

ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

เป็นปรากฏการณ์ที่ผู้สังเกตเสียงได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดที่มีความถี่เปลี่ยนแปลงไปจากความถี่ของเสียงเดิม เนื่องจากการเคลื่อนที่ของผู้สังเกตเสียงสัมพันธ์กับแหล่งกำเนิดเสียง ทำให้ผู้สังเกตได้ยินเสียงแหลม-ทุ้ม มากกว่าปกติ ความถี่เป็นจริงที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดเสียงเอง ซึ่งจะได้สมการการคำนวณดังนี้

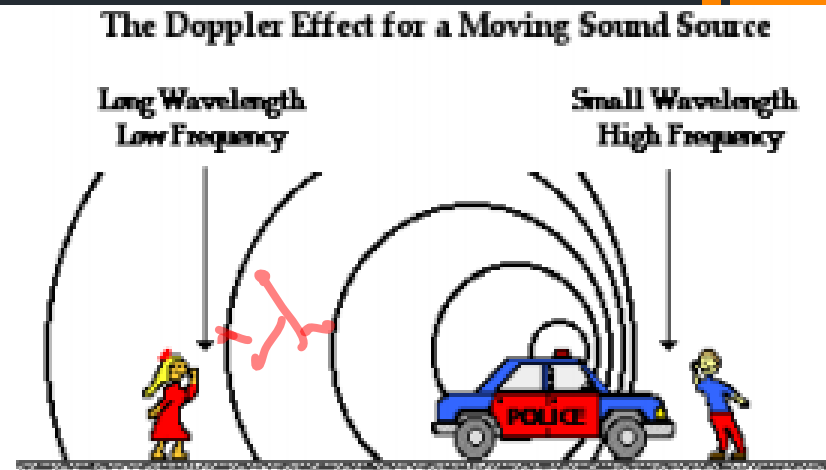
$$f_0 = \left(\frac{v \pm v_o}{v \pm v_s} \right) f_s$$

เมื่อ f_0 คือ ความถี่เสียงปรากฏต่อผู้สังเกต (Hz)

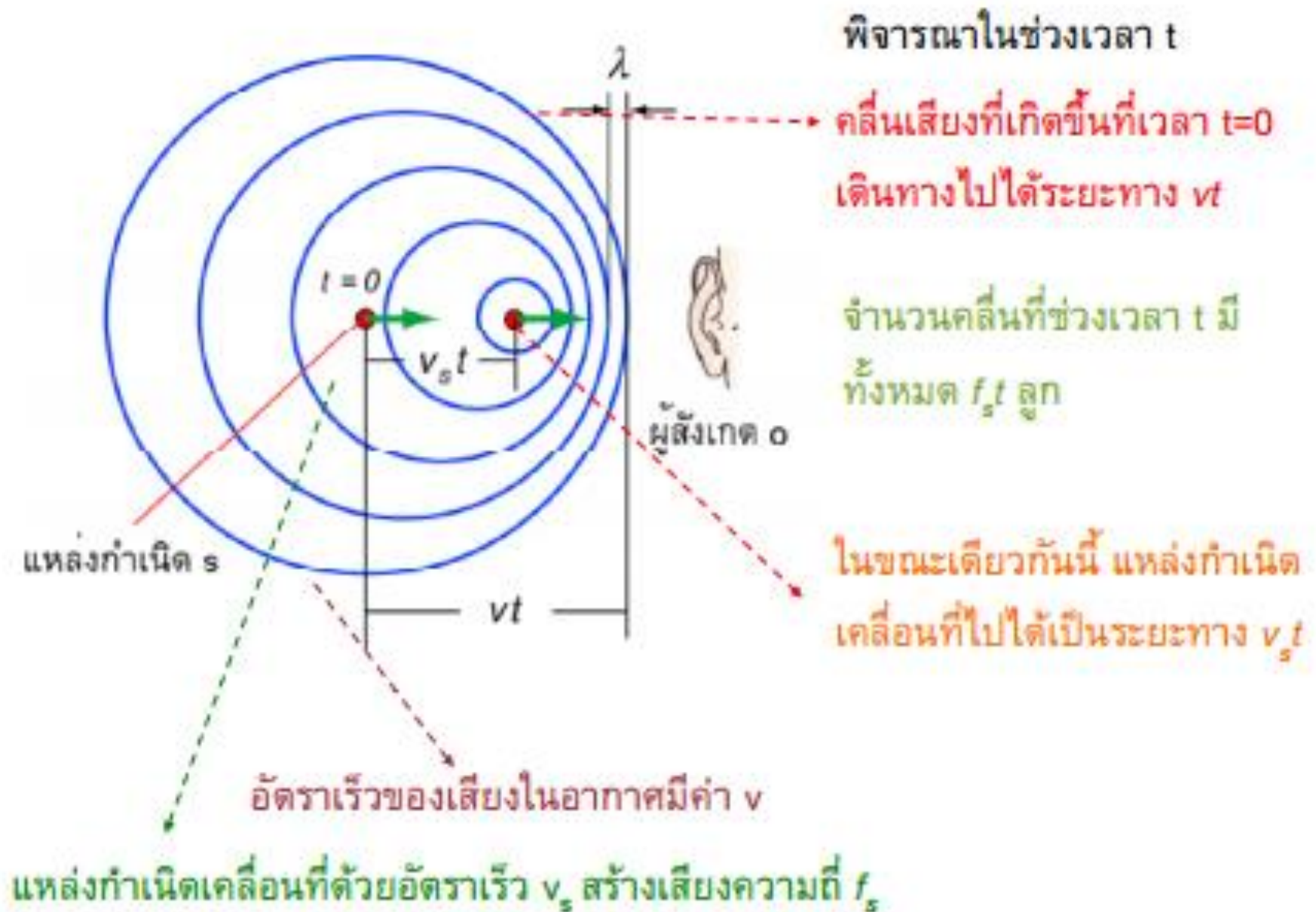
f_s คือ ความถี่เสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง (Hz)

***หมายเหตุ วิธีการใช้สมการ

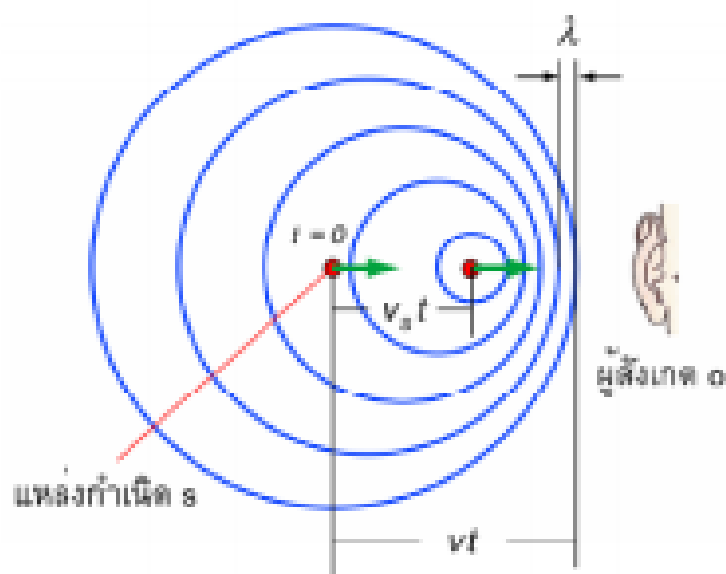
- 1) ถ้าผู้สังเกตเคลื่อนที่เข้าหาแหล่งกำเนิดเสียง v_o มีค่าเป็นบวก (+)
- 2) ถ้าผู้สังเกตเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียง v_o มีค่าเป็นลบ (-)



ต้นกำเนิดเคลื่อนที่เข้าหาผู้ฟัง ความถี่ที่ได้ยินสูงขึ้น



ต้นกำเนิดคลื่นที่เข้าหาผู้ฟัง ความถี่ที่ได้ยินสูงขึ้น (2)



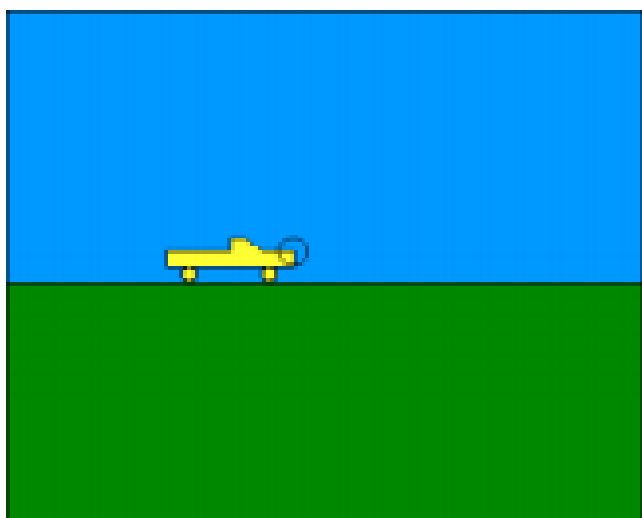
ความยาวคลื่นที่ผู้สังเกตรับรู้คือความยาว
ของคลื่นหนึ่งลูก ...

$$\lambda f_s = v$$

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

ความถี่ที่ผู้สังเกตรับรู้ (f_o) มี
ค่าเท่าไร?

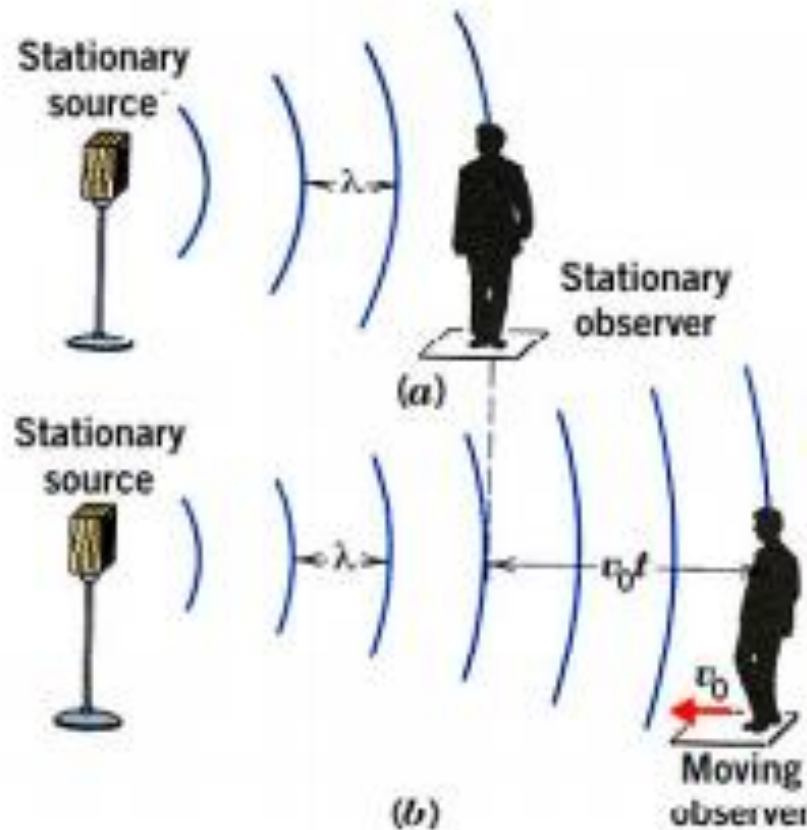
$$f_o = \frac{v}{\lambda} = f_s \left(\frac{v}{v - v_s} \right)$$



ผู้ฟังเคลื่อนที่เข้าหาต้นกำเนิด ความถี่ที่ได้ยินสูงขึ้น

เกิดอะไรขึ้นกับเสียงที่ผู้สังเกตได้ยินถ้า
ผู้ฟังเคลื่อนที่เข้าหาแหล่งกำเนิด?

ความถี่สูงขึ้น



ผู้ฟังจะได้รับคลื่นแต่ละลูกเร็วกว่าที่
ส่งออกมา นั่นคือ ความถี่ของเสียงที่ผู้ฟัง
ได้ยิน (f_o) จะสูงกว่าความถี่ที่แหล่งกำเนิด
ส่งออกมา

$$f_o = \frac{v}{\lambda} = f_s \left(\frac{v + v_o}{v} \right)$$

สูตรการคำนวณ ปราคฏการณ์ดอปเพลอร์

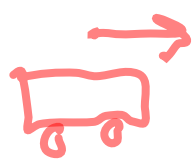
$$f_0 = \frac{v}{\lambda} = f_s \left(\frac{v \pm v_o}{v \pm v_s} \right)$$

- f_0 = ความถี่ที่ผู้ฟังได้ยิน
- f_s = ความถี่ต้นกำเนิดเสียง
- v = ความเร็วเสียงในตัวกลาง (๓๓๒)
- λ = ความยาวคลื่นเสียงที่เคลื่อนที่ถึงผู้ฟัง
- v_o = ความเร็วผู้ฟัง (+) ผู้ฟังเข้าหาต้นกำเนิด , (-) ผู้ฟังออกห่างต้นกำเนิด
- v_s = ความเร็วต้นกำเนิดเสียง (+) ออกห่างผู้ฟัง , (-) เข้าหาผู้ฟัง

ตัวอย่างโจทย์ ปรัชการณดอปเพลอร์

รถพยาบาลกำลังวิ่งด้วยความเร็ว 40 เมตร/วินาที เปิดไซเรนส่งเสียงด้วยความถี่ 300 เฮิรตซ์ ชายคนหนึ่งกำลังวิ่งออกกำลังกายด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที ถ้ารถพยาบาลกำลังวิ่งเข้าหาชายคนนี้ทางด้านหลัง เขาจะได้ยินเสียงไซเรนมีความถี่เท่าใด ถ้าเสียงอากาศขณะนั้นมีความเร็ว 340 เมตร/วินาที

1. 300 เฮิรตซ์
2. 330 เฮิรตซ์
3. 340 เฮิรตซ์
4. 350 เฮิรตซ์



$$V_s = -40$$



$$V_o = -10$$

$$f_o = f_s (V - V_o)$$

$$(f_o - f_s) = 300 \left(\frac{340 - 10}{340 - 40} \right)$$

รถพยาบาลแล่นด้วยอัตราเร็ว 25 เมตร/วินาที ส่งเสียงไซเรนมีความถี่ 400 เฮิรตซ์ ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 350 เมตร/วินาที ความยาวคลื่นเสียงไซเรนด้านหน้ารถพยาบาลเป็นเท่าใด

1. 76 cm
2. 81 cm
3. 87 cm
4. 94 cm

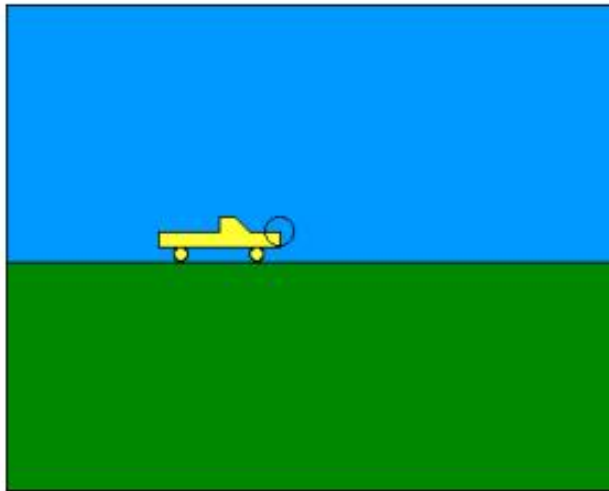
$$f_o = \frac{v}{\lambda} = f_s \left(\frac{v}{v - V_s} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{400}{350 - 25}$$

$$\lambda = \frac{325}{400}$$

คลื่นกระแทก (Shock Wave)

พิจารณาแหล่งกำเนิดเสียงที่กำลังเคลื่อนที่อีกครั้ง จะเกิดอะไรขึ้นถ้า
อัตราเร็วของแหล่งกำเนิดเร็วกว่าอัตราเร็วของเสียงในตัวกลางที่เสียง
เคลื่อนที่อยู่?

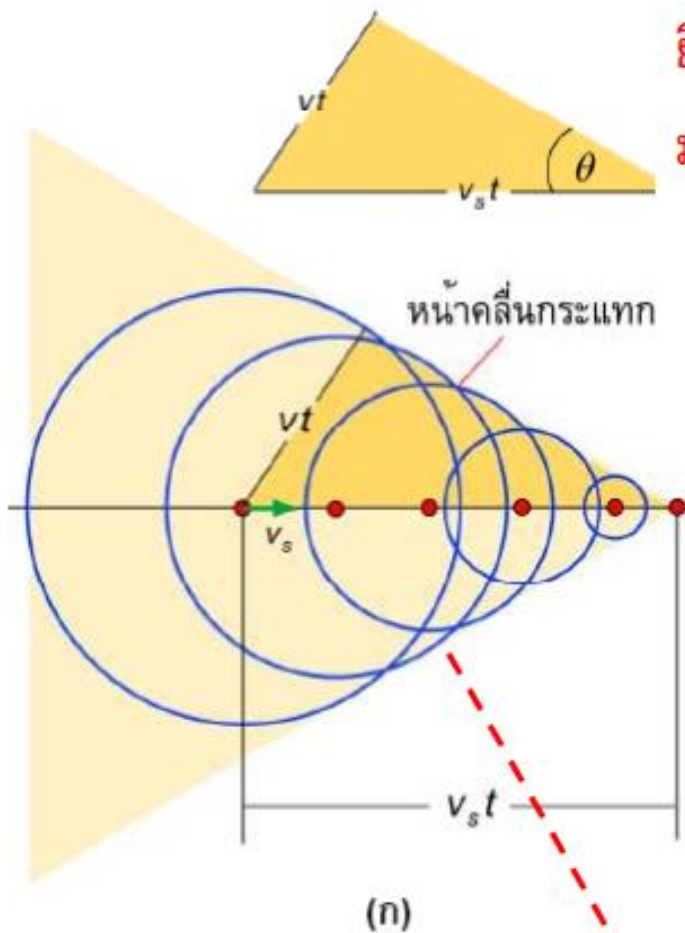


จะเกิด **คลื่นกระแทก (shock wave)**

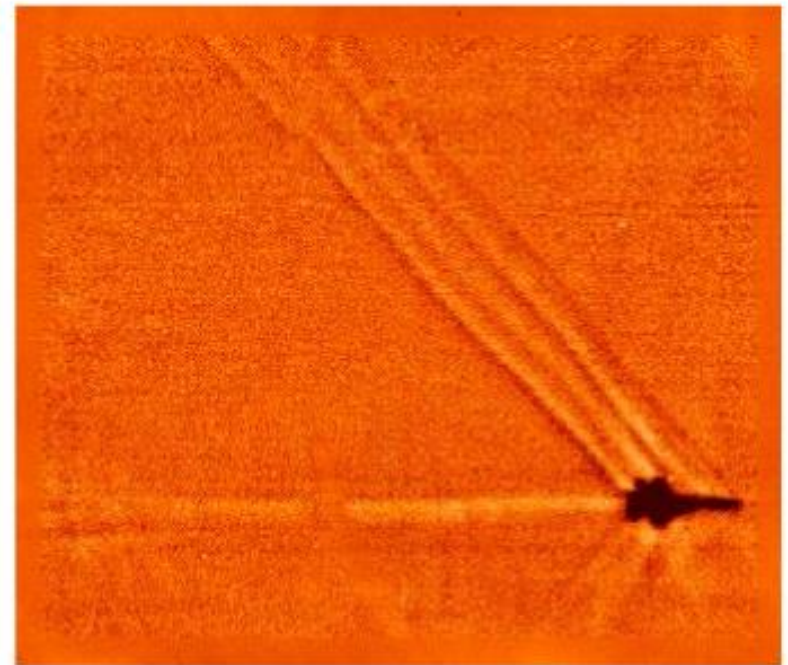


คลื่นกระแทก (2)

ยิ่งอัตราเร็วแหล่งกำเนิดสูงกว่าอัตราเร็วของเสียงเท่าไร
มุมของยอดกรวยจะยิ่งมีค่าน้อยลงเท่านั้น



หน้าคลื่นกระแทกจะมีลักษณะเป็นรูปกรวย



(ข)

คลื่นกระแทก (3)

ความสัมพันธ์ระหว่างมุมของยอดคลื่นกระแทก อัตราเร็วของแหล่งกำเนิด และอัตราเร็วของคลื่น นั้นสัมพันธ์กันอย่างง่าย ๆ คือ

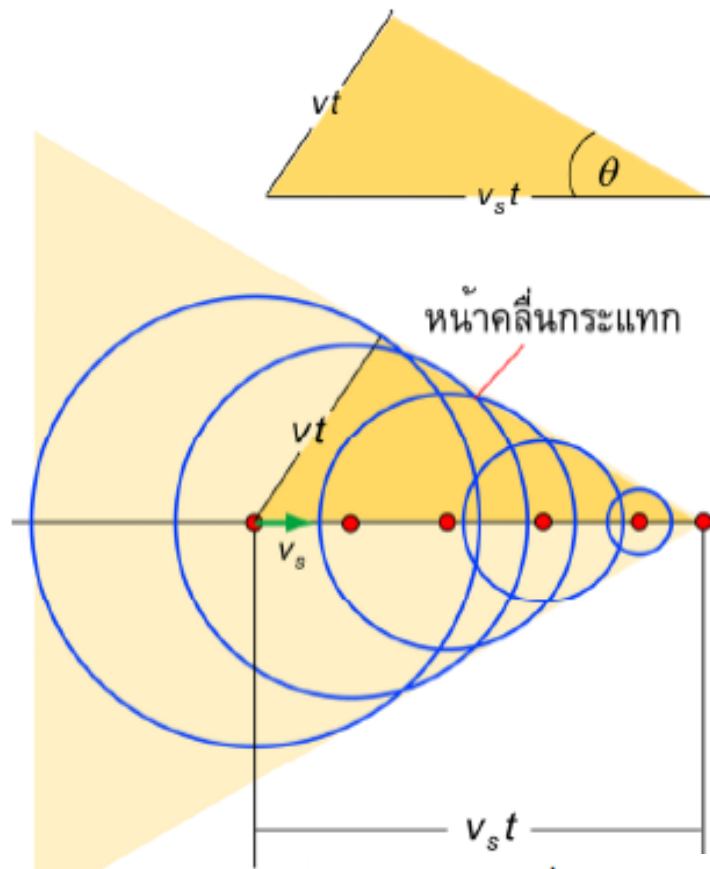
$$\sin \theta = \frac{v}{v_s}$$

นิยามของเลขมัค

$$\text{Mach Number} = \frac{v_s}{v}$$

ดังนั้น

$$\sin \theta = \frac{v}{v_s} = \frac{1}{\text{Mach Number}}$$



ในกรณีของคลื่นเสียง
เสียงที่เกิดจึงเป็นเสียงที่
มีความดังมาก

โซนิคบูม (sonic boom)

คลื่นกระแทก (4)

12.8 คลื่นกระแทก (Shock Wave)

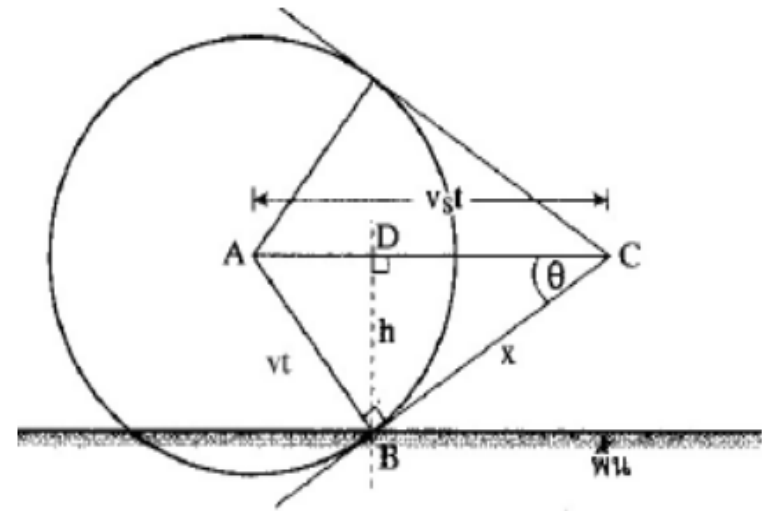
คลื่นกระแทก หมายถึง คลื่นที่เกิดจากการอัดตัวของหน้าคลื่น เมื่ออัตราเร็วของแหล่งกำเนิดสูงกว่าอัตราเร็วของคลื่น โดยคลื่นเสียงจะแทรกสอดกันเกิดกรวยของคลื่นกระแทกที่มีมุมกรวย 2θ ดังรูป

จากรูป จะได้ $\sin = \frac{v}{v_s}$

กรณีคลื่นเสียง อัตราส่วน $\frac{v}{v_s}$ เรียกว่า เลขมัค (Mach number) (m/s)

ดังนั้น

$$\text{Mach number} = \frac{v_s}{v} = \frac{1}{\sin\theta} = \frac{x}{h}$$



เมื่อ v แทน ความเร็วคลื่นเสียง (m/s)

v_s แทน ความเร็วของ แหล่งกำเนิด (m/s)

θ

***ซูปเปอร์โซนิก (Supersonic) คือ ความเร็วของวัตถุในอากาศที่มีความเร็วสูงกว่าความเร็วเสียง

ตัวอย่างโจทย์ คลื่นกระแทก

Exsample 27. เครื่องบินบินด้วยอัตราเร็ว 510 เมตรต่อวินาที ในแนวระดับเหนือพื้นดิน 4 กิโลเมตร ในขณะที่เสียงมีอัตราเร็วในอากาศ 340 เมตรต่อวินาที จงหา

ก. เลขมัก

$$= \frac{510}{340} = \frac{3}{2}$$

v_s

h

(1.5)

ข. มุมระหว่างหน้าคลื่นกระแทกกับแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องบิน

$(\sin^{-1} 2/3)$

$$\sin \theta = \frac{1}{3/2} = \frac{2}{3}$$

ค. เมื่อคนที่พื้นดินได้ยินเสียงเครื่องบินนั้น เครื่องบินอยู่ห่างจากคนเท่าใด

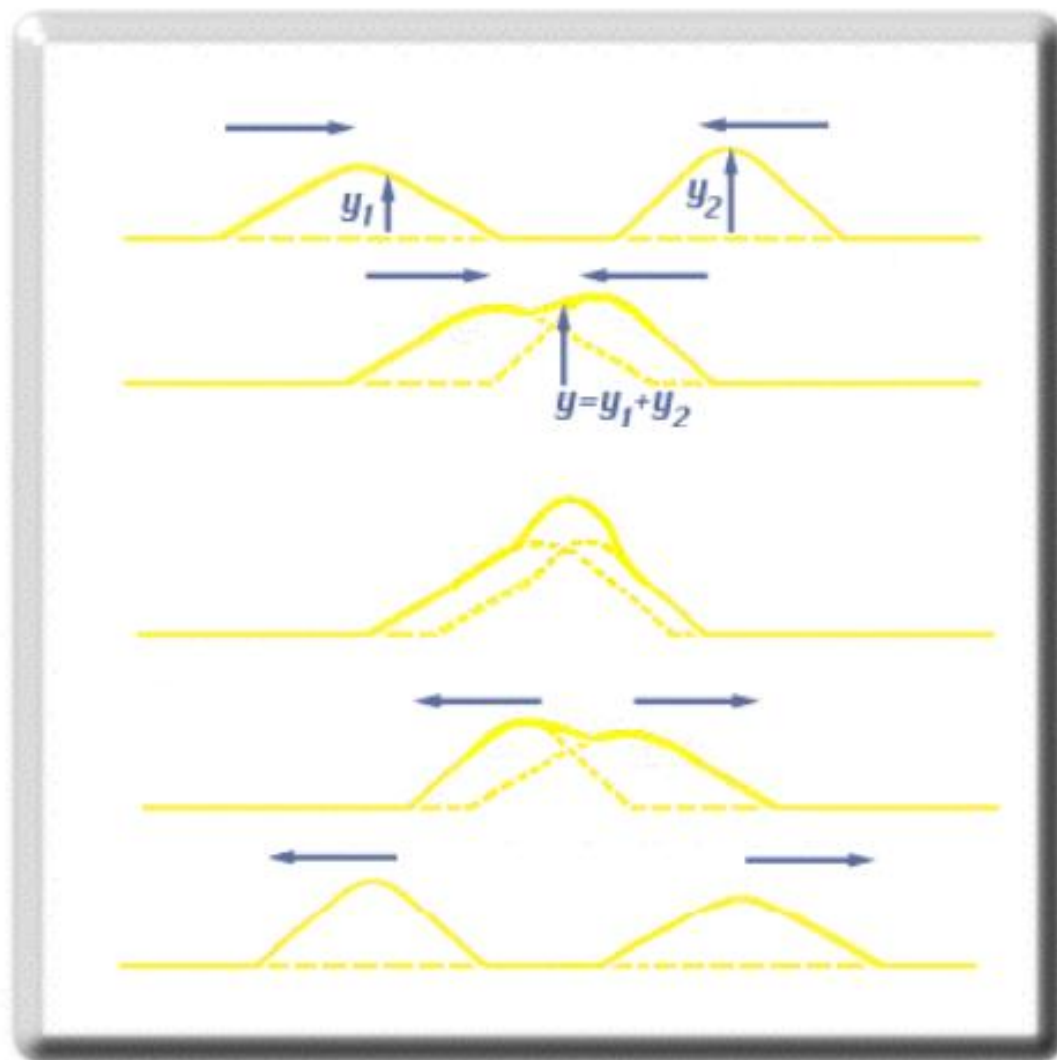
$x = ?$

(6 km)

$$\frac{3}{2} = \frac{x}{h} = \frac{x}{4}$$

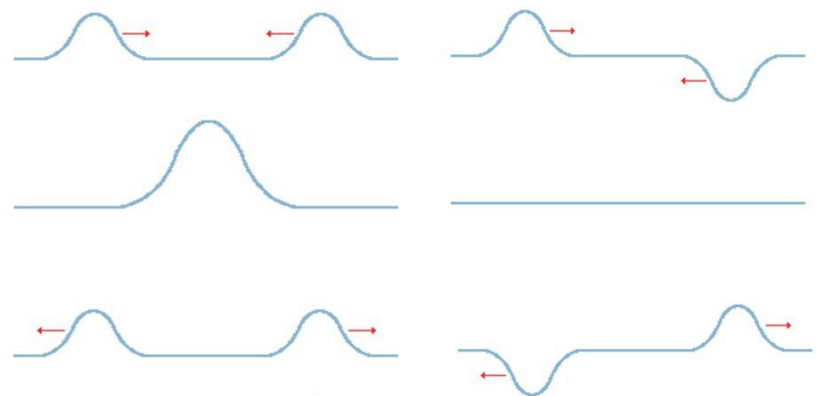
การซ้อนทับกันของคลื่น (Superposition)

หลักการรวมกันของคลื่น (superposition) "การกระจัดของคลื่นผลลัพธ์ที่ตำแหน่งใด ๆ จะมีค่าเท่ากับผลบวกแบบเวกเตอร์ของการกระจัดของคลื่นย่อยที่มารวมกัน"



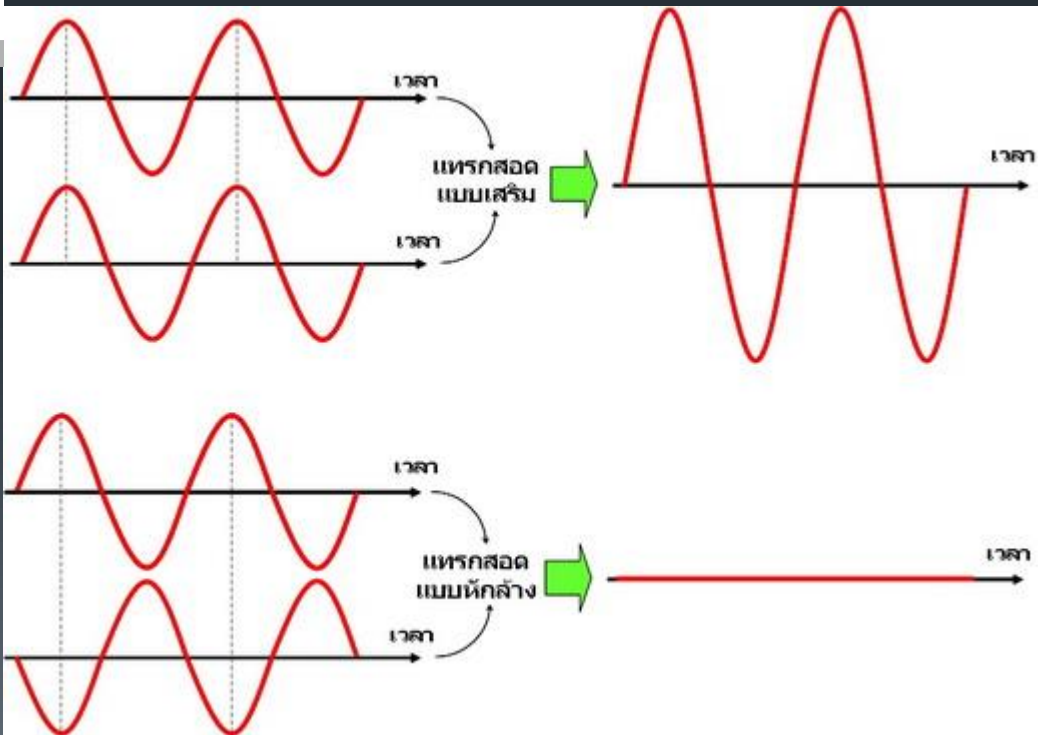
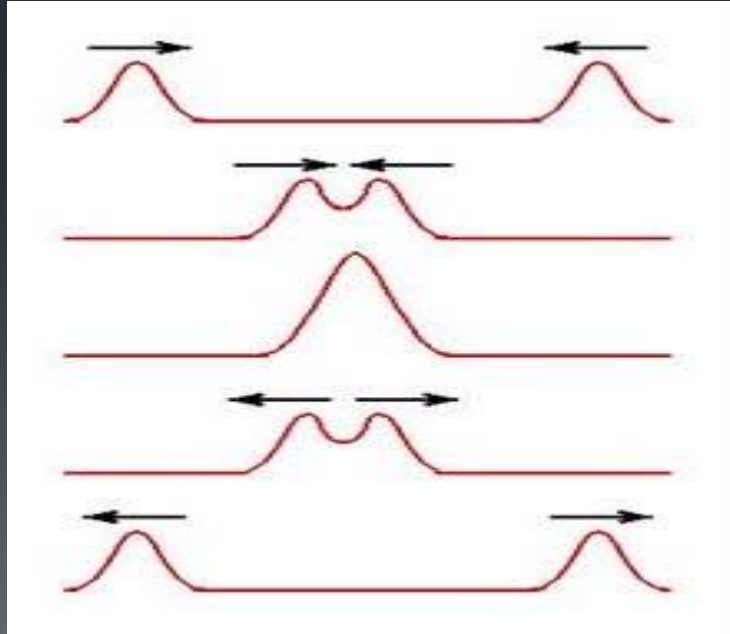
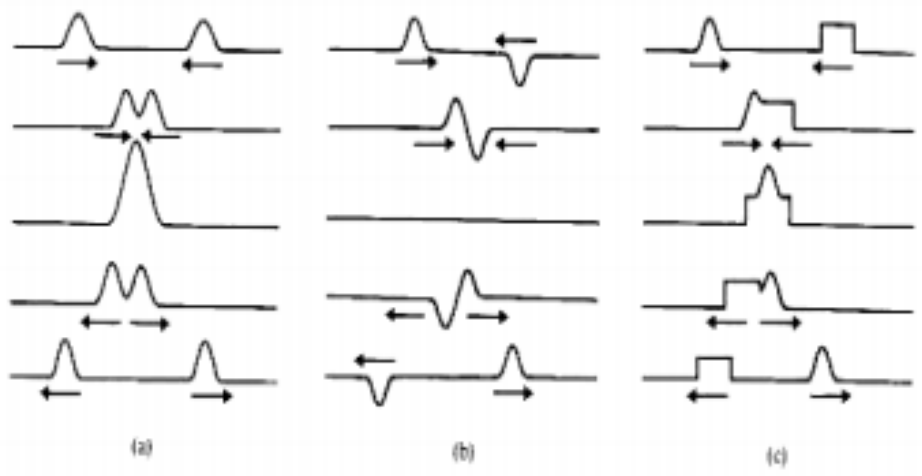
การซ้อนทับกันของคลื่น (2)

การแทรกสอด (Interference)



แทรกสอดแบบเสริม
กัน
Constructive

แทรกสอดแบบหักล้างกัน
Destructive
interference

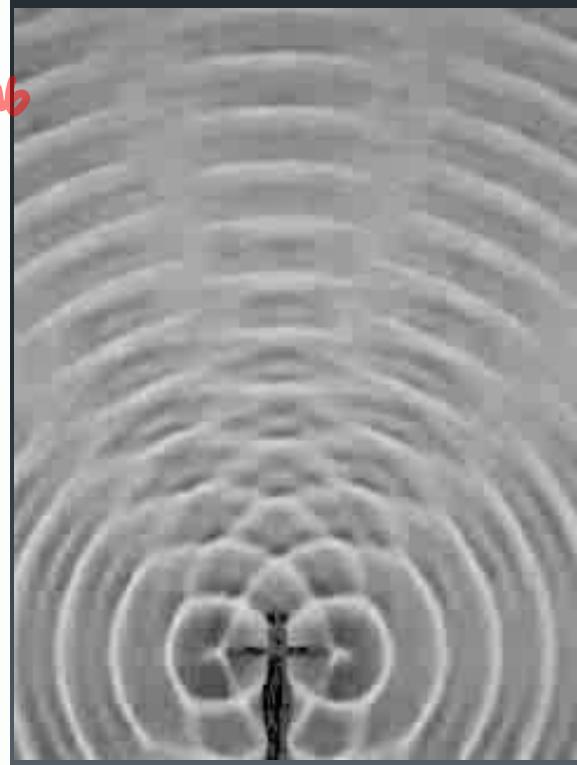
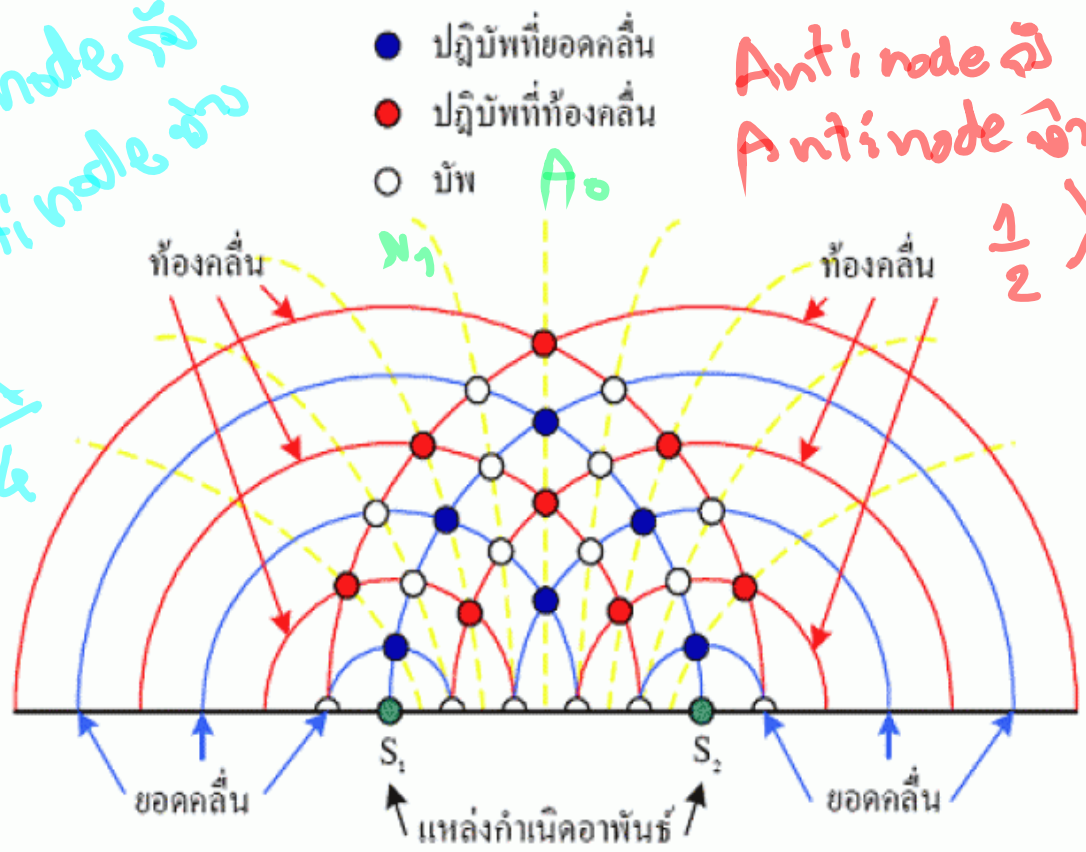


การแทรกสอดของคลื่น

ถ้าเราให้แหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์(แหล่งกำเนิดคลื่น 2 แหล่ง ที่ให้คลื่นที่มีความถี่และเฟสตรงกันตลอด) วางอยู่ห่างกันในระยะที่เหมาะสม แล้วสร้างคลื่นพร้อมๆ กันจะพบว่าคลื่นทั้งสองจะเกิดการแทรกสอดกัน โดยจะมีแนวคลื่นที่เสริมกันตลอดเวลา แนวนี้เรียก แนวปฏิบัพ (Anti node, A) และมีแนวที่เกิดการหักล้างกันตลอดเวลา เรียกว่า แนวบัพ (Node, N)

จาก node ถึง
Anti node คือ
 $\frac{1}{4} \lambda$

Anti node คือ
Anti node ห่างจาก
 $\frac{1}{2} \lambda$



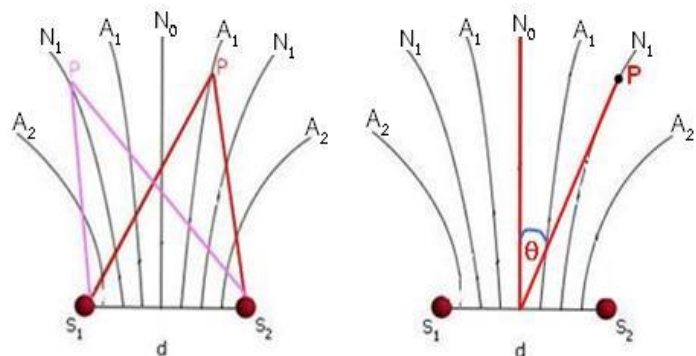
สูตรการคำนวณการแทรกสอด

สำหรับแนวปฏิบัติลำดับที่ $n(A_n)$

สูตรทางคณิตศาสตร์ \rightarrow **Avogadro node**

$$|S_1P - S_2P| = n\lambda$$

$$d \sin \theta = n\lambda$$



เมื่อ P คือจุดซึ่งอยู่บนแนวปฏิบัติลำดับที่ $n(A_n)$

S_1P คือ ระยะจาก S_1 ถึง P

S_2P คือ ระยะจาก S_2 ถึง P

λ คือ ความยาวคลื่น (m)

n คือ 0,1,2,3,...

d คือ ระยะห่างจาก S_1 ถึง S_2

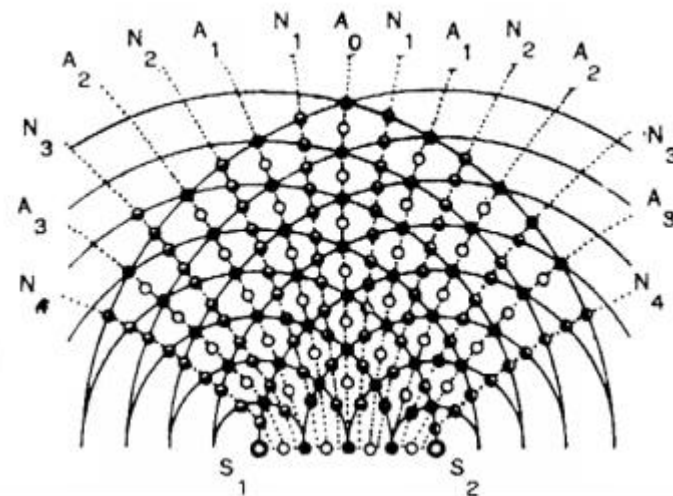
θ คือ มุมที่วัดจาก A_0 ถึง A_n

สำหรับแนวปฏิบัติลำดับที่ $n(N_n)$

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

$$d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

n คือ 1,2,3,...



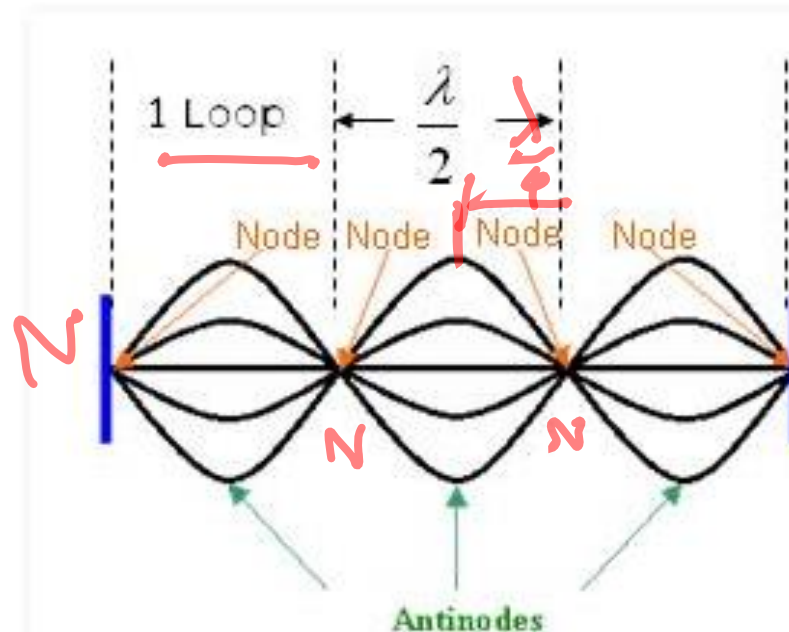
คลื่นนิ่ง (Standing Wave)

คลื่นนิ่ง (standing wave) คือการแทรกสอดของคลื่นต่อเนื่อง 2 ขบวนที่มีลักษณะเหมือนกัน เคลื่อนที่เข้าหากันในตัวกลางเดียวกัน ทำให้เราเห็นตำแหน่งบัพและปฏิบัพที่เกิดขึ้นมีตำแหน่งที่อยู่คงที่แน่นอน

ไม่มีการย้ายตำแหน่ง จะเห็นว่าบางตำแหน่งไม่มีการสั่นเลย เราเรียกจุดนี้ว่า**จุดบัพ (Node)** และมีบางตำแหน่งที่สั่นได้มากที่สุดเราเรียกจุดนี้ว่า**ปฏิบัพ (Antinode)**

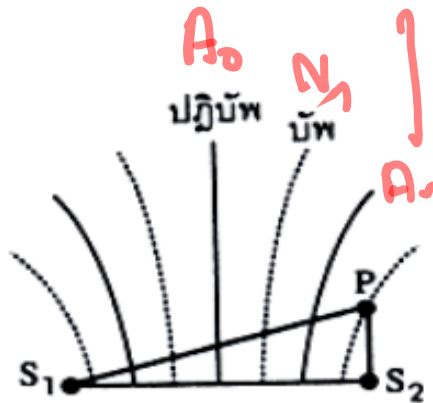
เขียนรูปสัญลักษณ์ของคลื่นนิ่งด้วยรูป Loop โดย 1 Loop คือระยะ 1 วง วัดจากบัพ ถึง บัพที่ไกลกันที่สุด

แต่ละ Loop จะมีระยะเท่ากับ ครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น



ตัวอย่างโจทย์ การแทรกสอดคลื่น

ตัวอย่าง จากรูปเป็นภาพการแทรกสอดของคลื่นของผิวน้ำที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์ S_1 และ S_2 โดยมี P เป็นจุดใดๆบนแนวเส้นบัพ $S_1P = 15$ เซนติเมตร และ $S_2P = 5$ เซนติเมตร ถ้าอัตราเร็วของคลื่นทั้งสองเท่ากับ 50 เซนติเมตรต่อวินาที แหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองมีความถี่กี่เฮิรตซ์



$$|S_1P - S_2P| = (n - \frac{1}{2})\lambda$$

$$|15 - 5| = (2 - \frac{1}{2})\lambda$$

$$\lambda = 10 \times \frac{2}{3} = \frac{20}{3} \text{ cm}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{50}{\frac{20}{3}} = 7.5 \text{ Hz}$$

ตัวอย่าง S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ห่างกัน 10 cm ปล่อยคลื่นที่มีความยาวคลื่น 3 cm จุด P ซึ่งเป็นจุดบนแนวปฏิบัติที่ 2 นับจากแนวกลาง จงหาค่ามุม θ ที่จุด P เบี่ยงจากแนวกลาง

$$d \sin \theta = n\lambda$$

$$\sin \theta = \frac{2(0.03)}{0.1} = \frac{3}{5}$$

$$\theta = 37^\circ$$

ตัวอย่างโจทย์ การแทรกสอดคลื่น (2)

ตัวอย่าง S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์อยู่ห่างกัน 15 cm ปล่อยคลื่นความถี่ 8 Hz f
 จงหาจำนวนแนวปฏิบัพและแนวบัพที่เกิดขึ้นจากการแทรกสอดว่ามีกี่แนว ถ้าอัตราเร็วของคลื่นเป็น 32 cm/s v

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{32}{8} = 4 \text{ cm}$$

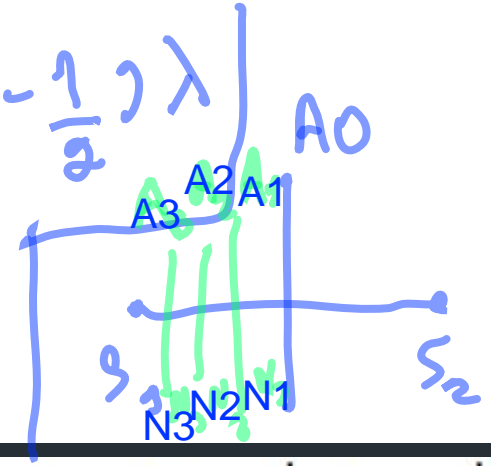
$$d \sin \theta = n \lambda$$

$$n = \frac{15 \sin 90^\circ}{4} = 3.75$$

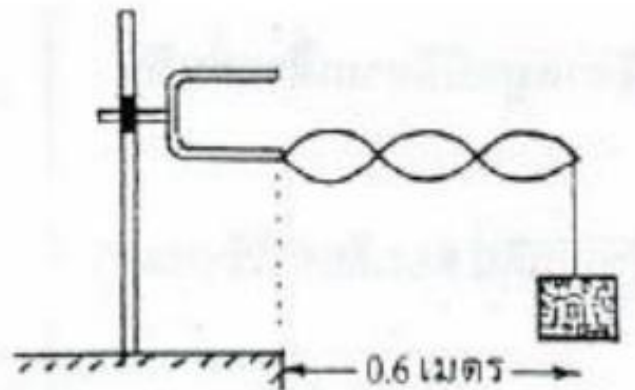
$$d \sin \theta = (n - \frac{1}{2}) \lambda$$

$$n - \frac{1}{2} = 3.75$$

$$n = 4.25$$



เส้นด้ายปลายด้านหนึ่งผูกติดกับปลายของส้อมเสียงที่สั่นด้วยความถี่ 250 Hz ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งผ่านรอกคลื่น และมีมวลถ่วงให้เส้นด้ายตึง เมื่อส้อมเสียงปรากฏคลื่นนิ่งดังรูป แสดงว่าความเร็วคลื่นในเส้นด้ายมีค่าเท่าใด



$$3 \text{ loop} = 0.6 \text{ m}$$

$$1 \text{ loop} = 0.2 \text{ m} = \frac{\lambda}{2}$$

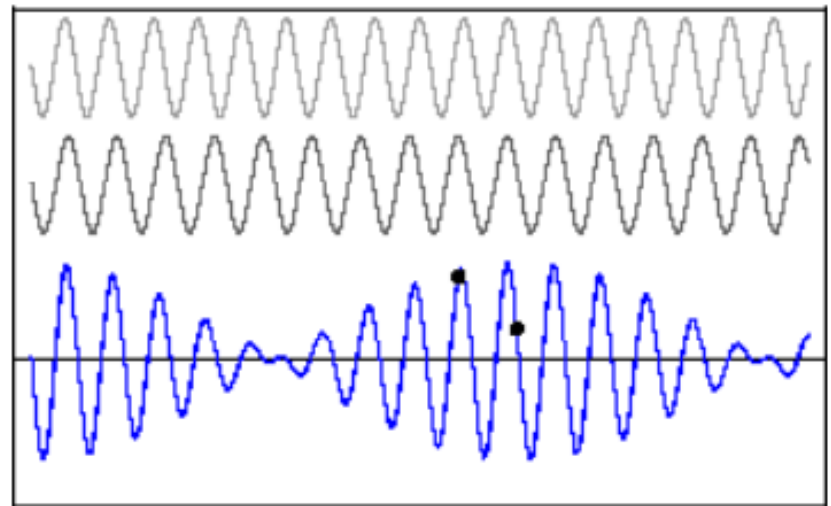
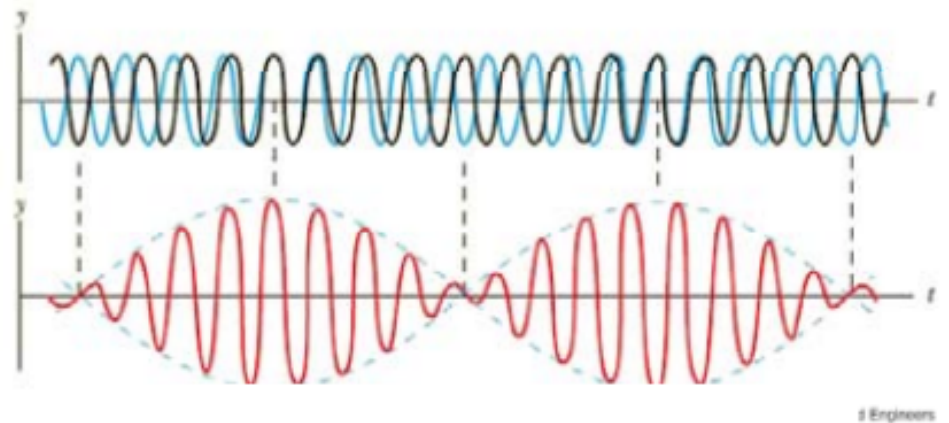
$$\lambda = 0.4$$

1. 50 m/s
2. 100 m/s
3. 150 m/s
4. 200 m/s

ความถี่บีตส์ของเสียง

เมื่อคลื่นสองคลื่นที่มีความถี่ใกล้เคียงกันเกิดการแทรกสอดกัน จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า **บีตส์ (Beats)**

โดยเสียงที่ได้ยินจะเป็นเสียงที่ดังเบาดังเบาสลับกันไปเรื่อย ๆ



ความถี่บีตส์ของเสียง (2)

เสียงบีตส์เป็นฟังก์ชันของเวลา

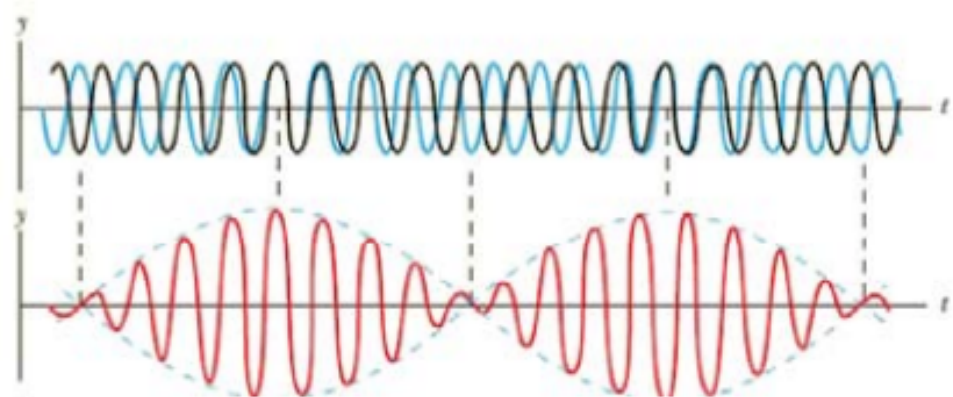
ความถี่บีตส์ (beat frequency)

คำนวณได้จาก

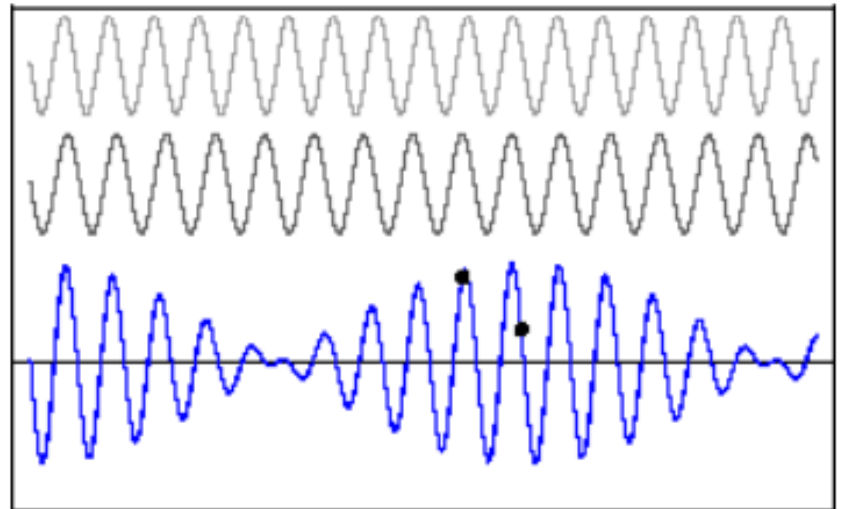
$$f_B = |f_1 - f_2|$$

ความถี่บีตส์ที่มนุษย์ยังสามารถ

แยกแยะได้มีค่าประมาณไม่เกิน 7 Hz



Engineers



ความถี่บีตส์ของเสียง (3)

ความถี่บีตส์ (Beat frequency) คือ จำนวนครั้งที่ได้ยินเสียงดังในหนึ่งวินาที หาได้จากผลต่างระหว่างความถี่ของแหล่งกำเนิดทั้งสอง ซึ่งหาได้จาก

$$f_B = |f_2 - f_1|$$

และความถี่ที่ได้ยินมีค่าเท่ากับความถี่เฉลี่ย หาได้จาก

$$f_{av} = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

เมื่อ

f_1

คือ ความถี่เสียงที่ 1

f_2

คือ ความถี่เสียงที่ 2

หมายเหตุ

บีตส์ไม่ใช้ความถี่ของเสียงที่เราได้ยิน สังเกตได้จากความถี่บีตส์จะมีค่าไม่เกิน 7 Hz ซึ่งต่ำกว่าความถี่เสียงต่ำสุดที่มนุษย์

***หูของมนุษย์สามารถจำแนกเสียงบีตส์ที่มีความถี่ไม่เกิน 7 เฮิรตซ์



ตัวอย่างโจทย์ ความถี่บีตส์

ตัวอย่างที่ 9.6 คลื่นเสียง 2 ขบวนมาพบกันเกิดบีตส์ 4 บีตส์/วินาที และได้ยินเสียงความถี่ 350 เฮิรตซ์ จงหาความถี่จริงของคลื่นทั้งสองนี้

วิธีทำ

ความถี่บีตส์มีค่าเท่ากับผลต่างของความถี่ของคลื่นเสียงสองขบวน สมมติให้ความถี่ของคลื่นเสียงทั้งสองขบวนนี้มีค่าเท่ากับ f_1 และ f_2 โดยที่ $f_1 > f_2$ เราจะได้ว่า

$$f_1 - f_2 = 4 \text{ Hz}$$

ส่วนความถี่ของเสียงที่เราได้ยินมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของความถี่ของคลื่นทั้งสองขบวน นั่นคือ

$$\frac{f_1 + f_2}{2} = 350 \text{ Hz}$$

หรือ

$$f_1 + f_2 = 700 \text{ Hz}$$

ดังนั้นเราสามารถแก้สมการทั้งสองเพื่อหาค่าของ f_1 และ f_2 ซึ่งจะได้ $f_1 = 352 \text{ Hz}$ และ $f_2 = 348 \text{ Hz}$

การสั่นพ้อง (Resonance)

• ถ้ามีคลื่นชนิดหนึ่ง (หรือแรงกระทำ) ที่มีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัตถุและมีความเข้มที่มากพอมากระทำกับวัตถุ ผลที่เกิดขึ้นก็คือวัตถุจะเกิดการสั่นอย่างรุนแรง (นั่นคือมีแอมพลิจูดของการสั่นสูง สูงกว่าปกติ) เราเรียกปรากฏการณ์เช่นนี้ว่าเรโซแนนซ์ (resonance) หรือ ~~การกำทอน~~ หรือ การสั่นพ้อง



การสั่นพ้อง (2)

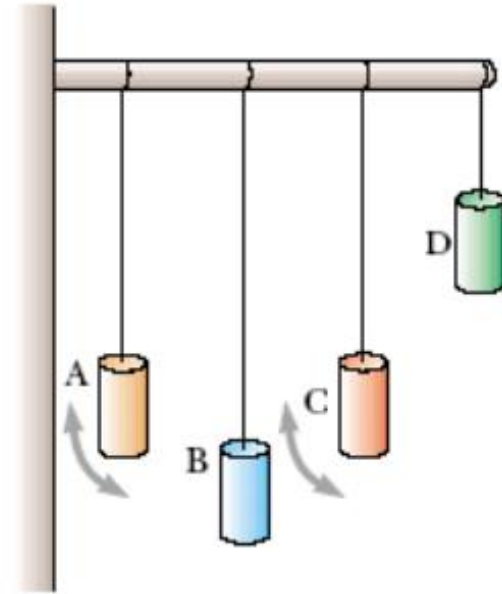


คำถามชวนคิด

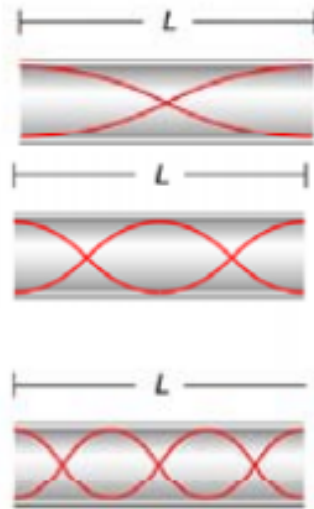
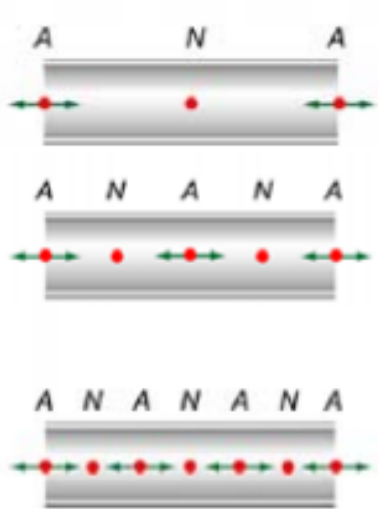
จากรูป ถ้าแกว่งลูกตุ้ม A ลูกตุ้มใดจะแกว่งได้ดีที่สุด เพราะอะไร

ตอบ C

คลื่นที่เกิดจากลูกตุ้ม A จะเคลื่อนที่ไปตามคาน ทำให้ลูกตุ้มอื่นๆ สั่น แต่ลูกตุ้ม B และ D จะสั่นด้วยความถี่ที่ไม่ใกล้กับความถี่ของ A ทำให้คลื่นหักล้างกัน ส่วน C จะสั่นด้วยความถี่ใกล้เคียงกับ A เพราะมีสายยาวใกล้กัน



การสั่นพ้องในท่อปลายเปิดความยาวคงที่



$$\lambda_1 = 2L \quad \text{หักงอ-หักงอ} \quad L = \frac{\lambda_1}{2}$$

$$\lambda_2 = L \quad \text{หักงอ-หักงอ}$$

$$1.5\lambda_3 = L \quad L = \frac{3\lambda_3}{2}$$

รูปที่ 9-8 การเกิดเรโซแนนซ์ที่มีความยาวคลื่นต่างๆ ในท่อปลายเปิด

สั่นพ้อง ท่อปลายเปิด L คงที่

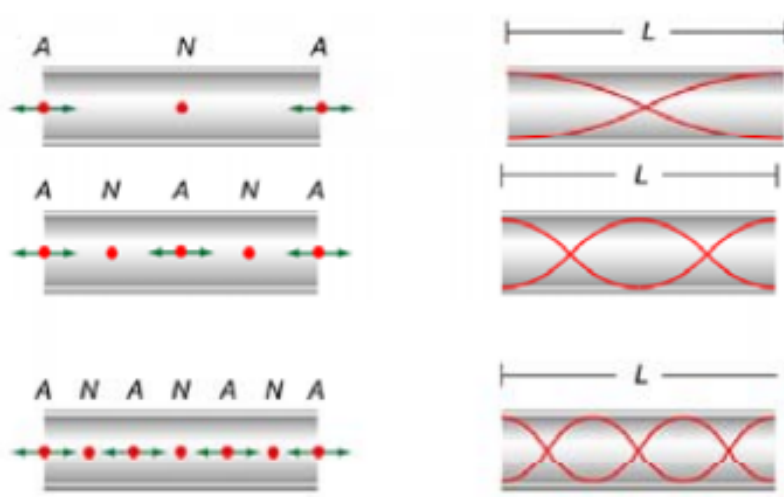
นั่นคือในกรณีทั่วไป

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

ความยาวคลื่นเรโซแนนซ์

เลขฮาร์โมนิก

การสั่นพ้องในท่อปลายเปิดความยาวคงที่ (2)



ความถี่มูลฐาน

$$\lambda_1 = 2L$$

$$\lambda_2 = L$$

$$1.5\lambda_3 = L$$

รูปที่ 9-8 การเกิดเรโซแนนซ์ที่ความยาวคลื่นต่างๆ ในท่อปลายเปิด

L คงที่

ความยาวคลื่นเรโซแนนซ์

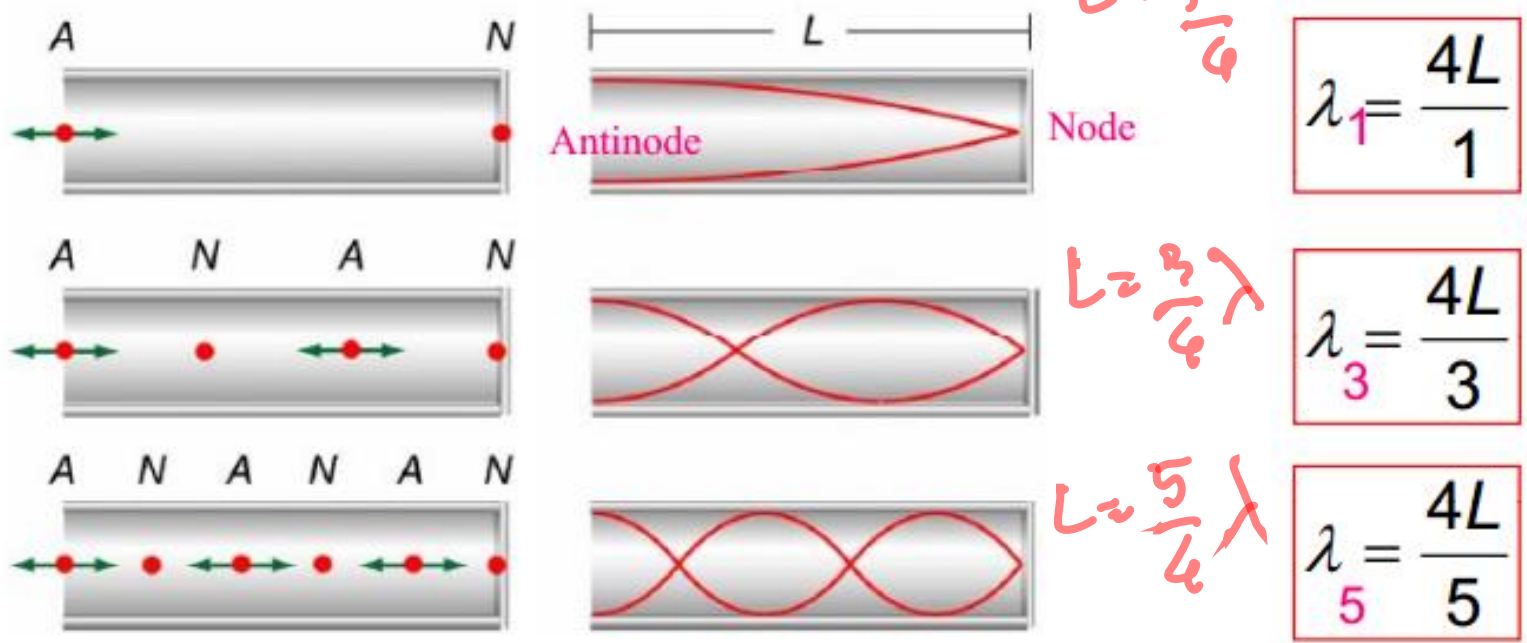
$$\lambda_n = \frac{2L}{n}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

ความถี่คลื่นเรโซแนนซ์

$$f_n = \frac{v}{\lambda} = \frac{nv}{2L}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

การสั่นพ้องในท่อปลายเปิดความยาวคงที่

เรโซแนนซ์ภายในท่อปลายเปิดหนึ่งด้านปิดหนึ่งด้าน L คงที่



ความยาวคลื่นเรโซแนนซ์

$\lambda_n = \frac{4L}{n}, \quad n = 1, 3, 5, \dots$

ความถี่คลื่นเรโซแนนซ์

$f_n = \frac{v}{\lambda} = \frac{nv}{4L}, \quad n = 1, 3, 5, \dots$

สังเกตว่าเลขฮาร์มอนิกในกรณีนี้เพียงเลขคี่เท่านั้น

สรุปสูตรการสั่นพ้อง คลื่นนิ่ง

1. ท่อออร์แกนปลายปิด (ปิด 1 ข้าง หรือปิด 2 ข้าง) จะได้

$$f_n = \left(\frac{2n-1}{4L} \right) v, \quad n = 1 \text{ เรียก } f_1 \text{ ว่า ความถี่พื้นฐาน}$$

$n = 2$ เรียก f_2 ว่า First Overtone

$n = 3$ เรียก f_3 ว่า Second Overtone

2. ท่อออร์แกนปลายเปิด (เปิดทั้ง 2 ข้าง)

$$f_n = \frac{n}{2L} v = n f_1, \quad n = 1 \text{ เรียก } f_1 \text{ ว่า ความถี่พื้นฐาน}$$

หรือ First harmonic frequency

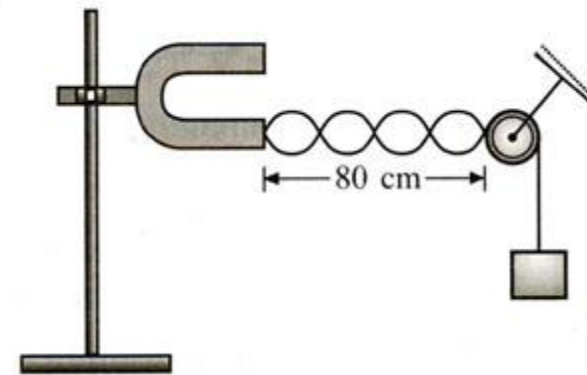
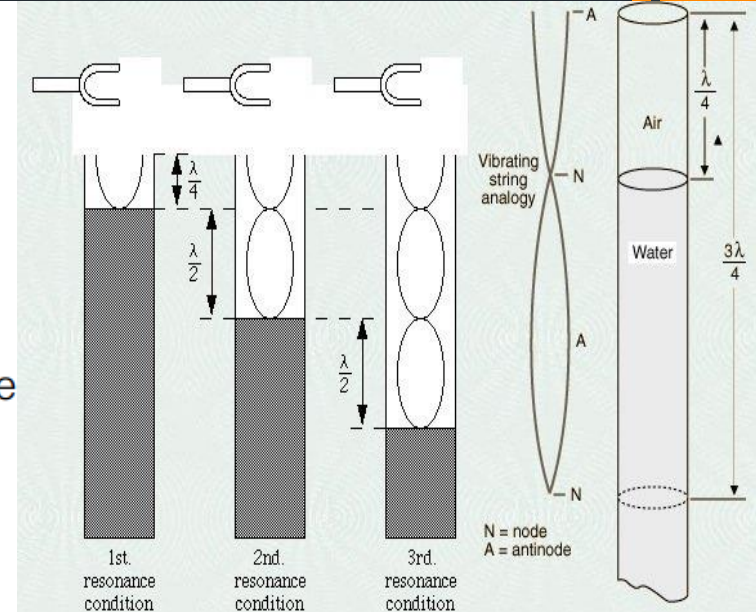
$n = 2$ เรียก f_2 ว่า Second harmonic frequency

$n = 3$ เรียก f_3 ว่า Third harmonic frequency

3. การสั่นพ้องของลวดขึงตึงทั้ง 2 ข้าง

$$f_n = \frac{n}{2L} v = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = n f_1, \quad T = \text{แรงตึงในลวด (N)}$$

μ = มวลต่อความยาว (kg/m)



ตัวอย่างโจทย์ การสั่นพ้อง

จากการทดลองเรื่องการสั่นพ้องของเสียงโดยใช้หลอดสั่นพ้อง พบว่าเกิดสั่นพ้องครั้งแรกและครั้งที่สองที่ระยะ 0.15 เมตร และ 0.50 เมตร จากปากท่อตามลำดับ ถ้าความเร็วของเสียงในขณะนั้นเท่ากับ 350 เมตร/วินาที จงหาความถี่ของคลื่นเสียงที่ใช้

1. 450 เฮิรตซ์

3. 600 เฮิรตซ์



$$L_1 \approx 0.15 = \frac{\lambda}{4}$$

2. 500 เฮิรตซ์

4. 1000 เฮิรตซ์



$$L_2 = \frac{3\lambda}{4} = 0.5$$

$$L_2 - L_1 = \frac{\lambda}{2} = 0.35 \quad | \quad \lambda = 0.7$$

ท่อปลายปิดอันหนึ่งยาว 5 เซนติเมตร เมื่อนำส้อมเสียงมาเคาะแล้วจ่อที่ปากท่อพบว่าเกิดกำทอน (การสั่นพ้อง) กับลำอากาศในท่อพอดี ถ้าเสียงในอากาศมีอัตราเร็ว 340 m/s ความถี่ของส้อมเสียง จะมีค่ากี่เฮิรตซ์

1. 17

2. 68

3. 680

4. 1700

ตัวอย่างโจทย์ การสั่นพ้อง (2)

ส้อมเสียงอันหนึ่ง เมื่อเคาะเหนือท่อ เรโซแนนซ์ เกิดเสียงดังครั้งแรกเมื่อน้ำอยู่ต่ำจากปากท่อ 17 cm. และดังครั้งที่สองเมื่อน้ำอยู่ต่ำจากปากท่อ 53 เซนติเมตร ส้อมเสียงอีกอันหนึ่งมีความถี่ 450 เฮิรตซ์ทำให้เกิดเสียงดัง ครั้งที่สองเมื่อน้ำอยู่ต่ำจากปากท่อ 59 เซนติเมตร และดังครั้งที่สาม เมื่อน้ำอยู่ต่ำจากปาก ท่อ 99 เซนติเมตร ส้อมเสียงอันแรกมีความถี่กี่เฮิรตซ์

- | | |
|-----------|-----------|
| 1. 350 Hz | 2. 450 Hz |
| 3. 500 Hz | 4. 550 Hz |

ลำโพงเสียงคู่หนึ่งวางหันหน้าเข้าหากันให้คลื่นเสียงความยาวคลื่น 2 เมตร คน ๆ หนึ่งยืนอยู่ตรงกลาง ระหว่างลำโพง เสียงคู่ นั้น ถ้าเขาเดินเข้าไปหาลำโพงเสียงข้างหนึ่งพบว่าเขาจะได้ยินเสียงดังเป็นครั้งแรก อยากทราบว่า เขาเดินห่าง จากจุดเริ่มต้นกี่เมตร

- | | |
|------|------|
| 1. 1 | 2. 2 |
| 3. 3 | 4. 4 |