ฟิสิกส์โกเอก

ฟิสิกส์

ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 1

บทที่ 9 คลื่นกล
บทที่ 10 เสียง

โดย ครูโกเอก (นายเอกนันท์ ตั้งธีระสุนันท์)

คำนำ

หนังสือเล่มนี้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการเรียนในห้องเรียนวิชาฟิสิกส์ของครูโกเอก (นายเอกนันท์ ตั้งธีระสุนันท์) ครูโกเอกได้จัดเรียงเนื้อหาและโจทย์ปัญหาเป็นลำดับขั้นจากง่ายไปยาก ซึ่งนักเรียนจะเข้าใจวิชาฟิสิกส์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำข้อสอบได้

ครูโกเอกได้จัดทำสารบัญเพื่อให้นักเรียนสามารถจัดเวลาในการเรียนได้สะดวกขึ้น โดยระบุว่าแต่ละคอร์สมีวีดีโอกี่ครั้ง และแต่ละครั้งมีจำนวนชั่วโมงเรียนเท่าใด ซึ่งได้ระบุหน้าของเอกสารการเรียนต่อท้ายไว้ด้วย นักเรียนควรทำแบบฝึกหัดท้ายเรื่องที่เรียน เพื่อเป็นการเสริมประสบการณ์ในการทำโจทย์และทำให้เข้าใจมากขึ้น หากมีปัญหาหรือข้อสงสัยในเนื้อหาวิชา สามารถถามได้ที่ facebook/ฟิสิกส์โกเอก

ครูโกเอกหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคอร์สเรียนและเอกสารการเรียนที่จัดทำขึ้นนี้จะให้ประโยชน์กับนักเรียนและขอให้นักเรียนทุกคนประสบความสำเร็จในการเรียนและการสอบเข้าทุกระดับ

ครูโกเอก
(นายเอกนันท์ ตั้งธีระสุนันท์)

ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 1

บทที่ 9. คลื่นกล

สารบัญ บทที่ 9. คลื่นกล

VDO ครั้งที่	เวลา (ชั่วโมง)	เรื่องที่สอน	หน้า
VDO ครั้งที่ 1	2:02	1. คลื่นและส่วนประกอบของคลื่น	1 – 9
VDO ครั้งที่ 2	2:01	2. การซ้อนทับกันของคลื่น 3. การสะท้อนของคลื่น	11 – 23
VDO ครั้งที่ 3	1:44	3. การสะท้อนของคลื่น 4(1) การหักเหของคลื่น	24 – 36
VDO ครั้งที่ 4	2:04	4(1) การหักเหของคลื่น 4(2) การแทรกสอดของคลื่น	37 – 51
VDO ครั้งที่ 5	1:31	4(2) การแทรกสอดของคลื่น 5. การเลี้ยวเบนของคลื่น	52 – 63

9. คลื่นกล

1. คลื่นและส่วนประกอบของคลื่น

<u>คลื่น</u> คือ **การถ่ายทอดพลังงานและโมเมนตัม** จากแหล่งกำเนิดไปบริเวณโดยรอบ โดยที่**ตัวกลางไม่เคลื่อนที่**ตามไปด้วย

<u>1. การจำแนกคลื่น</u>

<u>1. จำแนกโดยใช้ตัวกลาง</u>

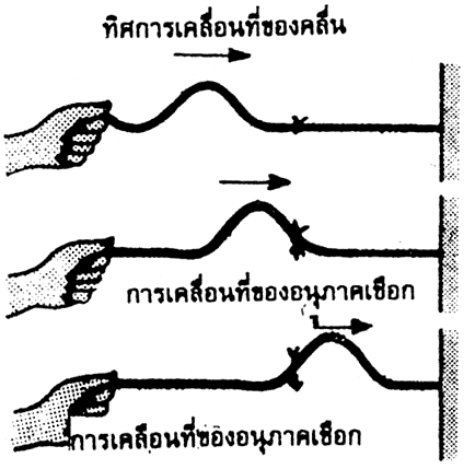
1.1 คลื่นกล (Mechanical Wave) เป็นคลื่นที่**อาศัยตัวกลาง**ในการเคลื่อนที่ เช่น คลื่นน้ำ, คลื่นในเส้นเชือก, คลื่นเสียง

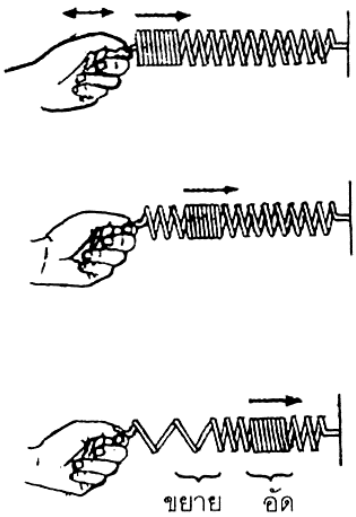
1.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) เป็นคลื่นที่**ไม่ต้องอาศัยตัวกลาง**ในการเคลื่อนที่ มี 7 ชนิด คือ คลื่นวิทยุ, คลื่นไมโครเวฟ, รังสีอินฟราเรด, แสง, รังสีอัลตราไวโอเลต, รังสีเอกซ์ และรังสีแกมมา

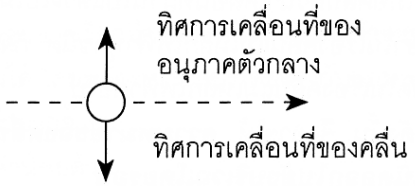
<u>2. จำแนกตามลักษณะการสั่นของแหล่งกำเนิด</u>

2.1 คลื่นตามขวาง (Transverse Wave) เป็นคลื่นที่มีทิศ**การสั่นของตัวกลางอยู่ในแนวตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่**ของแหล่งกำเนิด (ตัวกลาง) เช่น คลื่นผิวน้ำ, คลื่นในเส้นเชือก, คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิด

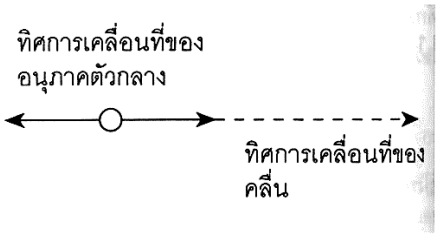
2.2 คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) เป็นคลื่นที่มีทิศ**การสั่นของตัวกลางอยู่ในแนวขนานกับทิศการเคลื่อนที่**ของแหล่งกำเนิด (ตัวกลาง) เช่น คลื่นเสียง, คลื่นในสปริง







การสั่นของอนุภาคตัวกลางของคลื่นตามขวาง



การสั่นของอนุภาคตัวกลางของคลื่นตามยาว

3. จำแนกตามความต่อเนื่องของการสั่นของแหล่งกำเนิด

3.1 คลื่นดล (Pulse Wave) เป็นคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดสั่นเพียงครั้งเดียว

3.2 คลื่นต่อเนื่อง (Continuous Wave) เป็นคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดสั่นอย่างต่อเนื่อง เกิดคลื่นแผ่ไปเป็นขบวนอย่างต่อเนื่อง

Ex1 คลื่นใดต่อไปนี้ เป็นคลื่นที่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ (Onet49)

ก. คลื่นแสง ข. คลื่นเสียง ค. คลื่นผิวน้ำ

คำตอบที่ถูกต้องคือ

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

Ex2 ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้องเกี่ยวกับคลื่นตามยาว (Onet52)

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

Ex3 ถ้ากระทุ่มน้ำเป็นจังหวะสม่ำเสมอ ลูกปิงปองที่ลอยอยู่ห่างออกไปจะเคลื่อนที่อย่างไร (Onet50)

1. ลูกปิงปองเคลื่อนที่ออกห่างไปมากขึ้น
2. ลูกปิงปองเคลื่อนที่เข้ามาหา
3. ลูกปิงปองเคลื่อนที่ขึ้น-ลงอยู่ที่ตำแหน่งเดิม
4. ลูกปิงปองเคลื่อนที่ไปด้านข้าง

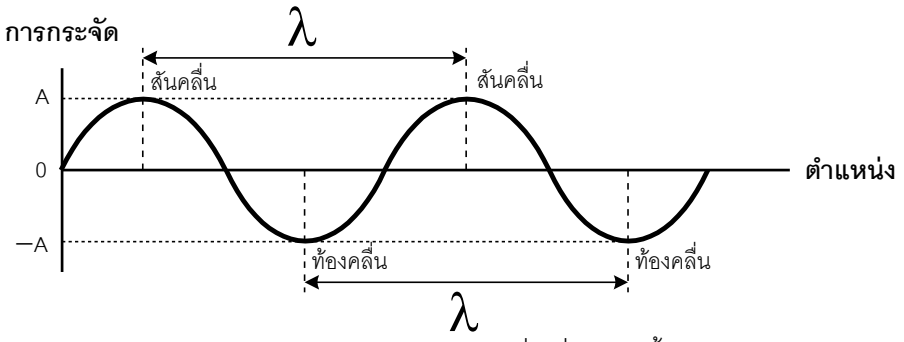
Ex4 ข้อใดเป็นจริงสำหรับคลื่นผิวน้ำ

1. อนุภาคของน้ำไม่ได้เคลื่อนที่ตามไปด้วย แสดงว่าพลังงานไม่ได้ถ่ายทอดไปพร้อมกับการเคลื่อนที่ของคลื่น
2. ขณะที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง อนุภาคของน้ำจะเคลื่อนที่ไปในทิศเดียวกับคลื่น
3. เมื่อเกิดคลื่น อนุภาคของน้ำที่เป็นตัวกลางจะเคลื่อนที่ไปในลักษณะส่วนอัด ส่วนขยาย
4. อนุภาคของน้ำจะเคลื่อนที่ขึ้นลงอยู่กับที่ ในขณะที่คลื่นเคลื่อนที่ตั้งฉากกับอนุภาคของน้ำ

Ex5 ข้อใดจัดเป็นคลื่นตามยาว

1. คลื่นเสียงในอากาศ คลื่นในสายกีตาร์ 2. คลื่นน้ำ คลื่นไมโครเวฟ
3. คลื่นจากการอัดสปริง คลื่นอัลตราซาวด์ 4. คลื่นแสง คลื่นน้ำ

2. ส่วนประกอบของคลื่น

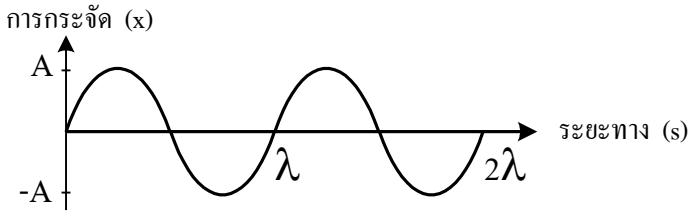


การกระจัด (displacement, x) คือ ตำแหน่งของตัวกลางที่เปลี่ยนไป (ขึ้น หรือ ลง จากตำแหน่งเดิม)

แอมปลิจูด (amplitude, A) คือ การกระจัดที่มากที่สุด บอกถึง**พลังงานของคลื่น** โดย $E \propto A^2$

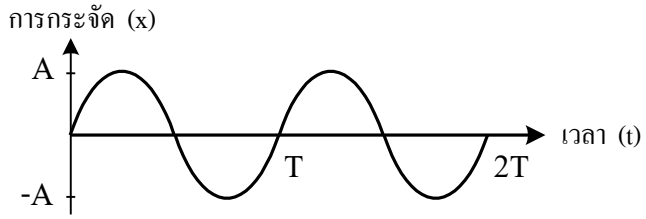
ความยาวคลื่น (wavelength, λ) คือ ระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ 1 รอบ

กราฟการกระจัด - ระยะทาง



คาบ (period, T) คือ เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ (1 ลูกคลื่น)

กราฟการกระจัด - เวลา



ความถี่ (frequency, f) คือ จำนวนลูกคลื่นที่เคลื่อนที่ใน 1 หน่วยเวลา

3. อัตราเร็วของคลื่น

เมื่อ v = อัตราเร็วของคลื่น (m/s)

f = ความถี่ของคลื่น (Hz)

λ = ความยาวคลื่น (m)

<u>Ex1</u> คลื่นขบวนหนึ่งเคลื่อนที่ได้ 10 เมตร ในเวลา 2 วินาที คลื่นขบวนนี้มีระยะระหว่างสันคลื่นถึงสันคลื่นที่ติดกัน 2 เมตร

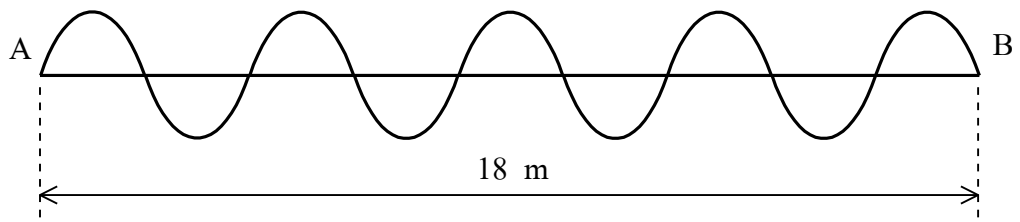
จงหา

1.1 อัตราเร็วของคลื่น.....

1.2 ความยาวคลื่น.....

1.3 ความถี่และคาบของคลื่น.....

<u>Ex2</u> คลื่นขบวนหนึ่งเคลื่อนที่จาก A ไป B ในเวลา 9 วินาที มีลักษณะของคลื่นดังรูป



จงหา

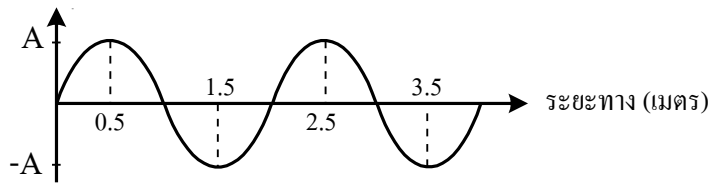
2.1 ความยาวคลื่น.....

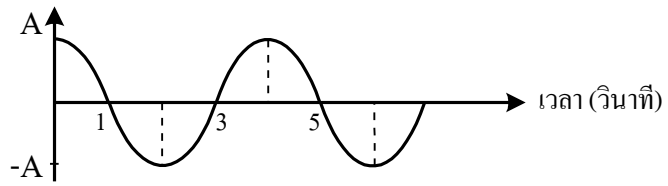
2.2 คาบของคลื่นขบวนนี้.....

2.3 ความถี่ของคลื่นขบวนนี้.....

2.4 อัตราเร็วของคลื่น.....

<u>Ex3</u> เชือกเส้นหนึ่งสั่นด้วยความถี่ค่าหนึ่งทำให้เกิดคลื่นต่อเนื่อง วาดกราฟ การกระจัด – ระยะทาง และ การกระจัด – เวลา ได้ดังรูป จงหาอัตราเร็วของคลื่นต่อเนื่องนี้.....



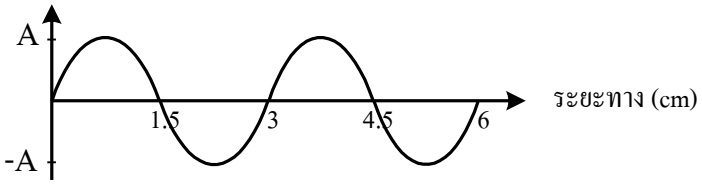


<u>Ex4</u> ถ้าความเร็วของคลื่นน้ำเท่ากับ 6.0 เมตรต่อวินาที ขณะที่สันคลื่นที่หนึ่งและที่สี่ห่างกัน 7.2 เมตร คลื่นนี้มีความถี่เท่าใด (Anet49)

1. 0.8 Hz
2. 2.5 Hz
3. 3.3 Hz
4. 4.3 Hz

<u>Ex5</u> คลื่นต่อเนื่องชุดหนึ่ง สันคลื่นลูกที่ 2 อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดคลื่น 0.3 เมตร และสันคลื่นลูกที่ 10 อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดคลื่น 2.7 เมตร ถ้าคลื่นนี้มีความถี่ 500 เฮิรตซ์ จงหาอัตราเร็วคลื่น……

<u>Ex6</u> กำหนดให้คลื่นน้ำดังรูปมีอัตราเร็ว 30 เซนติเมตร/วินาที จงหา



6.1 ตำแหน่งใด ๆ บนคลื่นจะสั่นขึ้นลงกี่รอบ/วินาที……

6.2 ในเวลา 5 วินาที คลื่นจะเคลื่อนได้กี่ลูก……..

6.3 จะต้องใช้เวลานานเท่าใด จึงจะเคลื่อนที่ได้ 100 ลูก.....

<u>Ex7</u> คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความเร็ว 3×10^{8} เมตรต่อวินาที มีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร จงหา

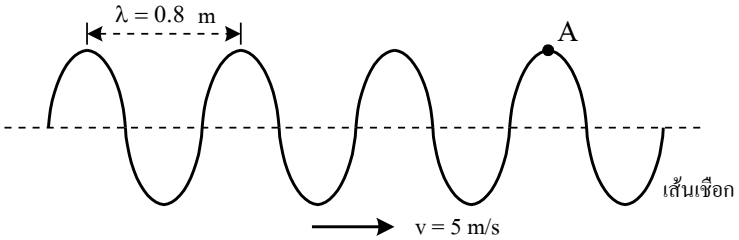
7.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้สั่นกี่รอบในเวลา 30 วินาที…….....

7.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าใดในเวลา 30 วินาที.....

<u>Ex8</u> จุดบนคลื่นในเส้นเชือกจุดหนึ่ง เคลื่อนที่จากตำแหน่งสูงสุดเข้าหาตำแหน่งสมดุลใช้เวลา 0.2 วินาที จงหาเวลาที่อนุภาคนี้เคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบ และจงหาอัตราเร็วของคลื่น กำหนดให้ความยาวคลื่นเป็น 0.8 เมตร.....

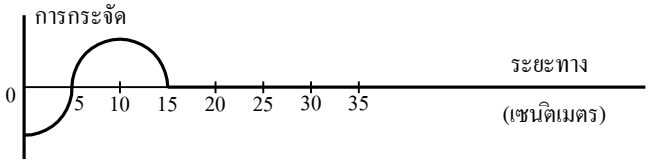
<u>Ex9</u> คลื่นตามขวางรูปไซน์บนเส้นเชือกกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวามือ ขณะหนึ่งจุด A ซึ่งเป็นจุดสีแดงแต้มเล็กๆ บนเส้นเชือกกำลังอยู่ที่สันคลื่นพอดี อีกนานเท่าใดจุด A จึงจะเคลื่อนลงมาอยู่ที่ตำแหน่งปกติ (ระดับเส้นประ) (Anet51)

1. 20 ms
2. 40 ms
3. 60 ms
4. 80 ms

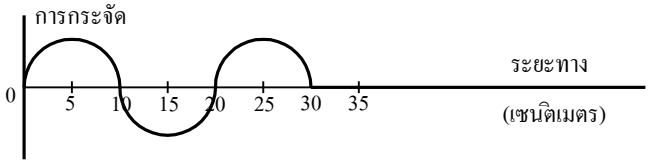


<u>Ex10</u> คลื่นในเส้นเชือกยาว เมื่อเวลาหนึ่งเป็นดังที่เห็นในรูป ก. หลังจากนั้น 0.5 วินาที เป็นดังที่เห็นในรูป ข. ความถี่ของคลื่นเป็นกี่เฮิรตซ์ (Ent31).....

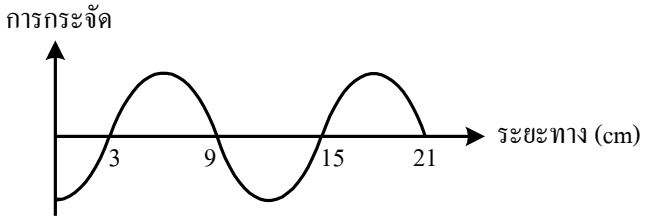
รูป ก.



รูป ข.



<u>Ex11</u> เชือกที่ยาวมากและสม่ำเสมอเส้นหนึ่งถูกขึงตึงอยู่นิ่ง ถ้าเราสะบัดปลายเชือกอีกข้างหนึ่งขึ้นลงอย่างสม่ำเสมอเป็นเวลา 2.5 วินาที รูปร่างของเส้นเชือกจะเปลี่ยนแปลงดังรูป



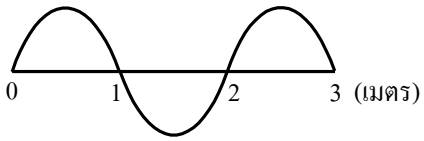
จงหา

11.1 ความยาวคลื่น……..

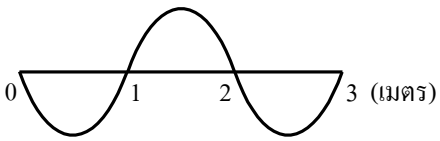
11.2 ความถี่ของคลื่น.....

11.3 อัตราเร็วของคลื่น……

<u>Ex12</u> เชือกยาวมากเส้นหนึ่งกำลังสั่น เมื่อมองเพียงส่วนหนึ่งซึ่งยาว 3 เมตร เห็นคลื่นในเส้นเชือกดังรูป A แต่พอ 2 วินาที ต่อมาเปลี่ยนเป็นรูป B จงหาอัตราเร็วของคลื่นที่มีค่าน้อยที่สุด……..



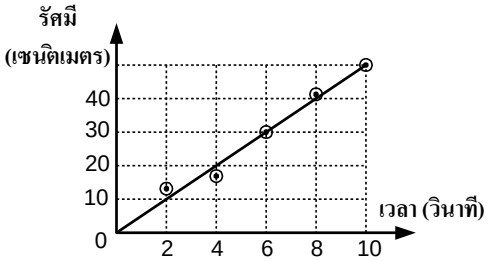
รูป A



รูป B

<u>Ex13</u> ในการสังเกตของของกลุ่มนักเรียนกลุ่มหนึ่งพบว่า เมื่อทำให้เกิดคลื่นดลวงกลมขึ้นในถาดคลื่น รัศมีของคลื่นดลวงกลมที่เวลาต่าง ๆ เป็นไปตามกราฟข้างล่าง ถามว่านักเรียนกลุ่มนี้ทำให้เกิดคลื่นต่อเนื่องขึ้นในถาดคลื่นนี้ด้วยความถี่ 10 เฮิรตซ์ ยอดคลื่น 2 ยอดที่อยู่ใกล้กันมากที่สุดจะอยู่ห่างกันกี่เซนติเมตร (Ent32)

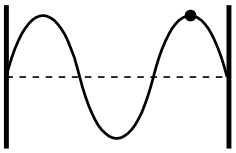
1. 0.5
2. 2.0
3. 5.0
4. 50.0



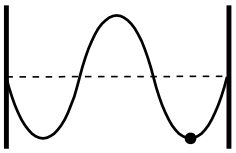
<u>Ex14</u> คลื่นในเชือกเส้นหนึ่งซึ่งขึงให้ตึงที่ปลายทั้งสองข้าง กำลังสั่นในแนวดิ่ง ณ เวลา t = 0 วินาที รูปร่างของเชือกเป็นดังรูป (ก) เมื่อเวลาผ่านไป 0.2 วินาที รูปร่างของเชือกเป็นดังรูป (ข) และถ้าเวลาผ่านไป 0.4 วินาที รูปร่างของเชือกจะกลับมาเป็นรูป (ก) อีกครั้ง ถ้าระยะห่างระหว่างจุดตรึงของเชือกเท่ากับ 12 เมตร อัตราเร็วของคลื่นในเส้นเชือกเป็นกี่เมตร/วินาที (PAT2 ต.ค.53)

1. 10
2. 20
3. 30
4. 40

(ก)



(ข)



<u>Ex15</u> เมื่อทำให้เกิดคลื่นดลหน้าคลื่นเส้นตรงในชุดถาดคลื่น โดยใช้คานกำเนิดคลื่นตรงกระทุ่มน้ำ 1 ครั้ง พบว่าคลื่นดลนี้เคลื่อนที่ไปถึงขอบถาดที่อยู่ห่างออกไป 40 ซม. ในเวลา 10 วินาที และมีคลื่นสะท้อนน้อยมากจากขอบถาด ต่อมาทำให้คานกำเนิดคลื่นกระทบน้ำด้วยความถี่ 10 ครั้ง/วินาที อย่างสม่ำเสมอ จะพบว่าเวลาที่ยอดคลื่น 2 ยอดที่อยู่ใกล้กันที่สุดจะเคลื่อนที่มาถึงขอบถาดห่างกันเป็นเวลากี่วินาที (Ent34)

1. 0.1 วินาที
2. 0.25 วินาที
3. 1.0 วินาที
4. 4.0 วินาที

4. การบอกตำแหน่งของการเคลื่อนที่แบบคลื่น

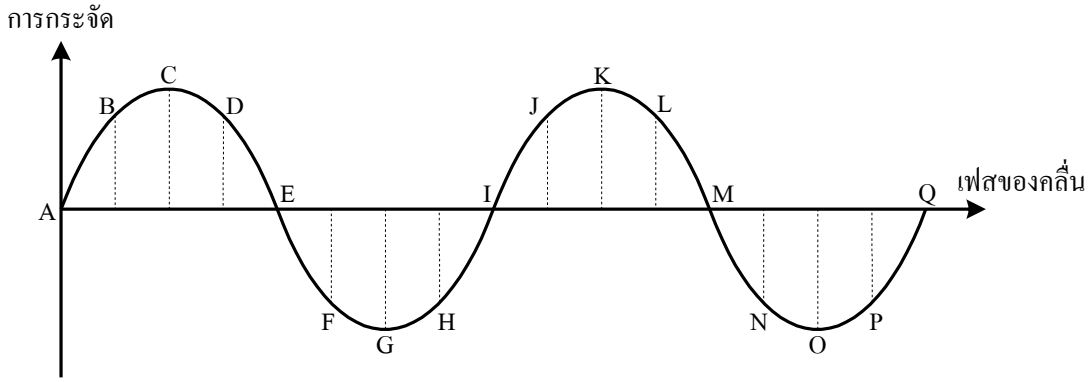
เฟส (phase, ϕ) คือ การบอกตำแหน่งของคลื่นโดยใช้มุม คลื่น 1 รอบมีเฟส 2π rad

เฟส 0° อยู่ที่ตำแหน่งที่มีการเคลื่อนที่**ขึ้น** เมื่อเวลาผ่านไปเล็กน้อย (สมมติว่าเป็นตำแหน่งเริ่มต้นของคลื่น)

เฟส 90° หรือ $\frac{\pi}{2}$ rad อยู่ที่ตำแหน่งสันคลื่น

เฟส 180° หรือ π rad อยู่ที่ตำแหน่งที่มีการเคลื่อนที่**ลง** เมื่อเวลาผ่านไปเล็กน้อย

เฟส 270° หรือ $\frac{3\pi}{2}$ rad อยู่ที่ตำแหน่งท้องคลื่น



4.1 **ตำแหน่งที่มีเฟสตรงกัน** (inphase) คือ ตำแหน่งบนคลื่นที่มีลักษณะการเคลื่อนที่เหมือนกัน

มีระยะห่างกัน.....

มีเวลาต่างกัน.....

มีเฟสต่างกัน.....

4.2 **ตำแหน่งที่มีเฟสตรงข้ามกัน** (out of phase) คือ ตำแหน่งบนคลื่นที่มีลักษณะการเคลื่อนที่ตรงข้ามกัน

มีระยะห่างกัน.....

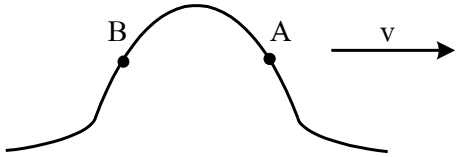
มีเวลาต่างกัน.....

มีเฟสต่างกัน.....

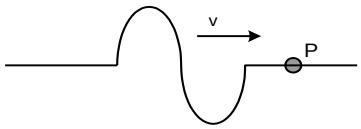
Ex1 ตำแหน่งบนคลื่นที่มีเฟสเดียวกับ A, D, F คือ

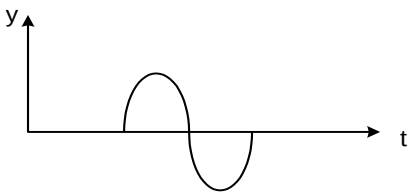
Ex2 ตำแหน่งบนคลื่นที่มีเฟสตรงข้ามกับ A, D, F คือ

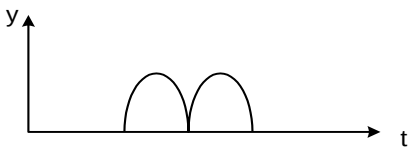
<u>Ex3</u> คลื่นในเส้นเชือกกำลังเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา A และ B เป็นจุดสองจุดบนเส้นเชือกเมื่อขณะเวลาหนึ่ง รูปร่างส่วนหนึ่งของเส้นเชือกเป็นดังรูป เมื่อเวลาผ่านไปอีกเล็กน้อย A และ B จะเคลื่อนที่อย่างไร.....

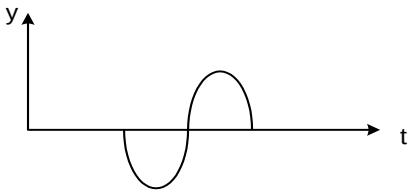


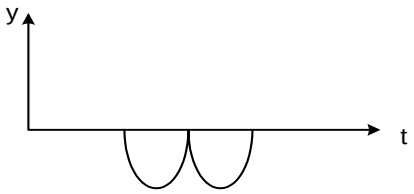
<u>Ex4</u> คลื่นดลบนเส้นเชือกมีลักษณะดังรูป เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว v กราฟข้อใดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด y ของจุด P (จุดหนึ่งบนเส้นเชือก) กับเวลา t ได้ถูกต้อง (มีนา 45)



1.


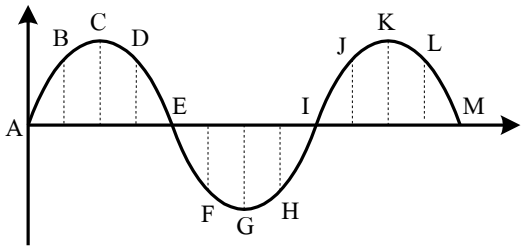
2.


3.


4.


<u>Ex5</u> จากรูปจุดใดมีเฟสต่างจากจุด F 45° และ 135°

การกระจัด



4.3 การคำนวณความต่างเฟสของคลื่น

อาศัยความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่เป็นรอบรอบของคลื่น ดังนี้

เมื่อ $\Delta\phi$ = ความต่างเฟสของจุด 2 จุดบนคลื่น

Δx = ระยะทางที่ต่างกันของจุด 2 จุดบนคลื่น

Δt = เวลาที่เปลี่ยนไปของจุดบนคลื่น

Ex1 คลื่นต่อเนื่องขบวนหนึ่งมีอัตราเร็ว 40 เมตร/วินาที เกิดจากแหล่งกำเนิดคลื่นซึ่งสั่นด้วยความถี่ 80 เฮิรตซ์ จงหา

1.1 จุด 2 จุดบนคลื่นห่างกัน 10 ซม. จะมีเฟสต่างกันเท่าใด.....

1.2 จุด 2 จุดบนคลื่นมีเฟสต่างกัน 90° จะห่างกันเท่าใด.....

Ex2 คลื่นต่อเนื่องขบวนหนึ่งเกิดจากแหล่งกำเนิดที่สั่น 360 รอบ/นาที วัดอัตราเร็วคลื่นได้ 12 m/s จุด 2 จุดบนคลื่นที่ห่างกัน 1.5 เมตร จะมีเฟสต่างกันเท่าใด.....

Ex3 คลื่นผิวน้ำอัตราเร็ว 20 เซนติเมตร/วินาที กระจายออกจากแหล่งกำเนิดคลื่นซึ่งมีความถี่ 5 เฮิรตซ์ การกระเพื่อมของผิวน้ำที่อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิด 30 เซนติเมตร และ 48 เซนติเมตร จะมีเฟสต่างกันกี่องศา (Ent34)

1. 30°
2. 60°
3. 90°
4. 180°

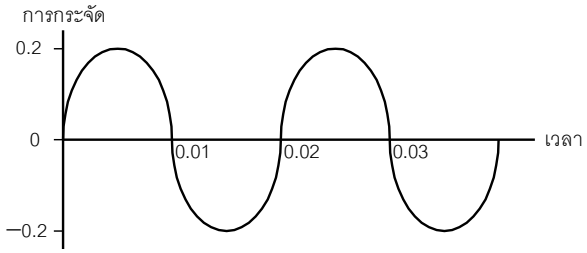
<u>Ex4</u> คลื่นมีความถี่ 300 เฮิรตซ์ มีอัตราเร็ว 150 เมตร/วินาที จุดที่เฟสต่างกัน 108 องศา อยู่ห่างกันเท่ากับกี่เมตร

1. 0.05
2. 0.10
3. 0.15
4. 0.20

<u>Ex5</u> คลื่นต่อเนื่องขบวนหนึ่งมีความยาวคลื่น 60 เซนติเมตร มีอัตราเร็ว 30 เมตรต่อวินาที อยากทราบว่า ณ จุดหนึ่ง เมื่อเวลาผ่านไป 0.03 วินาที จะมีเฟสเปลี่ยนไปเท่าใด

1. $\frac{\pi}{2}$ เรเดียน
2. 2π เรเดียน
3. 3π เรเดียน
4. 4π เรเดียน

<u>Ex6</u> กราฟการกระจัดจากตำแหน่งสมดุลของแหล่งกำเนิดคลื่นกับเวลา เป็นดังรูป ขณะที่เกิดคลื่นต่อเนื่อง จุด 2 จุดบนคลื่นที่มีเฟสต่างกัน $\frac{5\pi}{2}$ เรเดียน จะอยู่ห่างกันเท่าใด (ความเร็วคลื่นเท่ากับ 10 m/s).....



<u>Ex7</u> คลื่นเสียงมีความถี่ 600 เฮิรตซ์ และมีความเร็วเฟส 360 เมตร/วินาที ตำแหน่งสองตำแหน่งบนคลื่นซึ่งมีเฟสต่างกัน 60 องศา จะอยู่ห่างกันเท่าใด (Ent32)

ก. 10 cm ข. 50 cm ค. 70 cm ง. 80 cm

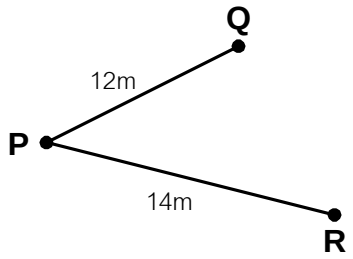
คำตอบที่ถูกต้องคือ

1. ก , ข และ ค
2. ก และ ค
3. ง เท่านั้น
4. คำตอบเป็นอย่างอื่น

<u>Ex8</u> คลื่นน้ำมีความถี่ 30 Hz และมีความเร็ว 2.4 m/s ระยะทางระหว่าง 2 จุดบนคลื่นที่มีความแตกต่างเฟสเป็น 120 องศา มีค่าเป็นเท่าใด และเมื่อพิจารณาตำแหน่งหนึ่งของผิวน้ำที่มีคลื่นนี้ ถ้าเวลาผ่านไป $1/90$ วินาที แล้วคลื่น ณ ตำแหน่งนี้มีการเปลี่ยนเฟสไปเท่าใด

1. ระยะทาง 2.7 เซนติเมตร เปลี่ยนเฟส 30 องศา
2. ระยะทาง 2.7 เซนติเมตร เปลี่ยนเฟส 120 องศา
3. ระยะทาง 4.2 เซนติเมตร เปลี่ยนเฟส 30 องศา
4. ระยะทาง 4.2 เซนติเมตร เปลี่ยนเฟส 120 องศา

<u>Ex9</u> จากรูป P เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นที่มีความถี่ 20 Hz จุด Q และ R อยู่ห่างจาก P เป็นระยะทาง 12 และ 14 เมตร ตามลำดับ ถ้าคลื่นที่มาถึงจุด Q และ R มีเฟสต่างกัน 270° จงหาความเร็วของคลื่น……..



<u>การบ้าน 1 คลื่นและส่วนประกอบของคลื่น</u>

1. คลื่นขบวนหนึ่งมีความถี่ 10 เฮิรตซ์ มวลของเชือกที่จุดใด ๆ จะสั่นได้กี่รอบในเวลา 1 นาที (Onet49)

2. ในการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ของคลื่น โดยใช้ถาดน้ำกับตัวกำเนิดคลื่นซึ่งเป็นมอเตอร์ที่หมุน 4 รอบต่อวินาที ถ้าคลื่นบนผิวน้ำเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 12 เซนติเมตร/วินาที จงหาความยาวคลื่นบนผิวน้ำที่เกิดขึ้น (มีนา 44)

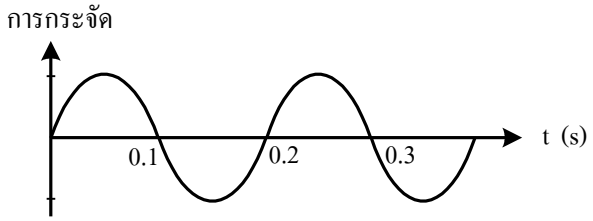
   1. 1.5 cm
   2. 3.0 cm
   3. 4.5 cm
   4. 6.0 cm

3. คลื่นน้ำเคลื่อนที่ผ่านจุด ๆ หนึ่งไป 30 ลูกคลื่น ในเวลา 1 นาที ถ้าคลื่นนี้เคลื่อนที่ด้วยอัตราความเร็ว 2 เมตรต่อวินาที จงหาระยะระหว่างสันคลื่นและท้องคลื่นที่อยู่ติดกัน (มีนา 45)

   1. 1 m
   2. 2 m
   3. 3 m
   4. 4 m

4. นักเรียนยืนอยู่ที่ท่าน้ำ สังเกตเห็นคลื่นน้ำที่เกิดจากเรือวิ่งกระทบฝั่ง 24 ลูกคลื่นในเวลา 10 วินาที และทราบว่าอัตราเร็วของคลื่นผิวน้ำเท่ากับ 10 เมตร/วินาที อยากทราบว่าสันคลื่นและท้องคลื่นที่อยู่ติดกัน ห่างกันเท่าใด

5. ถ้าคลื่นต่อเนื่องดังรูป เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 เซนติเมตร/วินาที จงหาความยาวคลื่น



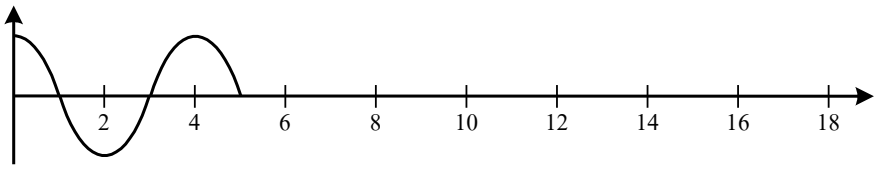
6. เมื่อเริ่มสังเกตคลื่นในเส้นเชือกเป็นรูป ก แต่เมื่อเวลาผ่านไป 1.3 วินาที สังเกตเห็นคลื่นเป็นรูป ข จงหา

6.1 ความยาวคลื่นในเส้นเชือก

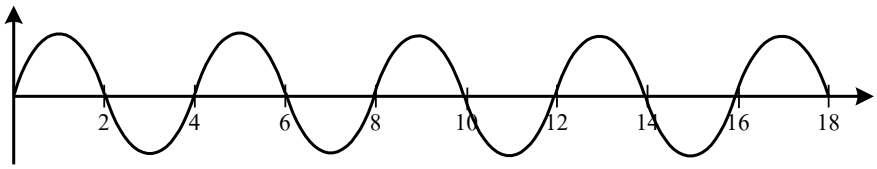
6.2 อนุภาคเชือกสั่นครบ 1 รอบ ในเวลากี่วินาที

6.3 อัตราเร็วของคลื่น

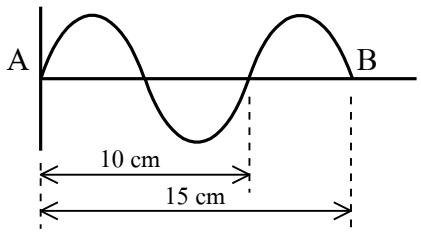
รูปที่ 1



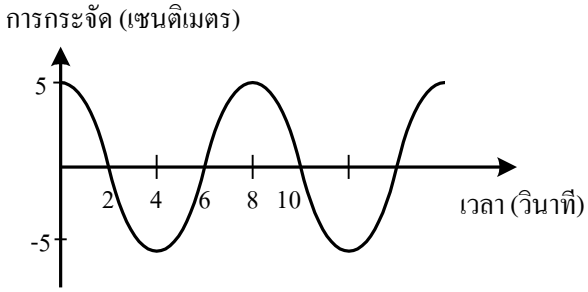
รูปที่ 2



7. จากรูปแสดงคลื่นน้ำที่เคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่จาก A ถึง B ในเวลา 3 วินาที จงหาว่าแหล่งกำเนิดคลื่นนี้สั่นได้กี่รอบในเวลา 4 วินาที



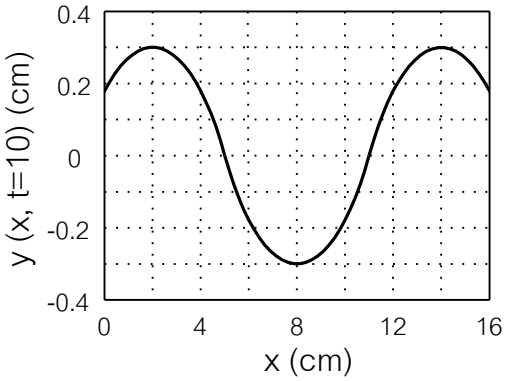
8. คลื่นขบวนหนึ่งมีรูปร่างดังกราฟ

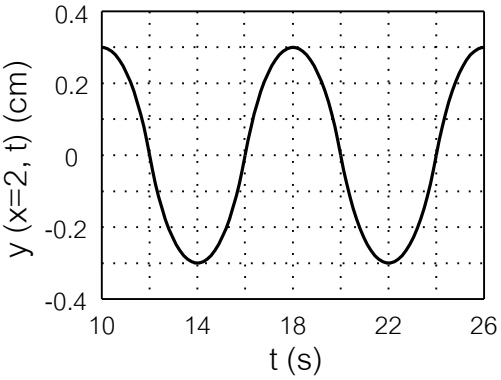


ข้อใดถูกต้องทั้งหมด

1. มุมเฟสเริ่มต้น 0 องศา แอมพลิจูด 10 เซนติเมตร คาบ 10 วินาที ความถี่ 0.1 เฮิรตซ์
2. มุมเฟสเริ่มต้น 0 องศา แอมพลิจูด 5 เซนติเมตร คาบ 8 วินาที ความถี่ 0.125 เฮิรตซ์
3. มุมเฟสเริ่มต้น 90 องศา แอมพลิจูด 5 เซนติเมตร คาบ 8 วินาที ความถี่ 0.125 เฮิรตซ์
4. มุมเฟสเริ่มต้น 90 องศา แอมพลิจูด 5 เซนติเมตร คาบ 8 วินาที ความถี่ 0.1 เฮิรตซ์

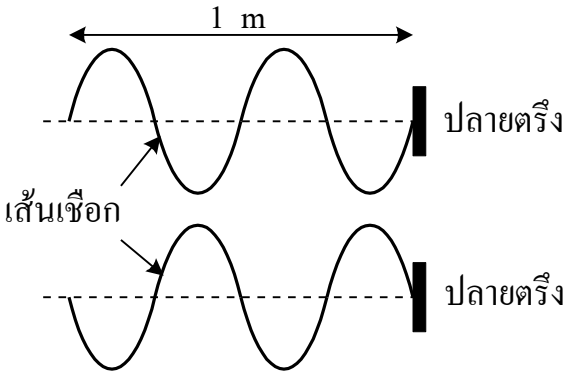
9. คลื่นผิวน้ำที่มีการกระจัด y(x, t) ของอนุภาคน้ำสัมพันธ์กับตำแหน่ง x และเวลา t ดังรูป คือรูปซ้าย แสดงการกระจัดของอนุภาคน้ำสัมพันธ์กับตำแหน่ง y(x) ที่เวลา t = 10 วินาที และรูปขวาแสดงการกระจัดของอนุภาคน้ำสัมพันธ์กับเวลา y(t) ที่ตำแหน่ง x = 2 เซนติเมตร ถามว่าคลื่นผิวน้ำมีอัตราเร็วกี่เซนติเมตรต่อวินาที (PSU 52)





1. 1.0
2. 1.5
3. 2.0
4. 2.5

10. คลื่นในเส้นเชือกที่เวลาต่างกัน 0.2 วินาที เป็นดังภาพ (PAT2 ก.ค.52)



จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

ก. แหล่งกำเนิดคลื่นมีความถี่เท่ากับ 2.5 เฮิรตซ์

ข. แหล่งกำเนิดคลื่นอาจมีความถี่น้อยกว่า 2.5 เฮิรตซ์

ค. แหล่งกำเนิดคลื่นอาจมีความถี่มากกว่า 2.5 เฮิรตซ์

มีข้อความที่ถูกต้องกี่ข้อความ

1. 1 ข้อความ
2. 2 ข้อความ
3. 3 ข้อความ
4. ไม่มีข้อความใดถูกต้อง

11. คลื่นขบวนหนึ่งมีความยาวคลื่น 15 เซนติเมตร จงหาความต่างเฟสระหว่างจุดสองจุดบนคลื่นซึ่งอยู่ห่างกัน 5 เซนติเมตร และ 9 เซนติเมตร

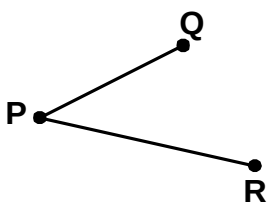
1. 60 องศา, 180 องศา
2. 120 องศา, 216 องศา
3. 120 องศา, 126 องศา
4. 216 องศา, 120 องศา

12. คลื่นขบวนหนึ่งมีความถี่ 20 เฮิรตซ์ ถ้าระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด ที่มีเฟสต่างกัน $\frac{\pi}{6}$ เรเดียน เป็น 0.5 เมตร จงหาอัตราเร็วคลื่น.....

13. จุดสองจุดบนคลื่นมีเฟสตรงข้ามกันหมายความว่า

1. จุด 2 จุด บนคลื่นอยู่ห่างกัน λ, 2λ, 3λ, ..., $n\lambda$ เมื่อ n = 1, 2, 3, ...
2. จุด 2 จุด บนคลื่นอยู่ห่างกัน $\frac{\lambda}{2}$, $\frac{3\lambda}{2}$, $\frac{5\lambda}{2}$, ..., $(n-\frac{1}{2})\lambda$ เมื่อ n = 1, 2, 3, ...
3. จุด 2 จุด บนคลื่นเฟสต่างกัน π, 2π, 3π, ..., $n\pi$ เมื่อ n = 1, 2, 3, ...
4. จุด 2 จุด บนคลื่นเฟสต่างกัน $\frac{\pi}{2}$, $\frac{3\pi}{2}$, $\frac{5\pi}{2}$, ..., $(n-\frac{1}{2})\pi$ เมื่อ n = 1, 2, 3, ...

14. จากรูป P เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นซึ่งมีความถี่ 5 Hz จุด Q และจุด R อยู่ห่างจากจุด P เป็นระยะทาง 8.0 เมตร และ 11.0 เมตร ตามลำดับ ถ้าคลื่นมีอัตราเร็ว 20 เมตร/วินาที จุด Q และ R มีเฟสต่างกันเท่าใด.....

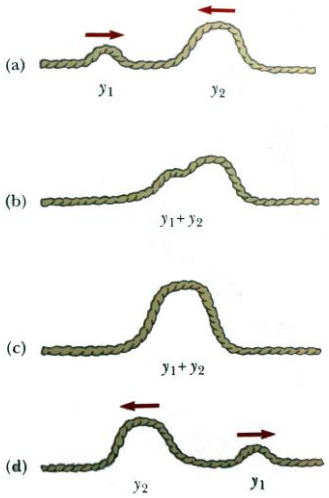


2. การซ้อนทับกันของคลื่น

การซ้อนทับกันของคลื่นหรือการรวมกันของคลื่น เกิดขึ้นเมื่อมีคลื่นตั้งแต่ 2 คลื่นเคลื่อนที่มาพบกัน ซึ่งจะเกิดการรวมกันใน 2 ลักษณะ คือ

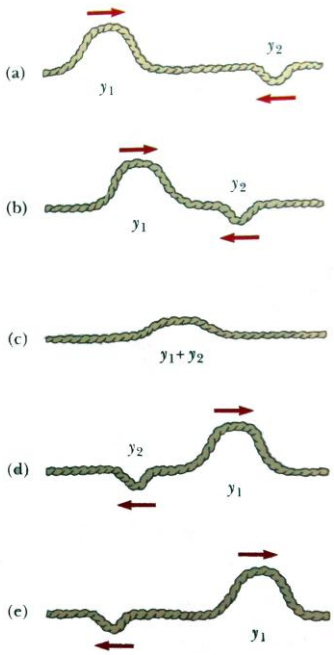
<u>1. การรวมแบบเสริมกัน</u> เกิดขึ้นเมื่อคลื่นสองคลื่นที่มีการกระจัดไปทางทิศเดียวกันเคลื่อนที่มาพบกัน เช่น สันคลื่นกับสันคลื่น หรือ ท้องคลื่นกับท้องคลื่น

การกระจัดรวม = ผลบวกของการกระจัดของคลื่นทั้งสอง ณ ตำแหน่งเวลานั้น ๆ

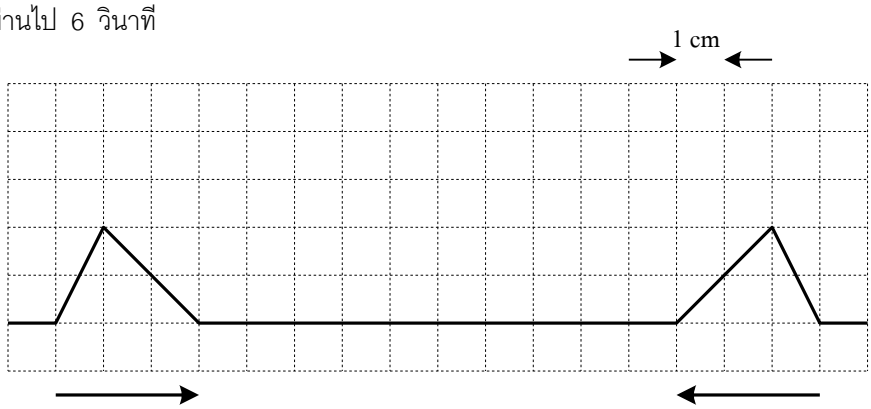


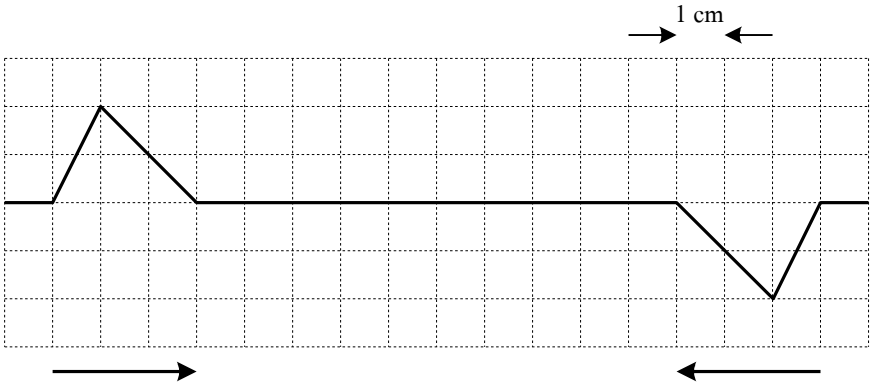
<u>2. การรวมแบบหักล้างกัน</u> เกิดขึ้นเมื่อคลื่นสองคลื่นที่มีการกระจัดไปทางทิศตรงข้ามเคลื่อนที่มาพบกัน เช่น สันคลื่นกับท้องคลื่น

การกระจัดรวม = ผลต่างของการกระจัดของคลื่นทั้งสอง ณ ตำแหน่งเวลานั้น ๆ

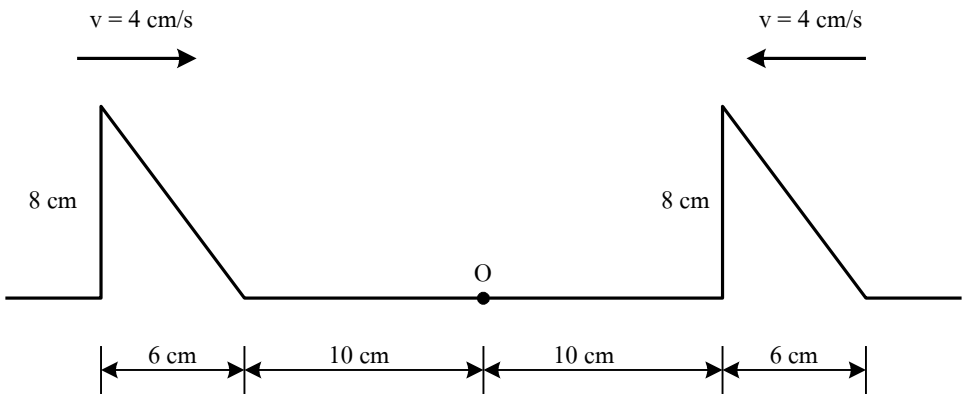


<u>Ex1</u> คลื่นดล 2 คลื่น กำลังเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยอัตราเร็ว 1.0 เซนติเมตร/วินาที ดังรูป จงวาดภาพการรวมกันของคลื่นเมื่อเวลาผ่านไป 6 วินาที





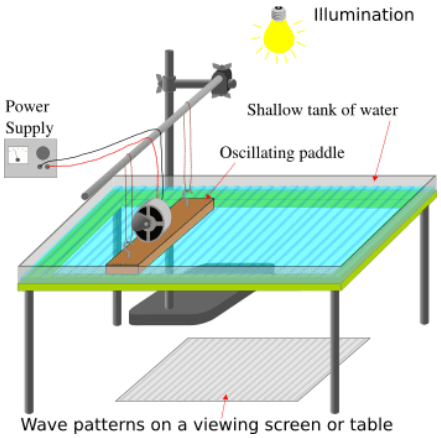
<u>Ex2</u> คลื่นดลสองชุดมีการกระจัดสูงสุด 8 เซนติเมตรเท่ากัน และมีรูปร่างดังรูป กำลังเคลื่อนที่เข้าหากันบนเส้นเชือกด้วยอัตราเร็ว 4 เซนติเมตร/วินาที เท่ากัน ในตอนเริ่มต้น จุด O บนเส้นเชือกอยู่ห่างจากคลื่นดลทั้งสองเป็นระยะ 10 เซนติเมตรเท่ากัน เมื่อเวลาผ่านไป 3 วินาที จุด O จะมีการกระจัดเท่ากับกี่เซนติเมตร



3. การสะท้อนของคลื่น

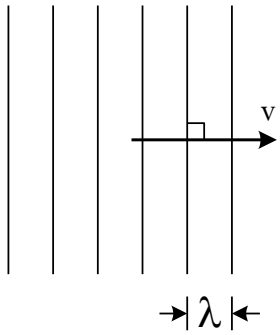
1. ถาดคลื่น

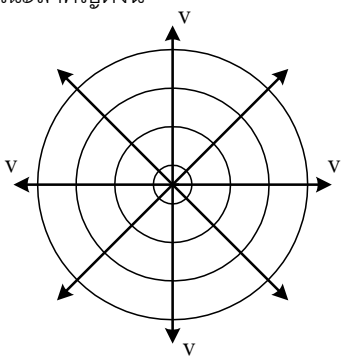
ถาดคลื่น คือ ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ของคลื่นน้ำ โดยความถี่ของแหล่งกำเนิดจะเท่ากับความถี่ของคลื่นน้ำ โดยที่ **ระยะระหว่างแถบสว่างถึงแถบสว่างที่ติดกันเท่ากับ λ**



2. หน้าคลื่น (wave front)

หน้าคลื่น คือ จุดทุก ๆ จุดบนคลื่นที่มีเฟสตรงกัน มีลักษณะสำคัญดังนี้





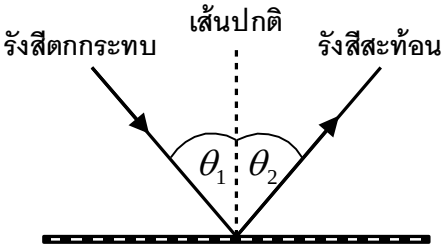
1. ระยะระหว่างหน้าคลื่นที่ติดกันเท่ากับ λ
2. ทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นตั้งฉากกับหน้าคลื่นเสมอ
3. คลื่นวงกลม หน้าคลื่นกระจายออกเป็นเส้นรอบวง ทิศการเคลื่อนที่ตามแนวรัศมี

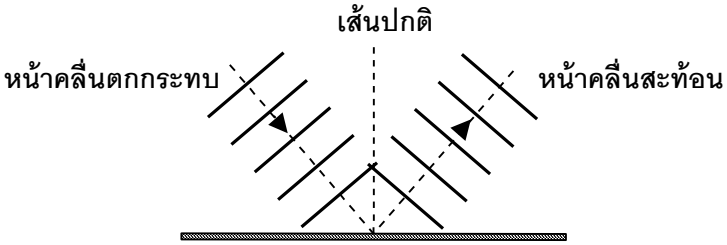
3. การสะท้อนของคลื่น

การสะท้อนของคลื่นเกิดเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปเจอสิ่งกีดขวาง แล้วสะท้อนกลับ

3.1 กฎการสะท้อนของคลื่น

1. มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ($\theta_1 = \theta_2$)
2. รังสีตกกระทบ, รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉาก (เส้นปกติ) อยู่บนระนาบเดียวกัน

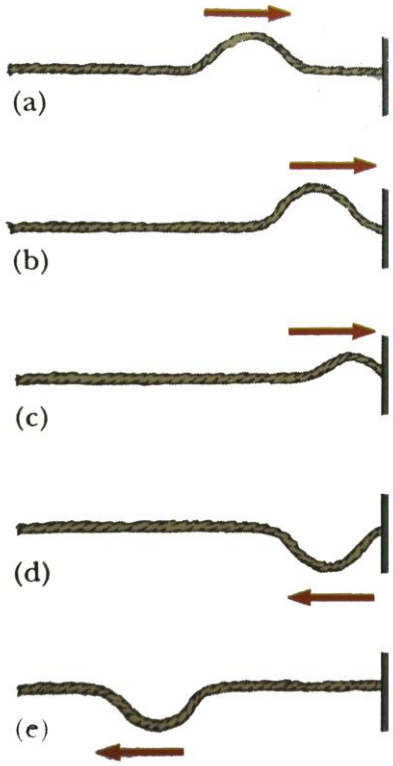




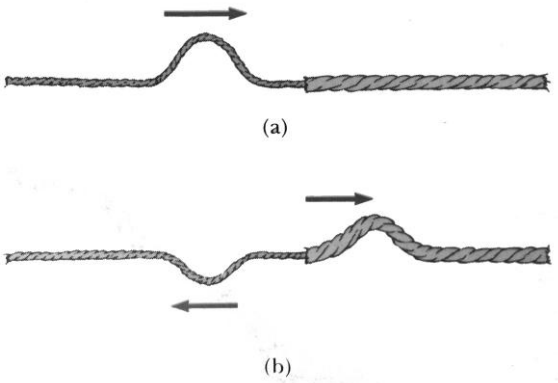
3.2 การสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกปลายตรึง

ปลายตรึง คือ จุดสะท้อนที่**ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้** การกระจัดของจุดตรึงจะมีค่าเป็นศูนย์เสมอ

คลื่นสะท้อนเมื่อมีจุดสะท้อนเป็นปลายตรึงจะมีลักษณะตรงข้ามกับคลื่นกระทบ คือ **เฟสเปลี่ยน** 180° (π rad)

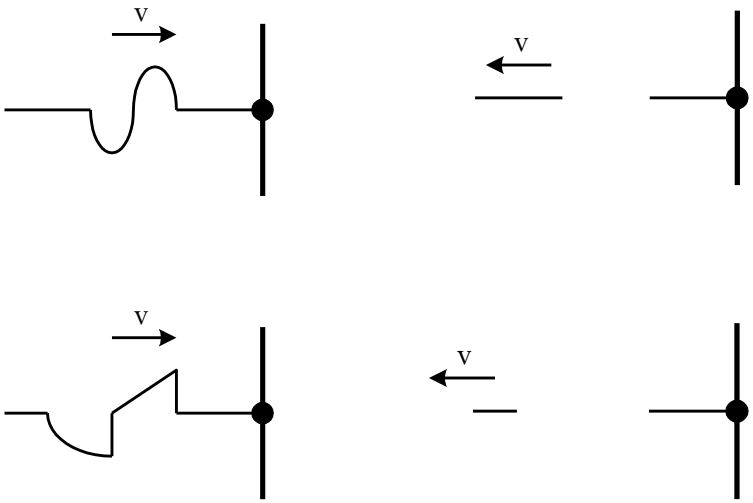


การสะท้อนของคลื่นดลเมื่อจุดสะท้อนตรึงแน่น



คลื่นดลจากเชือกเบาเคลื่อนเข้าหาเชือกหนัก

Ex จงวาดภาพคลื่นสะท้อนจากจุดสะท้อนปลายตรึง จากคลื่นตกกระทบที่กำหนดให้ต่อไปนี้

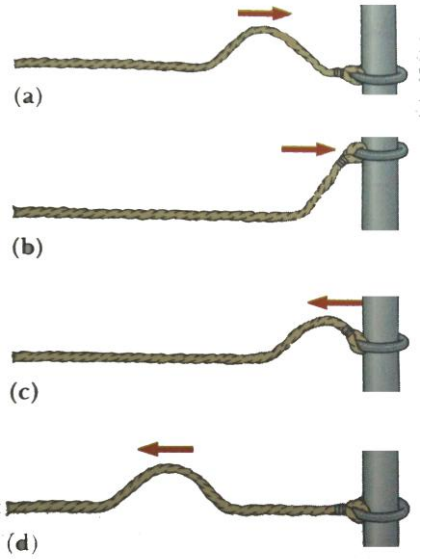


คลื่นตกกระทบ คลื่นสะท้อน

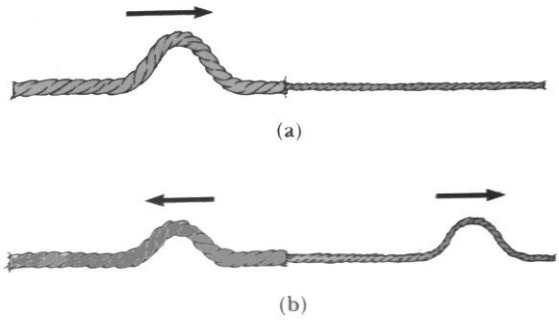
3.3 การสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกปลายอิสระ

ปลายอิสระ คือ จุดสะท้อนที่มีการ**เคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ**ตามทิศทางการสั่น

คลื่นสะท้อนเมื่อจุดสะท้อนเป็นปลายอิสระมีลักษณะเหมือนกับคลื่นตกกระทบ คือ **เฟสไม่เปลี่ยน**

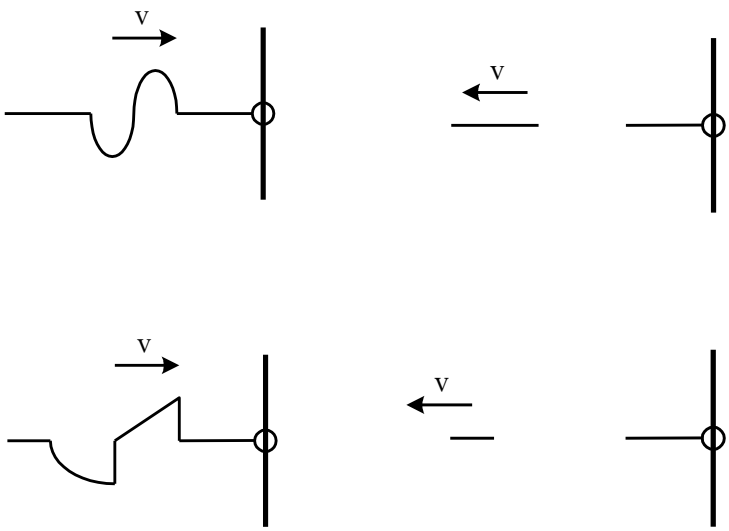


การสะท้อนของคลื่นดลเมื่อจุดสะท้อนอิสระ



คลื่นดลจากเชือกหนักเคลื่อนเข้าหาเชือกเบา

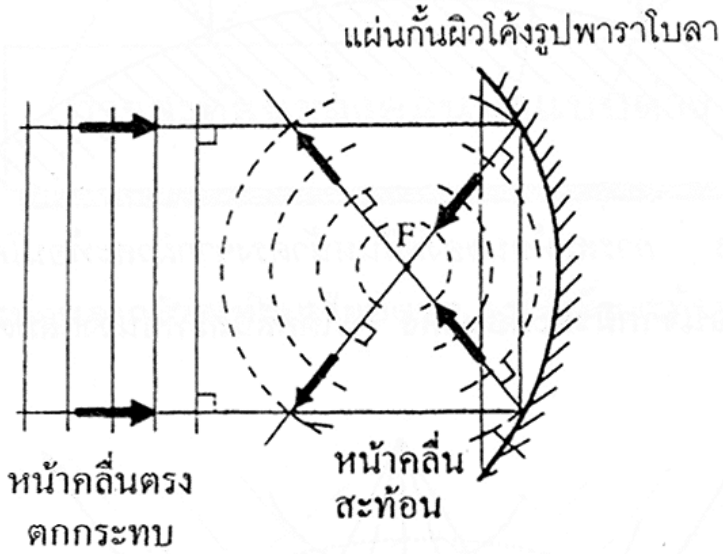
Ex จงวาดภาพคลื่นสะท้อนจากจุดสะท้อนปลายอิสระ จากคลื่นตกกระทบที่กำหนดให้ต่อไปนี้



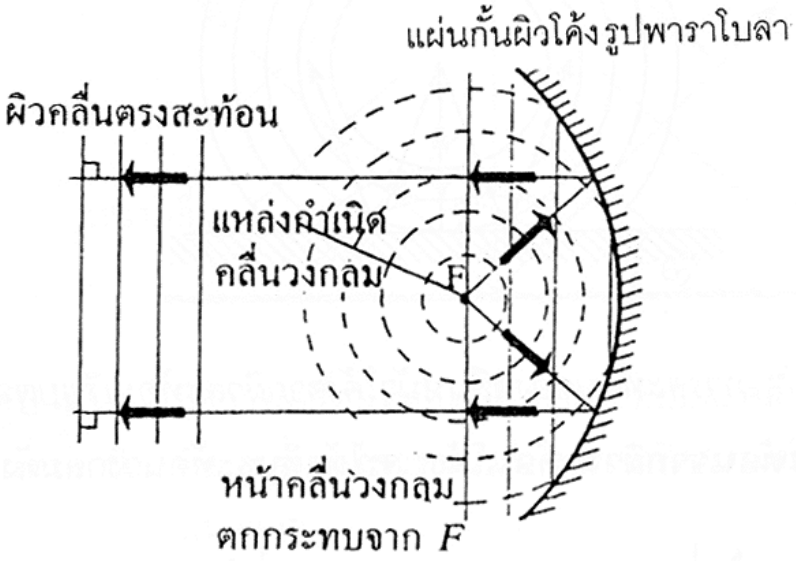
คลื่นตกกระทบ คลื่นสะท้อน

3.4 การสะท้อนของคลื่นต่อเนื่องจากผิวสะท้อนโค้งเว้า (พาราโบลา)

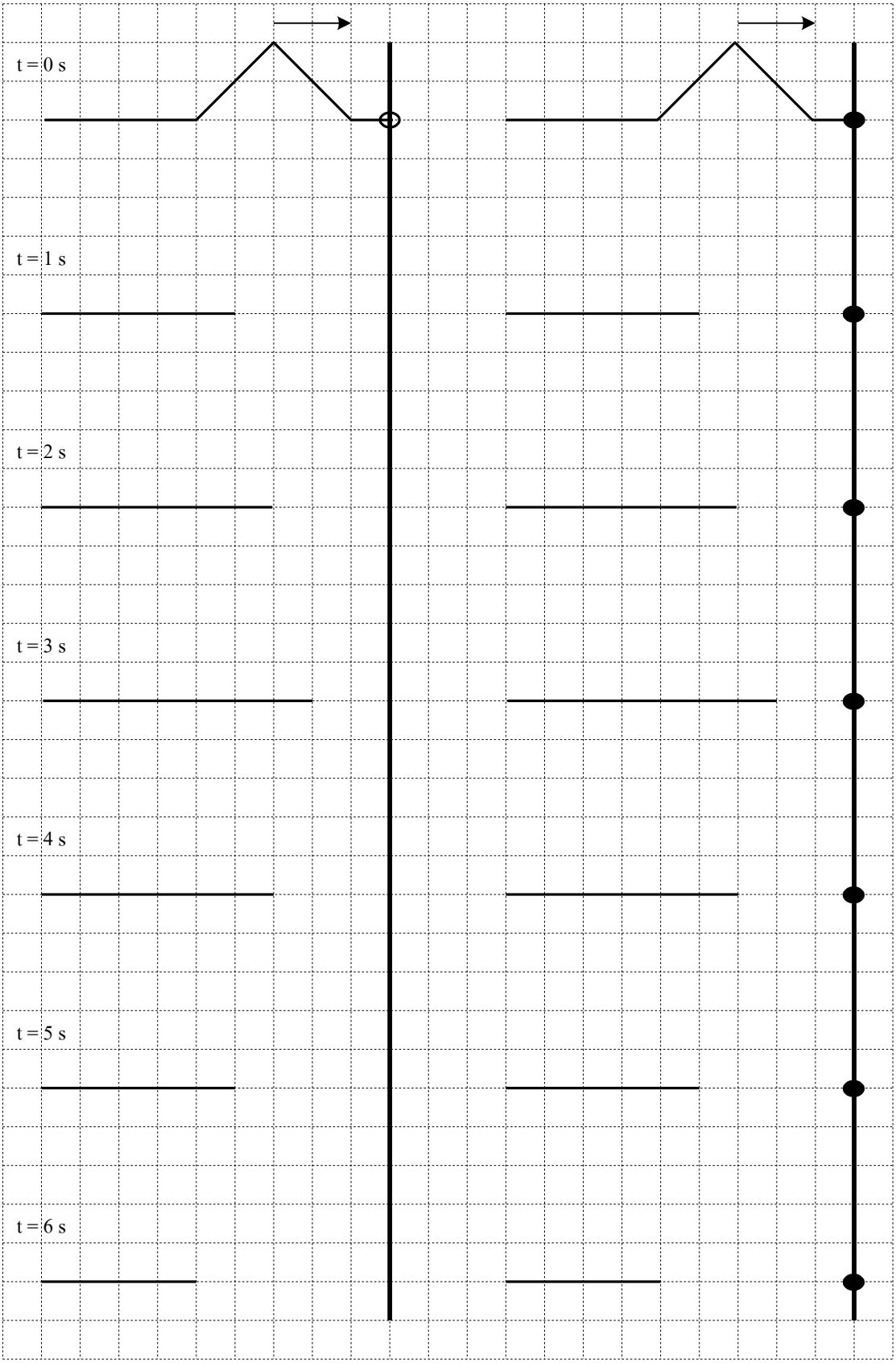
1. เมื่อคลื่น**หน้าคลื่นตรง**ตกกระทบแผ่นกั้นผิวโค้งเว้ารูปพาราโบลา จะได้**คลื่นสะท้อนเป็นคลื่นวงกลม**



2. เมื่อแหล่งกำเนิดคลื่น**หน้าคลื่นวงกลมอยู่ที่จุดโฟกัส**ของผิวโค้งเว้ารูปพาราโบลา จะได้**คลื่นสะท้อนหน้าตรง**



<u>Ex1</u> กำหนดให้ คลื่นเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 1.0 เซนติเมตร / วินาที จงวาดลักษณะของคลื่นที่สะท้อนกับปลายอิสระและปลายตรึงเมื่อเวลาผ่านไป 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 วินาที



<u>Ex2</u> ข้อใดแสดงสมบัติที่มีได้ทั้งคลื่นและอนุภาค

ก. การสะท้อน ข. การหักเห ค. การแทรกสอด ง. การเลี้ยวเบน

คำตอบที่ถูกต้องคือ

1. ก. และ ข. 2. ค. และ ง. 3. ข. และ ง. 4. ก. และ ค.

<u>Ex3</u> การสะท้อนของคลื่นน้ำข้อใดเป็นจริง

ก. รังสีตกกระทบ เส้นปกติ รังสีสะท้อน อยู่ในระนาบเดียวกัน

ข. มุมตกกระทบ = มุมสะท้อน

ค. ความถี่ของคลื่นตกกระทบ = ความถี่ของคลื่นสะท้อน

ง. ความยาวคลื่นตกกระทบ = ความยาวคลื่นสะท้อน

คำตอบที่ถูกต้องคือ

1. ก. และ ข. 2. ก. ข. และ ค. 3. ก. และ ค. 4. ถูกทุกข้อ

<u>Ex4</u> ข้อใดกล่าวถึงการสะท้อนของคลื่นผิด

1. คลื่นสะท้อนจากจุดสะท้อนปลายตรึงจะมีเฟสตรงข้ามกับคลื่นตกกระทบ
2. คลื่นสะท้อนจากจุดสะท้อนปลายอิสระจะมีเฟสตรงกับคลื่นตกกระทบ
3. มุมที่หน้าคลื่นตกกระทบทำกับสิ่งกีดขวางจะเท่ากับมุมสะท้อน
4. คลื่นตกกระทบและคลื่นสะท้อนจะมีความยาวคลื่นต่างกัน

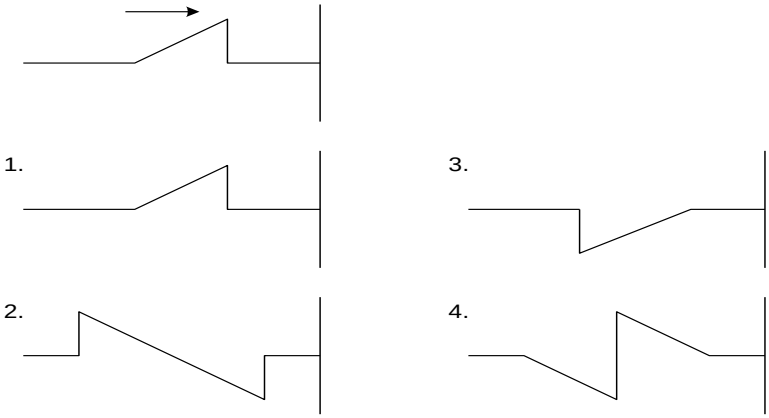
<u>Ex5</u> เกี่ยวกับการสะท้อนของคลื่นข้อใดถูกต้อง

1. ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นไม่จำเป็นต้องตั้งฉากกับหน้าคลื่นเสมอไป
2. มุมที่หน้าคลื่นตกกระทบทำกับผิวสะท้อน จะเท่ากับมุมที่ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นทำกับเส้นปกติ
3. แนวเส้นที่ลากมาตั้งฉากกับผิวสะท้อน ณ ตำแหน่งที่คลื่นตกกระทบ เรียกว่าทิศการเคลื่อนของคลื่นตกกระทบ
4. มุมสะท้อน คือ มุมที่ทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นสะท้อนทำกับผิวสะท้อน

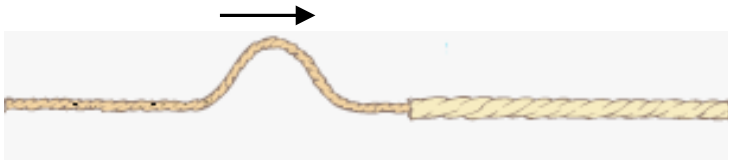
<u>Ex6</u> ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดไม่ถูกต้อง

1. ถ้าให้แหล่งกำเนิดคลื่นวงกลมอยู่ที่จุดโฟกัสของผิวโค้งพาราโบลาจะเกิดคลื่นสะท้อนเป็นคลื่นหน้าตรง
2. คลื่นหน้าตรงกระทบขอบวัตถุแนวตรงสะท้อนเป็นคลื่นหน้าตรง
3. คลื่นหน้าตรงกระทบด้านนอกของผิวโค้งพาราโบลา หน้าคลื่นสะท้อนจะเป็นรูปวงกลมเสมือนกระจายเข้าสู่จุดโพกัส
4. คลื่นน้ำที่มีหน้าคลื่นเป็นวงกลมกระทบขอบวัตถุตรง หน้าคลื่นสะท้อนจะเป็นวงกลม

<u>Ex7</u> จากรูปแสดงถึงคลื่นตกกระทบในเส้นเชือก ซึ่งปลายข้างหนึ่งของเชือกผูกติดกับกำแพง เมื่อคลื่นตกกระทบกับกำแพงแล้วจะเกิดคลื่นสะท้อนขึ้น จากข้อต่อไปนี้ข้อใดแสดงถึงคลื่นสะท้อน



<u>Ex8</u> นำเชือกสองเส้นที่มีขนาดต่างกันมาต่อกัน โดยเส้นเล็กมีน้ำหนักเบากว่าเส้นใหญ่ ทำให้เกิดคลื่นดลในเชือกเส้นเล็กดังรูป

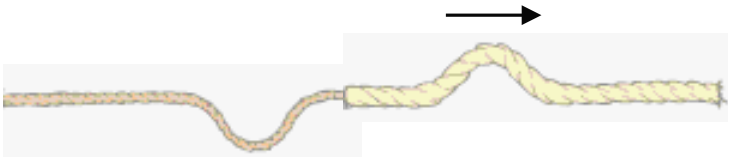


เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปถึงรอยต่อของเชือกทำให้เกิดการสะท้อน และการส่งผ่านของคลื่น ลักษณะของคลื่นสะท้อนและคลื่นส่งผ่านในเส้นเชือกควรเป็นอย่างไร (PAT2 มี.ค.53)

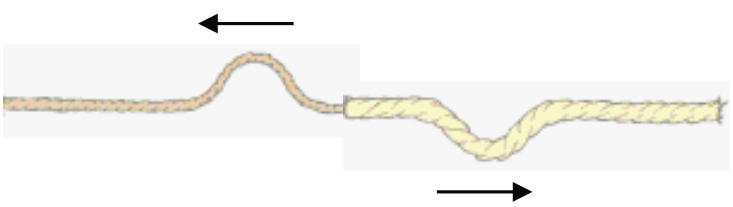
1.

2.

3.



4.



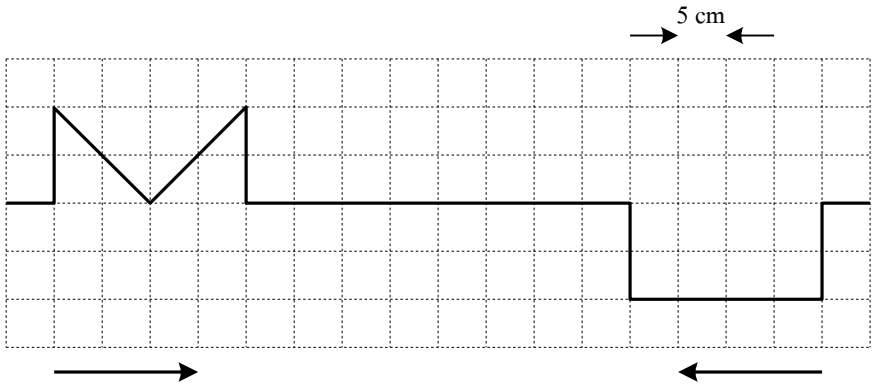
<u>การบ้าน 2 การซ้อนทับและการสะท้อนของคลื่น</u>

1. ถ้าสะบัดปลายเชือกยาว L ให้เกิดคลื่นดลในเส้นเชือก 2 ลูก โดยให้คลื่นลูกที่ 2 เริ่มเคลื่อนที่ออกไปเมื่อคลื่นลูกแรกอยู่ที่จุดกึ่งกลางของความยาวเชือก ถ้าปลายเชือกอีกด้านถูกตรึงแน่นอยู่กับที่บนผนัง จุดที่คลื่นทั้งสองปรากฏหายไปชั่วขณะคือตำแหน่งที่ห่างจากผนังเท่าใด (ตุลา 44)

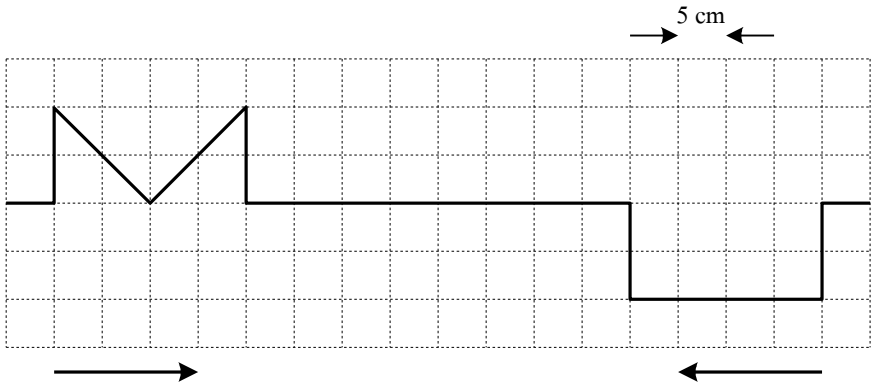
1. $\frac{L}{8}$
2. $\frac{L}{4}$
3. $\frac{L}{3}$
4. $\frac{3L}{4}$

2. จงวาดรูปการรวมกันของคลื่นดังรูป เมื่อเวลาผ่านไป 2 และ 3 วินาที กำหนดอัตราเร็วของคลื่นทั้งสอง 10 เซนติเมตร/วินาที

t = 2 s

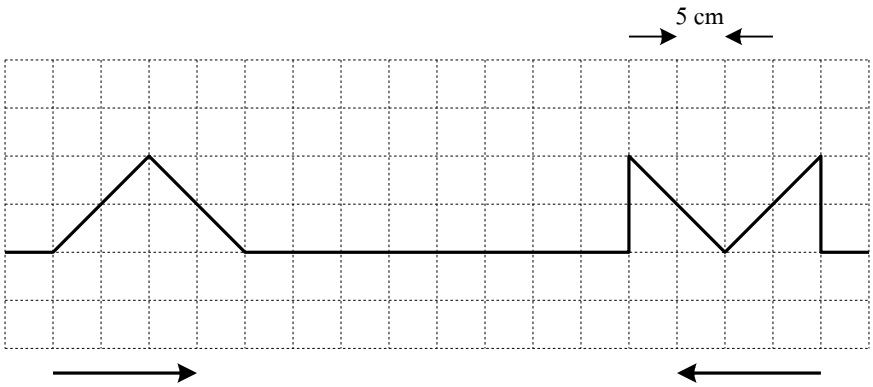


t = 3 s

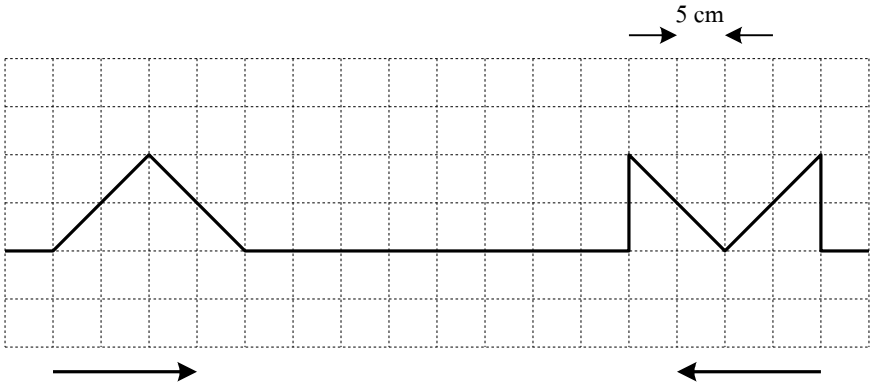


3. จงวาดรูปการรวมกันของคลื่นดังรูป เมื่อเวลาผ่านไป 1, 2 และ 3 วินาที กำหนดอัตราเร็วของคลื่นทั้งสอง 10 เซนติเมตร/วินาที

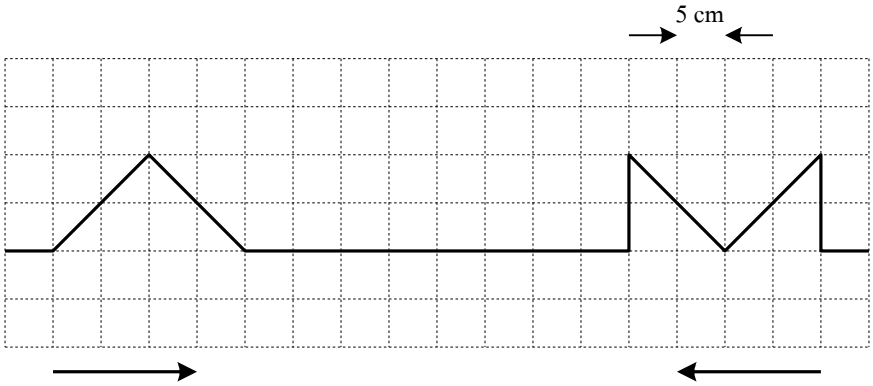
t = 1 s



t = 2 s



t = 3 s



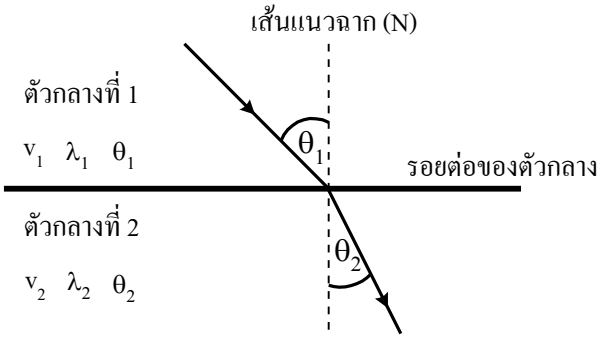
4. การหักเหของคลื่น

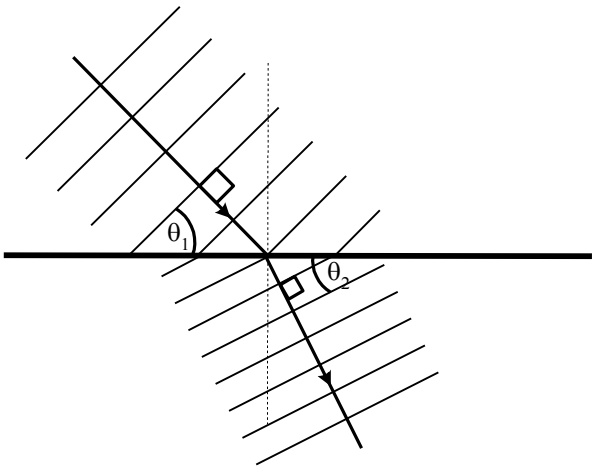
<u>การหักเห</u> เกิดเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน ทำให้**อัตราเร็วของคลื่น**และ**ความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลง** แต่**ความถี่เท่าเดิม** ซึ่งจะส่งผลให้**ทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นเบนไปจากแนวเดิม**

1. มุมตกกระทบ/มุมหักเห

มุมตกกระทบ/มุมหักเห เป็นมุมที่**รังสีตกกระทบ/รังสีหักเห ทำกับเส้นแนวฉาก (เส้นปกติ)**

มุมตกกระทบ/มุมหักเห เป็นมุมที่**หน้าคลื่นตกกระทบ/หน้าคลื่นหักเห ทำกับรอยต่อตัวกลาง**



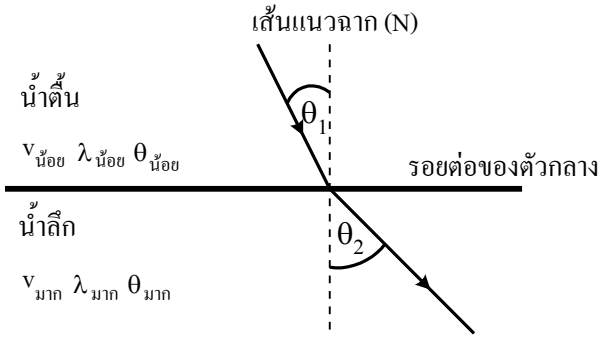


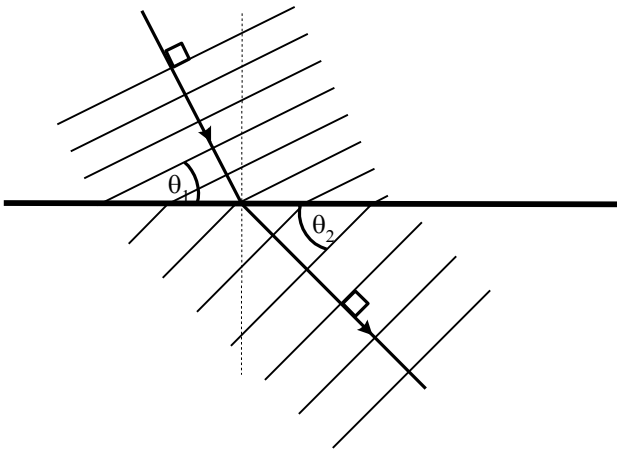
2. สมการที่ใช้ในการคำนวณ

ความเร็วของคลื่นในตัวกลางต่าง ๆ **น้ำตื้น** ความเร็วคลื่นน้ำจะมีค่า**น้อย**

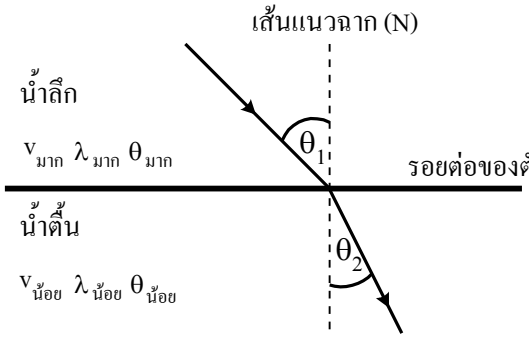
น้ำลึก ความเร็วคลื่นน้ำจะมีค่า**มาก**

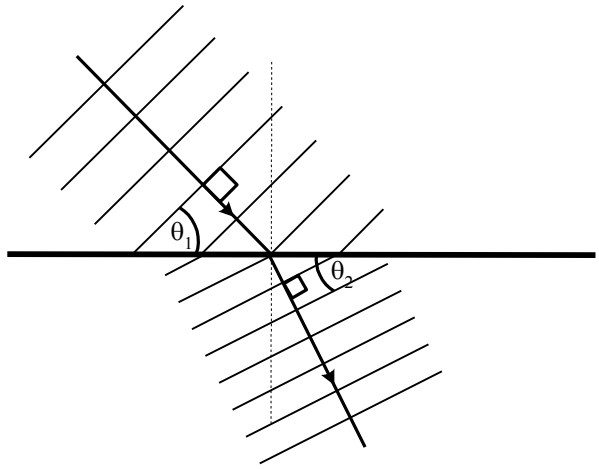
3. การหักเหของคลื่นจากน้ำตื้นไปยังน้ำลึก





4. การหักเหของคลื่นจากน้ำลึกไปยังน้ำตื้น



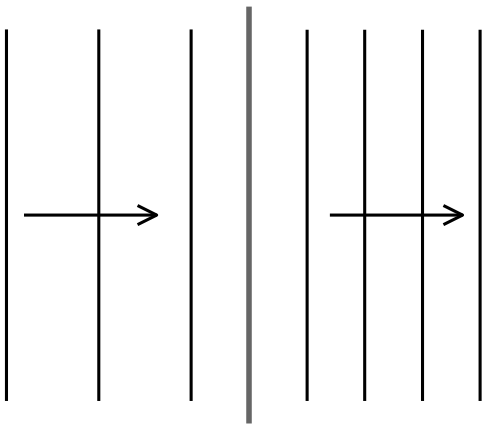


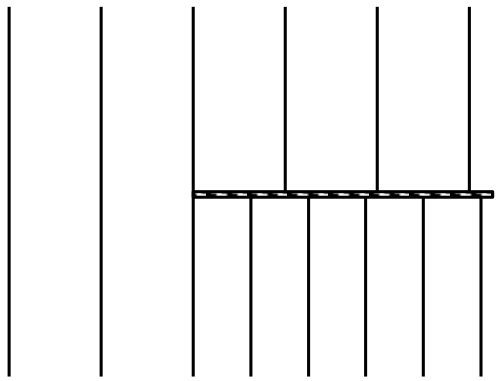
5. การหักเหของคลื่นเมื่อทิศทางการเคลื่อนที่ตั้งฉากกับรอยต่อของตัวกลาง

เมื่อทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น**ตั้งฉาก**กับรอยต่อของตัวกลาง จะเกิดการหักเหโดยที่ทิศการเคลื่อนที่ไม่เปลี่ยนแปลง แต่ความยาวคลื่นและความเร็วเปลี่ยน

น้ำตื้น ----> λ น้อย, v น้อย

น้ำลึก ----> λ มาก, v มาก





<u>Ex1</u> คลื่นเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง ปริมาณใดต่อไปนี้**ไม่**เปลี่ยนแปลง (Onet51)

1. ความถี่
2. ความยาวคลื่น
3. อัตราเร็ว
4. ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น

<u>Ex2</u> เมื่อคลื่นเดินทางจากน้ำลึกสู่น้ำตื้น ข้อใดต่อไปนี้ถูก (Onet49)

1. อัตราเร็วคลื่นในน้ำลึกน้อยกว่าอัตราเร็วคลื่นในน้ำตื้น
2. ความยาวคลื่นในน้ำลึกมากกว่าความยาวคลื่นในน้ำตื้น
3. ความถี่คลื่นในน้ำลึกมากกว่าความถี่คลื่นในน้ำตื้น
4. ความถี่คลื่นในน้ำลึกน้อยกว่าความถี่คลื่นในน้ำตื้น

<u>Ex3</u> เมื่อคลื่นเคลื่อนจากตัวกลางที่หนึ่งไปตัวกลางที่สองโดยอัตราเร็วของคลื่นลดลง ถามว่าสำหรับคลื่นในตัวกลางที่สอง ข้อความใดถูกต้อง (Onet50)

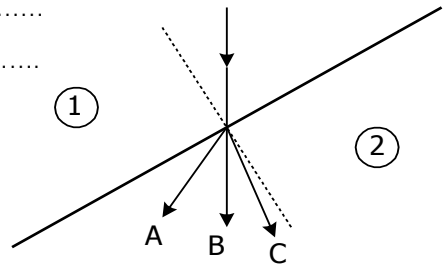
1. ความถี่เพิ่มขึ้น
2. ความถี่ลดลง
3. ความยาวคลื่นมากขึ้น
4. ความยาวคลื่นลดลง

<u>Ex4</u> ในการทดลองเรื่องการหักเหของคลื่นผิวน้ำ เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกไปน้ำตื้น ความยาวคลื่น λ ความเร็ว v และความถี่ f ของคลื่นผิวน้ำจะเปลี่ยนอย่างไร (ตุลา 43)

1. λ น้อยลง v น้อยลง แต่ f คงที่
2. λ มากขึ้น v มากขึ้น แต่ f คงที่
3. λ น้อยลง f มากขึ้น แต่ v คงที่
4. λ มากขึ้น f น้อยลง แต่ v คงที่

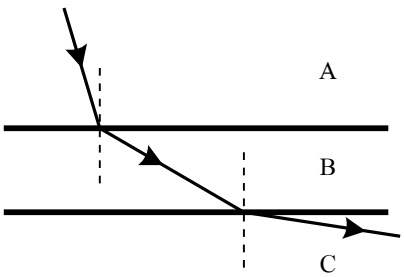
<u>Ex5</u> จงบอกลักษณะของรังสีหักเหเมื่อ (ตอบ A, B หรือ C)

1. บริเวณ 1) เป็นน้ำตื้น บริเวณ 2) เป็นน้ำลึก .....
2. บริเวณ 1) เป็นน้ำลึก บริเวณ 2) เป็นน้ำตื้น .....
3. บริเวณ 1) และ บริเวณ 2) ลึกเท่ากัน .....



<u>Ex6</u> บริเวณ A, B และ C เป็นบริเวณที่น้ำลึกไม่เท่ากัน จากแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นน้ำดังรูป ข้อใดถูกต้อง

1. A ลึกกว่า B แต่ตื้นกว่า C
2. C ลึกกว่า B แต่ตื้นกว่า A
3. B ลึกกว่า A แต่ตื้นกว่า C
4. C ลึกกว่า A แต่ตื้นกว่า B



<u>Ex7</u> คลื่นน้ำขบวนหนึ่งเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำตื้นไปสู่น้ำลึก โดยแนวทางเดินของคลื่นตกกระทบ ทำมุมตกกระทบ 30° ถ้าความยาวคลื่นในบริเวณน้ำลึกเป็น $\sqrt{3}$ เท่า ของความยาวคลื่นในน้ำตื้น จงหามุมหักเห .....

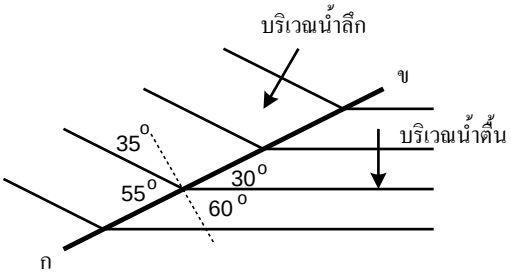
<u>Ex8</u> คลื่นน้ำในถาดคลื่นมีอัตราเร็วในน้ำลึกเป็น 2 เท่าของอัตราเร็วคลื่นในน้ำตื้น ถ้าคลื่นเคลื่อนที่จากน้ำลึกไปสู่น้ำตื้น โดยทำมุมตกกระทบ 60° จงหามุมหักเหของคลื่นในน้ำตื้น .....

<u>Ex9</u> ถ้าคลื่นน้ำเคลื่อนที่ผ่านจากเขตน้ำลึกไปยังน้ำตื้น แล้วทำให้ความยาวคลื่นลดลงครึ่งหนึ่ง จงหาอัตราส่วนของอัตราเร็วของคลื่นในน้ำลึกกับอัตราเร็วของคลื่นในน้ำตื้น (Ent41)

1. 0.5
2. 1.0
3. 2.0
4. 4.0

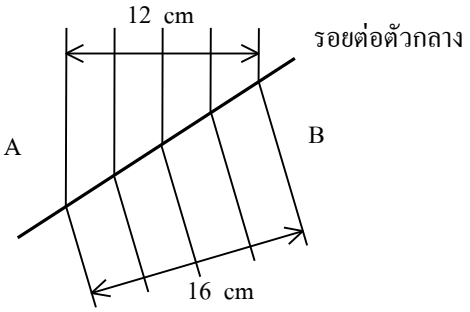
<u>Ex10</u> จากรูป แสดงหน้าคลื่นตกกระทบ และหน้าคลื่นหักเห ของคลื่นผิวน้ำที่จากเขตน้ำลึกไปยังเขตน้ำตื้น เมื่อ กข คือเส้นรอยต่อระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้น จงหาอัตราส่วนความเร็วของคลื่นในน้ำลึกต่อความเร็วของคลื่นในน้ำตื้น (มีนา 43)

1. sin 60^0/ sin 35^0
2. sin 35^0/ sin 60^0
3. sin 55^0/ sin 30^0
4. sin 30^0/ sin 55^0



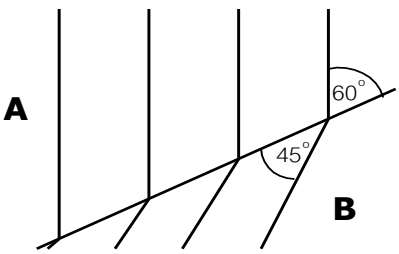
<u>Ex11</u> คลื่นน้ำในถาดคลื่นพบว่าบริเวณน้ำลึก ระยะห่างระหว่างหน้าคลื่นที่ติดกันเท่ากับ 4 เซนติเมตร และบริเวณน้ำตื้นระยะห่างระหว่างหน้าคลื่นที่ติดกันเท่ากับ 3 เซนติเมตร ถ้าหน้าคลื่นในน้ำตื้นทำมุม 30° กับบริเวณรอยต่อ อยากทราบว่ามุมระหว่างหน้าคลื่นในน้ำลึกกับบริเวณรอยต่อจะเป็นเท่าใด ……..

<u>Ex12</u> จากรูป ถ้าอัตราเร็วของคลื่นในตัวกลาง B เป็น 20 เซนติเมตร/วินาที อัตราเร็วของคลื่นในตัวกลาง A เป็นกี่เซนติเมตร/วินาที



<u>Ex13</u> คลื่นน้ำมีมุมตกกระทบ 60^0 มุมหักเห 30^0 ความยาวคลื่นในน้ำตื้นเท่ากับ 2 cm จงหาความยาวคลื่นในน้ำลึก และดัชนีการหักเหของน้ำลึกเทียบน้ำตื้น ……..

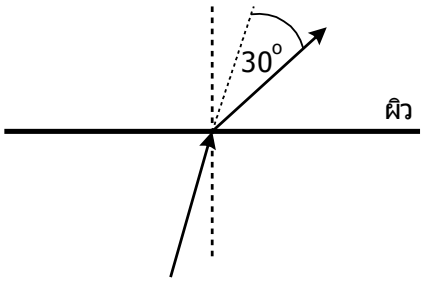
<u>Ex14</u> คลื่นน้ำเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีความลึกต่างกันเกิดปรากฏการณ์ดังรูป ในบริเวณ A หน้าคลื่นอยู่ห่างกัน 12 เซนติเมตร ในบริเวณ B คลื่นมีความเร็ว $6\sqrt{2}$ เซนติเมตร/วินาที ถ้าต้นกำเนิดมาจากบริเวณ A ความถี่ของต้นกำเนิดคลื่นมีค่าเท่าใด ……..



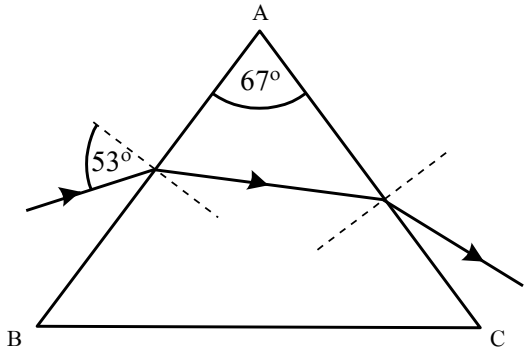
<u>Ex15</u> แหล่งกำเนิดคลื่นน้ำสั่นด้วยความถี่ 8 Hz วัดอัตราเร็วของคลื่นน้ำได้ 4 เมตร/วินาที เมื่อคลื่นน้ำเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่ตื้นกว่าเดิม โดยหน้าคลื่นตกกระทบทำมุม θ_1 กับรอยต่อระหว่างตัวกลาง และพบว่าหน้าคลื่นหักเหทำมุม θ_2 กับรอยต่อระหว่างตัวกลาง ถ้าวัดระยะห่างของหน้าคลื่นหักเหที่ติดกัน 5 แนวห่างกัน 1.6 เมตร จงหา $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$

……..

<u>Ex16</u> คลื่นน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณหนึ่งไปสู่บริเวณหนึ่ง ปรากฏว่าแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นเบนไปจากแนวเดิม 30^0 และความยาวคลื่นกลายเป็น $\sqrt{3}$ เท่าของเดิม คลื่นขบวนนี้ทำมุมตกกระทบเท่าใด .....



<u>Ex17</u> สามเหลี่ยม ABC เป็นบริเวณน้ำตื้น และนอกรูปสามเหลี่ยมนี้เป็นบริเวณน้ำลึก ถ้าคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่จากน้ำลึกเข้าสู่น้ำตื้นที่ด้าน AB ทำมุมตกกระทบ 53° และความยาวคลื่นในน้ำตื้นลดลงเป็น 3/4 เท่าของความยาวคลื่นในน้ำลึก คลื่นที่หักเหออกทางด้าน AC จะทำมุมหักเหเท่าใด .....

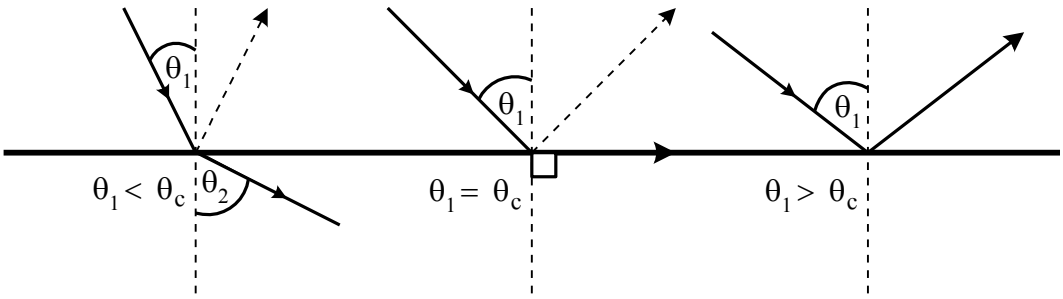


5. มุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมด

มุมวิกฤต (Critical angle : θ_c) คือ มุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหเป็น 90°

มุมวิกฤต เกิดเมื่อคลื่นน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณ**น้ำตื้น** (v **น้อย**) **ไปน้ำลึก** (v **มาก**)

การสะท้อนกลับหมด (Total internal reflection) เกิดเมื่อ **มุมตกกระทบ** > **มุมวิกฤต** ($\theta_1 \rangle \theta_c$) คลื่นจะไม่เกิดการหักเห



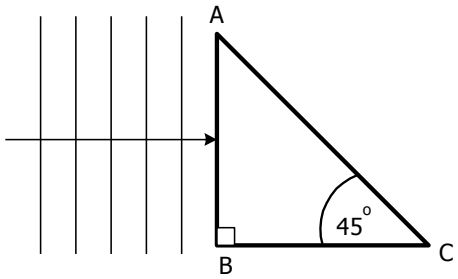
Ex1 คลื่นน้ำมีอัตราเร็วในน้ำลึกเป็น $\frac{5}{3}$ เท่าของอัตราเร็วในน้ำตื้น คลื่นจะต้องเคลื่อนที่จากบริเวณใดไปสู่บริเวณใดจึงจะเกิดมุมวิกฤตได้ และมุมวิกฤตมีค่าเท่าใด

Ex2 ถ้าอัตราเร็วคลื่นในบริเวณน้ำลึกเป็น 2 เท่าของอัตราเร็วของคลื่นในบริเวณน้ำตื้น จงหามุมตกกระทบที่ทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมด

<u>Ex3</u> คลื่นน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกไปสู่น้ำตื้น ทำมุมตกกระทบ 53° และทำมุมหักเห 30° จงหามุมวิกฤตสำหรับบริเวณน้ำลึกและน้ำตื้นนี้ และมุมวิกฤตจะเกิดที่ตัวกลางใด (น้ำลึกหรือน้ำตื้น)

<u>Ex4</u> ถ้ามุมวิกฤตในน้ำตื้นเท่ากับ 45° จงหาอัตราส่วนของความยาวคลื่นในน้ำลึกต่อความยาวคลื่นในน้ำตื้น

<u>Ex5</u> บริเวณสามเหลี่ยม ABC เป็นบริเวณน้ำตื้นซึ่งถูกล้อมรอบด้วยบริเวณน้ำลึก มีคลื่นหน้าตรงเคลื่อนที่ จากบริเวณน้ำลึกตกกระทบด้าน BC ดังรูป ถ้าความเร็วของคลื่นในน้ำลึกต่อความเร็วของคลื่นในน้ำตื้นเป็น 2 : 1 จงหาค่า sine ของมุมหักเหที่ออกสู่น้ำลึกด้าน AC .....



<u>การบ้าน 3 การหักเหของคลื่น</u>

1. เมื่อคลื่นน้ำเคลื่อนที่จากน้ำลึกไปสู่น้ำตื้น โดยทำมุมตกกระทบเป็นมุม θ

ก. ความยาวคลื่นในน้ำลึกจะยาวกว่าในน้ำตื้น

ข. ความถี่ของคลื่นในน้ำลึกจะน้อยกว่าในน้ำตื้น

ค. ความเร็วของคลื่นในน้ำลึกจะน้อยกว่าในน้ำตื้น

ง. มุมหักเหจะมีค่าน้อยกว่ามุม θ

ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

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

2. คลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกไปยังบริเวณน้ำตื้น โดยหน้าคลื่นตกกระทบขนานกับบริเวณรอยต่อ คลื่นในบริเวณทั้งสองมีค่าใดบ้างที่เท่ากัน (Ent37)

ก. ความถี่ของคลื่น

ข. ความยาวคลื่น

ค. อัตราเร็วของคลื่น

ง. ทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น

1. ก. และ ข. 2. ข. และ ค. 3. ค. และ ง. 4. ก. และ ง.

3. เมื่อคลื่นน้ำเคลื่อนที่จากเขตน้ำลึกไปยังเขตน้ำตื้น

ก. ความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลง

ข. อัตราเร็วเปลี่ยน

ค. ความถี่เปลี่ยน

ข้อใดถูก (PSU 50)

1. ก. และ ข. 2. ข. และ ค. 3. ก. และ ค. 4. ถูกทุกข้อ

4. คลื่นน้ำในถาดคลื่นเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกไปสู่บริเวณน้ำตื้น โดยมีมุมตกกระทบ 45° และมุมหักเห 30° ถ้าระยะห่างระหว่างหน้าคลื่นหักเหที่ติดกันวัดได้ $5\sqrt{2}$ เซนติเมตร และแหล่งกำเนิดคลื่นมีความถี่ 20 Hz จงหาอัตราเร็วคลื่นตกกระทบ

5. คลื่นน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกเข้าไปในน้ำตื้น โดยมีรอยต่อของเขตทั้งสองเป็นเส้นตรง ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบทำมุมกับแนวรอยต่อ 30^0 ทำให้ความยาวคลื่นในเขตน้ำตื้นเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นในเขตน้ำลึก อยากทราบว่าหน้าคลื่นหักเหทำมุมกับเขตรอยต่อเป็นมุมเท่าใด

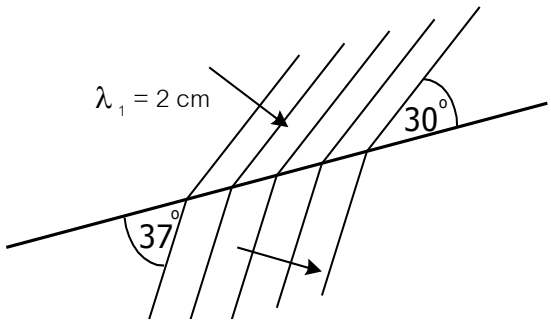
6. คลื่นน้ำแบบต่อเนื่องที่มีหน้าคลื่นตรง เคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างบริเวณน้ำลึกและน้ำตื้นแล้วทำให้เกิดคลื่นหักเหหน้าคลื่นตรง ถ้าแนวทางเดินของคลื่นตกกระทบทำมุมกับรอยต่อระหว่างตัวกลางเท่ากับ 30 องศา จงหามุมหักเหถ้าความยาวคลื่นในน้ำตื้นลดลงเป็น $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ของความยาวคลื่นในน้ำลึก (Ent40)

1. 15 องศา
2. 30 องศา
3. 45 องศา
4. 60 องศา

7. คลื่นน้ำเคลื่อนที่จากเขตน้ำลึกเข้าไปยังเขตน้ำตื้นโดยมีรอยต่อของเขตทั้งสองเป็นเส้นตรง ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบทำมุมกับแนวรอยต่อ 30 องศา ทำให้ความยาวคลื่นในเขตน้ำตื้นเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นในเขตน้ำลึก อยากทราบว่าหน้าคลื่นหักเหทำมุมกับเขตรอยต่อเป็นมุมเท่าใด (Ent38)

1. $\sin^{-1}(1/2)$
2. $\sin^{-1}(1/3)$
3. $\sin^{-1}(1/4)$
4. $\sin^{-1}(1/5)$

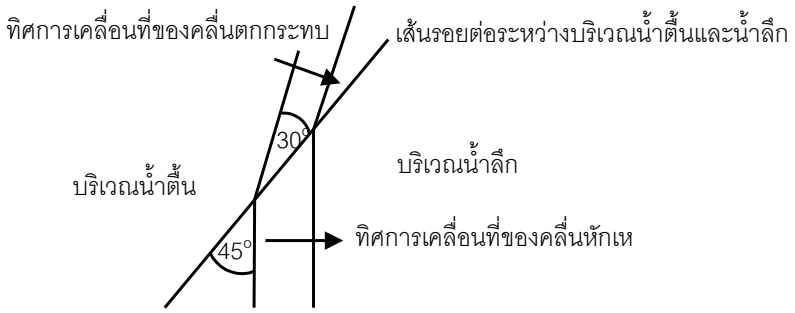
8. คลื่นน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำตื้นไปยังบริเวณน้ำลึก ดังรูป จงหา λ_2



9. คลื่นน้ำในถาดคลื่นเคลื่อนที่จากน้ำตื้นไปสู่น้ำลึก โดยมีมุมตกกระทบ 30^0 และมุมหักเห 45^0 ถ้าเปลี่ยนมุมตกกระทบเป็น 45^0 มุมหักเหจะมีขนาดเท่าใด

10. คลื่นผิวน้ำมีความถี่ 10 เฮิรตซ์ เคลื่อนที่จากบริเวณน้ำตื้นสู่บริเวณน้ำลึก โดยหน้าคลื่นตกกระทบทำมุม 30° และหน้าคลื่นหักเหทำมุม 45° กับเส้นรอยต่อน้ำตื้นกับน้ำลึก ดังรูป ถ้านักเรียนวัดความยาวคลื่นในบริเวณน้ำตื้นได้ 2.0 เซนติเมตร อัตราเร็วของคลื่นในบริเวณน้ำลึกจะเป็นกี่เซนติเมตรต่อวินาที (PSU 52)

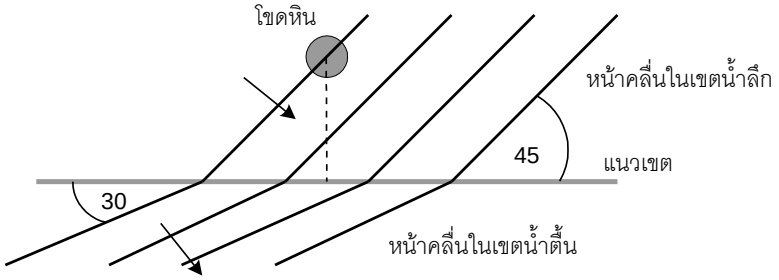
1. 14.1
2. 28.3
3. 34.6
4. 42.4



11. คลื่นน้ำเคลื่อนที่จากน้ำตื้นไปยังน้ำลึก ถ้ามุมตกกระทบและมุกหักเหเท่ากับ 30 และ 45 องศาตามลำดับ และความยาวคลื่นในน้ำตื้นเท่ากับ 2 เซนติเมตร จงหาความยาวคลื่นในน้ำลึกในหน่วยเซนติเมตร (มีนา 42)

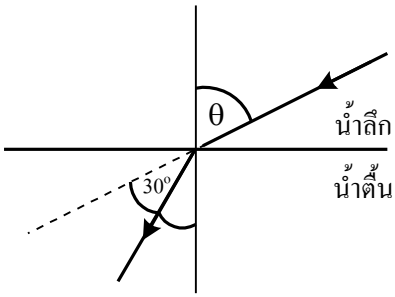
12. เกิดการหักเหขึ้นกับคลื่นขบวนหนึ่ง โดยคลื่นมีความถี่ 20 Hz และมีความเร็ว 4 m/s ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบทำมุม 30^0 กับผิวรอยต่อ และหน้าคลื่นหักเหมีความยาว 0.4 เมตร จงหาว่า หน้าคลื่นหักเหจะทำมุมกี่องศากับผิวรอยต่อของตัวกลาง .....

13. คลื่นผิวน้ำลูกหนึ่งวิ่งจากเขตน้ำลึก โดยเมื่อผ่านโขดหินแล้ว 50 วินาที จึงเข้าสู่เขตน้ำตื้น หน้าคลื่นในเขตน้ำลึกทำมุม 45 องศากับแนวเขต และหน้าคลื่นในเขตน้ำตื้นทำมุม 30 องศากับแนวเขต ถ้าความเร็วคลื่นในเขตน้ำตื้นเท่ากับ 0.50 เมตร/วินาที โขดหินอยู่ห่างจากแนวเขตกี่เมตร (ตามเส้นตั้งกับแนวเขต) (ตุลา 45)



14. แนวการเคลื่อนที่ของคลื่นน้ำจากบริเวณน้ำลึกไปยังน้ำตื้น หักเหจากแนวของคลื่นตกกระทบ 30 องศา และอัตราเร็วของคลื่นในน้ำลึกเป็น 2 เท่าของอัตราเร็วในน้ำตื้น มุม θ มีค่าเท่าใด (ตุลา 47)

1. $\arcsin\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)$
2. $\arctan\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)$
3. $\arcsin\left(\frac{1}{\sqrt{3}-1}\right)$
4. $\arctan\left(\frac{1}{\sqrt{3}-1}\right)$



15. จงหามุมวิกฤตของการหักเหของคลื่นจากน้ำตื้นสู่น้ำลึก เมื่ออัตราเร็วคลื่นในน้ำลึกต่ออัตราเร็วคลื่นในน้ำตื้นเป็น $2 : \sqrt{3}$

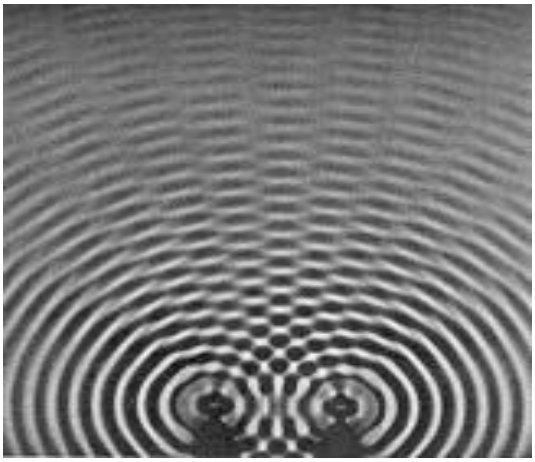
16. โกเอกทำการทดลองการหักเหของคลื่นน้ำพบว่ามุมวิกฤตของการหักเหของคลื่นน้ำในบริเวณหนึ่งเป็น 37° เมื่อทำการทดลองใหม่โดยให้มุมตกกระทบในน้ำลึกเป็น 53° จงหามุมหักเหในน้ำตื้น

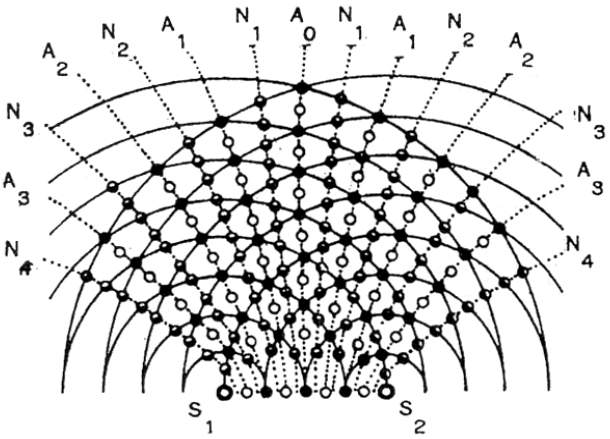
4. การแทรกสอดของคลื่น

1. การแทรกสอดและแหล่งกำเนิดอาพัน

การแทรกสอด เกิดจากคลื่น 2 ขบวนจากแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ เคลื่อนที่ไปพบกัน (รวมกัน)

1.1 แหล่งกำเนิดคลื่นอาพัน (coherent source) คือ แหล่งกำเนิดคลื่นสองแห่งที่ให้คลื่นมีความถี่เท่ากัน และมีเฟสต่างกันคงที่เสมอ





1.2 แนวปฏิบัพ (A) เป็นแนวที่มีการแทรกสอด**แบบเสริมกัน**เสมอ

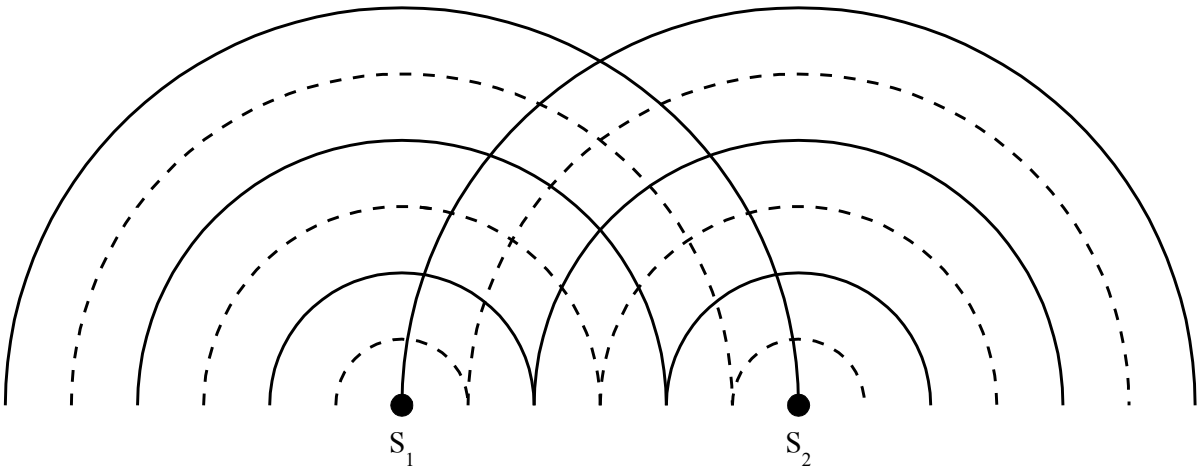
คลื่นจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเมื่อถึงจุดปฏิบัพ จะมีเฟสต่างกัน 0, 2π, 4π, 6π, ...

ผลต่างของระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่นถึงจุดนี้ของคลื่นทั้งสองเป็น 0, λ, 2λ, 3λ, ...

1.3 แนวบัพ (N) เป็นแนวที่มีการแทรกสอด**แบบหักล้างกัน**เสมอ

คลื่นจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเมื่อถึงจุดบัพ จะมีเฟสต่างกัน π, 3π, 5π, ...

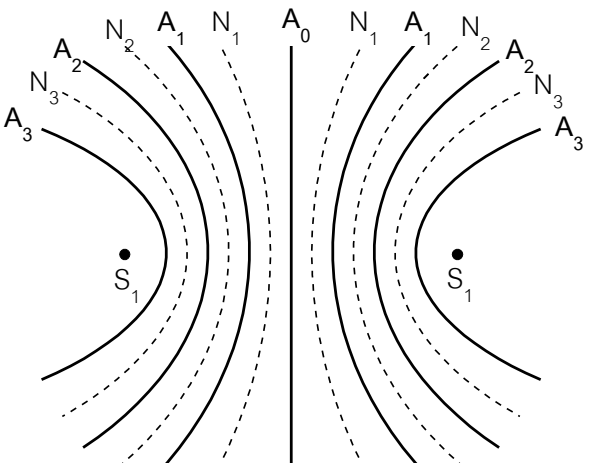
ผลต่างของระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่นถึงจุดนี้ของคลื่นทั้งสองเป็น $\frac{\lambda}{2}$, $\frac{3\lambda}{2}$, $\frac{5\lambda}{2}$, ...



รูปแสดงการแทรกสอดของแหล่งกำเนิดอาพันเฟสตรงกัน มีระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิด = 3λ

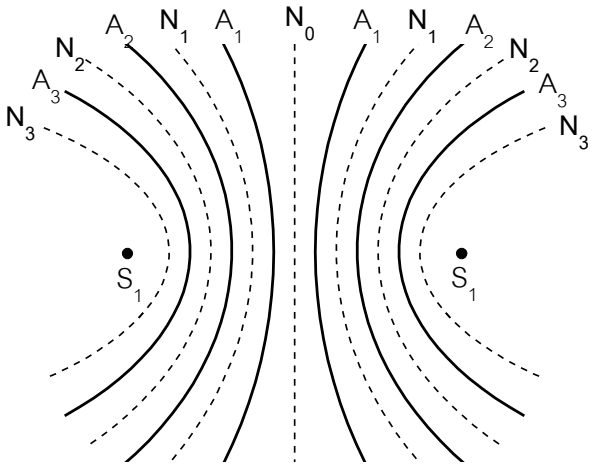
2. การแทรกสอดเมื่อแหล่งกำเนิดอาพันธ์ให้คลื่นมีเฟสตรงกัน

เมื่อ S_1 และ S_2 มีเฟสตรงกัน จะเกิดรูปแบบการแทรกสอดที่มีแนวกลางเป็นปฏิบัพ (A_0)



3. การแทรกสอดเมื่อแหล่งกำเนิดอาพันธ์ให้คลื่นมีเฟสตรงข้ามกัน

เมื่อ S_1 และ S_2 มีเฟสตรงข้ามกัน จะเกิดรูปแบบการแทรกสอดที่มีแนวกลางเป็นบัพ (N_0)



4. จำนวนบัพและปฏิบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

<u>Ex1</u> ในการทดลองการแทรกสอดของคลื่นโดยใช้ถาดคลื่น เมื่อพิจารณาจุดที่เกิดเป็นบัพ แสดงว่าที่จุดนี้

1. คลื่นจะเกิดการแทรกสอดแบบเสริมกัน
2. ผลต่างของระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองไปยังจุดนี้เท่ากับจำนวนเต็มของความยาวคลื่นนั้น
3. สันคลื่นของคลื่นหนึ่งจะซ้อนทับกับสันคลื่นอีกคลื่นหนึ่งพอดี
4. มุมเฟสของคลื่นทั้งสองจะต่างกัน 180^0

<u>Ex2</u> S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดอาพัน จุด P จะเป็นจุดที่คลื่นมีการแทรกสอดแบบเสริมกัน เมื่อผลต่างของ S_1P และ S_2P เป็นจำนวนกี่เท่าของความยาวคลื่น

<u>Ex3</u> S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดอาพัน จุด P จะเป็นจุดที่คลื่นมีการแทรกสอดแบบหักล้างกัน คลื่นจากแหล่งกำเนิดทั้งสองที่เคลื่อนที่มาถึงจุด P มีเฟสต่างกันเท่าใด

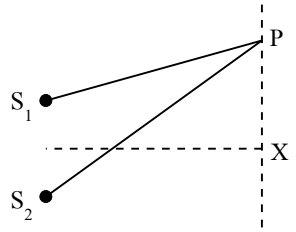
<u>Ex4</u> แหล่งกำเนิดคลื่นอาพัน 2 แหล่ง ห่างกัน 10 เซนติเมตร ให้คลื่นที่มีความยาวคลื่นเท่ากับ 2.5 เซนติเมตร เฟสตรงกัน จงหาว่าตำแหน่งต่อไปนี้อยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าใด

4.1 จุด A อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นระยะ 12 และ 17 เซนติเมตร .....

4.2 จุด B อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นระยะ 14.5 และ 15.75 เซนติเมตร .....

4.3 จุด C อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นระยะ 16 และ 24 เซนติเมตร .....

<u>Ex5</u> S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันเฟสตรงกัน มีความยาวคลื่น 0.4 เมตร จุด P เป็นจุดแรกที่มีการแทรกสอดแบบเสริมกันตามแนว XP ถ้าระยะ S_2P เป็น 8.0 เมตร และระยะ S_1P มีค่าเท่าใด



<u>Ex6</u> แหล่งกำเนิดคลื่นอาพัน 2 แหล่ง เฟสตรงกัน ห่างกัน 12 เซนติเมตร มีความถี่เท่ากับ 10 Hz และคลื่นเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 40 เซนติเมตร/วินาที เท่ากัน จงหา

6.1 จุด A อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นระยะ 19 และ 25 เซนติเมตร จุด A จะอยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าใด .....

6.2 จำนวนบัพและปฏิบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด พร้อมทั้งวาดรูป .....

<u>Ex7</u> แหล่งกำเนิดคลื่นอาพัน 2 แหล่ง เฟสตรงกัน ให้คลื่นที่มีความยาวคลื่น λ จงวาดแนวบัพและปฏิบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด จากการแทรกสอดของคลื่นทั้งสองเมื่อ

7.1 เมื่อแหล่งกำเนิดทั้งสองห่างกัน 4λ

7.2 เมื่อแหล่งกำเนิดทั้งสองห่างกัน 2.5λ

<u>Ex8</u> S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันห่างกัน 10 เซนติเมตร ให้คลื่นเฟสตรงกันและมีระยะห่าง ระหว่างหน้าคลื่น 2 เซนติเมตร

8.1 เมื่อคลื่นจาก S_1 และ S_2 แทรกสอดกัน จะเกิดแนวบัพและแนวปฏิบัพทั้งหมดกี่แนว .....

8.2 ระหว่างแหล่งกำเกนิดทั้งสอง (S_1 และ S_2) มีแนวบัพและปฏิบัพกี่แนว .....

<u>Ex9</u> แหล่งกำเนิดคลื่นอาพันเฟสตรงข้ามกัน 2 แหล่ง ห่างกัน 15 เซนติเมตร ให้คลื่นที่มีอัตราเร็ว 20 เซนติเมตร/วินาที ความถี่ 4 เฮิรตซ์ จงหาว่าตำแหน่งต่อไปนี้อยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าใด

9.1 จุด X อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นระยะ 15 และ 20 เซนติเมตร ……..

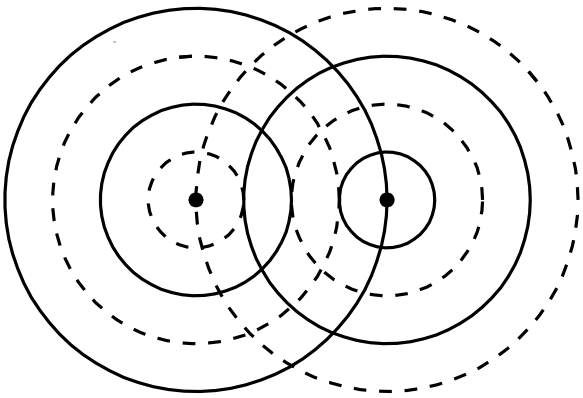
9.2 จุด Y อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นระยะ 15 และ 27.5 เซนติเมตร ……..

9.3 จำนวนบัพและจำนวนปฏิบัพทั้งหมดที่เกิดขึ้น .....

<u>Ex10</u> แหล่งกำเนิดคลื่นน้ำอาพันให้หน้าคลื่นวงกลมสองแหล่งอยู่ห่างกัน 8 เซนติเมตร มีความยาวคลื่น 2 เซนติเมตร ที่ตำแหน่งหนึ่งห่างจากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองเป็นระยะ 10 และ 19 เซนติเมตร ตามลำดับ จะอยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าใด นับจากแนวกลาง .....

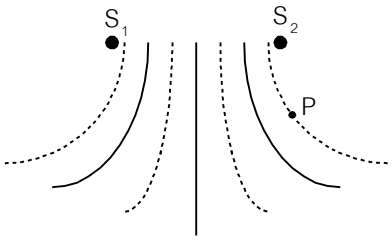
<u>Ex11</u> คลื่นต่อเนื่องรูปวงกลมจากแหล่งกำเนิดคลื่น 2 แหล่ง มีแอมปลิจูดเท่ากันและความถี่เท่ากัน แต่เฟสต่างกัน 180 องศา มาแทรกสอดกัน ในภาพนี้จะมีแนวเส้นปฏิบัพกี่แนว (Ent36)

1. 2 แนว
2. 3 แนว
3. 4 แนว
4. 5 แนว

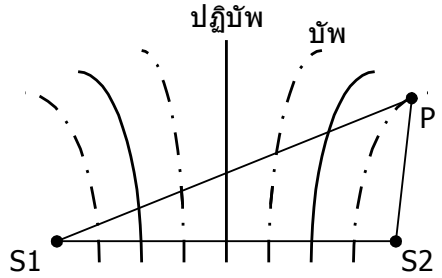


เส้นประ แทน ท้องคลื่น
เส้นทึบ แทน สันคลื่น

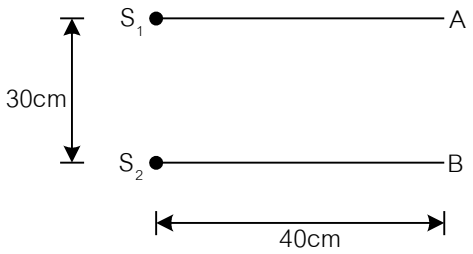
<u>Ex12</u> ในการทดลองการแทรกสอดของคลื่นผิวน้ำจากแหล่งกำเนิดอาพัน S_1 และ S_2 ได้ผลดังรูป S_1P = 0.5 เมตร, S_2P = 0.44 เมตร ถ้าอัตราเร็วของคลื่นทั้งสองเป็น 0.6 m/s จงหาความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น (เส้นทึบคือแนวปฏิบัพ เส้นประคือแนวบัพ)



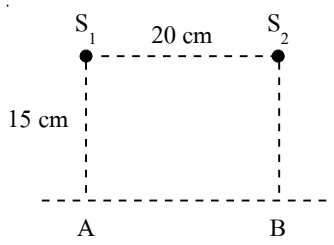
<u>Ex13</u> จากรูปเป็นภาพการแทรกสอดของคลื่นผิวน้ำที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอาพัน S_1 และ S_2 โดยมี P เป็นจุดใด ๆ บนแนวเส้นบัพ S_1P = 15 เซนติเมตร S_2P = 5 เซนติเมตร ถ้าอัตราเร็วของคลื่นทั้งสองเท่ากับ 50 เซนติเมตรต่อวินาที แหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองมีความถี่กี่เฮิรตซ์ (ตุลา 42)



<u>Ex14</u> S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันที่ให้คลื่นเฟสตรงกัน มีความถี่ 20 Hz วางอยู่ห่างกัน 30 เซนติเมตร จุด A และจุด B เป็นตำแหน่งปฏิบัพ และระหว่างจุด A และจุด B จะมีตำแหน่งปฏิบัพอีก 3 ตำแหน่ง จงหาความเร็วของคลื่นที่ส่งออกมา

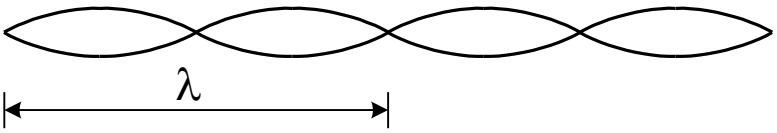


<u>Ex15</u> จากรูป S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันที่ให้คลื่นความถี่ 10 Hz อยู่ห่างกัน 20 เซนติเมตร แนว AB ขนานกับแนว S_1S_2 และห่างจาก S_1S_2 15 เซนติเมตร ถ้าจุด A และ B เป็นจุดบัพ และระหว่าง A และ B มีตำแหน่งบัพ 4 ตำแหน่ง จงหาอัตราเร็วของคลื่น



5. คลื่นนิ่ง (standing wave) และส่วนประกอบของคลื่นนิ่ง

คลื่นนิ่ง เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจาก**คลื่น 2 ขบวน** ที่มี**ความถี่เท่ากัน ความยาวคลื่นเท่ากัน** เคลื่อนที่**สวนทางกัน**ในแนวเส้นตรงเดียวกัน จะเกิดการแทรกสอดกัน

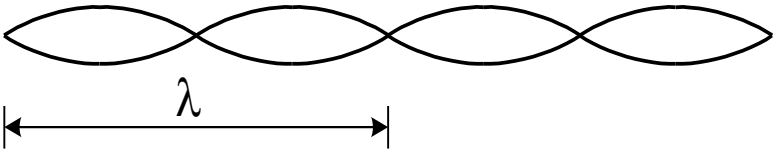


สิ่งที่ควรรู้เกี่ยวกับคลื่นนิ่ง

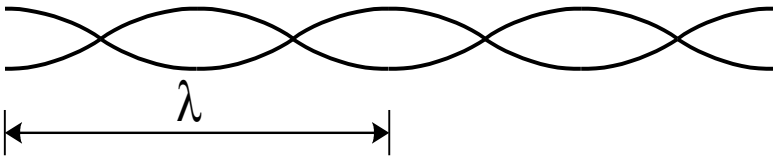
1. ตำแหน่งที่มีการกระจัดของคลื่นรวมเป็นศูนย์เสมอ คือ ……..
2. ตำแหน่งที่มีการกระจัดของคลื่นรวมเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ลบมากสุดไปถึงบวกมากสุด คือ ……...
3. จุดบัพที่อยู่ติดกันจะห่างกันเท่ากับ ……...
4. จุดปฏิบัพที่อยู่ติดกันจะห่างกันเท่ากับ ……..
5. จุดบัพและปฏิบัพที่อยู่ติดกันจะห่างกันเท่ากับ ……..
6. แอมปลิจูดสูงสุดของจุดปฏิบัพจะมีค่าเป็น……
7. คาบของคลื่นนิ่งจะมีค่าเท่ากับ …….

คลื่นนิ่งที่เกิดจากคลื่นตกกระทบและคลื่นสะท้อนมาแทรกสอดกัน

1. เมื่อจุดสะท้อนเป็นปลายตรึง จุดสะท้อนจะเป็นตำแหน่งบัพ เช่น การสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือก



2. เมื่อจุดสะท้อนเป็นปลายอิสระ จุดสะท้อนจะเป็นตำแหน่งปฏิบัพ เช่น การสะท้อนของคลื่นน้ำ



<u>Ex1</u> คุณสมบัติหรือปรากฏการณ์ข้อใด ที่ใช้อธิบายการเกิดคลื่นนิ่ง

1. การแทรกสอด
2. การรวมกันได้ของคลื่น
3. แหล่งกำเนิดอาพันธ์
4. ถูกทุกข้อ

<u>Ex2</u> ข้อใดกล่าวถึงคลื่นนิ่งได้ถูกต้อง

ก. เป็นปรากฏการณ์การแทรกสอดของคลื่น 2 ขบวนที่วิ่งสวนทางกัน

ข. คลื่นที่จะทำให้เกิดคลื่นนิ่งจะต้องมีแอมพลิจูดเท่ากันเท่านั้น

ค. คลื่นที่จะทำให้เกิดคลื่นนิ่งจะต้องมีความถี่เท่ากันเท่านั้น

ข้อที่กล่าวถูกต้อง คือ

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

<u>Ex3</u> คลื่นนิ่งที่มีความยาวคลื่น 1.5 เมตร มีระยะระหว่างบัพกับปฏิบัพถัดไปเท่ากับเท่าใด

1. 0.75 เมตร
2. 0.375 เมตร
3. 1.5 เมตร
4. 0.875 เมตร

<u>Ex4</u> คลื่นนิ่งเป็นคลื่นที่เกิดจากการแทรกสอดกันของคลื่นสองขบวนที่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ แต่เคลื่อนที่สวนทางกัน ถ้าคลื่นนิ่งที่เกิดขึ้นมีตำแหน่งบัพและปฏิบัพอยู่ห่างกันเป็นระยะ 1.0 เมตร คลื่นที่มาแทรกสอดกันนี้จะต้องมีความยาวคลื่นกี่เมตร

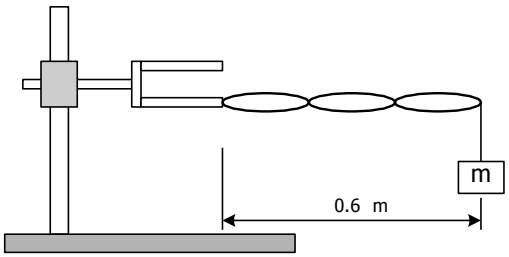
<u>Ex5</u> เชือกเส้นหนึ่งยาว 1.5 เมตร ปลายข้างหนึ่งยึดติดกับกำแพง จับปลายอีกข้างหนึ่งสะบัดขึ้นลงอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เกิดคลื่นที่มีความยาวคลื่น 0.5 เมตร จงหาว่าระหว่างปลายเส้นเชือกทั้งสองมีตำแหน่งบัพและปฏิบัพกี่ตำแหน่ง

<u>Ex6</u> แหล่งกำเนิดคลื่นน้ำในถาดคลื่น อยู่ห่างจากผิวสะท้อนระนาบตรง 20 เซนติเมตร ให้คลื่นที่มีความยาวคลื่น 4 เซนติเมตร ตกกระทบผิวสะท้อนในแนวตั้งฉาก จงหาว่าระหว่างแหล่งกำเนิดและผิวสะท้อนจะมีตำแหน่งบัพและปฏิบัพกี่ตำแหน่ง

<u>Ex7</u> เชือกขึงตรึงยาว 1.2 เมตร สั่นด้วยความถี่ 100 เฮิรตซ์ เกิดปฏิบัพ 3 ตำแหน่ง ความเร็วของคลื่นในเส้นเชือกเป็นเท่าใดในหน่วยเมตรต่อวินาที

<u>Ex8</u> เส้นด้ายปลายด้านหนึ่งผูกติดกับปลายของส้อมเสียงที่สั่นด้วยความถี่ 250 Hz ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งผ่านรอกลื่นและมีมวลถ่วงให้เส้นด้ายตึง เมื่อส้อมเสียงสั่นปรากฏเกิดคลื่นนิ่งดังรูป แสดงว่าความเร็วคลื่นในเส้นด้ายมีค่าเท่าใด (ตุลา 42)

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



<u>Ex9</u> เชือกยาว 1 เมตร ปลายข้างหนึ่งถูกตรึง ปลายอีกข้างหนึ่งติดกับเครื่องสั่น ที่สั่นในแนวตั้งฉากกับเส้นเชือกและสั่นด้วยความถี่ 80 เฮิรตซ์ ถ้าเกิดคลื่นนิ่งมีปฏิบัพ 4 แห่ง อัตราเร็วของคลื่นในเชือกเป็นเท่าใด (มีนา 46)

1. 20 m/s
2. 27 m/s
3. 40 m/s
4. 53 m/s

<u>การบ้าน 4 การแทรกสอดของคลื่น</u>

1. การแทรกสอดของคลื่นบนผิวน้ำจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์ 2 แหล่ง ทำให้เกิดคลื่นนิ่ง พิจารณากรณีต่อไปนี้

ก. สันคลื่นซ้อนทับสันคลื่น

ข. สันคลื่นซ้อนทับท้องคลื่น

ค. ท้องคลื่นซ้อนทับท้องคลื่น

การซ้อนทับกันกรณีใดที่ให้เกิดจุดบัพ (PAT2 มี.ค.52)

1. ก. และ ค. 2. ข. 3. ข. และ ค. 4. ค.

2. แหล่งกำหนดคลื่นอาพันธ์ให้คลื่นวงกลมสองแหล่งอยู่ห่างกัน 10 เซนติเมตร มีความยาวคลื่น 2 เซนติเมตร ที่ตำแหน่งห่างจากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองเป็นระยะ 10 เซนติเมตร และ 19 เซนติเมตร ตามลำดับ จะอยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าใด นับจากแนวกลาง (Ent37)

1. ปฏิบัพที่ 4
2. บัพที่ 4
3. ปฏิบัพที่ 5
4. บัพที่ 5

3. S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดอาพันให้คลื่นเฟสตรงกัน โดย $S_1P - S_2P = 80$ เซนติเมตร และ P อยู่บนแนวปฏิบัพที่ 4 ถ้า Q อยู่บนแนวบัพที่ 5 แล้วค่า $S_1Q - S_2Q$ มีค่าเท่าใด

1. 70 cm
2. 80 cm
3. 90 cm
4. 100 cm

4. แหล่งกำเนิดอาพัน 2 แหล่ง เฟสตรงกัน ให้คลื่นที่มีอัตราเร็ว 0.4 เมตร/วินาที ความถี่ 0.2 เฮิรตซ์ ที่จุดจุดหนึ่งซึ่งห่างจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นระยะ 8 และ 10 เมตร ตามลำดับ อยู่บนแนวปฏิบัพหรือบัพที่เท่าใด

1. ปฏิบัพที่ 1
2. บัพที่ 1
3. ปฏิบัพที่ 2
4. บัพที่ 2

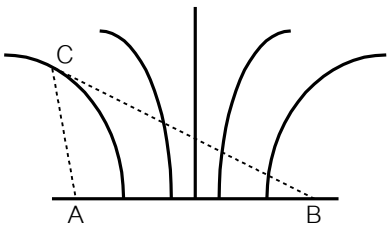
5. แหล่งกำเนิดอาพัน 2 แหล่ง เฟสตรงข้ามกัน ให้คลื่นที่มีอัตราเร็ว 0.8 เมตร/วินาที ความถี่ 0.2 เฮิรตซ์ ที่จุดจุดหนึ่งซึ่งห่างจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นระยะ 8 และ 14 เมตร ตามลำดับ อยู่บนแนวปฏิบัพหรือบัพที่เท่าใด

1. ปฏิบัพที่ 1
2. บัพที่ 1
3. ปฏิบัพที่ 2
4. บัพที่ 2

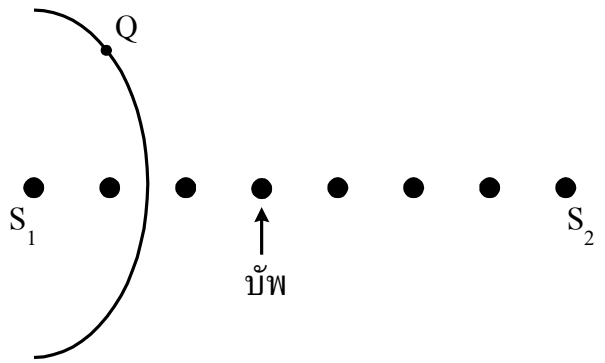
6. A และ B เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ให้เฟสตรงข้ามกัน ห่างกัน 10 เซนติเมตร ให้คลื่นที่มีความยาวคลื่น 4 เซนติเมตร จงหาแนวบัพและปฏิบัพที่เกิดขึ้นระหว่าง A และ B

7. แหล่งกำเนิดคลื่นน้ำสร้างคลื่นน้ำที่สองตำแหน่ง A และ B มีความยาวคลื่น 1.5 เซนติเมตร และได้แนวของเส้นปฏิบัพดังแสดงในรูป อยากทราบว่า AC และ BC มีความยาวต่างกันเท่าใด (Ent38)

1. 1.5 cm
2. 3 cm
3. 4.5 cm
4. 6 cm



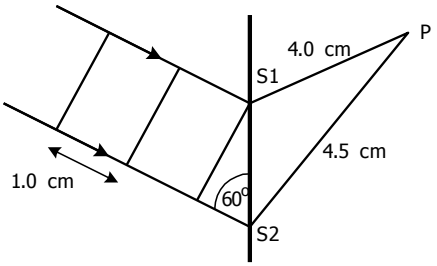
8. S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์สองแหล่งที่ทำให้เกิดคลื่นผิวน้ำที่มีความถี่เท่ากันและความยาวคลื่น 2 เซนติเมตร พบว่าบนเส้นตรงที่ต่อระหว่างแหล่งกำเนิดทั้งสองมีบัพ 6 บัพ ถ้า Q เป็นจุดในแนวปฏิบัพที่ 2 นับจากปฏิบัพกลางจุด Q จะอยู่ห่างจาก S_1 และ S_2 เป็นระยะต่างกันกี่เซนติเมตร (Ent41)



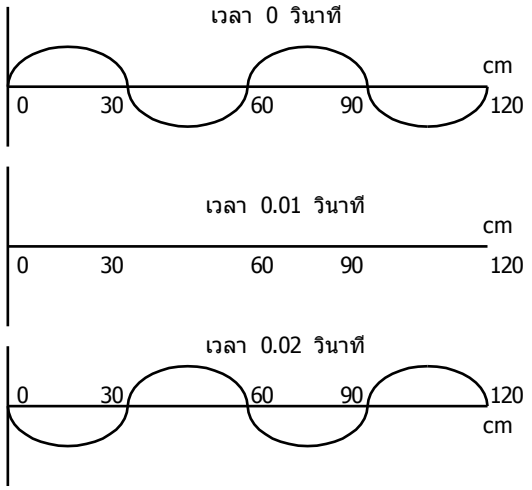
9. ในการทดลองการแทรกสอดของคลื่นน้ำโดยจุดกำเนิดคลื่นอาพันธ์ 2 จุด ผู้ทดลองเห็นว่ามีแนวปฏิบัพหลายแนวเกิดขึ้นระหว่างจุดกำเนิดทั้งสองนั้น และถ้าลดระยะระหว่างจุดกำเนิดลงทุก ๆ 6 มิลลิเมตร จำนวนแนวปฏิบัพจะลดลง 2 แนว คลื่นน้ำมีความยาวคลื่นเท่าใดในหน่วยมิลลิเมตร (มีนา 44)

10. จากรูป S_1 และ S_2 เป็นช่องแคบ ถ้ามีคลื่นหน้าตรงความยาวคลื่น 1.0 เซนติเมตร ตกกระทบทำมุม 60 องศา กับแนว S_1 S_2 ซึ่งห่างกัน 3.0 เซนติเมตร การแทรกสอดที่จุด P จะเป็นอย่างไร (ตุลา 41)

1. จะไม่เกิดการแทรกสอดของคลื่น
2. จะเกิดจุดปฏิบัพ
3. จะเกิดจุดบัพ
4. เกิดการแทรกสอดที่ไม่ใช่ทั้งบัพและปฏิบัพ

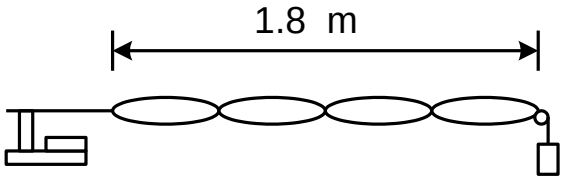


11. คลื่นนิ่งในเส้นเชือกที่เวลาต่าง ๆ 3 เวลาดังรูป จงหาความเร็วของคลื่นในเชือกนี้ (มีนา 42)



1. 15 m/s 2. 30 m/s 3. 60 m/s 4. 120 m/s

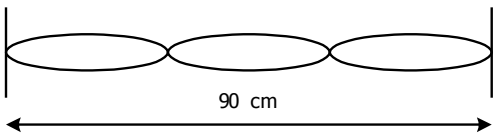
12. เมื่อใช้เครื่องเคาะสัญญาณเวลา ซึ่งเคาะ 50 รอบต่อวินาที มากระตุ้นเส้นเชือก ทำให้เกิดคลื่นนิ่งมีปฏิบัพ 4 ลูกในความยาว 1.80 เมตร ความเร็วของคลื่นในเส้นเชือกเป็นกี่เมตรต่อวินาที (Anet49)



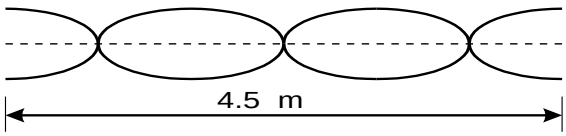
13. เชือกขึงตึงยาว 1.2 เมตร สั่นด้วยความถี่ 100 เฮิรตซ์ เกิดปฏิบัพ 3 ตำแหน่ง ความเร็วของคลื่นในเส้นเชือกเป็นเท่าใดในหน่วยเมตรต่อวินาที (Ent48)

14. จากรูปเป็นคลื่นนิ่งในเส้นเชือกที่มีปลายทั้งสองยึดแน่นไว้ ถ้าเส้นเชือกยาว 90 เซนติเมตร และความเร็วคลื่นในเส้นเชือกขณะนั้นเท่ากับ 2.4×10^2 เมตรต่อวินาที จงหาความถี่ของคลื่น (มีนา 43)

1. 200 Hz
2. 267 Hz
3. 400 Hz
4. 800 Hz



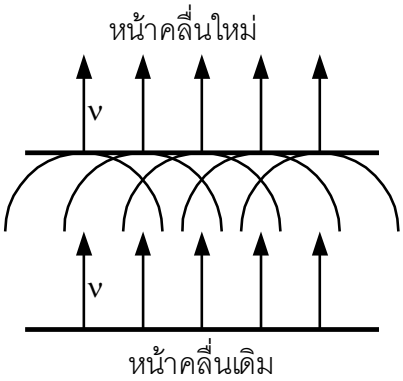
15. คลื่นน้ำมาแทรกสอดกันเกิดคลื่นนิ่งดังรูป ถ้าคลื่นน้ำมีความเร็ว 30 เมตร/วินาที จงหาความถี่ของคลื่นน้ำ

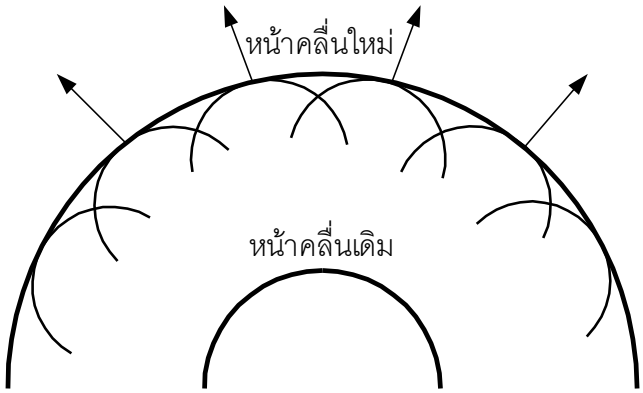


5. การเลี้ยวเบนของคลื่น

1. หลักของฮอยเกนส์

แต่ละจุดบนหน้าคลื่นถือได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิดของคลื่นใหม่ ที่ให้กำเนิดคลื่น ซึ่งเคลื่อนที่ออกไปทุกทิศทุกทางด้วยอัตราเร็วเท่ากับอัตราเร็วของคลื่นเดิมนั้น





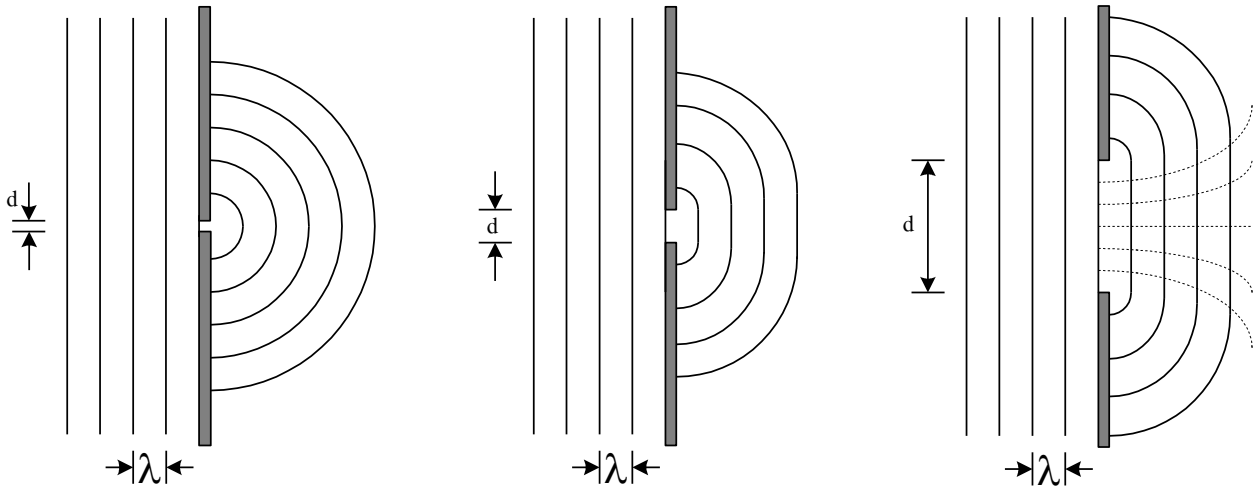
2. การเลี้ยวเบนของคลื่นน้ำผ่านช่องแคบเดี่ยว

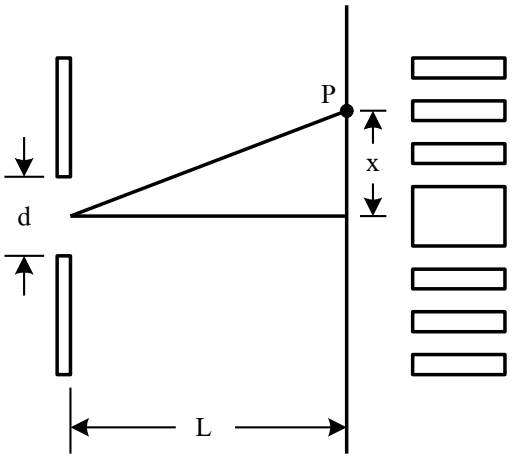
ลักษณะของการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดแบ่งเป็นกรณีต่าง ๆ ดังนี้

2.1 $d < \lambda$ **เกิดการเลี้ยวเบน ไม่เกิดการแทรกสอด เป็นจุดกำเนิดคลื่นแบบจุด**

2.2 $d = \lambda$ **เกิดการเลี้ยวเบน ไม่เกิดการแทรกสอด** (เลี้ยวเบนเด่นชัดที่สุด)

2.3 $d > \lambda$ **เกิดการเลี้ยวเบนและเกิดการแทรกสอด** (มีแนวบัพ, ปฏิบัพ)





เมื่อ d คือ ความกว้างของสลิตเดี่ยว (m)

L คือ ระยะจากสลิตเดี่ยวถึงฉาก (m)

x คือ ระยะจากจุด P ถึงแนวกลาง (m)

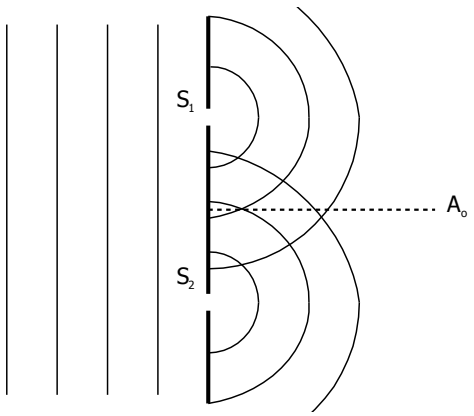
θ คือ มุมที่จุด P เบนจากแนวกลาง

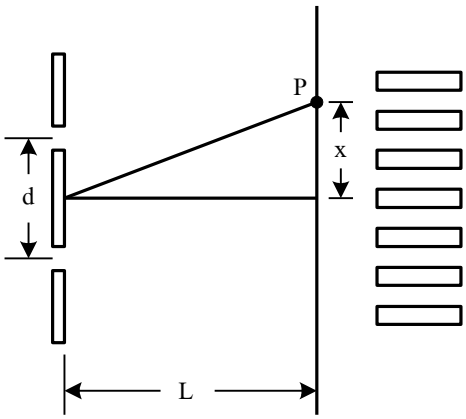
λ คือ ความยาวคลื่นของแสง (m)

n คือ ตำแหน่งของการแทรกสอดของจุด P

3. การเลี้ยวเบนของคลื่นน้ำผ่านช่องแคบคู่

ช่องแคบคู่ทำให้เสมือนคลื่นเป็นแหล่งกำเนิดสองแหล่ง ดังนั้นจึงเกิดการเลี้ยวเบนเมื่อผ่านช่องแคบแต่ละช่อง และจะเกิดการแทรกสอดระหว่างช่องทั้งสองเสมอ **(เกิดการเลี้ยวเบนและเกิดการแทรกสอด)**





<u>Ex1</u> ข้อความข้อใดเป็นหลักของฮอยเกนส์

1. จุดทุกจุดถ้าถูกรบกวนสามารถเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นได้
2. คลื่นเมื่อผ่านสิ่งกีดขวาง บางส่วนของคลื่นสามารถเลี้ยวเบนได้
3. แต่ละจุดบนหน้าคลื่นสามารถถือได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นใหม่
4. เมื่อคลื่นผ่านช่องแคบเล็ก ๆ จะเกิดการแทรกสอดกันได้

<u>Ex2</u> ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับคลื่นผิวน้ำ

1. เมื่อคลื่นหน้าตรงเคลื่อนที่ผ่านช่องแคบเดี่ยว จะเกิดการเลี้ยวเบนและแทรกสอดพร้อม ๆ กัน
2. เมื่อคลื่นผ่านช่องเปิดที่มีความกว้างมากกว่าความยาวคลื่นมาก ๆ จะไม่เกิดการแทรกสอด
3. เมื่อคลื่นผ่านช่องเปิด 2 ช่อง จะเกิดการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดเสมอ
4. เมื่อคลื่นผ่านช่องเปิด 2 ช่อง โดยแต่ละช่องแคบมาก ๆ จะเกิดการเลี้ยวเบนแต่ไม่เกิดการแทรกสอด

<u>Ex3</u> ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของคลื่นน้ำ

1. เมื่อคลื่นหน้าตรงเคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดที่กว้างน้อยกว่าหรือเท่ากับความยาวคลื่นแล้ว คลื่นที่ผ่านช่องเปิดจะเป็นคลื่นหน้าวงกลม
2. ถ้าจุดกำเนิดคลื่นอยู่ที่จุดโฟกัสของผิวสะท้อนรูปพาราโบลาแล้ว คลื่นสะท้อนจากผิวพาราโบลาจะเป็นคลื่นหน้าตรง
3. เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากเขตน้ำตื้นสู่เขตน้ำลึกความยาวคลื่นและอัตราเร็วจะลดลง
4. เมื่อทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตั้งฉากกับผิวรอยต่อของตัวกลางที่มีสมบัติต่างกัน ทิศทางการเคลื่อนที่จะคงเดิม แต่ความยาวคลื่นและอัตราเร็วเปลี่ยน

<u>Ex4</u> เมื่อทำการทดลองชุดถาดคลื่น โดยจัดให้คลื่นระนาบ เคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดแบบต่าง ๆ ผลสรุปที่คาดว่าจะได้รับต่อไปนี้ ข้อใดผิดบ้าง

ก. เมื่อคลื่นผ่านช่องเปิดที่แคบกว่าความยาวคลื่น จะเกิดการเลี้ยวเบน แต่ไม่เกิดการแทรกสอด

ข. เมื่อคลื่นผ่านช่องเปิดที่กว้างกว่าความยาวคลื่น จะเกิดการเลี้ยวเบน และเกิดการแทรกสอด

ค. เมื่อคลื่นผ่านช่องเปิด 2 ช่อง โดยแต่ละช่องแคบกว่าความยาวคลื่น จะเกิดการเลี้ยวเบน และเกิดการแทรกสอด

ง. เมื่อคลื่นผ่านช่องเปิด 2 ช่อง โดยแต่ละช่องกว้างกว่าความยาวคลื่น จะเกิดการเลี้ยวเบน แต่ไม่เกิดการแทรกสอด

คำตอบ คือ

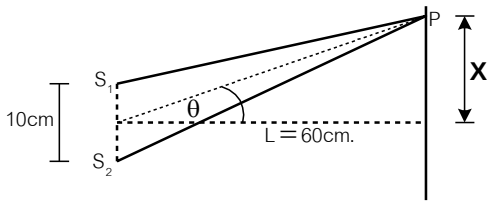
1. ข้อ ก. 2. ข้อ ง. 3. ข้อ ก. และ ง. 4. คำตอบเป็นอย่างอื่น

<u>Ex5</u> ถ้าให้คลื่นน้ำเคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดที่มีความกว้าง 2.2 cm คลื่นน้ำที่มีความยาวคลื่นเท่าใดจึงจะแสดงการเลี้ยวเบนได้เด่นชัดที่สุด

1. 0.5 cm 2. 1.0 cm 3. 1.5 cm 4. 2.5 cm

<u>Ex6</u> แหล่งกำเนิดคลื่นอาพัน 2 แหล่งให้เฟสตรงกัน ห่างกัน 6 เซนติเมตร ปรากฏว่าแนวเสริมกันครั้งแรกเบนออกจากแนวกลาง 30^0 จงหาความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดทั้งสอง

<u>Ex7</u> S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดอาพันสองแหล่ง ห่างกัน 10 เซนติเมตร มีเฟสตรงกัน ให้คลื่นที่มีความยาวคลื่น 1.0 เซนติเมตร จุด P คือตำแหน่งที่เกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันเป็นครั้งที่สองจากแนวกลาง จุด P ห่างจากแนวกลางเท่าใด



<u>Ex8</u> ช่องเปิดเล็ก ๆ 2 ช่องอยู่ห่างกัน 8 เซนติเมตร เมื่อคลื่นหน้าตรงความยาวคลื่น 2.5 เซนติเมตร มาตกกระทบในแนวตรงฉาก จงหาแนวปฏิบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

<u>Ex9</u> คลื่นหน้าตรงความยาวคลื่น 2 เซนติเมตร เคลื่อนที่ผ่านช่องเดี่ยวที่มีความกว้าง 6 เซนติเมตร จงหาว่าเมื่อคลื่นผ่านช่องเดี่ยวนั้นจะเกิดแนวบัพขึ้นทั้งหมดกี่แนว (และแนวปฏิบัพกี่แนว)

<u>Ex10</u> คลื่นน้ำหน้าตรงเคลื่อนที่เข้าหาช่องเปิดเดี่ยวกว้าง 1.0 เมตร และช่องเปิดห่างจากแนวสังเกต 10.0 เมตร จงหาว่า บัพที่ 1 และ 2 ที่ปรากฏบนแนวสังเกต ห่างจากแนวกลางของช่องเปิดเดี่ยวเท่าใด กำหนดให้ ความยาวคลื่นเป็น 0.5 เมตร

<u>Ex11</u> คลื่นหน้าตรงเคลื่อนที่ผ่านช่องเดี่ยวที่มีความกว้าง 3 เซนติเมตร เมื่อความถี่ของคลื่นเป็น 20 Hz มีแนวบัพเกิดขึ้น โดยแนวบัพเส้นที่สองจะเบนไปจากแนวตรงกลางเป็นมุม 60° จงหาค่าความเร็วของคลื่นนี้

ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 1

บทที่ 10. เสียง

สารบัญ บทที่ 10. เสียง

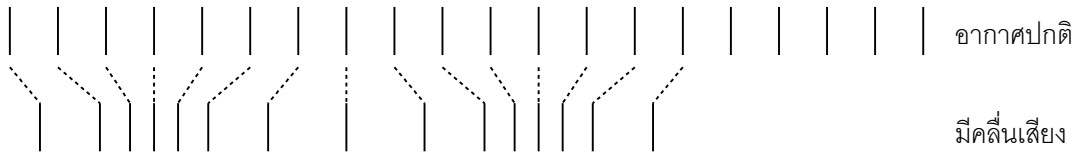
VDO ครั้งที่	เวลา (ชั่วโมง)	เรื่องที่สอน	หน้า
VDO ครั้งที่ 1	0:28	1. เสียงและสมบัติของเสียง	1 – 3
VDO ครั้งที่ 2	2:01	1. เสียงและสมบัติของเสียง	3 – 10
VDO ครั้งที่ 3	2:02	1. เสียงและสมบัติของเสียง 2. ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง	7 – 19
VDO ครั้งที่ 4	1:50	2. ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง 3. การบีตส์	19 – 29
VDO ครั้งที่ 5	2:07	4. การสั่นพ้องของเสียง	32 – 40
VDO ครั้งที่ 6	2:00	5. ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ 6. คลื่นกระแทก	44 – 52

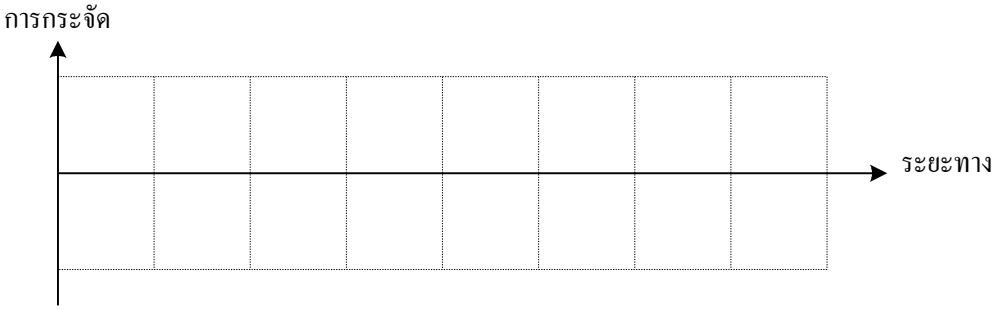
10. เสียง

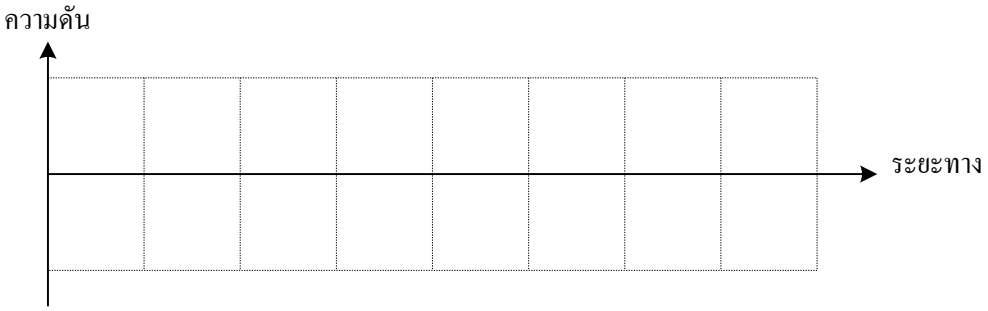
1. เสียงและสมบัติของเสียง

<u>1. **เสียง**</u> เกิดจากการสั่น (อัด-ขยาย) ของโมเลกุลอากาศ (ตัวกลาง) ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่จึงเป็น**คลื่นกล** และโมเลกุลอากาศสั่นในทิศเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงจึงเป็น**คลื่นตามยาว**

<u>กราฟการกระจัดของโมเลกุลอากาศกับระยะทาง, กราฟความดันกับระยะทางของคลื่นเสียง</u>





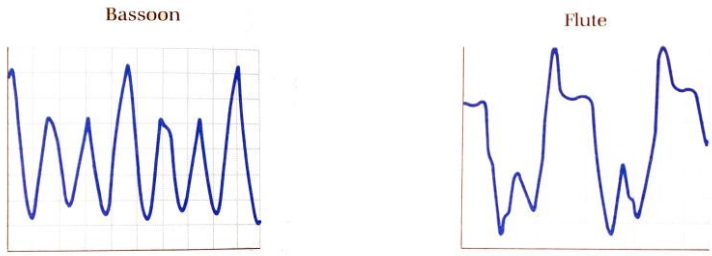


<u>สิ่งที่ควรรู้</u>

1. <u>ความถี่ของเสียง</u> บอกระดับเสียง โดยเสียงที่มีความถี่สูงจะเป็นเสียงแหลม เสียงที่มีความถี่ต่ำจะเป็นเสียงทุ้ม
   มนุษย์สามารถได้ยินเสียงที่มีความถี่ 20 - 20 000 Hz

2. <u>ความเข้มและระดับความเข้มเสียง</u> บอกความดัง – ค่อย ของเสียง
   มนุษย์สามารถได้ยินเสียงที่มีความเข้ม 10^{-12} - 1 W/m^2
   มนุษย์สามารถได้ยินเสียงที่มีระดับความเข้ม 0 – 120 dB

3. <u>คุณภาพเสียง</u> บอกลักษณะของคลื่นเสียง ซึ่งแหล่งกำเนิดเสียงต่างชนิดกันจะให้คลื่นเสียงที่มีลักษณะต่างกัน ทำให้สามารถแยกได้ว่า เป็นแหล่งกำเนิดเสียงใด



รูปร่างคลื่นเสียงของ Bassoon และ Flute ต่างกัน ทำให้เราสามารถแยกได้ว่าเป็นเสียงของอะไร

4. <u>อัตราเร็วเสียงในตัวกลางต่างชนิดกัน</u> จะต่างกัน ขึ้นกับสมบัติการอัดได้ของตัวกลางแต่ละชนิด
   เช่น $v_{\text{อากาศ}}$ = 331 m/s, $v_{\text{ไฮโดรเจน}}$ = 1,270 m/s, $v_{\text{น้ำ}}$ = 1,450 m/s, $v_{\text{เหล็ก}}$ = 5,100 m/s

   <u>อัตราเร็วของเสียงในของไหล</u>

B = ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของ Bulk (Bulk Modulus) (N/m^2)

$$= \frac{\Delta P}{\Delta V / V}$$

ρ = ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)

<u>อัตราเร็วของเสียงในของแข็ง</u>

Y = ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นของวัตถุ (N/m^2)

ρ = ความหนาแน่นของของแข็ง (kg/m^3)

<u>อัตราเร็วของเสียงในของแก๊ส</u>

γ, R = ค่าคงที่ของแก๊ส

M = มวลโมเลกุลของก๊าซ (kg)

T = อุณหภูมิในหน่วย K

2. อัตราเร็วเสียงในอากาศ

<u>2.1 อัตราเร็วเสียงที่ทุกอุณหภูมิ</u>

เมื่อ T = อุณหภูมิในหน่วย K

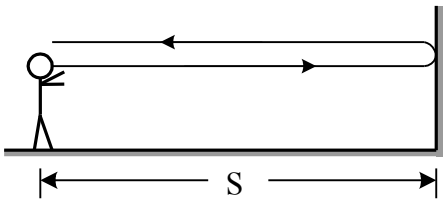
<u>2.2 อัตราเร็วเสียงโดยประมาณที่อุณหภูมิระหว่าง -30°C ถึง 45°C</u>

t = อุณหภูมิในหน่วย ^{0}C

<u>2.3 การเปรียบเทียบอัตราเร็วเสียง</u>

3. สมบัติของคลื่นเสียง

3.1 การสะท้อนของเสียง

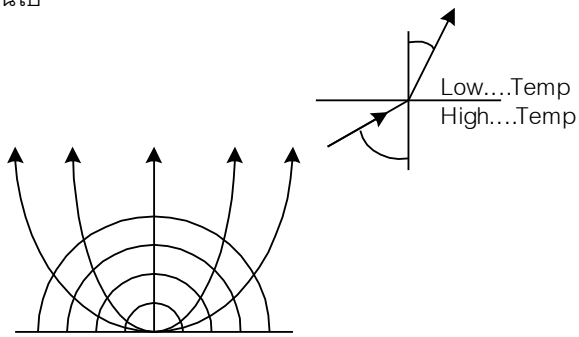


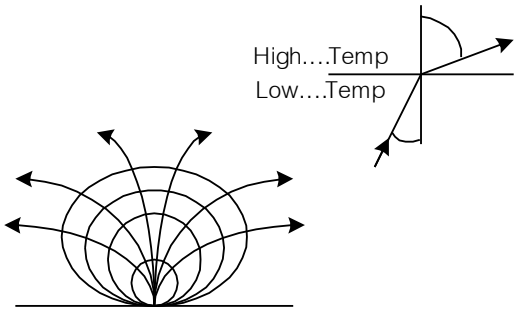
มนุษย์จะได้ยินเสียงก้อง (echo) หรือเสียงสะท้อน เมื่อเวลาที่เสียงใช้สะท้อนกลับมาถึงผู้ฟัง**มากกว่าเท่ากับ 0.1 วินาที**

คลื่นเสียงจะสะท้อนเมื่อสิ่งกีดขวาง**มีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับความยาวคลื่นเสียง**

3.2 การหักเหของเสียง

การหักเหของเสียงเกิดเมื่อเสียงเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีอุณหภูมิต่างกัน ทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของเสียงเปลี่ยนไป



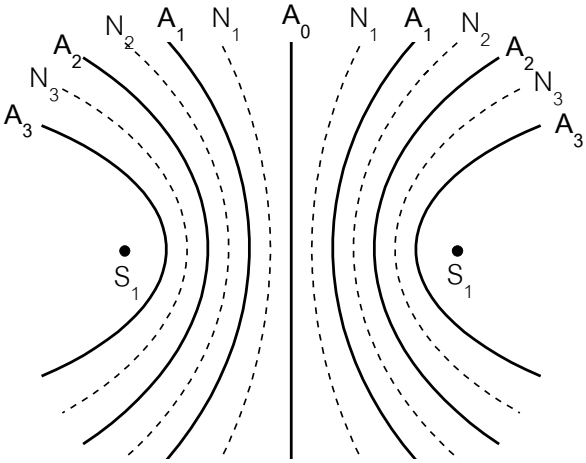


3.3 การแทรกสอดของเสียง

เกิดเมื่อมีแหล่งกำเนิดเสียงอาพัน 2 แหล่ง ทำให้เกิดตำแหน่งปฏิบัพและบัพ

ปฏิบัพ (A) ตำแหน่งที่มีการแทรกสอดแบบเสริมกันเสมอ จะมีเสียงดังกว่าปกติ

บัพ (N) ตำแหน่งที่มีการแทรกสอดแบบหักล้างกันเสมอ จะมีเสียงค่อยกว่าปกติ



Ex1 อัตราเร็วของเสียงในอากาศนิ่งขึ้นอยู่กับข้อใด (ตุลา 41)

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

Ex2 ข้อใดถูก

1. ส่วนอัดของคลื่นเสียง เป็นส่วนที่มีความดันน้อยกว่าความดันบรรยากาศ
2. คลื่นเสียงเป็นคลื่นตามขวาง, คลื่นแสงเป็นคลื่นตามยาว
3. ส่วนอัดของคลื่นเสียง จะมีการกระจัดของโมเลกุลอากาศเป็นศูนย์
4. อัตราเร็วเสียงในอากาศนิ่งขึ้นกับความถี่ของเสียง

Ex3 จงเรียงลำดับความเร็วเสียง เมื่อ

V_1 = ความเร็วเสียงในอากาศที่ 30 ^{0}C

V_2 = ความเร็วเสียงในอากาศที่ 0 ^{0}C

V_3 = ความเร็วเสียงในน้ำ

V_4 = ความเร็วเสียงในโลหะ

<u>Ex4</u> จงหาความเร็วเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ $5\ ^0C$, $15\ ^0C$ และ $100\ ^0C$

<u>Ex5</u> อัตราเร็วเสียงจากสมการ $v = 331\sqrt{T/273}$ เป็นอัตราเร็วของเสียงที่ถูกต้องที่ได้จากผลการทดลอง แต่สามารถประมาณได้จากสูตร $v = 331 + 0.6t$ เมื่ออุณหภูมิของอากาศอยู่ระหว่าง -35 ถึง 45^OC

ถ้าใช้สมการประมาณในการหาอัตราเร็วเสียงที่ 20^OC จะคำนวณอัตราเร็วเสียงคลาดเคลื่อนไปกี่เปอร์เซ็นต์

<u>Ex6</u> ถ้าอัตราเร็วเสียงในก๊าซหนึ่งที่อุณหภูมิ 27^0C วัดได้ 350 เมตร/วินาที ถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนไปเป็น 327^0C อัตราเร็วเสียงในก๊าซนั้นเป็นเท่าใด

<u>Ex7</u> เสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศบริเวณหนึ่งมีอัตราเร็ว 342 เมตร/วินาที เมื่อผ่านไปยังอีกบริเวณหนึ่งอัตราเร็วเปลี่ยนเป็น 345 เมตร/วินาที จงหาว่าบริเวณทั้งสองมีอุณหภูมิแตกต่างกันกี่องศาเซลเซียส

<u>Ex8</u> เรือได้ส่งสัญญาณไปยังเรือข้างเคียง เสียงได้เดินทาง 2 ทาง คือในอากาศ และในทะเล สัญญาณนี้ได้รับโดยเรือที่อยู่ข้างเคียงกินเวลาต่างกัน 5 s จงหาระยะห่างระหว่างเรือนี้กับเรือข้างเคียง
(อัตราเร็วเสียงในน้ำ = 1400 m/s, อัตราเร็วเสียงในอากาศ = 350 m/s)

<u>Ex9</u> ชายคนหนึ่งกำลังว่ายน้ำ เห็นเรือบรรทุกกำลังจะจม และเห็นแสงไฟจากการระเบิดของเรือ 1 ครั้ง แต่ปรากฏว่าได้ยินเสียงระเบิดตามมา 2 ครั้ง ในเวลาห่างกัน 2.4 วินาที ถ้าขณะนั้นอัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 340 เมตร / วินาที และอัตราเร็วเสียงในน้ำเท่ากับ 1496 เมตร / วินาที อยากทราบว่าตำแหน่งที่เรือจมอยู่ห่างจากชายคนนั้นเท่าใด

<u>Ex10</u> ในวันหนึ่ง มีอุณหภูมิ 15° C ชายคนหนึ่งตะโกนเข้าใส่หน้าผาสูง แล้วปรากฏว่าได้ยินเสียงสะท้อนกลับมาในเวลา 1.8 วินาที หน้าผานั้นอยู่ห่างจากเขาเท่าใด

<u>Ex11</u> ชายคนหนึ่งอยู่หน้ากำแพง หันหน้าตะโกนเข้าหากำแพง ถ้าเขาต้องการให้เกิดเสียงก้องเขาต้องอยู่ห่างจากกำแพงอย่างน้อยเท่าใด (อัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 340 เมตร/วินาที)

<u>Ex12</u> ชายคนหนึ่งยืนอยู่ระหว่างหน้าผา แล้วยิงปืนออกไป เขาได้ยินเสียงสะท้อนครั้งที่ 1 และ 2 หลังจากยิงปืน 1.5, 2.5 วินาที จงหาระยะห่างระหว่างหน้าผาทั้งสอง (อัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 340 เมตร/วินาที)

<u>Ex13</u> บอลลูนลอยขึ้นด้วยความเร็วสม่ำเสมอ 20 m/s ขณะที่อยู่สูงจากพื้นดินระยะหนึ่งส่งคลื่นเสียงความถี่ 1,000 Hz ลงมา และได้รับสัญญาณเสียงสะท้อนกลับเมื่อเวลา 4 s ขณะที่ส่งคลื่นเสียงบอลลูนลอยสูงจากพื้นเท่าใด ความเร็วเสียงขณะนั้นเป็น 350 m/s

<u>Ex14</u> เรือลำหนึ่งวิ่งเข้าหาหน้าผาเรียบด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที เมื่อเปิดหวูดขึ้นคนในเรือได้ยินเสียงหวูดสะท้อนจากหน้าผาในเวลา 2.0 วินาที ถ้าขณะนั้นความเร็วเสียงในอากาศเป็น 350 เมตรต่อวินาที ขณะเปิดหวูดเรือห่างจากหน้าผาเป็นระยะเท่าใด (มีนา 42)

1. 340 m
2. 350 m
3. 360 m
4. 370 m

<u>Ex15</u> ปล่อยก้อนหินลงไปในบ่อลึก 20 เมตร พบว่าอีก 2.06 วินาทีต่อมาได้ยินเสียงก้อนหินกระทบก้นบ่อ อัตราเร็วของเสียงที่ได้จากข้อมูลนี้เป็นเท่าใด (ตุลา 43)

1. 333 m/s
2. 340 m/s
3. 347 m/s
4. 352 m/s

<u>Ex16</u> โรงงานผลิตผลไม้กระป๋องแห่งหนึ่งต้องการคัดขนาดของผลไม้ ในขณะกำลังไหลผ่านมาตามรางน้ำ โดยอาศัยการสะท้อนของเสียงจากเครื่องโซนาร์ โดยต้องการแยกผลไม้ที่มีขนาดใหญ่กว่า และเล็กกว่า 7.5 เซนติเมตร ออกจากกัน จงหาความถี่ที่เหมาะสมของคลื่นโซนาร์ (ความเร็วของเสียงในน้ำ = 1500 เมตร/วินาที) (Ent35)

1. 1 กิโลเฮิรตซ์
2. 2 กิโลเฮิรตซ์
3. 10 กิโลเฮิรตซ์
4. 20 กิโลเฮิรตซ์

<u>Ex17</u> เสียงระเบิดใต้น้ำ หักเหขึ้นสู่อากาศโดยมีมุมตกกระทบ 30^0 จงหามุมหักเหที่ออกสู่อากาศ ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศและในน้ำเป็น 350 และ 1400 เมตร/วินาที ตามลำดับ

<u>Ex18</u> ถ้าสมมติว่าบนท้องฟ้าที่ฝนตกมีอุณหภูมิ -39 °C แต่บริเวณใกล้พื้นดินมีอุณหภูมิ 39 °C อยากทราบว่า เสียงฟ้าร้องจะต้องทำมุมตกกระทบเท่าใด คนที่พื้นจึงจะไม่ได้ยิน

<u>Ex19</u> เสียงเคลื่อนที่จากบริเวณที่ 1 ไปยังบริเวณที่ 2 ซึ่งอัตราเร็วเพิ่มขึ้นเป็น $\sqrt{2}$ เท่าของอัตราเร็วเดิม จงหามุมวิกฤตระหว่างบริเวณทั้งสอง

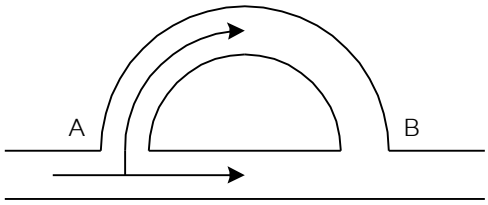
<u>Ex20</u> แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ห่างจากกำแพง 1.50 เมตร ผู้สังเกตยืนห่างจากกำแพงออกไป 5.00 เมตร ในแนวเดียวกับแหล่งกำเนิด สามารถรับเสียงได้ทั้งที่ออกจากแหล่งกำเนิดโดยตรง และจากการสะท้อนที่กำแพง ถ้าขณะนั้นความเร็วเสียงในอากาศมีค่า 348 เมตร/วินาที ความถี่ต่ำสุดของแหล่งกำเนิดที่ทำให้ผู้สังเกตได้ยินเสียงค่อยที่สุดมีค่ากี่เฮิรตซ์ (Ent36)

<u>Ex21</u> S_1, S_2 เป็นลำโพง 2 ตัว วางห่างกัน 2 เมตร ตำแหน่ง O ห่างจาก S_1, S_2 เป็นระยะ 6, 5 เมตร ตามลำดับ ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 340 m/s ความถี่เสียงต่ำที่สุดที่มีการแทรกสอดแบบหักล้างกัน แล้วทำให้ผู้รับเสียง ณ ตำแหน่ง O ได้ยินเสียงเบาที่สุด เป็นเท่าใด

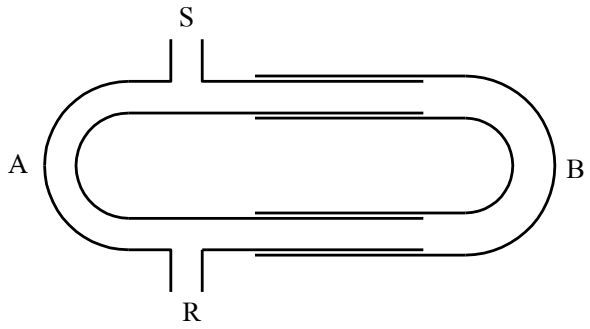
<u>Ex22</u> S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงที่ส่งคลื่นเสียงที่มีความถี่เท่ากัน ถ้าจุด X เป็นจุดที่ได้ยินเสียงดังมาก ห่าง S_1 เป็นระยะ 10 m ห่าง S_2 เป็นระยะ 12 m ความถี่ของคลื่นเสียงอย่างต่ำมีค่าเท่าใด ($V_{\text{เสียง}}$ = 340 m/s)

<u>Ex23</u> แหล่งกำเนิดเสียงความถี่ 680 Hz สองแหล่งวางห่างกัน 6 เมตร ถ้าเดินจากแหล่งกำเนิดเสียงตัวหนึ่งไปยังอีกตัวหนึ่งจะได้ยินเสียงเบาลงกี่ครั้ง (อากาศอุณหภูมิ 15 °C)

<u>Ex24</u> หลอดรูปครึ่งวงกลม มีรัศมีความโค้ง r ถ้าใส่คลื่นเสียงเข้าไปทางด้าน A ด้วยความยาวคลื่น λ ถามว่า r ต้องมีค่าน้อยสุดเท่าใด เสียงที่ออกทาง B จึงจะค่อยที่สุด



<u>Ex25</u> คลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิด S ในรูป ผ่านไปยังผู้สังเกตที่ R ตามหลอด A ซึ่งมีความยาวคงที่ และตามหลอด B ซึ่งปรับความยาวได้ ถ้าจากการทดลองพบว่า ผู้สังเกตที่ R ได้ยินเสียงค่อยและดังสลับกัน เมื่อเลื่อนหลอด B ออกห่างจากหลอด A ทุก ๆ 8 cm ถ้าความเร็วของเสียงในหลอดเท่ากับ 340 m/s จงหาความถี่ของเสียงนี้



<u>Ex26</u> คลื่นเสียงหนึ่งผ่านเข้าทางช่องหน้าต่างกว้าง 0.6 เมตร ในแนวตั้งฉาก ผู้ฟังที่ยืนข้างหน้าต่างจะได้ยินเสียงชัดเจน ถ้าขณะนั้นอากาศมีอุณหภูมิ $25^{\circ}C$ ความถี่ของเสียงนี้มีค่าเท่าใด

<u>การบ้าน 1 เสียงและสมบัติของเสียง</u>

1. ข้อใดต่อไปนี้ที่มีผลทำให้อัตราเร็วของคลื่นเสียงในอากาศเปลี่ยนแปลงได้ (Onet52)
   1. ลดความถี่ 2. เพิ่มความยาวคลื่น 3. เพิ่มแอมพลิจูล 4. ลดอุณหภูมิ

2. วงดนตรีที่ประกอบด้วยเครื่องดนตรีหลายชนิด เมื่อเล่นพร้อมกันแต่สามารถแยกได้ว่าเสียงใดเป็นเสียงไวโอลิน เสียงใดเป็นเสียงขลุ่ย และเสียงใดเป็นเสียงเปียโน เนื่องจากเสียงดนตรีแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะตามข้อใดที่ต่างกัน (Ent41)
   1. ระดับเสียง 2. ระดับความเข้มเสียง 3. ความถี่เสียง 4. คุณภาพเสียง

3. ถ้าดีดกีตาร์แล้วพบว่าเสียงที่ได้ยินต่ำกว่าปกติ จะมีวิธีปรับแก้ให้เสียงสูงขึ้นได้อย่างไร (Onet49)
   1. เปลี่ยนใช้สายเส้นใหญ่ขึ้น 2. ปรับสายให้หย่อนลง
   3. ปรับตำแหน่งสายให้ยาวขึ้น 4. ปรับสายให้ตึงขึ้น

4. ระดับเสียงและคุณภาพเสียงขึ้นอยู่กับสมบัติใด**<u>ตามลำดับ</u>** (Onet50)
   1. ความถี่ รูปร่างคลื่น 2. รูปร่างคลื่น ความถี่
   3. แอมพลิจูด ความถี่ 4. ความถี่ แอมพลิจูด

5. ข้อใดต่อไปนี้เป็นวัตถุประสงค์ของการบุผนังของโรงภาพยนตร์ด้วยวัสดุกลืนเสียง (Onet50)
   1. ลดความถี่ของเสียง 2. ลดความดังของเสียง
   3. ลดการสะท้อนของเสียง 4. ลดการหักเหของเสียง

6. ข้อใด**ไม่ถูกต้อง** (Onet52)
   1. ค้างคาวอาศัยคลื่นเสียงในย่านอินฟราโซนิกในการบอกทิศทางและจับเหยื่อ
   2. สุนัขสามารถได้ยินเสียงที่มีความถี่ในย่านอัลตราโซนิกได้
   3. เสียงที่มีความถี่ในย่านอินฟราโซนิกจะมีความถี่ต่ำกว่าความถี่ที่มนุษย์สามารถได้ยิน
   4. คลื่นเสียนอัตราโซนิกสามารถใช้ทำความสะอาดเครื่องมือแพทย์

7. เมื่อเสียงเดินทางจากแหล่งกำเนิดเสียงที่หยุดนิ่งผ่านตัวกลางหนึ่งเข้าไปในอีกตัวกลางหนึ่ง ปริมาณใดของเสียงที่**ไม่**เปลี่ยนแปลง (PAT2 มี.ค.52)
   1. ความถี่ 2. ความยาวเคลื่อน
   3. อัตราเร็วคลื่น 4. ไม่มีปริมาณใดที่ไม่เปลี่ยนแปลง

8. ขอบเขตความสามารถของการได้ยินเสียงของหูคนเราขึ้นอยู่กับปริมาณใดของเสียง
   1. ระดับความเข้มเสียง และความถี่ของเสียง 2. คุณภาพเสียงและความเข้มเสียง
   3. อัตราเร็วของเสียง และกำลังเสียง 4. แอมพลิจูด และความยาวคลื่น

9. การที่เกิดฟ้าแลบแล้วไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้องเป็นเพราะสมบัติใดของเสียง

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

10. สาเหตุที่ทำให้ประชาชนที่สถานีรถไฟหัวลำโพงฟังประกาศที่ให้รีบออกจากบริเวณชานชาลาไม่รู้เรื่อง และทำให้หนีรถไฟที่วิ่งเข้าชนชานชาลาไม่ทันนั้น น่าจะเป็นข้อใดมากที่สุด

1. ลำโพงติดตั้งสูงเกินไป ทำให้ระดับความเข้มเสียงที่มาถึงหูผู้ฟังมีค่าน้อย เนื่องจากความเข้มเสียงแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงไปยังผู้ฟัง
2. คนที่หนีไม่ทัน คือ คนที่ยืนอยู่ในบริเวณที่เสียงจากลำโพงสองตัวแทรกสอดกัน แล้วเกิดบัพหรือเป็นบริเวณใกล้กับที่เกิดบัพ ทำให้ได้ยินเสียงค่อยมาก
3. คนที่หนีไม่ทัน คือ คนที่ยืนอยู่ในบริเวณที่เสียงจากลำโพงสองตัวแทรกสอดกัน แล้วเกิดปฏิบัพหรือเป็นบริเวณใกล้กับที่เกิดปฏิบัพ ทำให้ได้ยินเสียงค่อยมาก
4. เสียงประกาศสะท้อนไปมาหลาย ๆ ครั้ง ทำให้ฟังไม่รู้เรื่องข

11. อัตราส่วนของอัตราเร็วเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ 77 ^{0}C ต่อ 427 ^{0}C เป็นเท่าใด

12. ส่วนอัดกับส่วนอัดที่ติดกันของคลื่นเสียงในอากาศวัดได้ 0.8 เมตร และแหล่งกำเนิดเสียงมีความถี่ 440 เฮิรตซ์ ขณะนั้นอากาสมีอุณหภูมิกี่องศาเซลเซียส

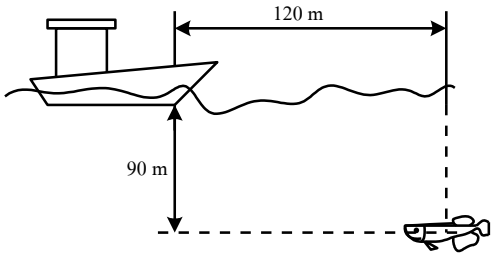
1. 15°C
2. 25°C
3. 35°C
4. 45°C

13. เครื่องโซนาร์ในเรือประมงได้รับสัญญาณสะท้อนจากท้องทะเล หลังจากส่งสัญญาณลงไปเป็นเวลา 0.4 วินาที ถ้าอัตราเร็วเสียงในน้ำเป็น 1500 เมตรต่อวินาที ทะเลมีความลึกเท่ากับข้อใด (Onet52)

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

14. เรือหาปลาลำหนึ่งตรวจหาฝูงปลาด้วยโซนาร์ โดยส่งคลื่นดลของเสียงความถี่สูงลงไปในทะเล ถ้าฝูงปลาอยู่ห่างจากเครื่องกำเนิดคลื่นไปทางหัวเรือเป็นระยะ 120 เมตร และอยู่ลึกจากผิวน้ำเป็นระยะ 90 เมตร หลังจากส่งคลื่นดลจากโซนาร์ไปเป็นเวลาเท่าใด จึงจะได้รับคลื่นที่สะท้อนกลับมา กำหนดให้ความเร็วเสียงในน้ำทะเลเท่ากับ 1,500 เมตร/วินาที (Ent37)

1. 0.1 s
2. 0.2 s
3. 0.3 s
4. 0.4 s



15. คลื่นเสียงเคลื่อนที่ในอากาศจากบริเวณที่มีอุณหภูมิ T_1 สู่บริเวณที่มีอุณหภูมิ T_2 โดย $T_2 = 1.21T_1$ กำหนดมุมตกกระทบเท่ากับ θ และมีมุมหักเหเท่ากับ θ จงหา $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$

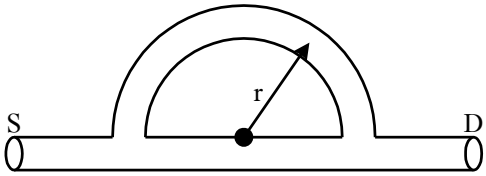
16. เสียงเดินทางจากบริเวณที่มีอากาศเย็น อุณหภูมิ $-73^{\circ}C$ เข้าสู่บริเวณที่มีอากาศร้อน อุณหภูมิ $39.5^{\circ}C$ จะเกิดปรากฏการณ์สะท้อนกลับหมดเมื่อเสียงทำมุมตกกระทบเท่าใดในบริเวณอากาศเย็น

1. 30°
2. 37°
3. 45°
4. 53°

17. ลำโพง 2 ตัว วางห่างกัน 2.5 เมตร ให้เสียงมีความถี่เท่ากัน 340 Hz ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 340 เมตร/วินาที ระหว่างลำโพงทั้งสองมีตำแหน่งที่เกิดเสียงดังและค่อยทั้งหมดกี่แนว

18. จากรูปเป็นท่อซึ่งตรงกลางมีทางแยกเป็นส่วนโค้งรูปครึ่งวงกลม รัศมี r เท่ากับ 14 เซนติเมตร ถ้าอัตราความเร็วของเสียงในท่อเท่ากับ 344 เมตรต่อวินาที ให้คลื่นเสียงเข้าไปในท่อทางด้าน S ความถี่ของเสียงที่ทำให้ผู้ฟังที่ปลายด้าน D ได้ยินเสียงค่อยที่สุดมีค่าเท่าใด (Ent41)

1. 287 Hz
2. 574 Hz
3. 718 Hz
4. 1075 Hz



2. ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง

1. **ความเข้มเสียง** (sound intensity, **I**) เป็น**อัตราส่วนของกำลังเสียง**ของแหล่งกำเนิด**ต่อพื้นที่รับเสียง** บอกความดัง - ค่อยของเสียง

I = ความเข้มเสียง ณ จุดใดๆ (Watt / m^2)

P = กำลังของแหล่งกำเนิดเสียง (Watt)

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\text{พลังงานเสียง(จูล)}}{\text{เวลา(วินาที)}}$$

2. **ระดับความเข้มเสียง** (sound level, β) เป็นปริมาณที่บอกความดัง – ค่อยของเสียง ในหน่วยเดซิเบล

β = ระดับความเข้มเสียง (dB)

I_0 = ความเข้มเสียงต่ำสุด (10^{-12} W/m^2)

สิ่งที่ควรรู้

ความเข้มเสียงน้อยที่สุด ที่คนเริ่มได้ยิน I_0 =.....Watt / m^2, จะได้ระดับความเข้ม β_0 =.....dB

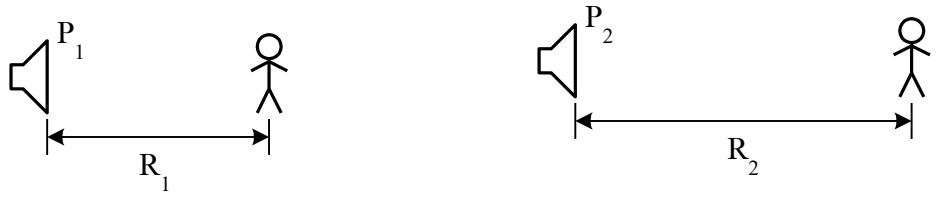
ความเข้มเสียงมากที่สุด ที่ได้ยินแล้วปวดหู I_{max} =.....Watt / m^2, จะได้ระดับความเข้ม β_{max} =.....dB

ความเข้มสัมพัทธ์ (Relative Intensity) คือ อัตราส่วนของความเข้มเสียงต่อความเข้มเสียงน้อยสุด

1 เบล = ... เดซิเบล

I (W/m^2)	10^{-12}	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^{0}
β (dB)													

3. การเปรียบเทียบความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียงสำหรับ 2 สภาวะ



4. ทบทวนลอการิธึมส์

1. นิยาม ถ้า $y = a^x$ แล้ว จะได้ว่า $x = \log_a y$ เมื่อ $a \neq 1$ และ n เป็นจำนวนจริง
2. สมบัติบางประการของลอการิธึมส์
   1. $\log_a 1 = 0$
   2. $\log_a a = 1$
   3. $\log a^n = n \log a$
   4. $\log ab = \log a + \log b$
   5. $\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$

Ex จงหาค่าของลอการิธึมส์ต่อไปนี้

1. log 80 = ……
2. log 0.0025 = ……
3. $\log \frac{6}{5} x10^{-5}$ = ……..

Ex ถ้า $\log\left(\frac{A}{10^{-12}}\right) = 0.3$ จงหาค่า A

<u>Ex1</u> แหล่งกำเนิดเสียงให้พลังงานเสียง $\pi x10^{-10}$ Watt อยากทราบว่าระยะห่างมากที่สุดที่สามารถได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดนี้เป็นเท่าใด

<u>Ex2</u> เสียงผ่านหน้าต่างในแนวตั้งฉาก มีค่าความเข้มเสียงที่ผ่านหน้าต่างเฉลี่ย $1.0x10^{-4}$ วัตต์ต่อตารางเมตร หน้าต่างกว้าง 80 เซนติเมตร สูง 150 เซนติเมตร กำลังเสียงที่ผ่านหน้าต่างมีค่าเท่าใด (Onet49)

1. $0.8x10^{-4}$ W
2. $1.2x10^{-4}$ W
3. $1.5x10^{-4}$ W
4. $8.0x10^{-4}$ W

<u>Ex3</u> แหล่งกำเนิดเสียงกำลัง 220 วัตต์ กระจายเสียงออกโดยรอบอย่างสม่ำเสมอ จงหาความเข้มของเสียงที่จุดซึ่งห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 100 เมตร ถ้าการแพร่ของคลื่นเสียงในช่วง 100 เมตร พลังงานเสียงถูกดูดกลืนไป 10 % (ตุลา 41)

1. 7.9×10^{-4} W/m^2
2. 9.0×10^{-4} W/m^2
3. 15.8×10^{-4} W/m^2
4. 18.0×10^{-4} W/m^2

<u>Ex4</u> แหล่งกำเนิดเสียงให้คลื่นมีพลังงาน $0.8\pi x10^{-3}$ จูล ในเวลา 2 วินาที ถ้าอากาศดูดกลืนพลังงานเสียง 20 % จงหาความเข้มเสียง ณ ตำแหน่ง 10 m จากแหล่งกำเนิดเสียง

<u>Ex5</u> ชายคนหนึ่งได้ยินเสียงความเข้ม 10^{-8} Watt/m^2 เขาเดินออกมาจนได้ยินเสียง 10^{-12} Watt/m^2 อยากทราบว่าเขาอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็นกี่เท่าของระยะเดิม

<u>Ex6</u> นาย ก และ นาย ข เห็นพลุลูกหนึ่งแตกกลางอากาศเป็นมุมเงย 37 และ 53 องศา ตามลำดับ ความเข้มของเสียงพลุที่นาย ก ได้ยิน เป็นกี่เท่าของความเข้มของเสียงพลุที่นาย ข ได้ยิน

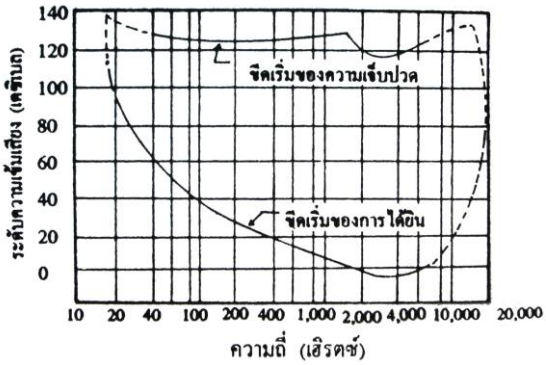
<u>Ex7</u> แหล่งกำเนิดเสียง 1 ตัว มีกำลัง 20 วัตต์ ณ จุด X วัดได้ว่าเสียงมีความเข้ม 10^{-3} Watt / m^2 หากเพิ่มแหล่งกำเนิดเสียงเป็น 10 ตัว จงหาระดับความเข้มเสียงที่จุด X

<u>Ex8</u> จุด A มีความเข้มเสียง 2×10^{-5} วัตต์ต่อตารางเมตร จุด A มีระดับความเข้มเท่าใด

<u>Ex9</u> ที่ตำแหน่งหนึ่งมีความเข้มสัมพัทธ์เป็น 8 จะมีระดับความเข้มเท่าใด (log 2 = 0.3)

<u>Ex10</u> จากกราฟแสดงช่วงความถี่และระดับความเข้มเสียงที่หูปกติสามารถรับรู้ สำหรับเสียงที่ความถี่ 40 เฮิรตซ์ ความเข้มเสียงที่คนเริ่มได้ยินมีค่าเท่าใด (ถ้าความเข้มเสียงต่ำสุดที่คนได้ยินเท่ากับ 10^{-12} W/m^2) (Ent37)

1. 10^{-12} W/m^2
2. 10^{-10} W/m^2
3. 10^{-8} W/m^2
4. 10^{-6} W/m^2



<u>Ex11</u> ถ้าระดับความเข้มเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงหนึ่งเปลี่ยนจาก 20 เดซิเบลเป็น 40 เดซิเบล ความเข้มเสียงเพิ่มขึ้นกี่เท่า (PAT2 ต.ค.52)

1. 2
2. 10
3. 20
4. 100

<u>Ex12</u> ระดับความเข้มเสียงในโรงงานแห่งหนึ่งมีค่า 80 เดซิเบล คนงานผู้หนึ่งใส่เครื่องครอบหูซึ่งสามารถลดระดับความเข้มลงเหลือ 60 เดซิเบล เครื่องดังกล่าวลดความเข้มเสียงลงกี่เปอร์เซ็นต์ (มีนา 44)

1. 80 %
2. 88 %
3. 98 %
4. 99 %

<u>Ex13</u> เสียงรบกวนบนถนนวัดระดับความเข้มเสียงได้ 90 เดซิเบล แต่ภายในรถยนต์ที่ปิดมิดชิด ระดับความเข้มเสียงลดเหลือ 70 เดซิเบล ถามว่าความเข้มเสียงภายในรถยนต์เป็นกี่เปอร์เซ็นต์ ของความเข้มเสียงนอกรถยนต์ (Anet49)

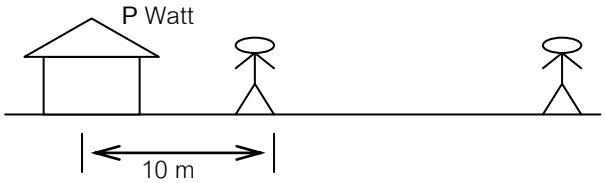
1. 77 %
2. 70 %
3. 20 %
4. 1 %

<u>Ex14</u> ไวโอลิน 1 ตัว ให้เสียงมีระดับความเข้มเสียง 30 dB ไวโอลิน 10 ตัว ให้เสียงมีระดับความเข้มเสียงเท่าใด

<u>Ex15</u> การแสดงดนตรีในสถานที่แห่งหนึ่ง บริเวณรอบ ๆ สถานที่ได้ติดตั้งวัสดุที่สามารถดูดกลืนเสียงได้อย่างสมบรูณ์ ผู้ชมการแสดงคนหนึ่งอยู่ห่างจากผู้เล่นดนตรีเป็นระยะทาง r ถ้าต้องการให้เสียงที่ได้ยินมีความเข้มเพิ่มขึ้น 2 เท่า ผู้ชมดนตรีจะต้องเปลี่ยนที่นั่งให้อยู่ห่างจากผู้แสดงเป็นระยะเท่าใด (Ent37)

1. $\frac{1}{\sqrt{2}}r$
2. $\frac{1}{2}r$
3. $\frac{1}{2\sqrt{2}}r$
4. $\frac{1}{4}r$

<u>Ex16</u> โรงงานแห่งหนึ่ง ส่งเสียงดัง P Watt นาย A, B ในรูป ได้ยินเสียงมีระดับความเข้ม 90, 70 dB ตามลำดับ จงหาว่า A, B อยู่ห่างกันกี่เมตร



<u>Ex17</u> ชายคนหนึ่งยืนห่างจากลำโพง 20 เมตร เขาได้ยินเสียง 80 dB ถ้าเขาเดินเข้าหาลำโพงเป็นระยะทางหนึ่ง จนเขาได้ ยินเสียง 100 dB จงหาระยะทางที่เขาเดิน

<u>Ex18</u> นักร้องหมู่ 40 คน จะส่งเสียงดัง 50 dB ที่ระยะห่าง 20 เมตร ถามว่าถ้ามีนักร้อง 50 คน จะให้ระดับความเข้มเสียงเท่าใด ที่ระยะ 25 เมตร

<u>Ex19</u> เสียงจากเครื่องจักรวัดระดับความเข้มเสียงที่ระยะห่าง 0.5 m เท่ากับ 100 dB ถ้ามีเครื่องจักรที่ให้กำลังเสียงเท่ากับเครื่องนี้เดินพร้อมกัน 2 เครื่อง ผู้สังเกตสวมเครื่องป้องกันเสียง ซึ่งลดความเข้มเสียงได้ 95 % จะได้ยินเสียงที่มีระดับความเข้มเสียงเท่าใด ขณะยืนห่างจากเครื่องจักร 4 m

<u>การบ้าน 2 ความเข้มและระดับความเข้มเสียง</u>

1. แมลงวันกระพือปีก ส่งพลังงานเสียง $4\pi \times 10^{-12}$ Watt คนจะได้ยินเสียงแมลงวันบินห่างจากคนไกลสุดกี่เมตร

2. ณ จุดหนึ่ง เสียงจากเครื่องจักรมีระดับความเข้มเสียงวัดได้ 50 เดซิเบล จงหาความเข้มเสียงจากเครื่องจักร ณ จุดนั้น กำหนดให้มีความเข้มเสียงที่เริ่มได้ยินเป็น 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร (ตุลา 43)

   1. 10^{-5} W/m^2
   2. 10^{-7} W/m^2
   3. 10^{-9} W/m^2
   4. 10^{-17} W/m^2

3. คลื่นเสียงถูกส่งออกจากแหล่งกำเนิดเสียงที่เป็นจุด กำลังเสียงที่ส่งออกไปมีค่า 3.14 วัตต์ ผู้ฟังได้ยินระดับความเข้มเสียงเป็น 80 เดซิเบล จงหาระยะห่างระหว่างผู้ฟังกับแหล่งกำเนิดเสียง (Ent48)

   1. 25 m
   2. 50 m
   3. 100 m
   4. 180 m

4. แหล่งกำเนิดเสียงให้ความเข้มเสียง 120 เดซิเบล บนพื้นที่ 1 cm^2 ในเวลา 2 วินาที จะมีพลังงานเสียงเท่าใด

5. หูได้รับระดับความเข้มเสียง 40 dB โดยไม่มีการสะท้อน ถ้าหากแก้วหูที่รับพลังงานมีพื้นที่ 8×10^{-5} m^2 ดังนั้นใน 1 s หูจะได้รับพลังงานกี่จูล

6. ชายคนหนึ่งสวมเครื่องป้องกันเสียง ซึ่งลดความเข้มเสียงได้ 84.5% เมื่อเขาอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 3 เมตร พบว่า เสียงมีความเข้ม 120 dB จงหากำลังของแหล่งกำเนิดเสียง (π=3.1)

7. ตำแหน่ง A และ B อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงซึ่งมีกำลังคงที่เป็นระยะทางไม่เท่ากัน ถ้าความเข้มของเสียงที่ตำแหน่ง A เป็น 1000 เท่าของความเข้มเสียงที่ตำแหน่ง B จงหาความแตกต่างของระดับความเข้มเสียงระหว่างตำแหน่งทั้งสอง (Ent36)

1. 10 dB
2. 20 dB
3. 30 dB
4. 40 dB

8. นักร้องประสานเสียง 1 คน ทำให้คนฟังที่ระยะหนึ่งได้ยินเสียง 60 dB เมื่อเพิ่มจำนวนนักร้องเป็น 10 คน คนฟังที่ระยะเดียวกันนี้ จะได้ยินเสียงกี่ dB

9. เครื่องเจาะถนนเครื่องหนึ่ง อยู่ห่างจากนาย ก. 10 เมตร เขาวัดระดับความเข้มเสียงได้เป็น 90 เดซิเบล ถ้ามีเครื่องเจาะสามเครื่องที่เหมือนกันทุกประการอยู่ห่างจากเขา 10 เมตรเท่ากัน เมื่อเครื่องเจาะทั้งสามทำงานพร้อมกัน เขาจะวัดระดับความเข้มเสียงได้เป็นเท่าใด (ตุลา 45)

1. 93 dB
2. 95 dB
3. 120 dB
4. 270 dB

10. ระดับเสียงจากการทำงานของเครื่องจักร 5 เครื่อง มีค่าเป็น 100 เดซิเบล ถ้าเดินเครื่องจักรเพียง 1 เครื่อง ระดับเสียงใหม่จะเป็นเท่าใด (Anet50)

1. 93 dB
2. 83 dB
3. 60 dB
4. 20 dB

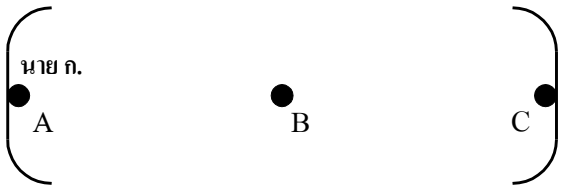
11. ในการทดลองเรื่องความเข้มของเสียง วัดความเข้มของเสียงที่ตำแหน่งที่อยู่ห่างไป 10 เมตรจากลำโพงได้ 1.2×10^{-2} วัตต์ต่อตารางเมตร ความเข้มเสียงที่ตำแหน่ง 30 เมตรจากลำโพงจะเป็นเท่าใด (มีนา 44)

1. 1.1×10^{-2} W/m^2
2. 0.6×10^{-2} W/m^2
3. 0.4×10^{-2} W/m^2
4. 0.13×10^{-2} W/m^2

12. ระดับความเข้มเสียงที่ระยะ 3 เมตรห่างจากแหล่งกำเนิดวัดได้ 120 เดซิเบล จงหาว่าที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดนี้เท่าไร จึงจะวัดระดับความเข้มเสียงได้ 100 เดซิเบล (มีนา 47)

1. 3.6 m
2. 4.3 m
3. 10.8 m
4. 30 m

13. นาย ก ยืนที่ขอบสนามหญ้าด้านหนึ่ง (จุด A) ซึ่งรถตัดหญ้าทำงานอยู่กึ่งกลางสนาม (จุด B) จะวัดระดับความเข้มเสียงได้ 77.34 เดซิเบล ถ้ารถตัดหญ้าเลื่อนไปอยู่ที่ขอบสนามด้านตรงข้าม (จุด C) จะวัดระดับความเข้มเสียงได้กี่เดซิเบล (มีนา 46)



14. ลำโพงตัวหนึ่งให้เสียงที่มีความเข้ม I_0 ที่ระยะห่างจากลำโพง 10 เมตร ถ้าต้องการเสียงความเข้ม $2I_0$ จะต้องไปอยู่ที่ตำแหน่งซึ่งห่างจากลำโพงเท่าใด (ตุลา 45)

1. 5 m
2. 7 m
3. 14 m
4. 20 m

15. ถ้าสมมติว่าขณะเครื่องบินโดยสารไอพ่นกำลังบินขึ้นจากสนามบิน ก่อให้เกิดเสียงที่มีระดับความเข้มเสียง 120 เดซิเบล ณ จุดที่ห่างจากเครื่องบิน 200 เมตร จะต้องปลูกบ้านห่างจากสนามบินไปไกลเท่าใด จึงจะได้ยินเสียงเครื่องบินดังไม่เกิด 80 เดซิเบล (Ent35)

1. 10 กิโลเมตร
2. 20 กิโลเมตร
3. 30 กิโลเมตร
4. 40 กิโลเมตร

16. ลำโพง A และ B มีกำลังเสียง 1.0 และ 4.0 วัตต์ตามลำดับ ระดับความเข้มเสียงที่ตำแหน่งห่างจาก A เท่ากับ 2 เมตร กับระดับความเข้มเสียงที่ตำแหน่งห่างจาก B เท่ากับ 4 เมตร ต่างกันกี่เดซิเบล (ในการวัดระดับความเข้มเสียงนั้นทำคนละเวลา) (ตุลา 47)

1. 0
2. 3
3. 12
4. 30

17. มอเตอร์ไซค์เหมือน ๆ กัน 3 คัน แล่นมาจากปากซอย พอมาถึงกลางซอย คันหนึ่งจอดและดับเครื่องยนต์ นาย ก. ซึ่งมีบ้านอยู่สุดซอย จะวัดความแตกต่างของระดับความเข้มเสียงจากมอเตอร์ไซค์ที่ปากซอยกับที่กลางซอยได้กี่เดซิเบล (ตุลา 46)

1. 4.3 dB
2. 3.0 dB
3. 2.3 dB
4. 1.2 dB

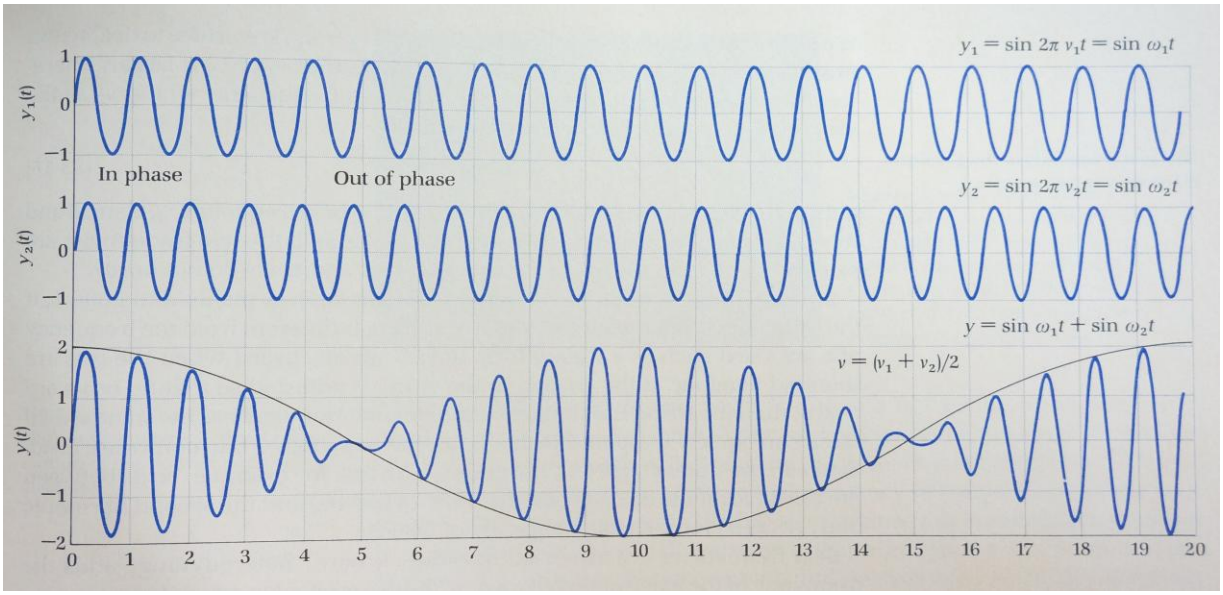
3. การบีตส์ (Beats)

<u>บีตส์ (beats)</u> เกิดจากการได้ยินเสียงจาก**แหล่งกำเนิดเสียง 2 แหล่ง** ที่มี**ความถี่ใกล้เคียงกัน ไปรวมกัน** จะได้ยินเสียง **ดัง – ค่อย** สลับกัน

ความถี่บีตส์มากสุดที่มนุษย์ได้ยิน คือ 7 Hz

f_b = ความถี่บีตส์ = จำนวนครั้งของเสียงดังค่อยใน 1 วินาที

$\overline{f}$ = ความถี่เฉลี่ย = ความถี่ของเสียงที่ได



<u>Ex1</u> สมบัติตามข้อใดของคลื่นเสียงที่เกี่ยวข้องกับการเกิดบีตส์ (Onet52)

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

<u>Ex2</u> เมื่อจะทำการทดลองเกี่ยวกับสมบัติของคลื่นเสียงเรื่องบีตส์ เราจำเป็นต้องใช้ (Ent31)

1. เครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง 1 เครื่อง ลำโพง 1 ตัว
2. เครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง 1 เครื่อง ลำโพง 2 ตัว
3. เครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง 2 เครื่อง ลำโพง 2 ตัว
4. เครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง 3 เครื่อง ลำโพง 3 ตัว

<u>Ex3</u> คลื่น 2 ขบวน A และ B แอมปลิจูดเท่ากัน มีความถี่ 200 และ 204 Hz ตามลำดับ ถ้าคลื่นทั้งสองเข้ารวมกันเป็นคลื่น C จงหาความถี่ของคลื่น C และความถี่บีตส์ของคลื่น C

<u>Ex4</u> คลื่นเสียง 2 ขบวน มาพบกัน เกิด 5 บีตส์/วินาที และได้ยินเสียงความถี่ 350 Hz จงหาความถี่จริงของคลื่นทั้งสองนี้

<u>Ex5</u> ส้อมเสียงอันหนึ่งมีความถี่ 675 เฮิรตซ์ เคาะพร้อมกับส้อมเสียงอันที่สองจะเกิดเสียงบีตส์ทุก 0.25 วินาที ส้อมเสียงอันที่สองมีความถี่เท่าใดได้บ้าง

<u>Ex6</u> ถ้าต้องการให้ได้ยินเสียงดัง-ค่อยสลับกันไป 50 ครั้ง ในเวลาครึ่งนาที จะต้องเคาะส้อมเสียงที่มีความถี่ 500 เฮิรตซ์ พร้อมส้อมเสียงที่มีความถี่กี่เฮิรตซ์

<u>Ex7</u> เคาะส้อมเสียงอันหนึ่งพร้อมกับส้อมเสียงมาตรฐาน ความถี่ 453 Hz ปรากฏว่าได้ยินเสียงบีตส์ 4 ครั้ง/วินาที ถ้านำขี้ผึ้งมาติดกับส้อมเสียงอันนั้น ปรากฏว่าความถี่บีตส์จะเพิ่มขึ้น ส้อมเสียงอันนั้นมีความถี่เท่าไร

<u>Ex8</u> ส้อมเสียง A ความถี่ 600 Hz เคาะกับส้อมเสียง B ได้ยินเสียงดัง-ค่อยสลับกันไป 30 ครั้งในเวลา 5 วินาที ถ้าขัดสนิมออกจากส้อมเสียง A ปรากฏว่าเสียงดัง-ค่อยสลับกันไปลดลง จงหาความถี่ของส้อมเสียง B

<u>Ex9</u> ส้อมเสียง X และ Y เคาะรวมกันเกิดบีต 5 ครั้ง ในเวลา 1 s และถ้าเคาะ Y และ Z ร่วมกันเกิดบีต 2 ครั้ง ในเวลา 1 วินาที ถ้าเคาะ X และ Z ร่วมกันจะเกิดบีตกี่ครั้งในเวลา 1 วินาที

<u>การบ้าน 3 การบีตส์</u>

1. ในการเทียบเสียงกีตาร์กับหลอดเทียบเสียงมาตรฐาน เมื่อดีดสายกีตาร์พร้อมกับหลอดเทียบเสียงเกิดบีตส์ขึ้นที่ความถี่หนึ่ง แต่เมื่อขันให้สายตึงขึ้นเล็กน้อยความถี่ของบีตส์สูงขึ้น ความถี่ของเสียงกีตาร์เดิมเป็นอย่างไร (Onet51)

1. สูงกว่าเสียงมาตรฐาน
2. ต่ำกว่าเสียงมาตรฐาน
3. เท่ากับเสียงมาตรฐาน
4. อาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าเสียงมาตรฐานก็ได้

2. ในการปรับเทียบเสียงของเปียโนระดับเสียง C โดยเทียบส้อมเสียงความถี่ 256.0 Hz ถ้าได้ยินเสียงบีตส์ความถี่ 3.0 ครั้ง/วินาที ความถี่ที่เป็นไปได้ของเปียโนมีค่าเท่าใด (Ent40)

1. 256 Hz
2. 254.5 หรือ 257.5 Hz
3. 253 หรือ 259 Hz
4. 250 หรือ 262 Hz

3. คลื่นเสียง 2 ขบวนมาพบกัน เกิดเสียงดัง-ค่อยสลับกัน 21 ครั้ง ในเวลา 3 วินาที และได้ยินเสียงที่ความถี่ 650 Hz จงหาความถี่จริงของคลื่นเสียงทั้งสองนี้

4. ลวดขึงตึงสองเส้นให้เสียงที่มีความถี่มูลฐาน 110.0 เฮิรตซ์ และ 110.8 เฮิรตซ์ ตามลำดับ ถ้าดีดลวดทั้งสองเส้นนี้พร้อมกันจะได้ยินเสียงดัง-ค่อยสลับกัน ถามว่าภายใน 20 วินาที จะได้ยินเสียงดังขึ้นกี่ครั้ง (มีนา 47)

1. 16
2. 20
3. 25
4. 32

5. นักดนตรีคนหนึ่งเล่นไวโอลิน ความถี่ 507 เฮิรตซ์ และนักดนตรีอีกคนหนึ่งเล่นกีตาร์ ความถี่ 512 เฮิรตซ์ ถ้าทั้งสองคนเล่นพร้อมกันจะเกิดปรากฏการณ์บีตส์ที่ความถี่เท่าใด (Ent41)

1. 2.5 Hz
2. 5.0 Hz
3. 10 Hz
4. 509.5 Hz

6. เคาะส้อมเสียง A ความถี่ 420 Hz พร้อมกับส้อมเสียง B พบว่าเกิดบีตส์ 15 ครั้งใน 5 วินาที เมื่อนำดินน้ำมันติดที่ส้อมเสียง B แล้วเคาะพร้อมกัน ปรากฏว่าเกิดบีตส์เพิ่มขึ้น จงหาความถี่ของส้อมเสียง B

7. มีส้อมเสียง 2 อัน A และ B ($f_B > f_A$) เคาะส้อมเสียงเทียบกันจะเกิดบีตส์ 4 Hz ถ้าติดพลาสเตอร์เล็ก ๆ เข้ากับส้อมเสียง A แล้วเคาะเทียบกันจะเกิดบีตส์ 6 Hz เมื่อติดพลาสเตอร์เข้าที่ B ด้วย จะเกิดบีตส์ 3 Hz จงหาว่าเมื่อแกะพลาสเตอร์เฉพาะอัน A ออกจะเกิดเสียงบีตส์เท่าใด

4. การสั่นพ้องของเสียง

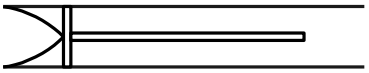
1. การสั่นพ้องของเสียง (การกำทอน, เรโซแนนซ์)

เกิดเมื่อ อนุภาคของอากาศ มี**ความถี่ในการสั่นเท่ากับความถี่ธรรมชาติ**ของหลอดเรโซแนนซ์ **ทำให้หลอดเรโซแนนซ์เกิดเสียงดังขึ้น (สั่นมากขึ้น)**

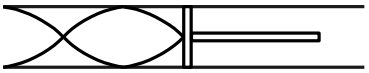
(**ความถี่ธรรมชาติ** → ความถี่ของวัตถุที่สามารถสั่นหรือ**แกว่งได้อย่างอิสระ**)

2. การสั่นพ้องของหลอดเรโซแนนซ์แบบลูกสูบ

หลอดเรโซแนนซ์ที่เป็นลูกสูบ จะเกิดเสียงดัง (สั่นพ้อง) เมื่อคลื่นเสียงจากภายนอกมีความยาวคลื่นในหลอดลูกสูบเป็นดังนี้



ตำแหน่งแรกของลูกสูบที่เกิดการสั่นพ้อง



ตำแหน่งที่สองของลูกสูบที่เกิดการสั่นพ้อง

ตำแหน่งที่สามของลูกสูบที่เกิดการสั่นพ้อง

Ex1 จากการทดลองการสั่นพ้องของเสียง ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงมีความถี่ 4000 Hz และทำการทดลองในห้องปรับอากาศที่มีอุณหภูมิ 20 °C ถ้าครั้งแรกที่เกิดกำทอนลูกสูบยาว 2.7 cm จงหาว่าเมื่อเกิดกำทอนครั้งที่สอง ลูกสูบจะยาวเท่าใด

<u>Ex2</u> ส้อมเสียงอันหนึ่งสั่นพ้องกับหลอดแบบลูกสูบ โดยตำแหน่งของลูกสูบห่างจากปากหลอดเมื่อเกิดเสียงดังครั้งแรก 8.0 cm และครั้งที่สอง 25.0 cm จงหา

1. ความยาวคลื่นของเสียงในหลอดทดลอง ……..
2. ตำแหน่งของลูกสูบที่สามารถเกิดเสียงดังครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4 …….
3. ถ้าขณะนั้นอากาศมีอุณหภูมิ $15^{\circ}C$ ความถี่ของส้อมเสียงเป็นเท่าใด .....

<u>Ex3</u> ในการทดสอบสั่นพ้องของเสียงโดยใช้หลอดเรโซแนนซ์ ถ้าความถี่ของเสียงเท่ากับ 500 เฮิรตซ์ และความเร็วของคลื่นเสียงเท่ากับ 340 เมตร/วินาที ขณะค่อย ๆ เลื่อนตำแหน่งของลูกสูบพบว่าเกิดเสียงดังที่สุดครั้งแรกที่ 16 เซนติเมตรจากปากหลอด ตามหลักการคาดว่าเสียงดังที่สุดครั้งที่สองจะเกิดเมื่อลูกสูบอยู่ห่างจากปากหลอดเป็นระยะเท่าไร (มีนา 45)

1. 48 cm
2. 50 cm
3. 51 cm
4. 84 cm

<u>Ex4</u> ส้อมเสียง A กำทอนกับท่อเรโซแนนซ์ เกิดเสียงดังครั้งแรกเมื่อระดับน้ำต่ำกว่าปากท่อ 32.0 เซนติเมตร และดังครั้งที่สองเมื่อระดับน้ำต่ำกว่าปากท่อ 100.0 เซนติเมตร

ส้อมเสียง B เกิดเสียงดังครั้งแรกเมื่อระดับน้ำต่ำกว่าปากท่อ 24.0 เซนติเมตร และดังครั้งที่สองเมื่อระดับน้ำต่ำกว่าปากท่อ 74.0 เซนติเมตร ถ้าส้อมเสียง A มีความถี่ 250 Hz จงหาความถี่ของส้อมเสียง B

และเมื่อเคาะส้อมเสียงทั้งสองพร้อมกัน จะได้ยินเสียงความถี่เท่าใดและมีความถี่บีตส์เท่าใด

<u>Ex5</u> ส้อมเสียงให้เสียงความถี่ 686 Hz วางใกล้หลอดเรโซแนนซ์แบบลูกสูบที่มีความยาว 2 เมตร เมื่อค่อย ๆ เลื่อนลูกสูบให้อยู่ห่างจากปากหลอดมากขึ้นเรื่อย ๆ จะทำให้เกิดเสียงดังจากปากหลอดเรโซแนนซ์ทั้งหมดกี่ครั้ง (ขณะนั้นอากาศมีอุณหภูมิ $20^{\circ}C$

<u>Ex6</u> เมื่อนำลำโพงที่กำลังส่งเสียงความถี่ 700 เฮิรตซ์ ไปจ่อที่ปลายเปิดของหลอดแก้วที่มีปลายอีกข้างหนึ่งปิดอยู่และตั้งอยู่บนพื้นราบ ถามว่าจะต้องเติมน้ำลงในหลอดแก้วกี่ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อทำให้ได้ยินเสียงดังมากกว่าปกติออกมาจากหลอดแก้ว กำหนดให้หลอดแก้วมีพื้นที่หน้าตัด 10 ตารางเซนติเมตร ยาว 13 เซนติเมตร และความเร็วเสียงในอากาศเป็น 350 เมตร/วินาที (Ent32)

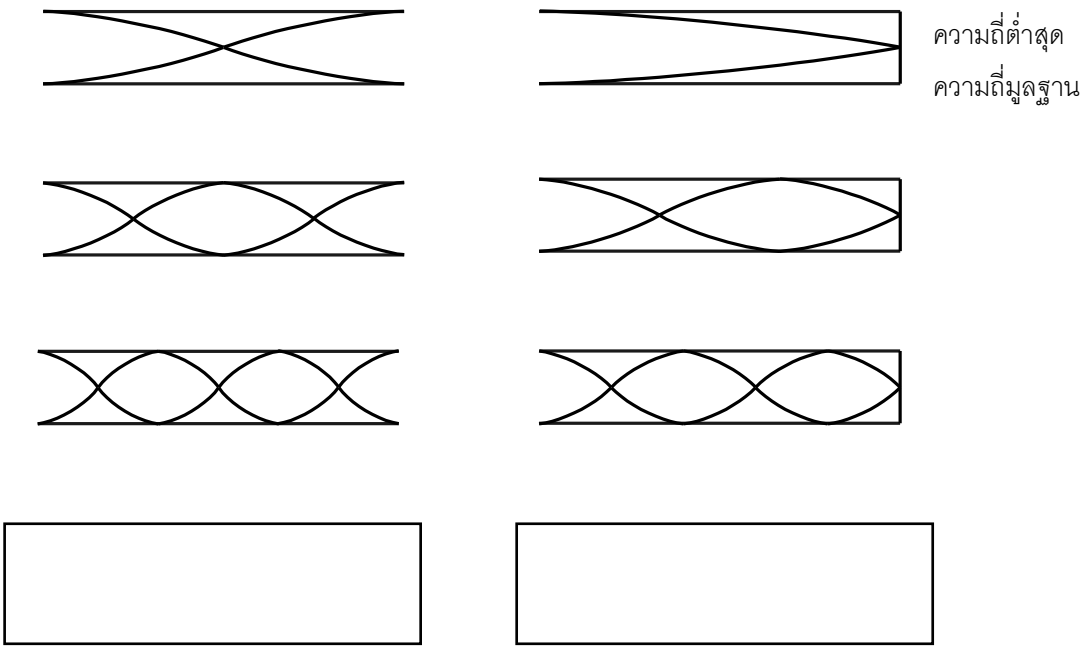
1. 1
2. 3
3. 5
4. ไม่มีโอกาสทำได้

3. การสั่นพ้องของท่อปลายเปิด - ปิด

ความถี่ของคลื่นนิ่งในหลอดทดลอง

1. **ความถี่มูลฐาน** (Fundamental) คือ **ความถี่ต่ำสุด**ที่ทำให้เกิดการสั่นพ้อง
2. **โอเวอร์โทน** (Overtone) คือ **ความถี่ถัดจากความถี่มูลฐาน**, **จำนวน** Loop
3. **ฮาร์โมนิค** (Harmonic) คือ **ความถี่ที่เป็นจำนวนเท่า**ของความถี่มูลฐาน

ท่อปลายเปิด / ปิด จะเกิดเสียงดัง (สั่นพ้อง) เมื่อคลื่นเสียงจากภายนอกมีความยาวคลื่นในท่อปลายเปิด / ปิด เป็นดังนี้



4. การสั่นพ้องและบีตส์

<u>Ex1</u> นำแหล่งกำเนิดเสียงที่สามารถปรับความถี่ได้ มาจ่อที่ปากท่อปลายปิดด้านหนึ่ง แหล่งกำเนิดเสียงจะต้องให้เสียงที่มีความถี่เท่าใดบ้าง จึงจะเกิดเสียงดังจากท่อปลายปิดด้านหนึ่งที่ยาว 0.5 เมตร ($v_{อากาศ}$ = 340 m/s)

<u>Ex2</u> นำแหล่งกำเนิดเสียงที่สามารถปรับความถี่ได้ มาจ่อที่ปากท่อปลายเปิดสองด้าน แหล่งกำเนิดเสียงจะต้องให้เสียงที่มีความถี่เท่าใดบ้าง จึงจะเกิดเสียงดังจากท่อปลายเปิดสองด้านที่ยาว 0.4 เมตร ($v_{อากาศ}$ = 340 m/s)

<u>Ex3</u> ท่อปลายเปิดด้านหนึ่งปิดด้านหนึ่ง มีความถี่มูลฐานของการสั่นพ้อง 1,000 เฮิรตซ์ เมื่อตัดท่อนี้ให้สั้นลง ความถี่มูลฐานของท่อที่สั้นลงนี้เป็นอย่างไร

1. มากกว่า 1,000 เฮิรตซ์
2. น้อยกว่า 1,000 เฮิรตซ์
3. เท่ากับ 1,000 เฮิรตซ์
4. ไม่สามารถตอบได้

<u>Ex4</u> ถ้าขณะนั้นอากาศมีอุณหภูมิ 15 ^{o}C ส้อมเสียงอันหนึ่งมีความถี่ 680 Hz จะต้องใช้ท่อปลายปิดด้านหนึ่งยาวเท่าใด จึงจะทำให้เกิดการสั่นพ้องเป็นฮาร์โมนิกที่ 3

<u>Ex5</u> หลอดเรโซแนนซ์ปลายเปิดด้านหนึ่ง มีความยาว 2 เมตร ความยาวคลื่นของฮาร์มอนิกที่สามเท่ากับกี่เมตร (PAT2 ต.ค.52)

1. 1.33
2. 1.6
3. 2.67
4. 4

<u>Ex6</u> หลอดกำทอนปลายเปิดทั้ง 2 ข้าง เมื่อเกิดกำทอนกับคลื่นเสียงที่มีความถี่ 350 เฮิรตซ์ ภายในหลอดจะมีตำแหน่งบัพกี่บัพ ถ้าหลอดยาว 1.5 เมตร และความเร็วเสียงในอากาศขณะนั้นเท่ากับ 350 เมตร/วินาที (Ent33)

1. 1 บัพ
2. 2 บัพ
3. 3 บัพ
4. 4 บัพ

<u>Ex7</u> ท่อออร์แกนปลายปิดอันหนึ่งยาว 30 cm ถ้าเป่าในวันที่อากาศอุณหภูมิ 15°C จะได้เสียงฮาร์โมนิกที่ 5 ด้วยความถี่เท่าใด และคนปกติจะได้ยินเสียงจากท่อออร์แกนนี้ถึงฮาร์โมนิกที่เท่าใด

<u>Ex8</u> ท่อปลายปิดอันหนึ่งยาว 12 cm สามารถกำทอนครั้งแรกกับส้อมเสียงอันหนึ่งความถี่ 696 Hz จงหาว่าอุณหภูมิต้องเพิ่มกี่องศาเซลเซียส จึงทำให้เสียงหลักมูลของท่อนี้เกิดบีต 5 ครั้ง/วินาที กับส้อมเสียงที่มีความถี่ 696 Hz

<u>Ex9</u> ท่อปลายเปิดทั้งสองข้างยาว 5.9 เมตร และท่อปลายปิดข้างหนึ่งเปิดข้างหนึ่งยาว 3.0 เมตร ความถี่มูลฐานของคลื่นเสียงที่เกิดจากท่อทั้งสองนี้เมื่อรวมกันจะเกิดบีตส์ที่มีความถี่ 5 เฮิรตซ์ ความถี่มูลฐานของท่อปลายปิดข้างหนึ่งในหน่วยเฮิรตซ์มีค่าเท่าใด (Ent34)

<u>Ex10</u> ท่อออร์แกนปลายเปิดสองท่อซึ่งยาว 240 เซนติเมตร และ 242 เซนติเมตร ให้เสียงความถี่มูลฐานพร้อมกันทั้งสองท่อ จะเกิดเสียงบีตส์กี่ครั้งในเวลา 10 วินาที ถ้าความเร็วเสียงในอากาศคือ 348 เมตร/วินาที (Ent36)

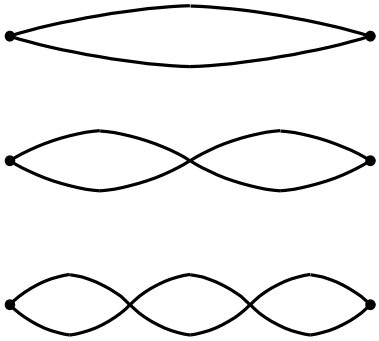
1. 2 ครั้ง
2. 3 ครั้ง
3. 4 ครั้ง
4. 6 ครั้ง

<u>Ex11</u> ท่อทรงกระบอกปลายเปิดสองข้างจำนวน 2 ท่อ ท่อสั้นยาว 1 เมตร จงหาความยาวของอีกท่อหนึ่ง ที่ทำให้เกิดความถี่บีตส์ 10 ครั้ง/วินาที จากความถี่มูลฐานของท่อทั้งคู่ เมื่อถูกกระตุ้นพร้อมกัน (กำหนดให้อัตราเร็วเสียงในอากาศ = 350 เมตร/วินาที) (Ent48)

1. $\frac{165}{175}$ m
2. $\frac{175}{165}$ m
3. $\frac{185}{175}$ m
4. $\frac{175}{185}$ m

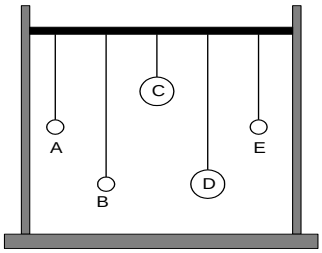
5. การสั่นพ้องของลวดขึงตึง (สายกีตาร์)

ลวดขึงตึงจะเกิดเสียงดัง (สั่นพ้อง) เมื่อคลื่นเสียงจากภายนอกมีความยาวคลื่นดังนี้



Ex1 ลูกตุ้ม A B C D และ E แขวนกับเชือกที่ขึงตึง ดังแสดงในรูป เมื่อผลักลูกตุ้ม A ให้แกว่ง ลูกตุ้มใดจะแกว่งตามลูกตุ้ม A อย่างเด่นชัด (ตุลา 44)

1. ลูกตุ้ม B
2. ลูกตุ้ม C
3. ลูกตุ้ม D
4. ลูกตุ้ม E



Ex2 ลวดขึงตึงเส้นหนึ่งยาว 1.0 เมตร เมื่อดีดลวดนี้จะได้ยินเสียงความถี่เท่าใด กำหนดความเร็วของคลื่นในลวดเป็น 400 เมตร/วินาที

<u>Ex3</u> เส้นลวดโลหะยาว 0.25 เมตร ที่ขึงตึง เกิดการสั่นพ้องที่ความถี่ต่ำสุดกับส้อมเสียงความถี่ 500 เฮิรตซ์ ความเร็วของคลื่นบนเส้นลวดเป็นกี่เมตรต่อวินาที (ตุลา 47)

1. 125
2. 250
3. 340
4. 500

<u>Ex4</u> ลวดขึงตึงเส้นหนึ่งมีค่าความถี่ของฮาร์มอนิกที่ติดกันสองค่าเป็น 1,920 เฮิรตซ์ และ 2,240 เฮิรตซ์ และความเร็วคลื่นในลวดเส้นนี้เป็น 640 เมตร/วินาที จงหาความยาวของลวด (Anet50)

1. 0.5 m
2. 1.0 m
3. 1.5 m
4. 2.0 m

<u>Ex5</u> ขึงลวด 2 เส้นด้วยความตึงเท่ากัน เมื่อดีดพร้อมกันจะได้ยินความถี่เท่าใด และเป็นจังหวะกี่ครั้งใน 1 s กำหนดให้ความยาวเชือกทั้งสองเป็น 100 cm และ 102 cm ตามลำดับ กำหนดความเร็วของคลื่นในลวดเป็น 640 m/s

<u>การบ้าน 4 การสั่นพ้องของเสียง</u>

1. ส้อมเสียงอันหนึ่งมีความถี่ 1020 เฮิรตซ์ เคาะเหนือท่อเรโซแนนซ์แบบลูกสูบ ถ้าขณะนั้นอากาศมีอุณหภูมิ $15^{o}C$ ระยะระหว่างตำแหน่งของลูกสูบที่เกิดเสียงดังสองครั้งติดกันเป็นเท่าใด

2. การทดลองหลอดเรโซแนนซ์ ใช้แหล่งกำเนิดเสียง 500 Hz พบว่าตำแหน่งของลูกสูบขณะเกิดเสียงดังครั้งแรกและครั้งที่สองคือ 0.15 m และ 0.49 m ตามลำดับ จงหาความเร็วของเสียงในหน่วย m/s

3. เคาะส้อมเสียงความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ เหนือปากท่อซึ่งสามารถปรับความยาว L ของปากท่อได้ พบว่าเกิดการสั่นพ้องของเสียงในท่อเมื่อความยาวของลำอากาศ L ในท่อเป็น 9.5 และ 26.7 เซนติเมตรตามลำดับ อัตราเร็วเสียงในอากาศมีค่ากี่เมตรต่อวินาที (Ent48)

1. 321
2. 331
3. 344
4. 354

4. ในการทดลองเรื่องการสั่นพ้องของเสียง ใช้ส้อมเสียงความถี่ค่าหนึ่ง ทำให้เกิดการสั่นพ้องที่ตำแหน่ง 115 365 และ 615 มิลลิเมตรตามลำดับ ถ้าอัตราเร็วของเสียงเท่ากับ 340 เมตร/วินาที ความถี่ของส้อมเสียงที่ใช้มีค่ากี่เฮิรตซ์ (Ent40)

5. หลอดแก้วรูปทรงกระบอกปลายปิดข้างหนึ่ง ถ้านำมาใส่น้ำให้มีระดับต่าง ๆ กัน แล้วนำส้อมเสียงที่กำลังสั่นให้เกิดเสียงไปไว้ใกล้ปากหลอด จะพบว่ามีความสูงของน้ำในหลอดแก้ว 2 ค่าที่ทำให้เกิดเสียงดังกว่าเดิม ครั้งแรกมีน้ำในหลอดแก้วสูง 15 เซนติเมตร ครั้งที่ 2 มีน้ำในหลอดแก้วสูง 47 เซนติเมตร ส้อมเสียงสั่นด้วยความถี่กี่เฮิรตซ์ ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศขณะนั้นมีค่า 352 เมตรต่อวินาที (มีนา 43)

6. ส้อมเสียงอันหนึ่ง เมื่อเคาะเหนือท่อเรโซแนนซ์ เกิดเสียงดังครั้งแรกเมื่อน้ำอยู่ต่ำจากปากท่อ 17 เซนติเมตร และดังครั้งที่สองเมื่อน้ำอยู่ต่ำจากปากท่อ 53 เซนติเมตร ส้อมเสียงอีกอันหนึ่งมีความถี่ 450 เฮิรตซ์ ทำให้เกิดเสียงดังครั้งที่สอง เมื่อน้ำอยู่ต่ำจากปากท่อ 59 เซนติเมตร และดังครั้งที่สามเมื่อน้ำอยู่ต่ำจากปากท่อ 99 เซนติเมตร ส้อมเสียงอันแรกมีความถี่กี่เฮิรตซ์ (ตุลา 46)

7. ลวดสายกีตาร์ขึงอยู่ระหว่างจุดตรึง 2 จุด ห่างกัน 40 เซนติเมตร เมื่อดีดให้เสียงหลักที่ความถี่ 512 เฮิรตซ์ ความเร็วของคลื่นในสายลวดเป็นเท่าไหร่ (Ent37)

1. 204.8 m/s
2. 256.0 m/s
3. 409.6 m/s
4. 512.0 m/s

8. สายโลหะขึงตึงยาว 0.5 เมตร ให้เกิดเสียงความถี่ 2.20 กิโลเฮิรตซ์ และ 2.64 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ฮาร์มอนิกที่อยู่ติดกัน จงหาอัตราเร็วของคลื่นเสียงในสายโลหะ (Ent48)

1. 220 m/s
2. 440 m/s
3. 550 m/s
4. 1,100 m/s

9. ความถี่ต่ำสุดของเสียงที่เกิดขึ้นจากการเทน้ำลงไปในท่อน้ำลึก 4 m เป็นเท่าใด กำหนดอัตราเร็วคลื่นเสียงเป็น 320 m/s

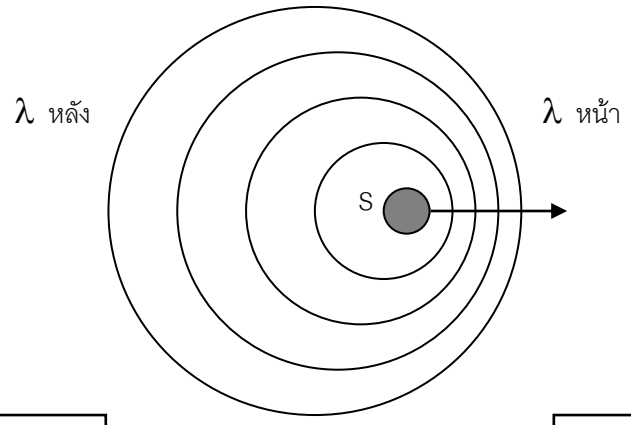
10. ถ้าความถี่มูลฐานที่เกิดจากท่อแบบปลายเปิดทั้งสองด้านมีความยาวเท่ากับ L_1 และท่อปลายปิดด้านหนึ่งมีความยาว L_2 มีค่าความถี่เท่ากัน จงหาอัตราส่วน $L_1 : L_2$

5. ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

<u>1. **ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์**</u> คือ ปรากฏการณ์ที่ผู้ฟัง**ได้ยินเสียงมีความถี่เปลี่ยนไปจากความถี่จริง**ของแหล่งกำเนิด เนื่องจาก**แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ หรือ/และ ผู้ฟังเคลื่อนที่**

<u>**2. ความยาวคลื่นด้านหน้าและด้านหลังแหล่งกำเนิด**</u>

เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ อัตราเร็วเสียงในอากาศจะมีค่าคงที่ แต่ความยาวคลื่นด้านหน้าแหล่งกำเนิดจะน้อยลง ความยาวคลื่นด้านหลังแหล่งกำเนิดจะมากขึ้น



<u>**3. ความถี่ของเสียงที่ผู้ฟังได้ยิน**</u>

เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ ความยาวคลื่นด้านหน้าแหล่งกำเนิดลดลงแต่ความถี่ของเสียงด้านหน้าจะสูงขึ้น และความยาวคลื่นด้านหลังแหล่งกำเนิดเพิ่มขึ้นแต่ความถี่ของเสียงด้านหลังจะต่ำลง สามารถหาความถี่ได้ดังนี้

f_0 = ความถี่คลื่นเสียง เมื่อแหล่งกำเนิดและผู้สังเกตอยู่นิ่ง

f = ความถี่ที่ผู้ฟังได้ยิน

v = อัตราเร็วของคลื่นเสียงในอากาศ

v_S = อัตราเร็วของแหล่งกำเนิดเสียง

v_L = อัตราเร็วของผู้สังเกต

<u>กรณี 1</u> แหล่งกำเนิดและผู้ฟังเคลื่อนที่เข้าหากัน

<u>กรณี 2</u> แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ตามผู้ฟัง

<u>กรณี 3</u> ผู้ฟังเคลื่อนที่ตามแหล่งกำเนิด

<u>กรณี 4</u> แหล่งกำเนิดและผู้ฟังเคลื่อนที่ออกจากกัน

<u>Ex1</u> ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่เข้าหาโกเอกที่อยู่นิ่ง ความถี่ของเสียงที่โกเอกได้ยินจะเป็นอย่างไร

1. สูงกว่าความถี่แหล่งกำเนิด
2. ต่ำกว่าความถี่แหล่งกำเนิด
3. เท่ากับความถี่แหล่งกำเนิด
4. ถูกทุกข้อ

<u>Ex2</u> ถ้าโกเอกวิ่งออกจากแหล่งกำเนิดเสียงที่อยู่นิ่ง ความถี่ของเสียงที่โกเอกได้ยินจะเป็นอย่างไร

1. สูงกว่าความถี่แหล่งกำเนิด
2. ต่ำกว่าความถี่แหล่งกำเนิด
3. เท่ากับความถี่แหล่งกำเนิด
4. ถูกทุกข้อ

<u>Ex3</u> ในขณะที่แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ในอากาศนิ่ง ข้อความใดต่อไปนี้ถูก (ตุลา 42)

1. ความยาวคลื่นเสียงที่อยู่ด้านหน้าแหล่งกำเนิดจะสั้นกว่าความยาวคลื่นเสียงที่อยู่ด้านหลังแหล่งกำเนิด
2. ความถี่เสียงที่จุดด้านหน้าแหล่งกำเนิดจะต่ำกว่าความถี่เสียงที่จุดด้านหลังแหล่งกำเนิด
3. ความเร็วเสียงด้านหน้าแหล่งกำเนิดจะสูงกว่าความเร็วเสียงด้านหลังแหล่งกำเนิด
4. ความเร็วเสียงด้านหน้าแหล่งกำเนิดจะต่ำกว่าความเร็วเสียงด้านหลังแหล่งกำเนิด

<u>Ex4</u> รถไฟเปิดหวูดมีความถี่ 3,000 Hz แล่นด้วยความเร็ว 20 m/s ถ้าเสียงมีความเร็วในอากาศ 330 m/s จงหาความยาวคลื่นเสียงหน้ารถไฟและหลังรถไฟ

<u>Ex5</u> รถไฟสองคันแล่นสวนกันบนรางขนานกันด้วยความเร็วคันละ 100 m/s ในขณะที่เสียงมีความเร็ว 340 m/s ถ้าคันใดคันหนึ่งเปิดหวูดด้วยความถี่ 4,000 Hz อีกคันหนึ่งจะได้ยินเสียงความถี่เท่าใด

<u>Ex6</u> แหล่งกำเนิดเสียงและผู้ฟังเคลื่อนที่ออกจากกันในแนวเส้นตรงเดียวกัน ผู้ฟังได้ยินเสียงมีความถี่ 3300 Hz ถ้าอัตราเร็วของแหล่งกำเนิดเป็น 20 เมตร/วินาที และอัตราเร็วของผู้ฟังเป็น 10 เมตร/วินาที แหล่งกำเนิดเสียงมีความถี่จริงเท่าใด ถ้าขณะนั้นอากาศมีอุณหภูมิ 15 $^{\circ}$C

<u>Ex7</u> เด็กคนหนึ่งยืนอยู่ที่ชานชาลาได้ยินเสียงหวูดรถไฟที่มีความถี่ 273 เฮิรตซ์ จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ (Ent39)

ก. รถไฟเปิดหวูดความถี่ 300 เฮิรตซ์ กำลังแล่นห่างออกไปจากเด็ก

ข. รถไฟเปิดหวูดความถี่ 300 เฮิรตซ์ กำลังแล่นเข้าหาเด็ก

ค. รถไฟเปิดหวูดความถี่ 250 เฮิรตซ์ กำลังแล่นห่างออกไปจากเด็ก

ง. รถไฟเปิดหวูดความถี่ 250 เฮิรตซ์ กำลังแล่นเข้าหาเด็ก

ข้อความที่เป็นไปได้คือ

1. ก 2. ข 3. ก และ ง 4. ข และ ค

<u>Ex8</u> เรือกำลังแล่นออกจากหน้าผาด้วยความเร็ว 40 เมตร/วินาที เมื่อเรือเปิดหวูดความถี่ 500 Hz คนบนเรือจะได้ยินเสียงสะท้อนจากหน้าผาด้วยความถี่เท่าใด (อัตราเร็วเสียงในอากาศ = 340 m/s)

<u>Ex9</u> ค้างคาวตัวหนึ่งบินเข้าหากำแพงด้วยความเร็ว 20 เมตรต่อวินาที ส่งเสียงร้องด้วยความถี่ 20,000 เฮิรตซ์ ตลอดเวลา ถ้าขณะนั้นอากาศมีอุณหภูมิ 15 $^{\circ}$C ค้างคาวได้ยินเสียงท้อนจากกำแพงมีความถี่เท่าใด

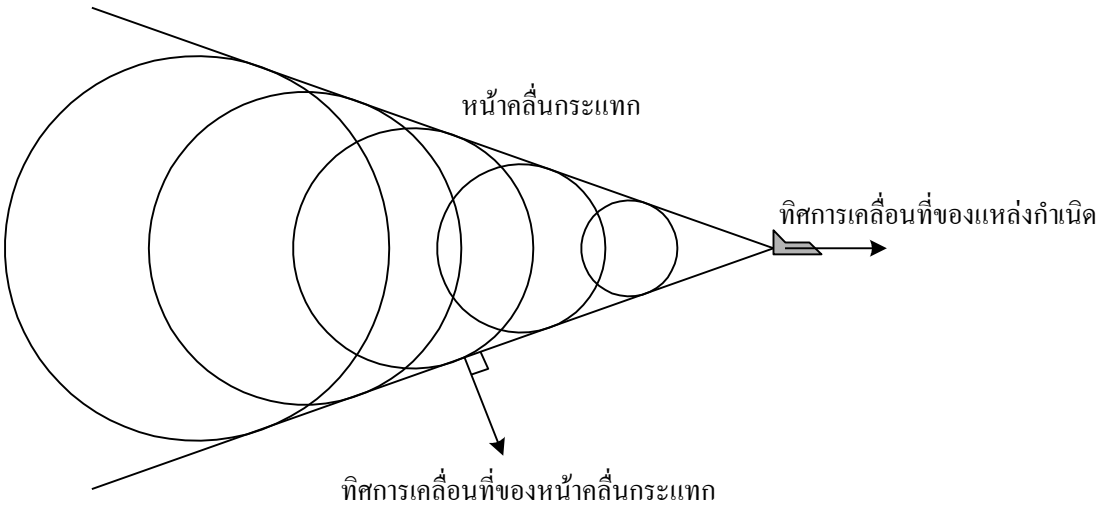
<u>Ex10</u> ชายคนหนึ่งยืนอยู่หน้าบ้านได้ยินเสียงรถพยาบาลเปิดหวอกำลังวิ่งเข้ามามีความถี่ 1400 Hz เมื่อรถพยาบาลวิ่งเลยเขาไป ได้ยินเสียงหวอมีความถี่ 1050 Hz ถ้าอัตราเร็วเสียงขณะนั้นเป็น 350 เมตร/วินาที จงหาความถี่ที่แท้จริงของเสียงหวอ

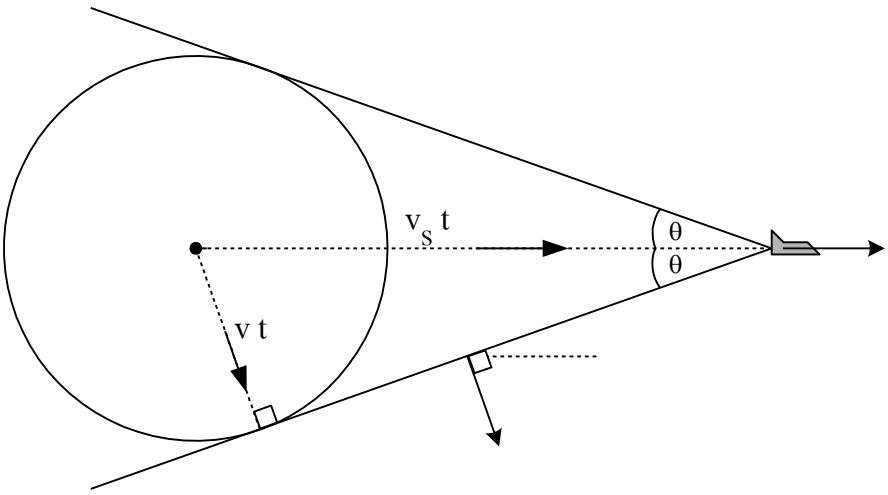
<u>Ex11</u> แหล่งกำเนิดเสียงความถี่ 1,500 เฮิรตซ์ เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 32 เมตร/วินาที และอัตราเร็วเสียงในอากาศนิ่งเป็น 330 เมตร/วินาที ผู้ฟังเคลื่อนที่เข้าหาแหล่งกำเนิดในทิศสวนทางกันด้วยอัตราเร็ว 8 เมตร/วินาที ถ้าขณะนั้นมีลมพัดจากแหล่งกำเนิดเข้าหาผู้ฟังด้วยอัตราเร็ว 2 เมตร/วินาที ผู้ฟังได้ยินเสียงความถี่เท่าใด

6. คลื่นกระแทก (Shock Wave)

ปรากฏการณ์ที่แหล่งกำเนิดเสียง **เคลื่อนที่ด้วยความเร็วมากกว่าความเร็วเสียง**ที่ปล่อยออกมา เสียงที่ถูกส่งออกมาจะไปรวมตัวทางด้านข้างแหล่งกำเนิดเป็นรูปกรวย แหล่งกำเนิดจะอยู่ตรงยอดกรวย

เลขมัค (mach number) คือ อัตราเร็วของแหล่งกำเนิดซึ่งบอกเป็นจำนวนเท่าของอัตราเร็วเสียง





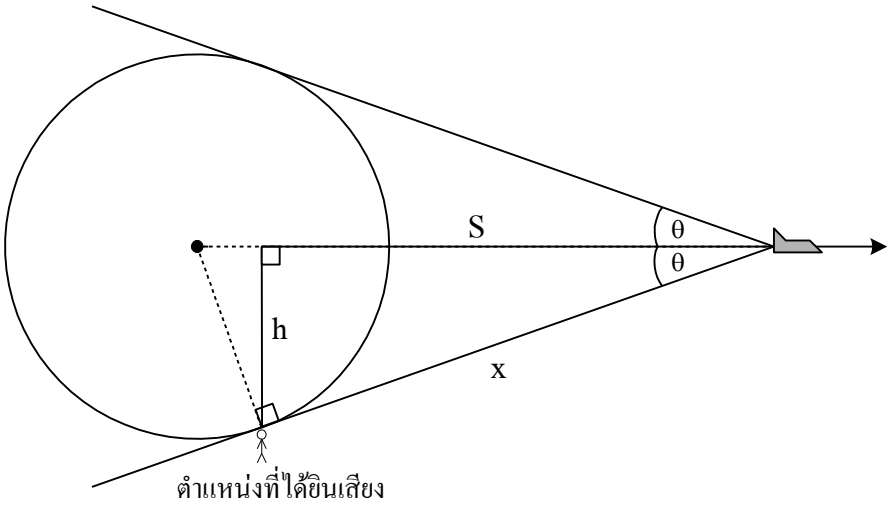
เมื่อ v = อัตราเร็วของเสียง

v_S = อัตราเร็วของแหล่งกำเนิด

M = เลขมัคของแหล่งกำเนิด

θ = มุมระหว่างทิศการเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิดกับหน้าคลื่นกระแทก

= ครึ่งหนึ่งของมุมยอดกรวยคลื่นกระแทก



เมื่อ h = ความสูงของแหล่งกำเนิด

x = ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดกับผู้ฟัง ขณะได้ยินเสียง

S = ระยะที่แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ผ่านศีรษะผู้ฟัง จนกระทั่งได้ยินเสียง

<u>Ex1</u> เครื่องบินไอพ่นบินด้วยความเร็ว 2 มัค ถ้าขณะนั้น อัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 350 เมตร/วินาที

1. จงหาอัตราเร็วของเครื่องบิน ……..
2. มุมระหว่างทิศการเคลื่อนที่ของเครื่องบินกับหน้าคลื่นกระแทก ……..
3. มุมยอดกรวยของคลื่นกระแทก ……..
4. ถ้าเครื่องบินบินสูงจากพื้นดิน 10 กิโลเมตร ผู้ฟังที่พื้นจะได้ยินเสียงเครื่องบินเมื่อ เครื่องบินอยู่ห่างผู้ฟังเท่าใด …….....
5. ผู้ฟังที่พื้นจะได้ยินเสียงเครื่องบินเมื่อเครื่องบินผ่านศีรษะไปแล้วกี่วินาที ……

<u>Ex2</u> ชายคนหนึ่งยืนอยู่ใต้ทางบินของเครื่องบิน ที่บินเร็วกว่าเสียงด้วยความเร็วคงที่ในแนวระดับ เขาพบว่าเมื่อเครื่องบินบินผ่านศีรษะในแนวดิ่งไปแล้วนาน 8.0 s ก็ได้ยินเสียงเครื่องบิน และขณะนั้นเขาวัดมุมเงยของเครื่องบินเป็นมุม 37^0 ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศสม่ำเสมอเป็น 330 m/s

1. อัตราเร็วของเครื่องบินมีค่าเท่าใด ……..
2. เครื่องบินบินด้วยเลขมัคเท่าใด ……..
3. มุมยอดกรวยของคลื่นกระแทก ……...
4. เครื่องบินบินสูงจากพื้นเท่าใด ……
5. ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นกระแทกทำมุมเท่าใดกับทิศการเคลื่อนที่ของเครื่องบิน ……

<u>Ex3</u> เครื่องบินมีอัตราเร็ว 1.25 มัค จะทำให้มุมระหว่างหน้าคลื่นกระแทกกับแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องบินเป็นเท่าใด

<u>Ex4</u> เรือยนต์แล่นด้วยความเร็ว 20 เมตรต่อวินาที ในขณะที่คลื่นน้ำมีอัตราเร็ว 12 เมตรต่อวินาที ถ้าเรือแล่นขนานฝั่งทะเลสาบในแนวห่างฝั่ง 45 เมตร จงหา

1. มุมระหว่างทิศการเคลื่อนที่ของเรือกับทิศการเคลื่อนที่ของหน้าคลื่นกระแทกเป็นเท่าใด .....
2. ถ้ามีผู้สังเกตอยู่ที่ฝั่ง เรือแล่นผ่านผู้สังเกตไปกี่วินาที คลื่นจึงกระทบฝั่ง ……

<u>Ex5</u> ขณะที่เครื่องบินอยู่สูงจากพื้นดิน 10 km กำลังบินตามแนวระดับด้วยอัตราเร็ว 680 m/s ชายคนหนึ่งอยู่ที่พื้นดินจะได้ยินเสียงของเครื่องบิน เมื่อเครื่องบินอยู่ห่างจากตัวเขาเท่าใด (กำหนด ความเร็วเสียงในอากาศเป็น 340 เมตร/วินาที)

<u>Ex6</u> จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ (Ent38)

ก. ความถี่ของเสียงที่ได้ยินเปลี่ยนไปจากเดิม เมื่อผู้ฟังเคลื่อนที่ออกจากต้นกำเนิดเสียง

ข. คลื่นกระแทกเกิดเมื่อต้นกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมาก แต่ไม่เกินความเร็วของเสียง

ค. การเกิดคลื่นด้านหลังของเสาสะพานในน้ำตามชายทะเลหรือในทะเลสาบ แสดงปรากฏการณ์การเลี้ยวเบนของคลื่น

ง. การบีตส์ของเสียงเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเสียงทั้งสองคลื่นมีความถี่ต่างกันมากกว่า 10 เฮิรตซ์

ข้อความที่ถูกต้องคือ

1. ก ข และ ค 2. ข และ ค 3. ก และ ค 4. คำตอบเป็นอย่างอื่น

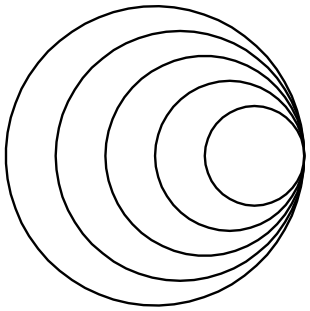
<u>การบ้าน 5 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์</u>

1. รถพยาบาลแล่นด้วยอัตราเร็ว 25 เมตร/วินาที ส่งเสียงไซเรนมีความถี่ 400 เฮิรตซ์ ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 350 เมตร/วินาที ความยาวคลื่นเสียงไซเรนหน้ารถพยาบาลเป็นเท่าใด (ตุลา 46)

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

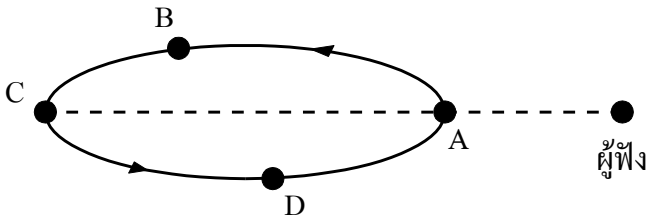
2. รถไฟเคลื่อนเข้าสู่ชานชาลาด้วยอัตราเร็ว 10 m/s พร้อมเปิดหวูดมีความถี่ 100 Hz รถยนต์คันหนึ่งกำลังวิ่งสวนทางด้วยอัตราเร็ว 30 m/s จงหาความถี่ที่คนขับรถยนต์ได้ยิน (อัตราเร็วเสียงในอากาศ = 340 m/s)

3. ในการศึกษาปรากฏการณ์ดอปเพลอร์โดยใช้ถาดคลื่น เมื่อนักเรียนจุ่มปลายดินสอที่ผิวน้ำด้วยจังหวะสม่ำเสมอพร้อมด้วยเคลื่อนปลายดินสอ ถ้าการทดลองของนักเรียนให้หน้าคลื่นดังรูป ข้อสรุปข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ถูกต้อง (ตุลา 44)



1. การทดลองมีการเคลื่อนปลายดินสอไปทางซ้ายด้วยอัตราเร็วเท่ากับอัตราเร็วของคลื่น
2. การทดลองมีการเคลื่อนปลายดินสอไปทางขวาด้วยอัตราเร็วเท่ากับอัตราเร็วของคลื่น
3. การทดลองมีการเคลื่อนปลายดินสอไปทางซ้ายด้วยอัตราเร็วมากกว่าอัตราเร็วของคลื่น
4. การทดลองมีการเคลื่อนปลายดินสอไปทางขวาด้วยอัตราเร็วมากกว่าอัตราเร็วของคลื่น

4. ชายคนหนึ่งเคาะส้อมเสียงซึ่งมีความถี่ f แล้วนำไปแกว่งเป็นกลมในแนวระดับดังรูป ชายอีกคนหนึ่งซึ่งนั่งนิ่งอยู่จะได้ยินเสียงขณะที่ส้อมเสียงอยู่ในตำแหน่ง A B C และ D ดังรูป ด้วยความถี่ f_A f_B f_C และ f_D ตามลำดับ ข้อต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง (Ent40)



1. $f_A < f_B = f_D < f_C$
2. $f_C < f_B = f_D < f_A$
3. $f_D < f_A = f_C < f_B$
4. $f_B < f_A = f_C < f_D$

5. แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยอัตราเร็ว $1/11$ เท่าของความเร็วเสียง ผู้ฟังที่ยืนอยู่ด้านหน้าจะได้ยินเสียงมีความถี่เป็นกี่เท่าของความถี่ของผู้ฟังที่อยู่ด้านหลัง

6. ชายคนหนึ่งยืนอยู่ริมทางรถไฟทางตรง ได้ยินเสียงหวูดรถไฟขณะแล่นเข้ามาและแล่นผ่านไปด้วยอัตราเร็วคงที่ มีความถี่เป็นอัตราส่วน 10 ต่อ 9 ถ้าอัตราเร็วขออง่เสียงในอากาศเป็น 380 m/s รถไฟแล่นด้วยอัตราเร็วเท่าใด

7. เครื่องบินความเร็วเหนือเสียง บินในแนวระดับผ่านเหนือศีรษะชายผู้หนึ่ง เมื่อเขาได้ยินเสียงของคลื่นกระแทก เขาจะมองเห็นตัวเครื่องบินมีมุมเงยจากพื้นดิน 30^0 เครื่องบินมีความเร็วเท่าใดในหน่วยเมตร/วินาที ถ้าอัตราเร็วเสียงเป็น 345 เมตร/วินาที (ตุลา 43)

8. เครื่องบินไอพ่นบินด้วยความเร็ว 2 มัค ผ่านหัวชายคนหนึ่งบนพื้นดิน ถ้าเครื่องบินอยู่สูงจากพื้นดิน 1200 เมตร หลังจากเครื่องบินผ่านหัวชายคนนั้นนานกี่วินาที ชายคนนั้นจึงจะได้ยินเสียง (v เสียง = 340 m/s)

9. เครื่องบินบินด้วยความเร็ว 510 m/s ในแนวระดับเหนือพื้นดิน 6 km ในขณะที่เสียงมีอัตราเร็วในอากาศ 340 m/s จงหาว่าเมื่อคนที่พื้นดินได้ยินเสียงนั้น เครื่องบินอยู่ห่างจากคนนี้เท่าใด

ฟิสิกส์โกเอก

www.physicskoake.com

www.facebook.com/physicskoake