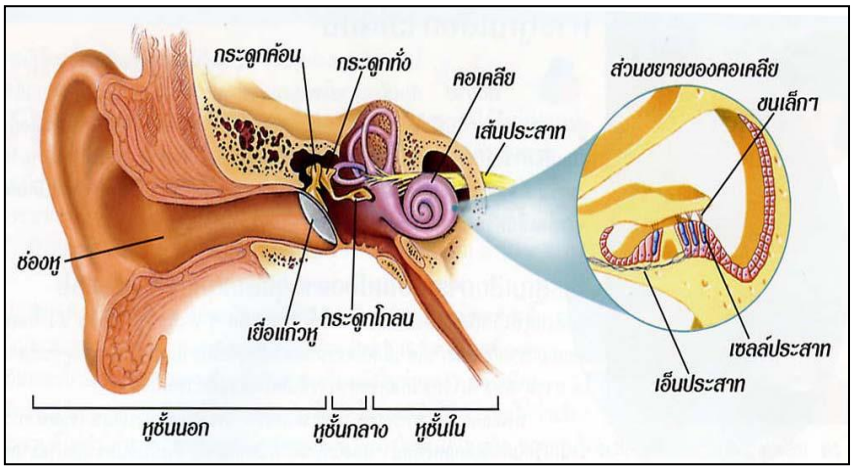
รูป แสดงการเกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือก



รูป แสดงการเกิดคลื่นนิ่งของเสียง

5. การได้ยินของมนุษย์

มนุษย์เราสามารถได้ยินเสียงในช่วงความถี่ 20-20,000 Hz นอกเหนือจากความถี่ในช่วงนี้หูมนุษย์จะไม่ได้ยิน ได้แก่ เสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 20Hz เรียกว่า Infrasonic ซึ่งเป็นแหล่งต้นกำเนิดเสียงที่มีขนาดใหญ่ เช่น คลื่นสั่นสะเทือนจากการก่อสร้าง จากรถไฟ จากการจราจรถนน หรือคลื่นจากแผ่นดินไหว และเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20,000 Hz เรียกว่า Ultrasonic เช่น การสั่นของผลึกควอตซ์ คลื่นดล อัลตราโซนิกส์ ของค้างคาวที่หาทิศการบินในปัจจุบันได้คำคลื่นเสียง Ultrasonic มาใช้ประโยชน์อย่างมากมาย เช่น ใช้ตรวจอวัยวะภายในสำหรับการวินิจฉัยโรค ใช้ตรวจหาวัตถุเล็กๆ โดยอาศัยการสะท้อนของคลื่น



รูป ส่วนประกอบของหูมนุษย์ที่ใช้รับฟังเสียง

5.1 ความเข้มของเสียง

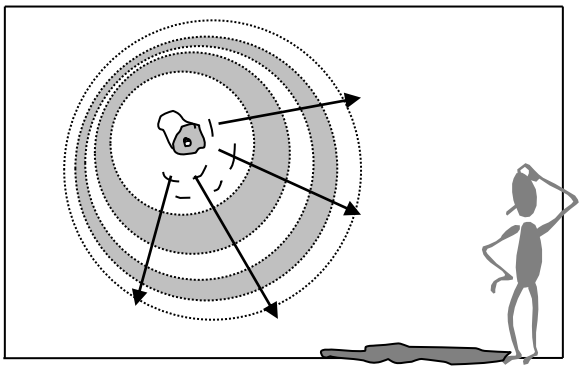
ความเข้มเสียง (Sound Intensity) หมายถึง อัตราพลังงานของคลื่นเสียงที่เคลื่อนที่ไปกระทบหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ใช้รับเสียงในแนวตั้งฉากในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) เขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ได้

$$I = \frac{W}{At} = \frac{P/t}{AT} = \frac{P}{A} \quad \text{.....8}$$

ให้ I = ความเข้มเสียง (W/m^2)

p = กำลังของเสียงจากแหล่งกำเนิด (Watt)

A = พื้นที่ที่รับเสียงในแนวตั้งฉาก



รูปการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง

เนื่องจากหน้าคลื่นของคลื่นเสียงที่แผ่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียงจนแผ่ออกไปโดยรอบเป็นรูปทรงกลม พื้นที่ที่รองรับพลังงานเสียงจึงมีลักษณะเป็นพื้นผิวของทรงกลม

ดังนั้น $A = 4\pi R^2$

เขียนเป็นสมการใหม่ได้ $$I = \frac{P}{4\pi R^2} \quad \text{.....9}$$

สำหรับหูของมนุษย์จะสามารถรับฟังเสียงที่มีความเข้มตั้งแต่ 10^{-12} - 1 W/m^1

ตัวอย่าง แหล่งกำเนิดเสียงส่งพลังงานเสียง $4\pi \times 10^{-10}$ วัตต์ ผู้ฟังอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 20 เมตร จะได้ยินเสียงที่มีความเข้มเสียงเท่าใด

วิธีทำ จาก $$I = \frac{P}{4\pi R^2}$$

ดังนั้น $$I = \frac{4\pi \times 10^2}{4\pi \times 20^2}$$

$I = 2.5\ 10^{-13}\ W/m^2$ **ตอบ**

5.2 ระดับความเข้มของเสียง

การใช้ความเข้มของเสียงเพื่อบอกความดังของเสียงนั้นไม่ค่อยจะสะดวกเพราะเป็นเลขยกกำลัง ในทางปฏิบัติจึงใช้ **ระดับความเข้มเสียง** (Sound Intensity Level) แทนความเข้มเสียง โดยมีความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad \text{.....10}$$

เมื่อ β = ระดับความเข้มเสียง มีหน่วยเป็นเดซิเบล (dB)

I = ความเข้มเสียง (W/m^2)

I_0 = ความเข้มเสียงเบาที่สุดที่มนุษย์สามารถรับฟังได้

= 10^{-12} (W/m^2)

มนุษย์สามารถรับฟังเสียงได้ในระดับความเข้มเสียงตั้งแต่ 0 ถึง 120 dB

ตัวอย่าง ชายคนหนึ่งได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงมีความเข้ม 10^{-5} W/m^2 เสียงที่ได้ยินนี้จะมีระดับความเข้มเสียงเท่าใด

วิธีทำ จาก $$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$= 10 \log \frac{10^{-5}}{10}$$

$$= 10 \log 10^7$$

$$= 10(7) \log 10 = 70 \text{ dB}$$

ชายคนนี้จะได้ยินเสียงระดับความเข้มเท่ากับ 70 dB **ตอบ**

6. มลภาวะของเสียง

เสียงที่มีระดับความเข้มสูงเป็นอันตรายต่อผู้ที่อยู่ใกล้ซึ่งเป็นอันตรายต่อระบบหู และระบบประสาท จึงมีประกาศของกระทรวงมหาดไทย เกี่ยวกับความปลอดภัยของการทำงานในบริเวณที่มีเสียงดัง

ตารางแสดงประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยเกี่ยวกับเสียง

เวลาในการทำงานต่อวัน (ชั่วโมง)	ระดับความเข้มเสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน (dB)
น้อยกว่า 7	91
7-8	90
มากกว่า 8	80

7. ระดับเสียง ระดับเสียง (Pitch) หมายถึง ความสูงต่ำของเสียง เป็นปริมาณที่วัดโดยความรู้สึกของผู้ฟัง การแบ่งระดับเสียง แบ่งได้หลายอย่าง เช่น

1) การแบ่งระดับเสียงดนตรีในทางวิทยาศาสตร์

เสียง	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
อัตราส่วนเทียบ กับ C	1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2

2) การแบ่งระดับเสียงของเครื่องดนตรีสากล

เสียง	C	D	E	F	G	A	B	C
ความถี่ Hz	261.6	293.7	329.6	349.2	392.0	440.2	493.9	523.2

อัตราส่วนของความถี่ระหว่างเสียงโน้ต ตัวแรกกับตัวสุดท้ายเท่ากับ 2

8. การนำความรู้เรื่องเสียงไปใช้ประโยชน์

ประโยชน์ของเสียงที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์มีมากมายเช่น

1) ใช้ตรวจสอบรอยร้าวในเนื้อโลหะด้วย อัลตราโซนิกส์ พื้นฐานมี 2 วิธีคือ

(1) ใช้วิธีการส่งคลื่นเสียงผ่านทะลุชิ้นงาน ใช้กับงานหล่อขนาดใหญ่หรือวัสดุที่มี สิ่งบกพร่องภายในเนื้อวัสดุขนาดใหญ่ หัวตรวจสอบ 2 อันคือ Transmission probe (หัวส่ง) Receiver probe (หัวรับ) จะอยู่ตรงข้ามกัน โดยวัสดุที่จะตรวจสอบอยู่ตรงกลาง การตรวจสอบด้วยวิธีนี้ไม่สามารถบอกตำแหน่งของร้อยร้าวหรือสิ่งบกพร่องในชิ้นงานได้

(2) วิธีการพัลส์เอคโค่ (pulse Echo) ตัวส่งและตัวรับเคลื่อนเสียง จะอยู่บนด้านเดียวกัน ตัวรับสัญญาณจะบอกตำแหน่งบกพร่องที่เกิดขึ้นภายในเนื้อวัสดุโดยผ่านจอ CRT

(ก) ส่งคลื่นเสียงผ่านเนื้อวัสดุ

(ข) คลื่นเสียงที่ตกกระทบสิ่งบกพร่องส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับ

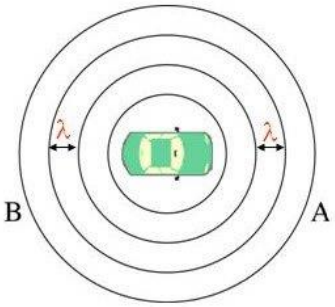
(ค) ตัวรับคลื่นเสียงจะรับคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับ

2) ใช้ในทางการแพทย์ เพื่อตรวจดูความผิดปกติของเนื้อเยื่อภายใน เช่น นัยน์ตา ตับ มะเร็งในสมอง และทารกในครรภ์

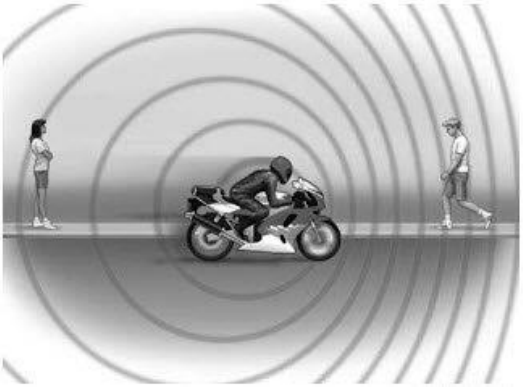
3) ใช้ในการหาความลึกของทะเล โดยอาศัยเสียงสะท้อน เครื่องมือนี้เรียกว่า โซนาร์ (Sonar)

ปรากฏการณ์ทางเสียง

ปรากฏการณ์ดอพเพลอร์ (Doppler Effect) เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงให้เสียงออกมา เสียงก็จะกระจายออกไปทุกทิศทางด้วยความยาวคลื่นที่เท่ากันถ้าแหล่งกำเนิดเสียงหยุดนิ่งเราจะพบว่าเสียงที่ผู้ฟังได้ยินจะมีความยาวคลื่นเดียวกับที่แหล่งกำเนิดเสียงให้ออกมา



รูปแสดง ความยาวคลื่นทุกด้านเท่ากัน เมื่อแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงอยู่นิ่ง



รูปแสดงความยาวคลื่นด้านหน้าและด้านหลังไม่เท่ากัน เมื่อแหล่งกำเนิดสียงเคลื่อนที่

แต่ถ้าผู้ฟังหรือแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ความยาวคลื่นที่ออกไปด้านหน้าของแหล่งกำเนิดเสียงจะสั้นลง ส่วนความยาวคลื่นด้านหลังของแหล่งกำเนิดเสียงซึ่งเคลื่อนที่ผ่านไป จะมีความยาวคลื่นยาวมากขึ้น

ปรากฏการณ์นี้ เราจะได้ยินเสียงความถี่ผิดไปจากที่แหล่งกำเนิดให้ออกมา(ทั้ง ๆ ที่แหล่งกำเนิดเสียงให้เสียงความถี่เท่าเดิม) เราเรียกว่าเกิดปรากฏการดอปเพลอร์

ภาพเคลื่อนไหวแสดงแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ไปทางขวา ความยาวคลื่นด้านหน้าสั้นกว่าด้านหลัง

ปรากฏการณ์ ดอปเพลอร์เกิดจากการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ ระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงหรือผู้ฟัง ทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงที่มีความถี่ไม่เท่ากับความถี่เสียงที่แหล่งกำเนิดเสียงให้ออกมา

ปรากฏการณ์ ดอปเพลอร์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นนี้เราสามารถแบ่งได้เป็น 5 กรณี คือ

1. กรณีแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกตที่หยุดนิ่ง ในกรณีนี้ความถี่เสียงที่ปรากฏแก่ผู้สังเกตที่หยุดนิ่งจะได้ยินเสียงมีความถี่สูงขึ้นกว่าความถี่เสียงปกติของแหล่งกำเนิดเสียง และความยาวคลื่นสั้นลง

2. กรณีแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตที่หยุดนิ่งในกรณีนี้ความถี่เสียงที่ผู้สังเกตได้รับจะมีความถี่ต่ำลงกว่าเดิมแต่ความยาวคลื่นจะยาวขึ้น

3. กรณีผู้สังเกตเคลื่อนที่เข้าหาแหล่งกำเนิดเสียงที่หยุดนิ่งในกรณีนี้ความถี่เสียงที่ผู้สังเกตได้รับจะสูงกว่าเดิม

4. กรณีผู้สังเกตเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียงที่หยุดนิ่งในกรณีนี้ความถี่เสียงที่ผู้สังเกตได้รับจะต่ำลงกว่าเดิม แต่ความยาวคลื่นเสียงเท่าเดิม5. กรณีแหล่งกำเนิดและผู้สังเกตต่างเคลื่อนที่ ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น ต่างเคลื่อนที่เข้าหากัน หรือเคลื่อนที่แยกออกจากกัน หรือเคลื่อนที่ตามกัน สังเกตจากถ้าเวลาผ่านไปแล้วแหล่งกำเนิดเสียงกับผู้สังเกตมีระยะห่างกันน้อยลง แสดงว่าผู้ฟังจะได้ยินเสียงมีความถี่สูงขึ้น ส่วนเมื่อเวลาผ่านไประยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับผู้สังเกต มีระยะห่างกันมากขึ้น แสดงว่าผู้ฟังได้ยินเสียงมีความถี่เสียงต่ำลง

การคำนวณเกี่ยวกับปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง มีอยู่ 2 แบบ

1. การหาความยาวคลื่นเสียงด้านหน้า และด้านหลังแหล่งกำเนิดสียง

1.1 ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงอยู่นิ่ง ความยาวคลื่นทุกด้านเท่ากัน หาความยาวคลื่นเสียงตามปกติ

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

λ = ความยาวคลื่นเสียงที่ปรากฏ

v = อัตราเร็วเสียง

f = ความถี่เสียง

1.2 หาความยาวคลื่นที่ปรากฏด้านหน้าแหล่งกำเนิดเสียงที่เคลื่อนที่ จะได้ความยาวคลื่นสั้นลง

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

λ = ความยาวคลื่นเสียงที่ปรากฏด้านหน้า

v = อัตราเร็วเสียง

v_s = อัตราเร็วของแหล่งกำเนิดเสียง

f = ความถี่เสียงของแหล่งกำเนิด

หมายเหตุ จากสมการ ความยาวคลื่นด้านหน้าและด้านหลังแหล่งกำเนิดเสียงที่กำลังเคลื่อนที่ ไม่เกี่ยวข้องกับผู้สังเกตซึ่งอยู่ด้านหน้าและหลังแหล่งกำเนิดเลย ไม่ว่าผู้สังเกตจะอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่อย่างไรก็ตาม

2. หาความถี่เสียงปรากฏต่อผู้ฟัง ขณะเกิดปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง จากการศึกษาที่ผ่านมาสรุปว่า การที่ผู้สังเกตจะได้ยินเสียงที่ปรากฏว่ามีความถี่เสียงสูงขึ้น หรือต่ำลงกว่าปกตินั้น ให้สังเกตว่าถ้าเกิดการเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิดและผู้สังเกต สัมพัทธ์แบบทำให้ระยะห่างระหว่างกันลดลงเรื่อยๆ เป็นลักษณะการเข้าหา ผู้สังเกตจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่าปกติ ส่วนในทางตรงกันข้าม เกิดการสัมพัทธ์ที่ระยะห่างระหว่างผู้ฟังกับแหล่งกำเนิดเสียงเพิ่มมากขึ้น เป็นลักษณะการออกจากกัน ผู้สังเกตจะได้ยินเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่าปกติ สมการคำนวณคือ

$$f_o = \left(\frac{v \pm v_o}{v \pm v_s}\right) \cdot f_s$$

f_o = ความถี่เสียงที่ปรากฏต่อผู้ฟัง

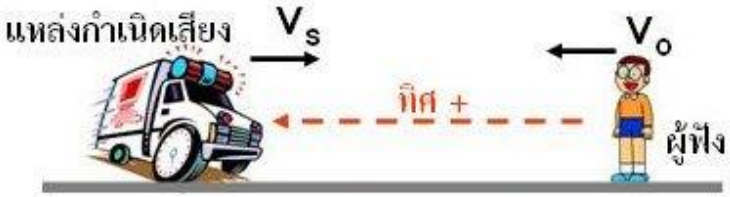
f_s = ความถี่เสียงของแหล่งกำเนิด

v = อัตราเร็วเสียงในอากาศ

v_o = อัตราเร็วของผู้ฟังเสียง

v_s = อัตราเร็วของแหล่งกำเนิดเสียง

หลักการคิดเครื่องหมาย ± ของ v_o และ v_s แทนในสูตร



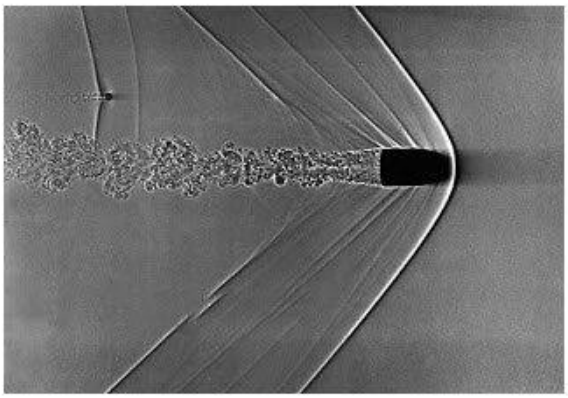
ให้ลากเส้นกำหนดทิศหลัก + จากผู้ฟังไปยังแหล่งกำเนิดเสมอ

กำหนดค่า v_o และ v_s จะเป็น + ถ้ามีทิศเดียวกับทิศหลัก

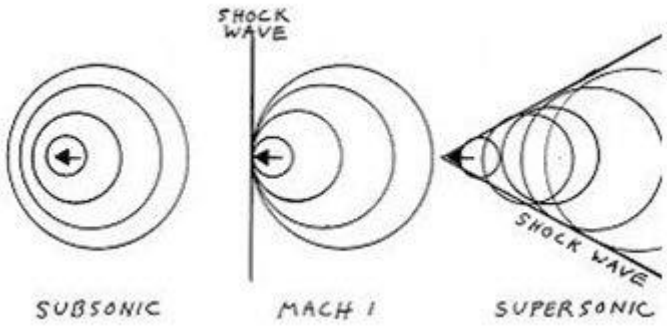
กำหนดค่า v_o และ v_s จะเป็น - ถ้ามีทิศสวนกับทิศหลัก

2. คลื่นกระแทก (shock wave)

คลื่นกระแทก คือ ปรากฏการณ์ที่หน้าคลื่นเคลื่อนที่มาเสริมกันในลักษณะที่เป็นหน้าคลื่นวงกลมซ้อนเรียงกันไป โดยที่มีแนวหน้าคลื่นที่มาเสริมกันมีลักษณะเป็นรูปตัวVอันเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่มากกว่าความเร็วของคลื่นในตัวกลาง(Vs>V) เช่นคลื่นกระแทกของคลื่นที่ผิวน้ำขณะที่เรือกำลังวิ่ง หรือคลื่นเสียงก็เกิดขึ้นเมื่อเครื่องบินบินเร็วกว่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศ



รูปแสดงคลื่นกระแทกที่เกิดจากเรือมีความเร็วมากกว่าความเร็วคลื่นน้ำและเกิดขึ้นเมื่อเครื่องบินมีความเร็วมากกว่าความเร็วเสียง



ภาพ (1) ภาพ(2) ภาพ(3

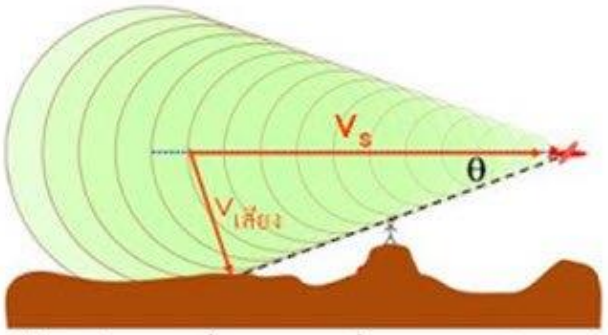
ภาพ(1)แสดงแหล่งกำเนิดคลื่น เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต่ำกว่าอัตราเร็วเสียง เกิดดอปเพลอร์(Vs< V)

ภาพ(2)แสดงแหล่งกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่เท่ากับอัตราเร็วเสียง เกิดการชนกำแพงเสียง (Vs=V)

ภาพ(3)แสดงแหล่งกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่เร็วกว่าเสียง(super sonic) เกิดคลื่นกระแทก (Vs>V)

ถ้าอัตราเร็วของเครื่องบินมากกว่ามากกว่าอัตราเร็วเสียงในอากาศมากๆ จนกระทั่งทำให้รูปกรวยยิ่งเล็กลงมากๆ แล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันอย่างมาก และรวดเร็วเป็นผลทำให้เกิดเสียงดังคล้ายเสียงระเบิดบริเวณคลื่นกระแทกนี้เคลื่อนที่ผ่าน อาจทำให้กระจกหน้าต่างแตกได้ เสียงที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า“โซนิกบูม (Sonic Boom)”

เลขมัค (Mach Number) คือ ตัวเลขที่บอกให้เราทราบว่า อัตราเร็วของแหล่งกำเนิดคลื่น มีค่าเป็นกี่เท่าของอัตราเร็วของคลื่นในตัวกลาง เช่น เครื่องบินไอพ่นบินด้วยความเร็ว 2 มัค หมายความว่าเครื่องบินกำลังบินด้วยความเร็ว 2 เท่าของความเร็วเสียงในอากาศ เลขมัคถูกเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ” Ma “



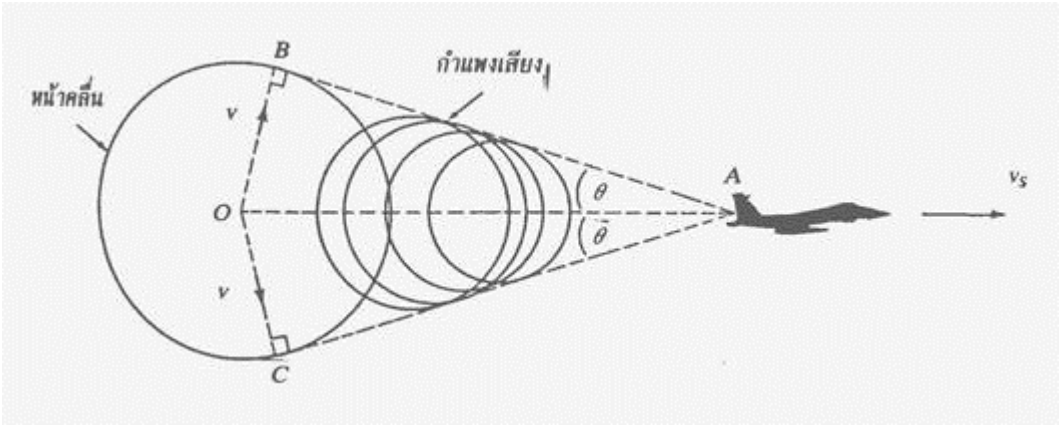
คนจะได้ยินเสียงของคลื่นกระแทก เมื่อแนวกรวยเสียงพาดผ่าน

$$\sin\theta = \frac{v_{เสียง}}{v_s}$$

จะได้ว่า $$\sin\theta = \frac{v}{v_s} = \frac{1}{Mach - number}$$

สรุป: ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียงและคลื่นกระแทกของเสียง เป็นปรากฏการณ์เกิดขึ้นต่อเนื่องกันคือเมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ช้ากว่าความเร็วเสียง (Vs< V) เกิดปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ แต่เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงมีความเร็วมากกว่าความเร็วเสียง(Vs > V) เกิดคลื่นกระแทก

ถ้ากำหนดให้อัตราเร็วของแหล่งกำเนิดเสียง (เครื่องบิน) เป็น v_s และ อัตราเร็วเสียงจากแหล่งกำเนิดเป็น v



แบบฝึกหัดเรื่องเสียง

1. จงหาความเร็วของเสียงในอากาศขณะที่มีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

.....

.....

.....

.....

2. เรือลำหนึ่งจอดอยู่กลางทะเทลึก ส่งสัญญาณเสียงลงไปในทะเลในแนวดิ่ง ปรากฏว่าได้รับ

.....

.....

.....

.....

3. สัญญาณเสียงสะท้อนกลับหลังจากเริ่มยิ่งสัญญาณ 1.2 วินาที จงหาว่าทะเลบริเวณนั้นลึกเท่าไร กำหนดความเร็วของคลื่นเสียงในน้ำทะเลเท่ากับ 1,450 เมตร/วินาที

.....

.....

.....

.....

4. แหล่งกำเนิดเสียงมีกำลัง $\pi \times 10^{-8}$ วัตต์ ส่งเสียงส่งสัญญาณออกไป จงหาความเข้มของเสียงที่ตำแหน่งที่ห่างออกไป 10 เมตร

.....

.....

.....

.....

5. จงหาระดับความเข้มของเสียง ณ ตำแหน่งที่มีความเข้มของเสียง 10^{-6} วัตต์ต่อตารางเมตร

.....

.....

.....

.....

6. จงอธิบายว่าเราสามารถนำเสียงมาใช้ประโยชน์อะไรบ้างในชีวิตประจำวัน

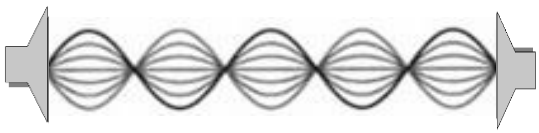
.....

.....

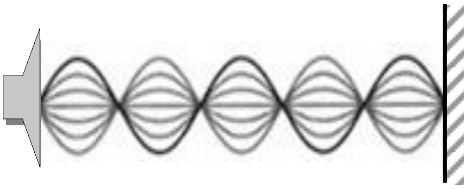
.....

.....

7. การเกิดคลื่นนิ่งของเสียง



กรณีที่ 1 คลื่นนิ่งที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่ง



กรณีที่ 2 คลื่นนิ่งที่เกิดจากการสะท้อน

จากรูป คลื่นนิ่งที่เกิดจากทั้ง 2 กรณีแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

8. ถ้ากำหนดให้ ความยาวคลื่นมีค่าเท่ากับ λ

8.1) ระยะระหว่างตำแหน่งเสียงคู่ที่เบาที่สุด (บัพ) ที่อยู่ติดกัน มีค่าเท่ากับ.....

8.2) ระยะระหว่างตำแหน่งเสียงคู่ที่ดังที่สุด (ปฏิบัพ) ที่อยู่ติดกัน มีค่าเท่ากับ.....

8.3) ระยะระหว่างตำแหน่งบัพและ ปฏิบัพที่อยู่ติดกันมีค่าเท่ากับ.....

9. ลำโพง 2 ตัว วางห่างกัน 25 เมตร ให้คลื่นที่มีความถี่เท่ากัน มีความยาวคลื่น 10 เมตร ถ้าเดินตามเส้นตรงที่เชื่อ ระหว่างลำโพงทั้งสอง จะได้ยินเสียงดังกี่ครั้ง

.....

.....

.....

.....

10. แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงความถี่ 400 Hz เสียงมีอัตราเร็ว 360 m/s วางแหล่งกำเนิดเสียงห่างจากผนังเรียบ ถ้าเดินจากแหล่งกำเนิดไปยังผนัง จะได้ยินเสียงดัง- ค่อยสลับกันทุกๆ ระยะเท่าใด

.....

.....

.....

.....

11. แหล่งกำเนิดเสียง ส่งคลื่นเสียงความถี่ 2,500 Hz ไปกระทบตัวสะท้อนอันหนึ่งเมื่อใช้เครื่องรับฟังเสียงตามแนวตรงระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับตัวสะท้อน ปรากฏว่าได้ยินเสียงดัง-ค่อยสลับกัน ถ้าต้องการให้ตำแหน่งเสียงดังสองตำแหน่งที่อยู่ถัดกัน ให้อยู่ห่างกันมากกว่าเดิม 3.0 cm แหล่งกำเนิดเสียงจะต้องส่งเสียงความถี่เท่าใด ไปกระทบตัวสะท้อน ทั้งนี้ กำหนดให้อัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 350 m/s

.....

.....

.....

.....

12. เปิดเครื่องเสียงที่มีความถี่ 170 Hz โดยหันหน้าลำโพงเข้าหากำแพง เมื่อเดินเข้าหากำแพงจะได้ยินเสียงดังมากกว่าปกติทุกๆ 0.5 วินาที อัตราเร็วในการเดินเป็นเท่าใด (กำหนด อัตราเร็วเสียงเท่ากับ340 m/s)

.....

.....

.....

.....

13. แหล่งกำเนิดเสียง A ปล่อยเสียงที่มีความถี่ 102 Hz และแหล่งกำเนิดเสียง B ปล่อยเสียงที่มีความถี่ 104 Hz จงหา

1. ความถี่บีตส์ของคลื่นเสียงทั้งสองนี้มีค่าเท่าใด
2. ถ้าฟังเสียงบีตส์ที่เกิดขึ้นนาน 2 นาที จะได้ยินเสียงบีตส์ทั้งหมดกี่ครั้ง
3. ความถี่ของเสียงจากการรวมคลื่นเสียงทั้ง 2 ที่ได้ยินมีค่าเท่าใด
4. ในเวลา 5 วินาทีจะได้ยินเสียงดัง-ค่อย สลับกันกี่ครั้ง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

14. ในการปรับเทียบ เสียงของเปียโนระดับเสียง C โดยเทียบกับส้อมเสียงความถี่ 256.0 Hz ถ้าได้ยินเสียงบีตส์ ความถี่ 3 ครั้งต่อวินาที ความถี่ที่เป็นได้ของเปียโนมีค่าเท่าใด

.....

.....

.....

.....

15. ส้อมเสียงความถี่ 400 Hz และ 405 Hz เมื่อเคาะพร้อมกัน ผู้ฟังจะได้ยินเสียง ดัง –ค่อย สลับกันทุก ๆ กี่วินาที

.....

.....

.....

.....

16. เหตุใดเมื่อนักเรียนเป่าฝาปากกาในบางกรณีจึงเกิดเสียงที่ดังขึ้นผิดปกติ

.....

ความถี่ธรรมชาติคืออะไร

.....

การสั่นพ้องของเสียงคืออะไร และจะเกิดขึ้นเมื่อใด

.....

17. ปรากฏการณ์ ดอปเพลอร์ คือ .....

.....

18. เมื่อพิจารณาที่การเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิดและผู้ฟัง ปรากฏการณ์ ดอปเพลอร์ สามารถเกิดขึ้นได้ 3 กรณี ได้แก่

.....

.....

.....

19. แหล่งกำเนิดเสียงหยุดนิ่งปล่อยคลื่นเสียงความถี่ 150 Hz มีอัตราเร็ว 300 m/s จงหาความถี่ที่ผู้ฟังจะได้ยินในกรณีต่อไปนี้

19.1 นาย ก เคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียงด้วยอัตราเร็ว 50 เมตรต่อวินาที

.....

.....

.....

19.2 นาย ข เคลื่อนที่เข้าหาแหล่งกำเนิดเสียงด้วยอัตราเร็ว 100 เมตรต่อวินาที

.....

.....

.....

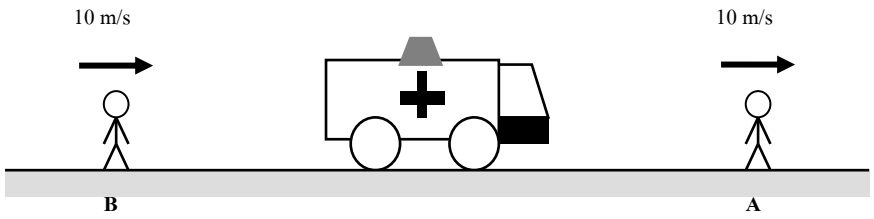
20. รถตำรวจเปิดเสียงไซเรนที่มีความถี่เสียง 120 Hz วิ่งผ่าน ผู้หญิงและผู้ชายด้วยอัตราเร็วคงที่ 40 m/s ในขณะที่รถตำรวจอยู่ระหว่างคนทั้งสองดังรูป ทั้งสองคนจะได้ยินเสียงไซเรนมีความถี่แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร และต่างกันอยู่เท่าไร(กำหนดอัตราเร็วเสียงเท่ากับ 360 m/s)

.....

.....

.....

21. จากรูปรถพยาบาลจอดอยู่นิ่งๆ เปล่งเสียงความถี่ 1,020 เฮิรตซ์ ผู้สังเกต A และ B วิ่งทางเดียวกัน ด้วยอัตราเร็ว 10 เมตรต่อวินาที จงคำนวณหาความถี่ที่ A และ B ได้รับ เมื่ออัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที



.....

.....

.....

.....

22. รถพยาบาลแล่นด้วยอัตราเร็ว 25 เมตร/วินาที ส่งเสียงไซเรนมีความถี่ 400 เฮิรตซ์ ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 350 เมตร/วินาที ความยาวคลื่นเสียงด้านหน้ารถพยาบาลเป็นเท่าใด

.....

.....

.....

.....

23. รถไฟขบวนหนึ่งกำลังเคลื่อนที่เข้าสู่ชานชาลาด้วยอัตราเร็ว 10 m/s พร้อมทั้งเปิดหวูดซึ่งมีความถี่ 100 Hz รถยนต์คันหนึ่งกำลังวิ่งสวนทางกับรถไฟบนถนนขนานกับรถไฟด้วยอัตราเร็ว 30 เมตรต่อวินาที จงหาความถี่ปรากฏของเสียงหวูดต่อคนขับรถยนต์คันนั้น โดยอัตราเร็วเสียงในอากาศขณะนั้นเท่ากับ 330 เมตร/วินาที

.....

.....

.....

.....

24. รถยนต์ Aและ B วิ่งเข้าหากันด้วยอัตราเร็ว 30 และ 60 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ถ้า A เปิดแตรด้วยความถี่ 520 Hz คนบนรถ B จะได้ยินเสียงแตรรถ A มีความถี่เท่าไร

.....

.....

.....

.....

25. แหล่งกำเนิดเสียงความถี่ 100 Hz เคลื่อนที่ในแนวระดับเข้าหาผนังด้วยความเร็วคงที่ 4 เมตรต่อวินาที ผู้ฟังที่อยู่นิ่งหลังแหล่งกำเนิดจะได้ยินเสียงบีตส์ความถี่เท่าใด กำหนดอัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 340 เมตรต่อวินาที

.....

.....

.....

.....

26. คลื่นกระแทก (shock wave) เกิดขึ้นจากอะไร

.....

.....

27. คลื่นกระแทกของเสียงหรือ Sonic boom เกิดจากอะไร

.....

.....

.....

28. อัตราส่วนระหว่าง อัตราเร็วของแหล่งกำเนิดเสียง กับอัตราเร็วของเสียง คืออะไร

.....

.....

.....

29. ถ้าเครื่องบินลำหนึ่งบินด้วยความเร็ว 1.5 มัค ความเร็วเสียงในอากาศต่อความเร็วของเครื่องบินมีค่าเท่าใด

.....

.....

.....

.....

30. การเคลื่อนที่ของเครื่องบินทำให้เกิดคลื่นกระแทก ถ้ามุมยอดของกรวยของหน้าคลื่นกระแทกมีค่า 60 องศา จงหาว่าเครื่องบินนี้บินด้วยอัตราเร็วกี่เท่าของอัตราเร็วเสียง

.....

.....

.....

.....