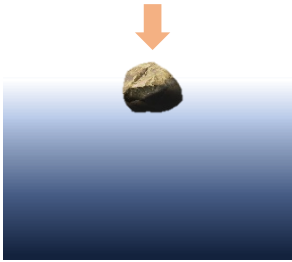


บทที่ 9 คลื่น (Wave)



1. ธรรมชาติของคลื่น

คลื่นเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เช่น คลื่นน้ำ คลื่นน้ำทะเล คลื่นสึนามิ คลื่นแผ่นดินไหว คลื่นเสียง คลื่นมีความสัมพันธ์กับการถ่ายโอนพลังงาน เมื่อคลื่นแผ่ออกไปมีหลายสิ่งๆ ที่ข้ออธิบาย แต่ละสิ่งมีความสัมพันธ์กัน คลื่นมีหลายชนิดแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันแต่แสดงพฤติกรรมที่เหมือนกัน



ทดลองปล่อยก้อนหินให้ตกลงไปกระทบผิวน้ำ
ขณะที่ก้อนหินกำลังเคลื่อนที่จะมีพลังงาน.....



เมื่อไปกระทบผิวน้ำที่อยู่นิ่งก้อนหินจะถ่ายเทพลังงานส่วนหนึ่งให้กับอนุภาคน้ำ
ทำให้อนุภาคน้ำตรงจุดที่ก้อนหินกระทบเคลื่อนที่ขึ้นลง
ดึงให้อนุภาคน้ำส่วนที่อยู่รอบๆ เคลื่อนที่ขึ้นลงตามไปด้วย

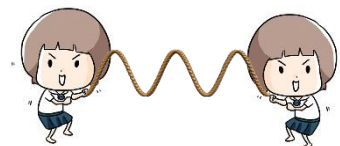


เกิดเป็นการส่งต่อพลังงานออกไปรอบๆ ทำให้เห็นเป็นวงระลอกน้ำออกไปยังส่วนอื่น

"คลื่น (wave) คือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการรบกวนเนื้อสาร ณ จุดใดจุดหนึ่ง อนุภาคของสาร ที่ถูกรบกวนจะส่งต่อการรบกวนนี้พร้อมกับถ่ายโอนพลังงานไปยังจุดอื่นรอบๆ ทุกทิศทาง โดยอนุภาคจะไม่เคลื่อนที่ตามไปด้วย"



สังเกต 2 ภาพนี้ว่ามีการถ่ายโอนพลังงานต่างกันหรือไม่ อย่างไร



การถ่ายโอนพลังงานคลื่น พลังงานจะถูกถ่ายโอนผ่านอนุภาคของตัวกลางแล้วอนุภาคในตัวกลางจะมีการเคลื่อนที่แต่จะเป็นการเคลื่อนที่ในรูปแบบกลับไปกลับมา ณ ตำแหน่งเดิมโดยไม่ได้เคลื่อนที่ไปพร้อมกับการถ่ายโอนพลังงาน เราเรียกลักษณะการเคลื่อนที่ของตัวกลางว่าการเคลื่อนที่แบบ.....



2. การจำแนกคลื่น

คลื่น สามารถจำแนกได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก

2.1 จำแนกคลื่นตามความจำเป็นของการใช้ตัวกลางในการแผ่การจำแนกประเภทนี้สามารถแบ่งคลื่นออกได้ 2 ชนิดคือ คลื่นกลและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นกล (Mechanical Wave)

เป็นคลื่นที่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการแผ่คลื่นประเภทนี้ เช่น คลื่นน้ำ คลื่นในเส้นเชือก คลื่นเสียง เป็นต้น

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) เป็นคลื่นที่เกิดจากการเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ในทิศทางตั้งฉากซึ่งกันและกัน และต่างก็ตั้งฉากกับทิศทางของการแผ่ของคลื่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถแผ่ไปในบริเวณสุญญากาศซึ่งไม่มีตัวกลางอยู่เลย หรือแผ่ผ่านบริเวณที่มีตัวกลางต่างๆ ก็ได้ คลื่นประเภทนี้ เช่น คลื่นวิทยุ เรดาร์ ไมโครเวฟ แสง รังสีอัลตราไวโอเลต รังสีเอกซ์ เป็นต้น

2.2 จำแนกคลื่นตามลักษณะของการสั่นของแหล่งกำเนิด หรือตามลักษณะการแผ่การจำแนกประเภทนี้แบ่งคลื่นออกได้ 2 ชนิดคือ คลื่นตามขวางและคลื่นตามยาว

คลื่นตามขวาง (Transverse Waves)

เป็นคลื่นที่มีทิศทางการสั่นของตัวกลางหรือทิศทางการเปลี่ยนแปลง ตั้งฉากกับทิศทางการแผ่ (ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น) เช่น คลื่นในเส้นเชือก คลื่นน้ำ

คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) เป็นคลื่นที่มีทิศทางการสั่นของตัวกลางอยู่ในแนวขนานกับการเคลื่อนที่ของคลื่น เช่น คลื่นเสียง คลื่นที่เกิดจากการอัดและการขยายตัวในขดลวดสปริง เป็นต้น

2.3 จำแนกตามความต่อเนื่องของแหล่งกำเนิดการจำแนกประเภทนี้แบ่งคลื่นออกได้ 2 ชนิดคือ คลื่นดลและคลื่นต่อเนื่อง

คลื่นดล (Pulse Wave) เป็นคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดสั่น หรือรบกวนตัวกลางเป็นช่วงเวลาสั้นๆ ทำให้เกิดคลื่นแผ่ออกไปเป็นจำนวนน้อยๆ เพียง 1 หรือ 2 คลื่น เช่น การใช้นิ้วจุ่มที่ผิวน้ำเพียงครั้งหรือ 2 ครั้ง หรือการสะบัดเชือก เพื่อให้เกิดคลื่นในเส้นเชือกเพียงครั้งหรือ 2 ครั้ง

คลื่นต่อเนื่อง (Continuous Wave) เป็นคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดสั่น หรือรบกวนตัวกลางอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดคลื่นแผ่ออกไปเป็นขบวนอย่างต่อเนื่อง เช่น การเกิดคลื่นผิวน้ำเนื่องจากแหล่งกำเนิดติดกับมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์หมุน แหล่งกำเนิดจะเกิดการสั่นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดคลื่นผิวน้ำแผ่ออกไปเป็นขบวนอย่างต่อเนื่อง หรือการสะบัดเชือกอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดคลื่นในเชือกอย่างต่อเนื่อง



นักเรียนคิดว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามขวางหรือคลื่นตามยาว



ข้อสรุปจากกิจกรรมสปริงสาธิตคลื่น (ศึกษาผ่านกิจกรรมการทดลอง)

ลองวาดภาพสปริงทั้ง 2 รูปแบบพร้อมทั้งระบุแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นและตัวกลาง
คลื่นตามขวาง (Transverse Waves)

คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave)



หากพิจารณาการสั่นของตัวกลาง นอกจากคลื่นตามขวางหรือตามยาว มีคลื่นชนิดอื่นอีกหรือไม่

คลื่นน้ำ ถ้าการรบกวนผิวน้ำเป็นในลักษณะเรียบง่ายคลื่นน้ำก็จะเป็นคลื่นตามขวาง แต่สำหรับคลื่นน้ำที่เกิดในทะเล คลื่นที่เกิดขึ้นมีความซับซ้อนกว่าคลื่นที่เกิดจากก้อนหินกระทบผิวน้ำ อนุภาคในคลื่นจะมีการเคลื่อนที่ได้ทั้ง 2 แนวทำให้คลื่นน้ำในทะเลมีส่วนประกอบที่เป็นทั้งคลื่นตามขวางและคลื่นตามยาว

คลื่นเสียง เมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่เป็นแก๊สหรือของเหลว คลื่นเสียงจะเป็นคลื่นตามยาว ถ้าตัวกลางเป็นของแข็งคลื่นเสียงก็จะมีทั้งส่วนที่เป็นคลื่นตามขวางและคลื่นตามยาว



Learn more

สปริงสาธิตคลื่น



Learn more

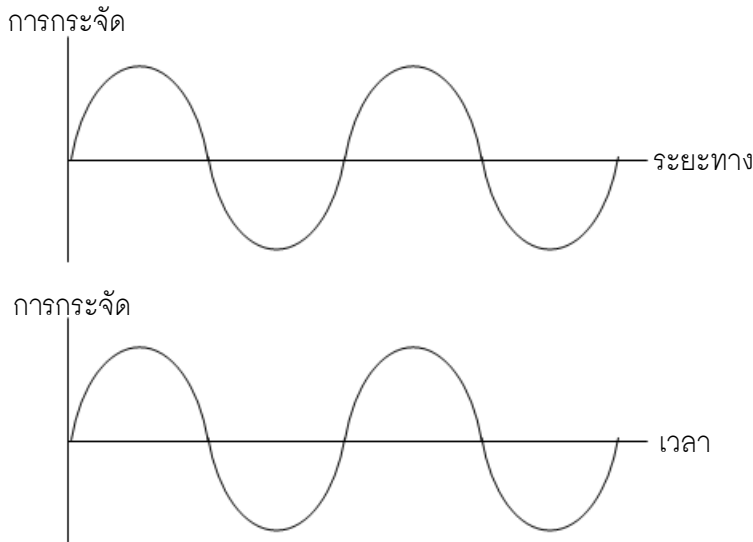
ชนิดคลื่นจำแนกตามลักษณะการเคลื่อนที่ของตัวกลาง



3. ส่วนประกอบของคลื่น

เมื่อทำการรบกวนตัวกลางให้เกิดคลื่นต่อเนื่องตามขวางเคลื่อนที่ต่อเนื่องออกไปจากจุดที่รบกวนตัวกลาง โดยหากเราพิจารณาการแผ่ของคลื่นจะพบว่าจำนวนลูกคลื่นที่เกิดขึ้นจะเท่ากับจำนวนรอบของการสับัดมือ

กำหนดให้ภาพต่อไปนี้เป็นคลื่นกลตามขวางในเส้นเชือก พิจารณาส່วนประกอบต่างๆของคลื่นและ ปริมาณที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้



ลองเติมส่วนประกอบ
ของคลื่นในภาพดูสิคะ



1. สันคลื่น (Crest) คือ ตำแหน่งที่อนุภาคของเชือกหรือตัวกลางเคลื่อนที่ขึ้นไปได้สูงสุดเหนือระดับสมดุล
2. ท้องคลื่น (Trough) คือ ตำแหน่งที่อนุภาคของเชือกหรือตัวกลางเคลื่อนที่ลงไปได้ต่ำสุด
3. ความยาวคลื่น (Wave length : λ) คือ ระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ 1 ลูก

การวัดความยาวคลื่น

- จุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดของคลื่น 1 ลูก
- สันคลื่น-สันคลื่น ที่อยู่ติดกัน
- ท้องคลื่น-ท้องคลื่น ที่อยู่ติดกัน
- ระยะระหว่างตำแหน่งที่คลื่นมีเฟสตรงกัน

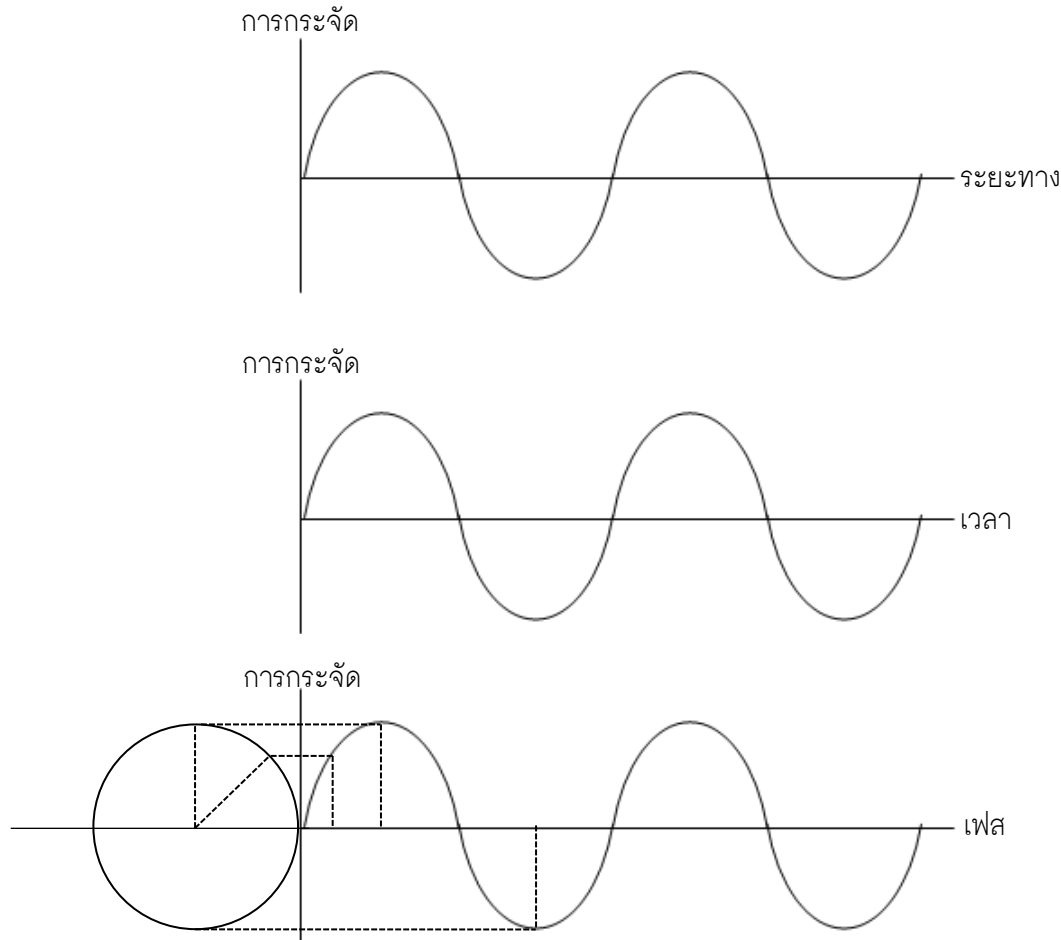
4. แอมพลิจูด (Amplitude : A) คือ ระยะการกระจัดของตัวกลางที่มีค่ามากที่สุดเมื่อวัดจากระดับสมดุล
5. คาบ (Period : T) คือ ระยะเวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ 1 ลูกหรือเวลาที่ตัวกลางสั่นครบ 1 รอบ
6. ความถี่ (Frequency : f) คือ จำนวนลูกคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านจุดใดๆในเวลา 1 วินาทีหรือจำนวนรอบที่ตัวกลางสั่นได้ใน 1 วินาที ความถี่ของคลื่นขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิด
7. เฟส (Phase : ϕ) คือ การเรียกตำแหน่งบนคลื่น โดยมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของคลื่น
8. หน้าคลื่น (Wave front) คือ แนวทางเดินของตำแหน่งบนคลื่นที่มีเฟสเท่ากัน
9. รังสี (Ray) คือ เส้นแสดงแนวหรือทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น โดยรังสีของคลื่นจะมีทิศตั้งฉากกับหน้าคลื่นเสมอ



รู้หรือไม่ ? ปริมาณที่แสดงถึงพลังงานของคลื่นคือ.....

3.1 เฟสของคลื่น

เฟส (Phase : ϕ) คือ การเรียกตำแหน่งบนคลื่น โดยมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของคลื่น เฟสสามารถบอกได้ว่าขณะที่พิจารณา คลื่นมีการกระจัดเท่าใดและมีลักษณะการเคลื่อนที่อย่างไร โดยจะกำหนดในรูปของมุม ดังภาพต่อไปนี้



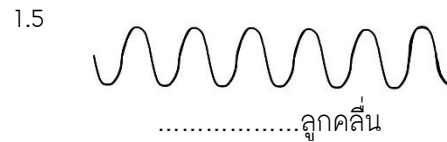
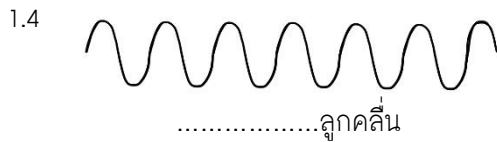
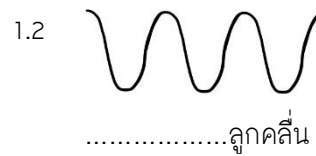
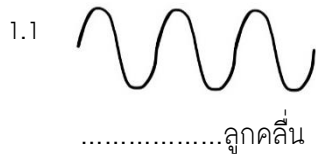
ตำแหน่งที่คลื่นมีเฟสตรงกัน (In phase) คือ ตำแหน่งที่อนุภาคตัวกลางมีขนาดการกระจัดเท่ากัน มีทิศเดียวกันเดียวกัน และกำลังจะเคลื่อนที่ในทิศเดียวกัน เช่น ตำแหน่งที่คลื่นมีเฟสตรงกับตำแหน่ง.....คือ.....ซึ่งมีเฟสต่างกัน..... ตำแหน่งที่คลื่นมีเฟสตรงข้ามกัน (Out of phase) คือ ตำแหน่งที่ตัวกลางมีขนาดการกระจัดเท่ากัน มีทิศตรงข้ามกันและกำลังจะเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกัน เช่น ตำแหน่งที่คลื่นมีเฟสตรงข้ามกับตำแหน่ง.....คือ.....ซึ่งมีเฟสต่างกัน.....

สำหรับการคำนวณหาความต่างเฟสระหว่าง 2 ตำแหน่งใด ๆ บนคลื่นขบวนเดียวกัน สามารถใช้การเทียบบัญญัติไตรยางค์จากความสัมพันธ์ที่ว่า "ระยะต่างกัน λ เวลาต่างกัน T เฟสต่างกัน 360° " หรือคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

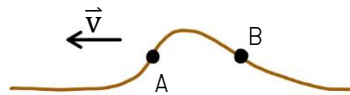
- $\Delta\phi$ คือ ความต่างเฟส (rad หรือ องศา)
 Δx คือ ระยะที่ต่างกันของ 2 ตำแหน่งบนคลื่น (เมตร)
 λ คือ ความยาวคลื่น (เมตร)
 Δt คือ เวลาที่ต่างกันของ 2 ตำแหน่งบนคลื่น (วินาที)
 T คือ คาบ (วินาที)

แบบตรวจสอบความเข้าใจ

1. พิจารณาภาพคลื่นกลตามขวางต่อไปนี้ และเติมคำตอบว่ามีจำนวนคลื่นทั้งหมดกี่ลูกคลื่น



2. รูปข้างล่างนี้แสดงรูปร่างคลื่นดลในเส้นเชือกที่กำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย อนุภาคของเชือกทรงจุด A และจุด B กำลังเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด (ซ้าย ขวา ลง ขึ้น)



3. คลื่นกลหนึ่งมีความถี่ 100 เฮิร์ตซ์ แผล่ออกไปด้วยอัตราเร็ว 343 เมตรต่อวินาที

3.1 จุดสองจุดบนคลื่นที่อยู่ห่างกันเป็นระยะ 60 เซนติเมตรจะมีเฟสต่างกันกี่องศา

3.2 จุดสองจุดบนคลื่นที่มีเฟสต่างกัน 90 องศาจะอยู่ห่างกันเท่าใด



4. อัตราเร็วของคลื่น

เนื่องจากคลื่นเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ จึงสามารถคำนวณหาอัตราเร็วคลื่นได้เช่นเดียวกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคกรณีอัตราเร็วคงที่ ดังสมการ



4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วคลื่นกับความยาวคลื่นและความถี่

หากพิจารณาการเคลื่อนที่ของคลื่น 1 ลูกคลื่นจะพบว่าอนุภาคของตัวกลางสั่นครบ 1 รอบและเวลาผ่านไป 1 คาบ ดังนั้นจึงสามารถหาอัตราเร็วคลื่นในรูปของความยาวคลื่นและความถี่ได้ดังสมการ

คลื่น 1 ลูก :



สมการนี้ใช้อธิบายอัตราเร็วคลื่นในตัวกลางใดตัวกลางหนึ่งเท่านั้น เมื่อเปลี่ยนค่าความถี่ของคลื่น ความยาวคลื่นจะมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย แต่ผลคูณของความยาวคลื่นและความถี่ยังคงเท่ากับอัตราเร็วเดิม

แบบตรวจสอบความเข้าใจ

1. สำหรับคลื่นกลต่อเนื่องที่ผ่านตัวกลางด้วยความถี่ 262 เฮิร์ตซ์และความยาวคลื่น 1.29 เมตร

ก. คลื่นนี้มีอัตราเร็วเท่าใด

ข. คลื่นนี้จะใช้เวลาเท่าใดจึงจะเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 91.4 เมตร

ค. คาบของคลื่นนี้มีค่าเท่าใด

2. เรือลำหนึ่งจอดอยู่หนึ่งที่จุดหนึ่งบนผิวน้ำซึ่งมีคลื่นต่อเนื่องเคลื่อนที่ผ่าน ทำให้เรือเคลื่อนที่ขึ้นลงถ้าระยะระหว่างจุดสูงสุดของคลื่นที่อยู่ติดกันมีค่าเป็น 12 เมตร และคลื่นมีอัตราเร็ว 43 เมตรต่อวินาที จะใช้เวลานานเท่าใดที่เรือจะเคลื่อนที่จากจุดสูงสุดถึงจุดต่ำสุด

4.2 อัตราเร็วของคลื่นในตัวกลาง

อัตราเร็วของคลื่นมีค่าขึ้นอยู่กับชนิดของคลื่นและสมบัติของตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่าน เช่น

คลื่นในเส้นเชือก ที่มีแอมพลิจูดไม่ใหญ่เกินไป คลื่นจะมีอัตราเร็วขึ้นอยู่กับขนาดของแรงตึงในเส้นเชือก และความหนาแน่นเชิงเส้นของเส้นเชือก

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

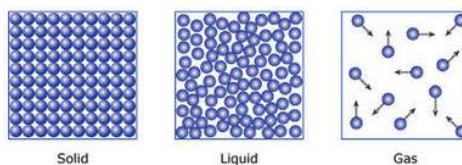
$$\mu = \frac{m}{L}$$

T คือ แรงตึงเชือก (N)

m คือ มวลของเส้นเชือก (kg)

L คือ ความยาวเชือก (เมตร)

คลื่นเสียง มีอัตราเร็วขึ้นอยู่กับความหนาแน่นกับความยืดหยุ่นของตัวกลางที่เสียงเคลื่อนที่ผ่าน โดยทั่วไปเสียงจะแผ่ผ่านของแข็งซึ่งมีความยืดหยุ่นน้อยได้เร็วกว่าแผ่ผ่านของเหลวและเร็วกว่าแผ่ผ่านแก๊สซึ่งมีความยืดหยุ่นมากกว่า



Solid

Liquid

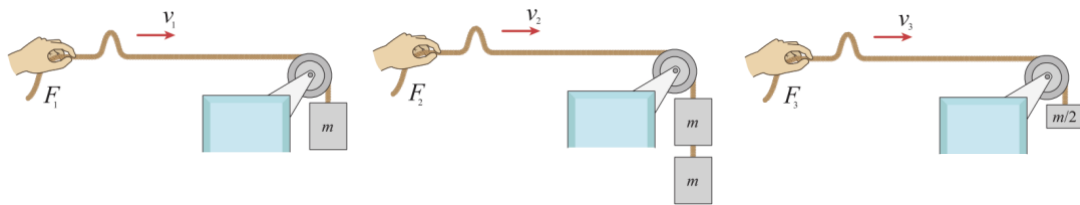
Gas

ของแข็ง > ของเหลว > แก๊ส

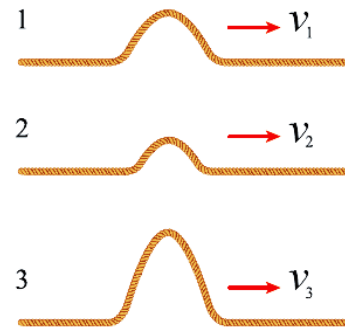
อัตราเร็วของคลื่นมีค่าคงตัวเสมอเมื่อเคลื่อนที่ในตัวกลางที่มีสมบัติเช่นเดิม **ไม่ขึ้นอยู่กับความถี่** เพราะเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น จำนวนลูกคลื่นต่อหน่วยเวลาเพิ่มขึ้นและความยาวคลื่นก็จะมีค่าน้อยลง หากความถี่น้อยลง จำนวนลูกคลื่นต่อหน่วยเวลาลดลงทำให้ความยาวคลื่นมีค่ามากขึ้น ส่งผลให้ผลคูณระหว่างความถี่กับความยาวคลื่นมีค่าคงเดิม

แบบตรวจสอบความเข้าใจ

1. พิจารณาเชือก 3 เส้นที่เหมือนกัน ปลายด้านหนึ่งยึดติดกับตุ้มน้ำหนักที่มีมวลต่างกันผ่านรอกดังรูปปลายอีกด้านใช้มือดึงไว้ เมื่อมือที่จับเชือกไว้สับัดเชือกขึ้นลง 1 ครั้งจะเกิดคลื่นในเส้นเชือกเคลื่อนที่ไปตามเชือกจนเรียงลำดับอัตราเร็วคลื่น

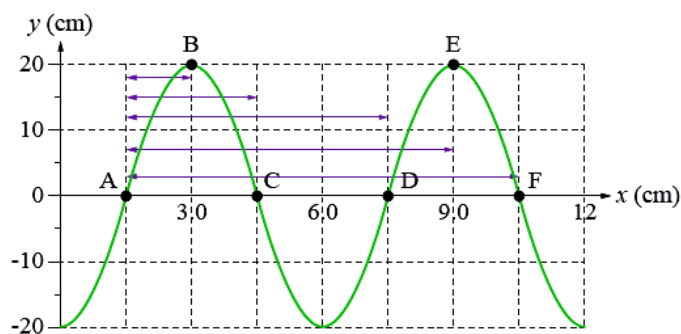


2. พิจารณาเชือกเส้นหนึ่งที่มีแรงตึงเชือกเท่ากันตลอดเส้น ถ้าเราทำให้มีคลื่นเคลื่อนที่ผ่านเชือกเส้นนี้ใน 3 ลักษณะที่ต่างกั้ดังแสดงในรูป คลื่นหมายเลขใดจะมีอัตราเร็วมากที่สุดและหมายเลขใดมีพลังงานมากที่สุด



3. สันคลื่นกับท้องคลื่นที่อยู่ติดกันมีเฟสต่างกันกี่องศา

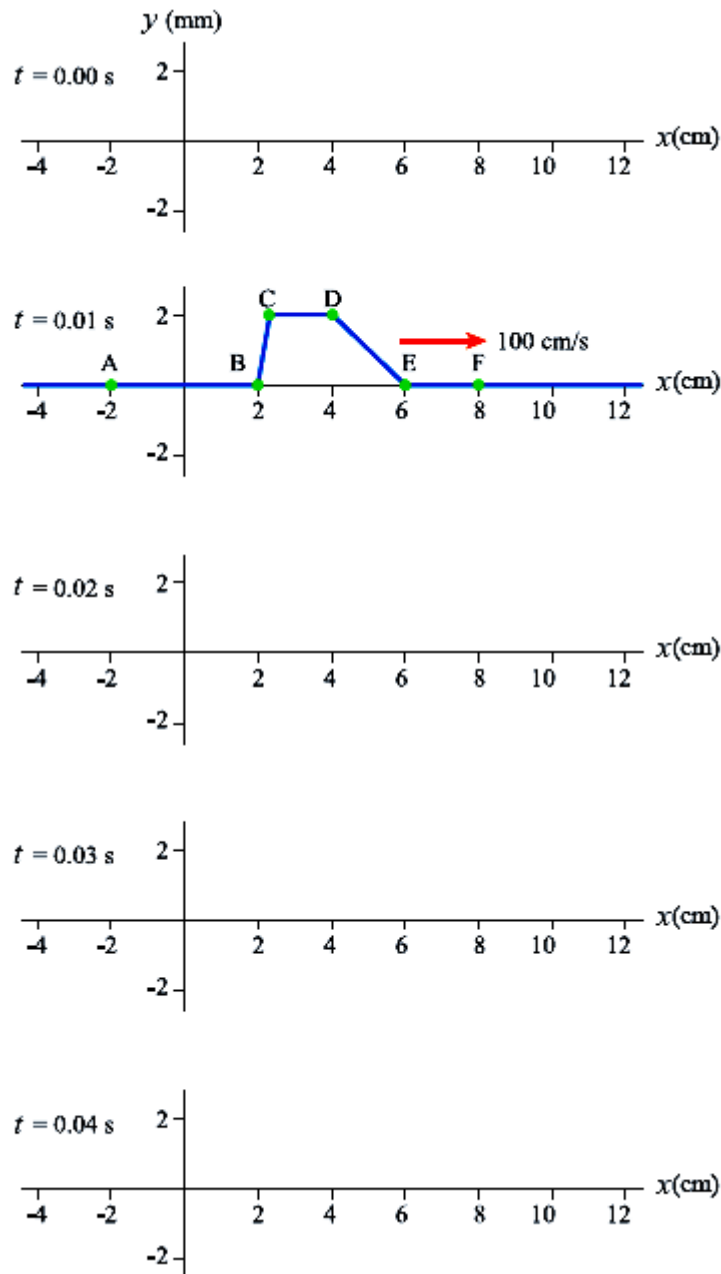
4. พิจารณาคลื่นรูปไซน์ดังภาพ จงหาว่าจุด B C D E และ F ห่างจากจุด A เป็นระยะในแนวนอนเท่ากับกี่เท่าของความยาวคลื่นนี้ และมีค่าเฟสต่างจากจุด A เท่าใด



5. คลื่นเคลื่อนในเส้นเชือกดังรูปกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยอัตราเร็ว 100 เซนติเมตรต่อวินาที โดยในรูปแสดงเฉพาะรูปร่างคลื่นที่เวลา $t = 0.01$ วินาทีเท่านั้น

ก. จงวาดรูปร่างคลื่นที่เวลา $t = 0.00$ วินาที, 0.02 วินาที, 0.03 วินาที และ 0.04 วินาที

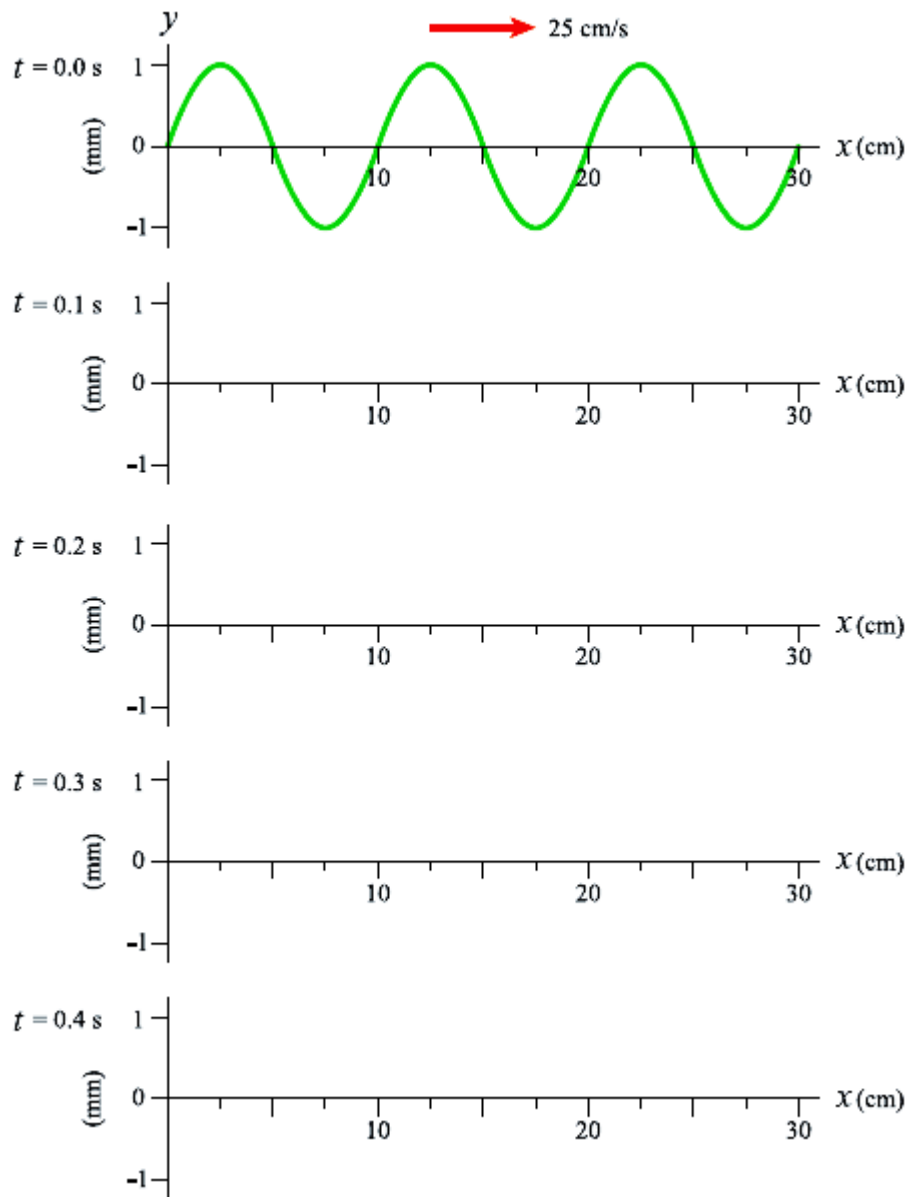
ข. คลื่นเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าใดระหว่างเวลา $t = 0.01$ วินาที กับ $t = 0.03$ วินาที



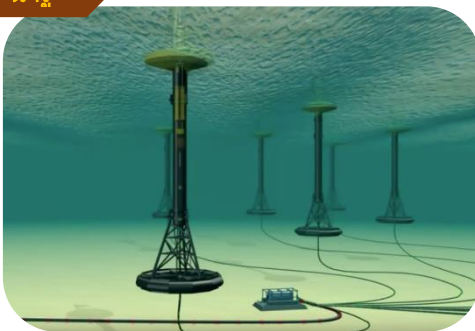
.....

.....

6. พิจารณาคลื่นรูปไซน์ดังภาพ เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยอัตราเร็ว 25 เซนติเมตรต่อวินาที จงวาดรูปคลื่นไซน์นี้ที่เวลาอื่นๆตามที่ระบุในรูป



น่ารู้



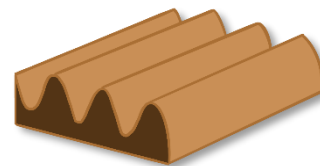
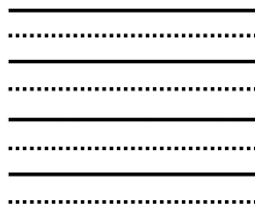
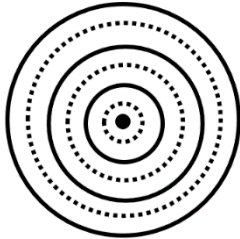
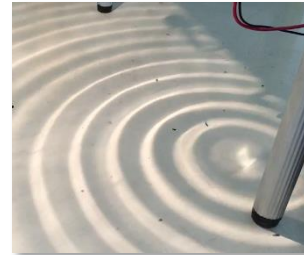
เราสามารถนำพลังงานจากคลื่นในมหาสมุทรมาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ โดยวางทุ่นลอยไว้ในมหาสมุทรเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านทุ่นลอยจะทำให้ทุ่นลอยมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงและซ้ายขวา และทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยแต่ละทุ่นลอยจะส่งพลังงานไฟฟ้ามาเก็บไว้ที่แบตเตอรี่และมีสายไฟส่งพลังงานไฟฟ้าขึ้นฝั่ง



5. หลักการที่เกี่ยวข้องคลื่น

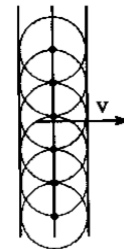
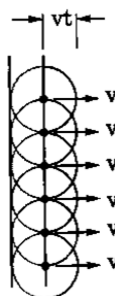
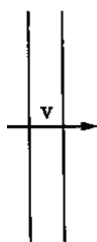
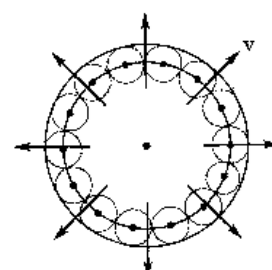
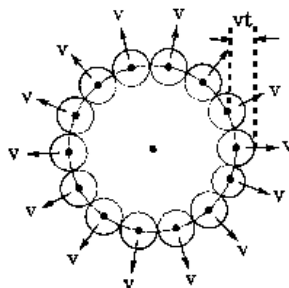
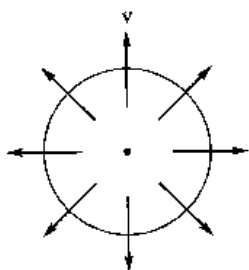
คลื่นมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีลักษณะที่แตกต่างกัน แต่เราสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับคลื่นได้ด้วยหลักการเดียวกัน

ทดลองรบกวนผิวน้ำอย่างต่อเนื่องจนทำให้เกิดคลื่นรูปวงกลมดังภาพต่อไปนี้ หากเราทำการทดลองบนถาดคลื่นและฉายไฟทำให้เงาของคลื่นตกกระทบบนฉากด้านล่าง จะปรากฏเห็นเป็นวงกลมที่มีรัศมีต่างๆกันแผ่ออกมาจากจุดที่ทำการรบกวน **ทุกจุดที่อยู่บนเส้นวงกลมเดียวกัน เป็นจุดบนคลื่นที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นพร้อมๆกัน** นั้นหมายถึงมี..... เราเรียกเส้นโค้งนี้ว่า **หน้าคลื่น (wave-front)**



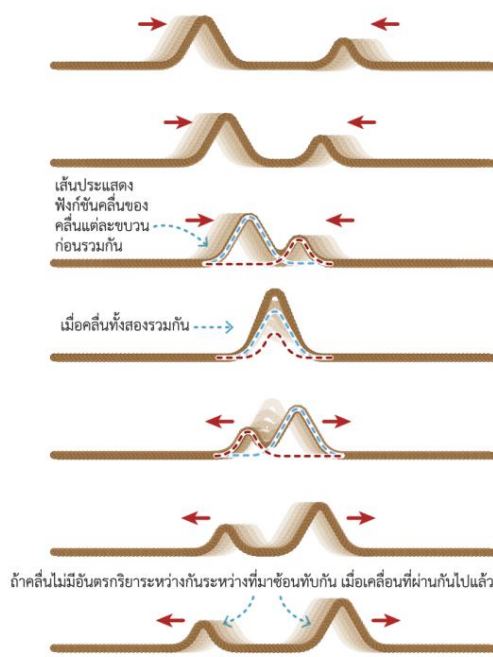
5.1 หลักการของฮอยเกนส์

หลักการของฮอยเกนส์ (Huygens's principle) กล่าวว่า แต่ละจุดบนหน้าคลื่นเป็นแหล่งกำเนิดแบบจุดที่ทำให้เกิดหน้าคลื่นรูปวงกลมใหม่ซึ่งส่งคลื่นออกไป โดยคลื่นใหม่นี้จะมีอัตราเร็วและความถี่เท่ากับคลื่นเดิมและหน้าคลื่นใหม่เกิดจากการลากเส้นสัมผัสที่เชื่อมหน้าคลื่นวงกลมด้านหน้าของแหล่งกำเนิดจุดที่เกิดคลื่น ณ เวลาเดียวกัน

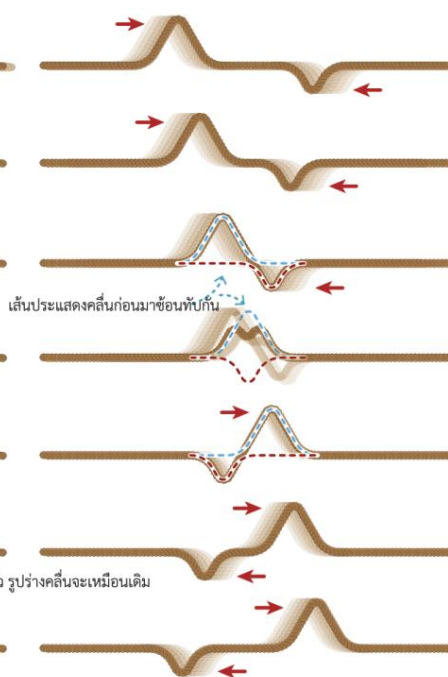


5.2 เมื่อคลื่น 2 คลื่นเคลื่อนที่มาซ้อนทับกันในตัวกลางหนึ่งๆ คลื่นรวมจะมีค่าตาม **หลักการซ้อนทับ (principle of superposition)** คือ คลื่นรวมจะมีการกระจัดของตัวกลางที่แต่ละตำแหน่ง ณ เวลาหนึ่งๆ เท่ากับ ผลบวกของการกระจัดของตัวกลางที่เกิดจากแต่ละคลื่นที่ตำแหน่งและเวลานั้นๆ ถ้าคลื่น 2 คลื่นเคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามกันเมื่อซ้อนทับกันแล้วคลื่นแต่ละขบวนก็จะเคลื่อนที่ผ่านกันไป โดยยังคงรูปร่างและทิศทางการเคลื่อนที่ของแต่ละคลื่นไว้

การรวมกันของคลื่นดลที่มีแอมพลิจูด
ต่างกัน แบบเสริมกัน

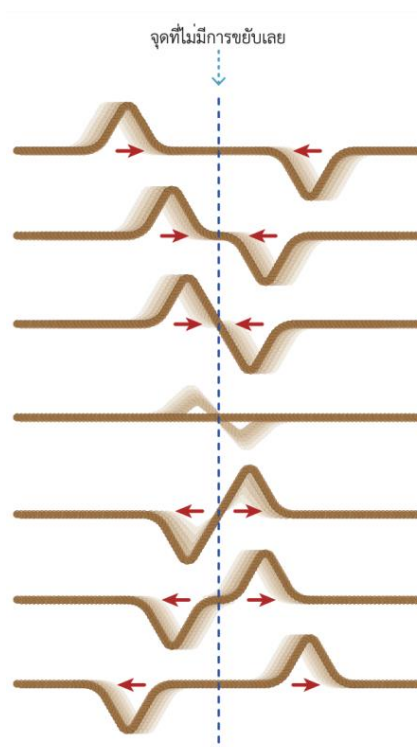


การรวมกันของคลื่นดลที่มีแอมพลิจูด
ต่างกัน แบบหักล้างกัน



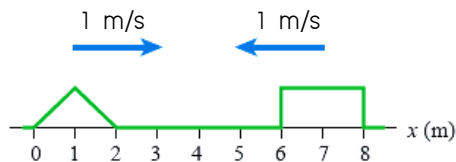
การรวมกันของคลื่นดลที่มีแอมพลิจูด
เท่ากัน แบบหักล้างกัน

ถ้าคลื่นที่มารวมกันเป็นแบบหักล้างกัน
โดยแอมพลิจูดของคลื่นทั้งสองมีค่าเท่ากัน
เราจะพบว่า มีตำแหน่งหนึ่งในตัวกลาง
ที่จะไม่มีการเคลื่อนที่หรือขยับเลย

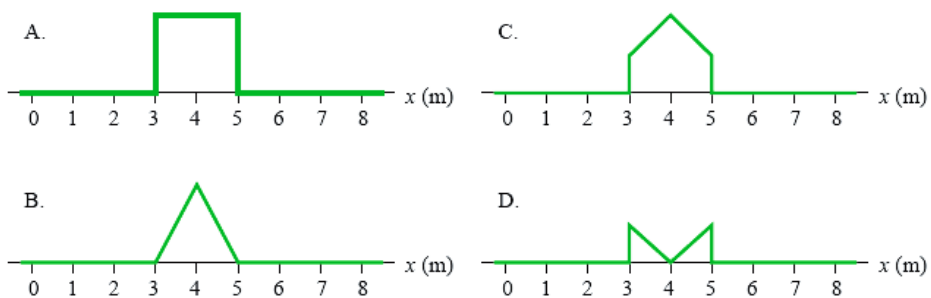


แบบตรวจสอบความเข้าใจ

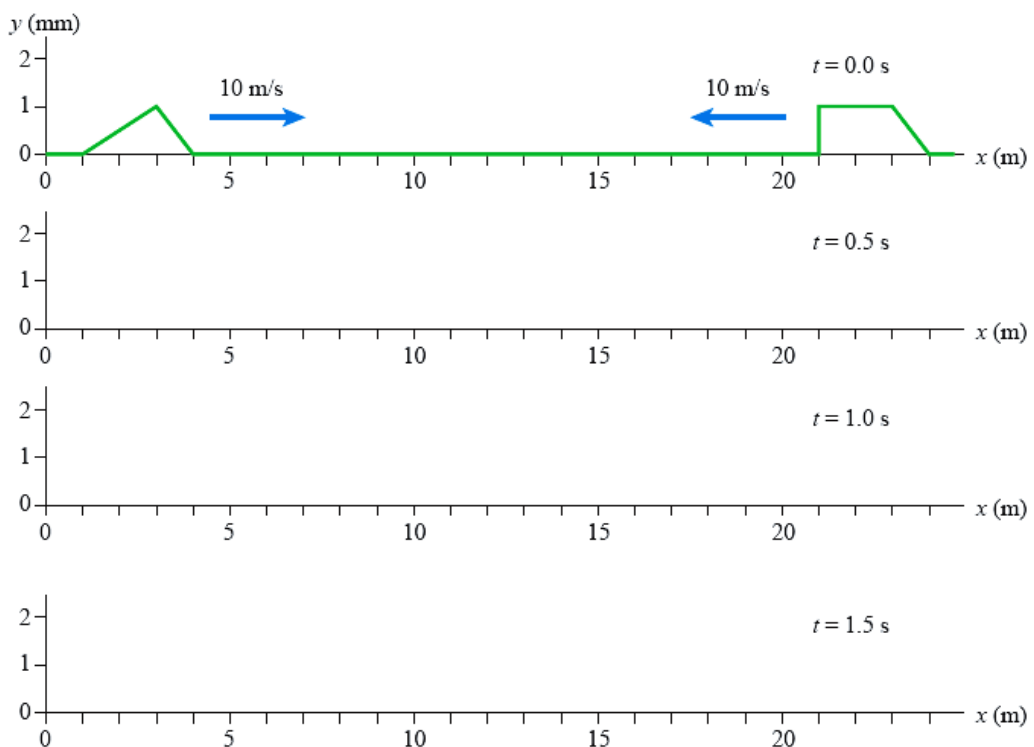
1. พิจารณาคลื่น 2 คลื่นที่เคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้ามโดยทั้งคู่มีอัตราเร็วเท่ากันเท่ากับ 1.0 เมตรต่อวินาที โดยมีการกระจัดของตัวกลางที่ตำแหน่งต่างๆที่เวลาเริ่มต้นเป็นดังรูป รูปใน ตัวเลือกข้อใดแสดงการกระจัดของตัวกลางได้ถูกต้องหลังจากเวลาผ่านไปแล้ว 3.0 วินาทีจากตอนเริ่มต้น



แสดงตำแหน่งของคลื่น 2 คลื่น ณ เวลา $t = 0$ s



2. คลื่น 2 คลื่นมีรูปร่างต่างกันเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยอัตราเร็ว 10 เมตรต่อวินาทีดังรูป จงวาดรูปร่างคลื่นรวมที่เวลาถัดมาตามที่ระบุในรูป





6. สมบัติคลื่น

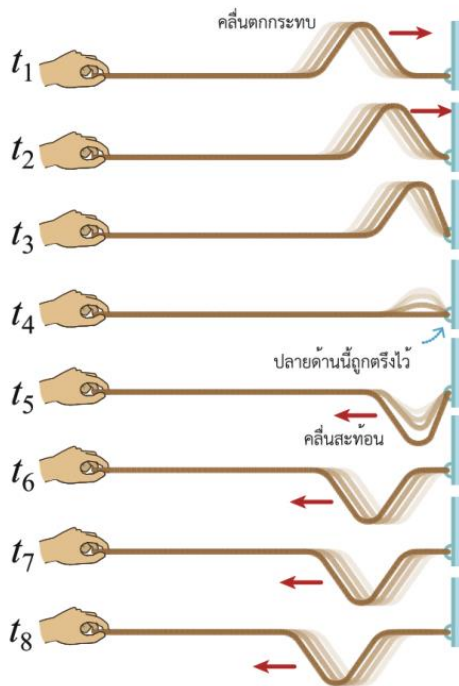
พฤติกรรมของคลื่นทำให้เกิดปรากฏการณ์ธรรมชาติมากมาย การศึกษาพฤติกรรมของคลื่นจึงทำให้เข้าใจและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ได้โดยจะพบว่าคลื่นทุกชนิดจะแสดงพฤติกรรมที่เหมือนกันอยู่ 4 ประการ คือ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอดและการเลี้ยวเบน เรียกพฤติกรรมนี้ว่า **สมบัติของคลื่น**

6.1 การสะท้อนของคลื่น

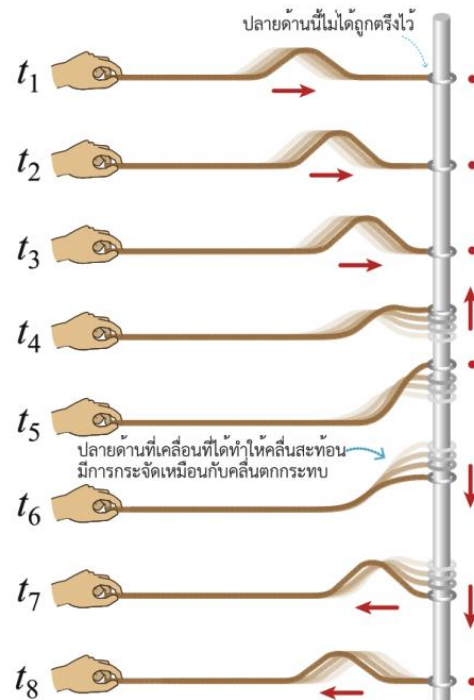
เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปกระทบกับรอยต่อระหว่างตัวกลาง 2 ชนิด ในบางครั้งจะพบว่าคลื่นบางส่วนไม่สามารถเคลื่อนที่ไปยังตัวกลางที่สองได้แต่จะเคลื่อนที่ออกมาจากรอยต่อกลับมายังตัวกลางเดิม พฤติกรรมนี้เรียกว่า **การสะท้อนของคลื่น (reflection)** โดยคลื่นที่เคลื่อนที่เข้าหารอยต่อของตัวกลางเรียกว่า **คลื่นตกกระทบ (incident waves)** และคลื่นที่เคลื่อนที่กลับมายังตัวกลางเดิมเรียกว่า **คลื่นสะท้อน (reflected waves)**

การสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือก

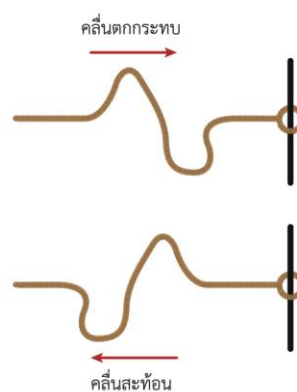
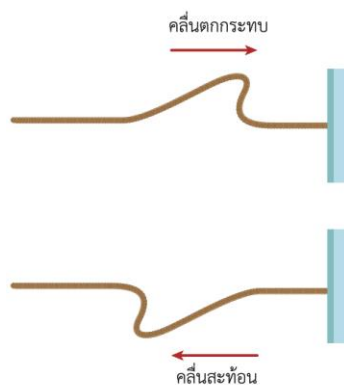
เชือกปลายตรึง



เชือกปลายอิสระ



คลื่นที่ไม่สมมาตรซ้ายขวา



การสะท้อนของคลื่นผิวน้ำ (ศึกษาผ่านกิจกรรมการทดลอง)

สรุปได้ว่า การสะท้อนของคลื่นเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปกระทบขอบเขตของตัวกลางทำให้.....
 อธิบายได้ด้วยกฎการสะท้อน คือ
 และ



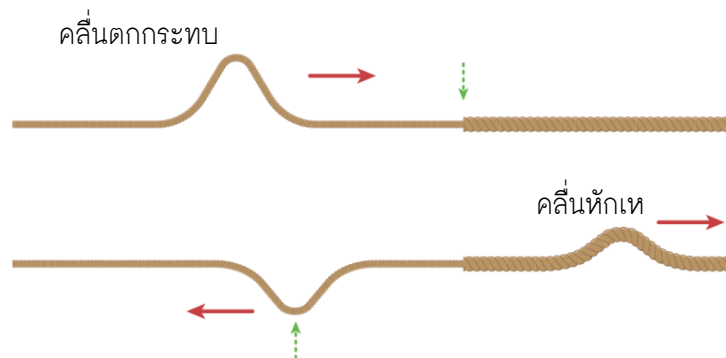
6.2 การหักเหของคลื่น

เมื่อคลื่นกระทบรอยต่อของตัวกลาง คลื่นส่วนหนึ่งสะท้อนกลับไปในตัวกลางเดิมอีกส่วนหนึ่งเคลื่อนที่ผ่านไปในอีกตัวกลางหนึ่งเรียกว่า **คลื่นหักเห (refracted waves)**

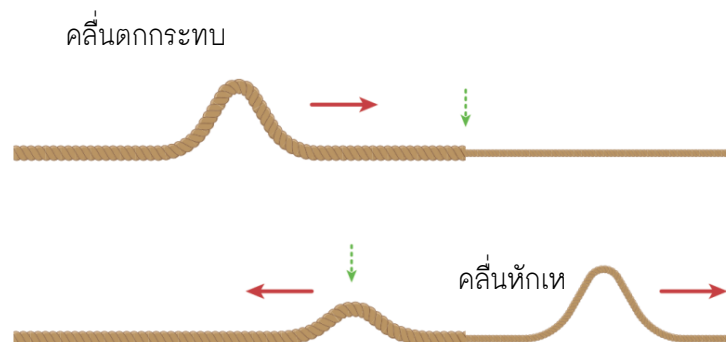
การหักเหของคลื่น (refraction) จะเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อของตัวกลางที่มีสมบัติแตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิต่างกัน ความหนาแน่นต่างกัน น้ำตื้นลึกต่างกัน ฯลฯ เป็นผลทำให้.....เปลี่ยนแปลงไป

การหักเหของคลื่นในเส้นเชือก

กรณีที่คลื่นเคลื่อนที่จากเชือกที่มีความหนาแน่นเชิงเส้นน้อยไปยังเชือกที่มีความหนาแน่นเชิงเส้นแน่นมาก



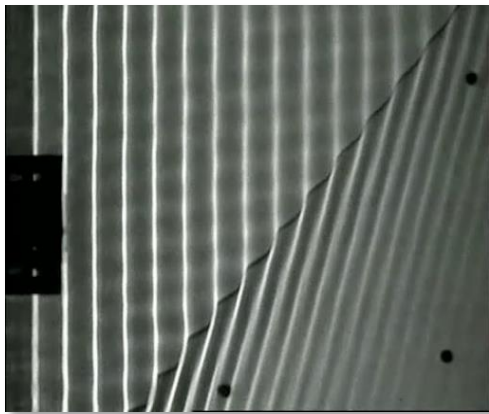
กรณีที่คลื่นเคลื่อนที่จากเชือกที่มีความหนาแน่นเชิงเส้นมากไปยังเชือกที่มีความหนาแน่นเชิงเส้นน้อย



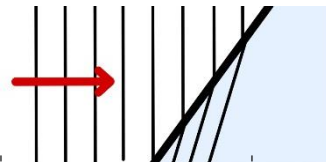
จากภาพการหักเหของคลื่นในเส้นเชือกสรุปได้ว่า

- คลื่นสะท้อนและคลื่นหักเห นั้นจะมีแอมพลิจูดเล็กกว่าคลื่นตกกระทบ โดยผลรวมของพลังงานคลื่นสะท้อนกับคลื่นหักเหจะเท่ากับพลังงานของคลื่นตกกระทบ
- คลื่นหักเหจะมีอัตราเร็วที่ต่างไปจากคลื่นตกกระทบ เพราะเคลื่อนที่ในตัวกลางที่มีสมบัติต่างกันแต่จะมีการกระจัดของตัวกลางในทิศเดียวกันกับคลื่นตกกระทบ
- คลื่นสะท้อนจะมีการกระจัดตัวกลางในทิศตรงข้ามกับคลื่นตกกระทบ (มีเฟสตรงข้ามกัน) ถ้าคลื่นเคลื่อนที่จากเชือกที่มีความหนาแน่นเชิงเส้นต่ำไปตกกระทบกับเชือกที่มีความหนาแน่นเชิงเส้นสูงกว่า
- ถ้าคลื่นเคลื่อนที่จากเชือกที่มีความหนาแน่นเชิงเส้นสูงไปตกกระทบเชือกที่มีความหนาแน่นเชิงเส้นต่ำกว่าคลื่นสะท้อนจะมีการกระจัดของตัวกลางในทิศทางเดียวกับคลื่นตกกระทบ (มีเฟสตรงกัน)

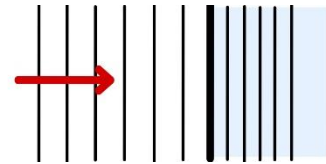
ความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบและมุมหักเหของคลื่น



กรณีหน้าคลื่นตกกระทบไม่ขนานรอยต่อ :

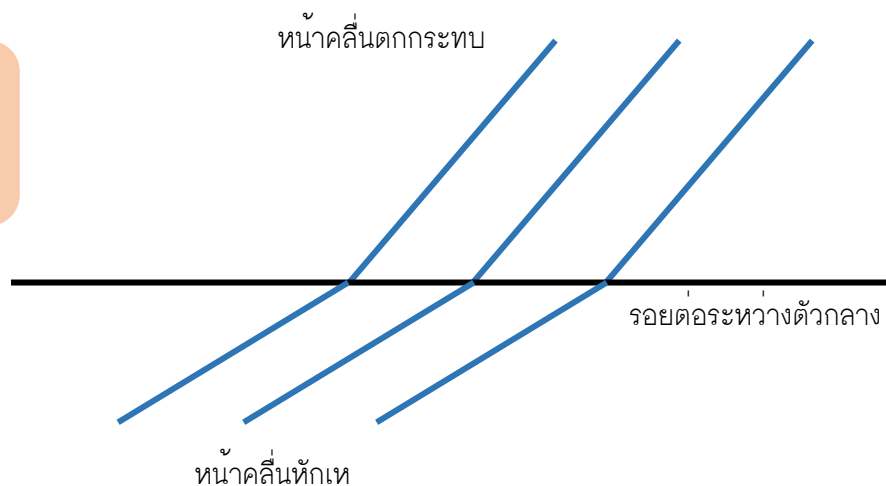


กรณีหน้าคลื่นตกกระทบขนานรอยต่อ :



เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งไปอีกตัวกลางหนึ่ง คลื่นตกกระทบกับคลื่นหักเหมีอัตราเร็วที่แตกต่างกัน ในกรณีของคลื่นต่อเนื่องความยาวคลื่นตกกระทบกับความยาวคลื่นหักเหมีค่าต่างกันไปด้วย เนื่องจากความถี่ของคลื่นทั้งสองมีค่าเท่ากันตามแหล่งกำเนิดของคลื่น นอกจากนี้ทิศทางการแผ่ไปของคลื่นไม่จำเป็นต้องอยู่ในแนวที่ตั้งฉากกับระนาบของรอยต่อระหว่างตัวกลางทั้งสองโดยเราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบและมุมหักเหของคลื่นได้ดังนี้

หาความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบและมุมหักเหจากการพิจารณาภาพต่อไปนี้



สรุปเป็นกฎการหักเหได้ว่า

1. เส้นรังสีตกกระทบ เส้นรังสีหักเห รอยต่อขอบเขตของตัวกลางและเส้นแนวฉากอยู่ในระนาบเดียวกัน
2. อัตราส่วนของค่าไซน์ของมุมตกกระทบต่อค่าไซน์ของมุมหักเหสำหรับตัวกลางคู่หนึ่งจะมีค่าคงที่เสมอ

ดังสมการ

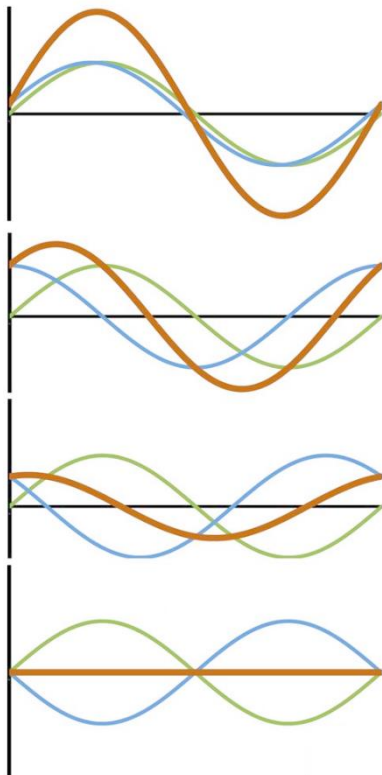


6.3 การแทรกสอดของคลื่น

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่มาพบกัน จะเกิดการรวมกันตามหลักการซ้อนทับของคลื่น โดยเราจะพิจารณากรณีที่คลื่น 2 ขบวนมีความยาวคลื่น ความถี่และแอมพลิจูดเท่ากัน

การแทรกสอดของคลื่น (interference) เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นได้เมื่อคลื่นสองขบวนเคลื่อนที่บนตัวกลางเดียวกันมาพบกัน ทำให้เกิดคลื่นลัพธ์จากการรวมกันของคลื่นทั้งสองขณะที่เกิดการซ้อนทับกัน การแทรกสอดกันของคลื่นมี 2 แบบ คือ

- การแทรกสอดแบบเสริม (Constructive interference) จะเกิดขึ้นเมื่อคลื่นสองขบวนมีแอมพลิจูดไปในทางเดียวกันในที่นี้จะพิจารณากรณีที่เฟสตรงกัน
- การแทรกสอดแบบหักล้าง (Destructive interference) จะเกิดขึ้นเมื่อคลื่นสองขบวนมีแอมพลิจูดไปในทางตรงข้ามกันในที่นี้จะพิจารณากรณีที่เฟสตรงข้ามกัน



ณ ขณะนี้คลื่นทั้งสองขบวนมีการแทรกสอดแบบเสริมกันทำให้แอมพลิจูดรวมมีค่าสูงสุด เรียกตำแหน่งนี้ว่า **ปฏิบัพ (antinode)**

- คลื่นผลรวม
- คลื่นขบวนที่ 1 (เคลื่อนที่ไปทางขวา)
- คลื่นขบวนที่ 2 (เคลื่อนที่ไปทางซ้าย)

ณ ขณะนี้คลื่นทั้งสองขบวนมีการแทรกสอดแบบหักล้างกันทำให้แอมพลิจูดรวมมีค่าต่ำสุด เรียกตำแหน่งนี้ว่า **บัพ (node)**



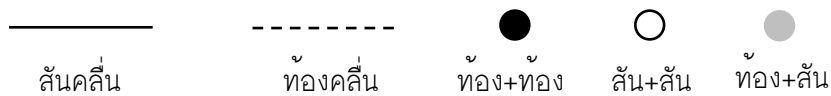
หากพิจารณาตำแหน่งที่เป็นสันคลื่นและท้องคลื่น ตำแหน่งใดบ้างที่เมื่อรวมกันแล้วจะเป็นตำแหน่งบัพหรือปฏิบัพ

การแทรกสอดของคลื่นผิวน้ำ (ศึกษาผ่านกิจกรรมการทดลอง)

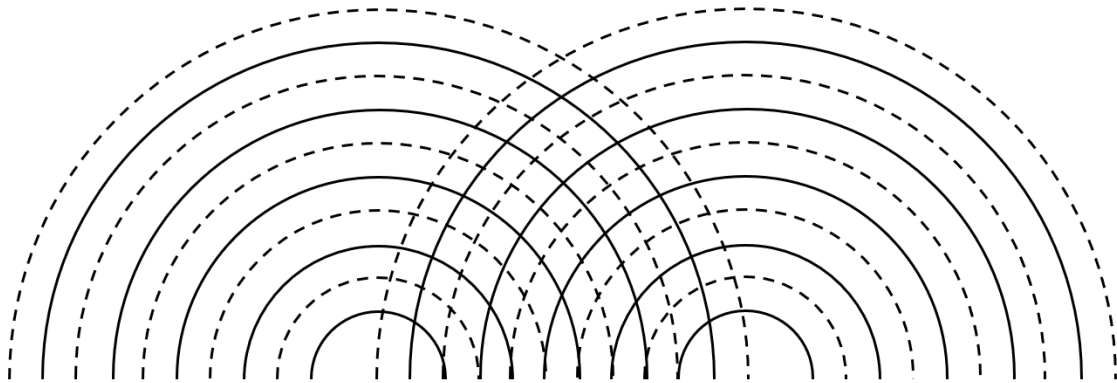
แหล่งกำเนิดสองแหล่งอยู่ในตัวกลางเดียวกันให้คลื่นต่อเนื่องที่มีแอมพลิจูด ความถี่และความยาวคลื่นเท่ากัน มีเฟสเริ่มต้นตรงกันหรือต่างกันคงที่จัดเป็น **แหล่งกำเนิดอาพันธ์ (coherent sources)** เมื่อแหล่งกำเนิดนี้แผ่คลื่นออกมา คลื่นที่เคลื่อนที่ออกมาจะเกิดการแทรกสอดกันโดยบางจุดจะเกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกันสนิทเป็นจุดดับ ค่าการกระจัดลัพธ์ของตัวกลางที่จุดนี้จะเป็นศูนย์ และเกิดจุดที่มีการแทรกสอดแบบเสริมกันเป็นจุดปฏิบัพค่าการกระจัดลัพธ์ของตัวกลางที่จุดนี้จะมีขนาดเป็นสองเท่าของแอมพลิจูดคลื่นที่ออกมาจากแหล่งกำเนิด ส่วนตำแหน่งที่เหลือก็จะเป็นการแทรกสอดที่ไม่ได้หักล้างกันสนิทหรือเสริมกันมากที่สุด

ผลต่างระหว่างทางระหว่างจุดที่สนใจ (P) กับแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสอง (path difference)

กำหนดสัญลักษณ์ต่างๆ ดังนี้



กรณีแหล่งกำเนิดอาพันธ์เฟสตรงกัน



บนตำแหน่งที่มีการแทรกสอดแบบเสริม (A)

.....

.....

.....

เมื่อ

บนตำแหน่งที่มีการแทรกสอดแบบหักล้าง (N)

.....

.....

.....

เมื่อ

กรณีแหล่งกำเนิดอาพันธ์เฟสตรงข้าม

บนตำแหน่งที่มีการแทรกสอดแบบเสริม (A)

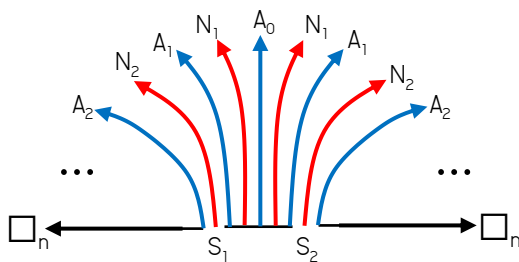
เมื่อ

บนตำแหน่งที่มีการแทรกสอดแบบหักล้าง (N)

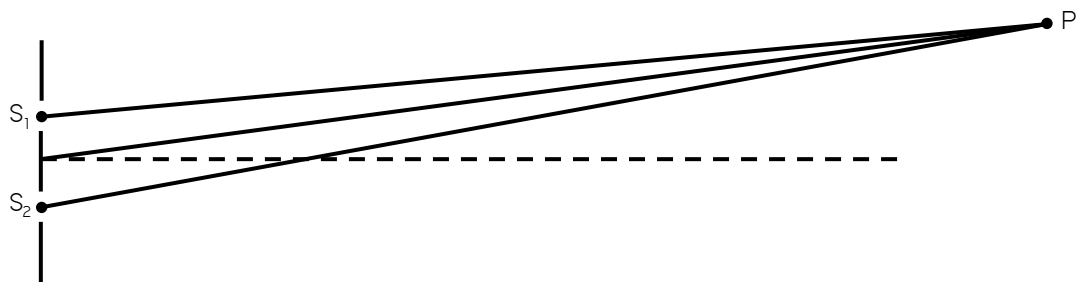
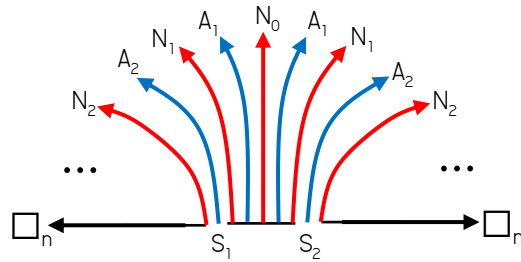
เมื่อ

สรุปแนวการแทรกสอดของคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์

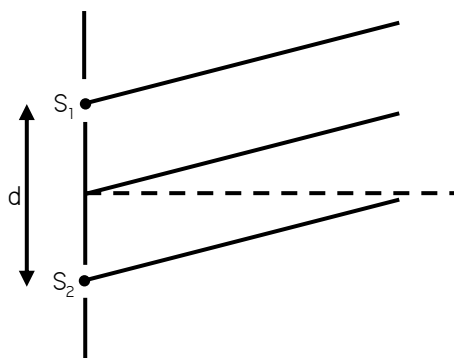
กรณีแหล่งกำเนิดอาพันธ์เฟสตรงกัน



กรณีแหล่งกำเนิดอาพันธ์เฟสตรงข้าม



ในกรณีที่ จุด P อยู่ไกลจากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองมากๆ เราจะมองว่า เส้นตรง S_1P เส้นตรง S_2P และเส้นตรงที่เป็นฉากกลาง **ขนานกัน**



พิจารณาจากภาพจะได้ว่า

.....

สรุปสมการที่เกี่ยวกับการแทรกสอดของคลื่น (โดยทั่วไปจะพบเฉพาะกรณีแหล่งกำเนิดอาพันธ์เฟสตรงกัน)

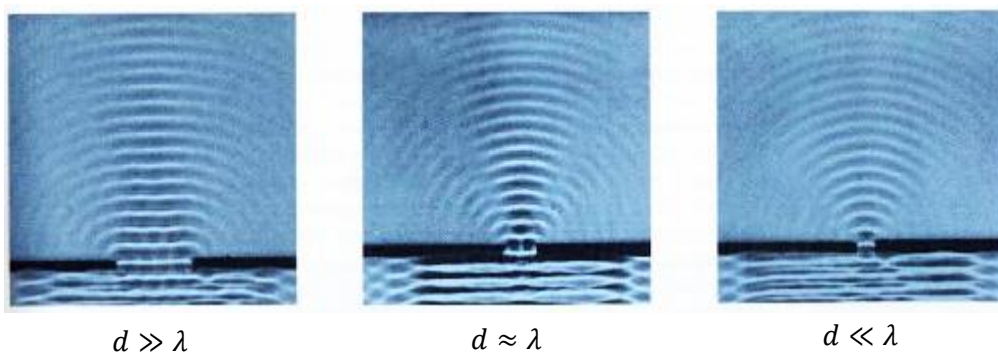
การแทรกสอดบนแนวปฏิบัติ (A)	การแทรกสอดบนแนวปฏิบัติ (N)
เมื่อ $n =$	เมื่อ $n =$

6.4 การเลี้ยวเบนของคลื่น

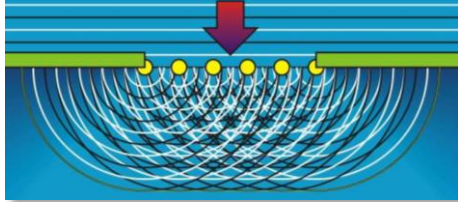
เมื่อคลื่นเคลื่อนที่มาถึงบริเวณที่มีสิ่งกีดขวาง ตรงจุดที่เป็นขอบของสิ่งกีดขวางคลื่นจะสามารถเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ที่อ้อมขอบของสิ่งกีดขวางไปด้านหลังได้ โดยทิศทางการเคลื่อนที่จะเปลี่ยนไปและแอมพลิจูดของคลื่นที่อ้อมไปนั้นมีค่าลดน้อยลง แต่ความยาวคลื่นกับความถี่ยังคงเดิม เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า **การเลี้ยวเบนของคลื่น (diffraction)**



การเลี้ยวเบนของคลื่นระนาบผ่านช่องแคบที่มีความกว้างต่างกัน 3 ค่า สังเกตว่าสำหรับช่องแคบที่มีความกว้างยิ่งน้อยหรือกว้างน้อยกว่าความยาวคลื่นมากๆ เมื่อคลื่นระนาบเคลื่อนที่ผ่านคลื่นที่ปรากฏด้านหลังจะมีลักษณะหน้าคลื่นเป็นรูปวงกลม เหมือนกับว่าช่องแคบดังกล่าวทำตัวเป็นแหล่งกำเนิดขึ้นแบบจุด



ซึ่งอธิบายปรากฏการณ์นี้สามารถได้ด้วยหลักการของฮอยเกนส์ที่ว่า "แต่ละจุดบนหน้าคลื่นเป็นแหล่งกำเนิดแบบจุดที่ทำให้เกิดหน้าคลื่นรูปวงกลมใหม่ซึ่งส่งคลื่นออกไป โดยคลื่นใหม่นี้จะมีอัตราเร็วและความถี่เท่ากับคลื่นเดิม และหน้าคลื่นใหม่เกิดจากการลากเส้นสัมผัสที่เชื่อมหน้าคลื่นวงกลมด้านหน้าของแหล่งกำเนิดจุดที่เกิดคลื่น"



Learn more

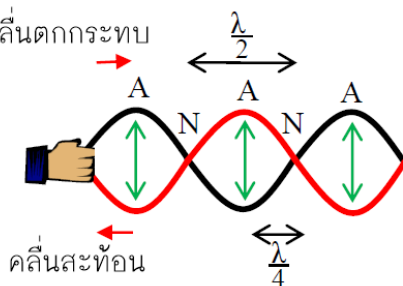
Simulation จำลองการแทรกสอด
และเลี้ยวเบนของคลื่น



น้า

ถ้านำเชือกเส้นหนึ่งมัดติดเสาให้แน่น แล้วดึงปลายอีกข้างหนึ่งให้ตึงพอสมควร จากนั้นทำการสับิดให้เกิดคลื่นต่อเนื่องพุ่งไปกระทบเสา คลื่นที่เข้ากระทบเสาสจะสะท้อนกลับออกมาจากเสานั้น คลื่นที่เข้าตกกระทบและคลื่นที่สะท้อนออกมานี้จะเกิดการแทรกสอดกัน ทำให้เชือกที่บางจุดมีการสั่นขึ้นลงอย่างแรงกว่าปกติ เรียกตำแหน่งที่สั่นสะเทือนแรงนี้ว่า **ตำแหน่งปฏิบัพ (A)** และจะมีบางตำแหน่งไม่สั่นขึ้นหรือลงเลย เราเรียกจุดนี้ว่า **ตำแหน่งบัพ (N)** และเนื่องจากจุดที่สั่นและไม่สั่นดังกล่าว จะสั่นหรือไม่สั่นอยู่ที่เดิมตลอดเวลาองเสมือนว่าอยู่นิ่ง ปรากฏการณ์นี้จึงเรียกว่า **คลื่นนิ่ง (standing wave)**

คลื่นตกกระทบ



Learn more

วิดีโอการทดลองการเกิดคลื่นนิ่ง

Standing Waves Part I: Demonstration

ควรทราบ

1. คลื่นนิ่งจะเกิดได้ก็ต่อเมื่อมีคลื่น 2 คลื่นซึ่งมีความถี่ ความยาวคลื่น แอมพลิจูด เท่ากันแต่เคลื่อนที่สวนทางกันเข้ามาแทรกสอดกันเท่านั้น

2. ตำแหน่งปฏิบัพ 2 ตำแหน่งที่อยู่ติดกันจะห่างกัน $\frac{\lambda}{2}$
3. ตำแหน่งบัพ 2 ตำแหน่งที่อยู่ติดกันจะห่างกัน $\frac{\lambda}{2}$
4. ตำแหน่งปฏิบัพและตำแหน่งบัพ 2 ตำแหน่งที่อยู่ติดกันจะห่างกัน $\frac{\lambda}{4}$
5. จำนวนตำแหน่งปฏิบัพหรือจำนวน Loop ของคลื่นนิ่งที่เกิดขึ้นหาได้จากสมการ

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

6. ความถี่ของคลื่นนิ่งที่เกิดขึ้นหาได้จากสมการ

$$f = \frac{nv}{2L}$$

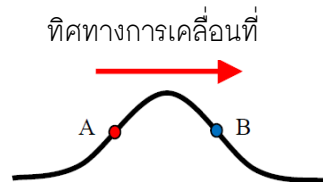
แบบฝึกหัดข้อที่ 1 การเคลื่อนที่แบบคลื่นคือการเคลื่อนที่ซึ่ง

1. พลังงานถูกถ่ายโอนไปข้างหน้าพร้อมกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคตัวกลาง
2. พลังงานถูกถ่ายโอนไปข้างหน้า ก่อนการเคลื่อนที่ของอนุภาคตัวกลาง
3. พลังงานถูกถ่ายโอนไปข้างหน้า หลังการเคลื่อนที่ของอนุภาคตัวกลาง
4. พลังงานถูกถ่ายโอนไปข้างหน้าได้ โดยที่อนุภาคตัวกลางสั่นอยู่ที่เดิม

แบบฝึกหัดข้อที่ 2 เมื่อมีคลื่นผิวน้ำแผ่ไปถึงวัตถุที่ลอยอยู่ที่ผิวน้ำจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร

1. อยู่นิ่งๆ เหมือนเดิม
2. กระเพื่อมขึ้นลงและอยู่กับที่เมื่อคลื่นผ่านไปแล้ว
3. เคลื่อนที่ตามคลื่น
4. ขยับไปข้างหน้าแล้วถอยหลัง

แบบฝึกหัดข้อที่ 3 คลื่นในเส้นเชือกกำลังเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา A และ B เป็นจุดสองจุดบนเส้นเชือก เมื่อเวลาหนึ่งรูปร่างของเส้นเชือกเป็นดังรูป ถ้าเวลาผ่านไปอีกเล็กน้อย จุด A และ B จะเคลื่อนที่อย่างไร



1. ทั้ง A และ B จะเคลื่อนที่ไปทางขวามือ
2. A ต่ำกว่าเดิม B สูงกว่าเดิม
3. A สูงกว่าเดิม B ต่ำกว่าเดิม
4. ทั้ง A และ B อยู่เท่าเดิม

แบบฝึกหัดข้อที่ 4 คลื่นตามยาวและคลื่นตามขวางต่างกันอย่างไร

1. ต่างกันที่ความยาวคลื่น
2. ต่างกันที่แอมพลิจูดของคลื่น
3. ต่างกันที่ประเภทของแหล่งกำเนิด
4. ต่างกันที่ทิศทางการสั่นของตัวกลาง

แบบฝึกหัดข้อที่ 5 คลื่นที่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่คือ

1. คลื่นกล
2. คลื่นดล
3. คลื่นตามยาว
4. คลื่นตามขวาง

แบบฝึกหัดข้อที่ 6 คลื่นในข้อใดต่อไปนี้เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งหมด

1. คลื่นเสียง, คลื่นวิทยุ, คลื่นไมโครเวฟ
2. คลื่นน้ำ, คลื่นในเส้นเชือก, คลื่นดล
3. คลื่นในสปริง, คลื่นน้ำ, แสง
4. แสง, ไฟฟ้ากระแสสลับ, รังสีแกมมา

แบบฝึกหัดข้อที่ 7 ข้อใดต่อไปนี้เป็นความหมายของความยาวคลื่น

1. ระยะทางที่วัดเป็นเส้นตรงจากจุดตั้งต้นไปจนถึงจุดสุดท้ายของหนึ่งลูกคลื่น
2. ระยะระหว่างสันคลื่นที่อยู่ติดกัน
3. ระยะระหว่างท้องคลื่นที่อยู่ติดกัน
4. ถูกทุกข้อ

แบบฝึกหัดข้อที่ 8 คลื่นชนิดหนึ่งเกิดจากการสั่น 3000 รอบต่อวินาที คลื่นนี้มีความถี่และคาบเท่าไร

1. 50 Hz , 0.02 วินาที
2. 100 Hz , 0.04 วินาที
3. 150 Hz , 0.06 วินาที
4. 300 Hz , 0.08 วินาที

แบบฝึกหัดข้อที่ 9 คลื่นน้ำคลื่นหนึ่งมีความยาวคลื่น 2 เมตรเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 40 เมตรใน 5 วินาทีจงหาความเร็วคลื่น ความถี่และเวลาที่ไซ้เคลื่อนที่ได้ 1 ลูกคลื่น

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1. 8 m/s, 4 Hz, 0.25 s | 2. 8 m/s, 8 Hz, 0.50 s |
| 3. 4 m/s, 4 Hz, 0.25 s | 4. 4 m/s, 8 Hz, 0.50 s |

แบบฝึกหัดข้อที่ 10 แล่งกำเนิดคลื่นในคลื่นความถี่ 400 เฮิรตซ์ ความยาวคลื่น 12.5 เซนติเมตร คลื่นที่เกิดจะมีอัตราเร็วเท่าใดและในระยะเวลา 300 เมตร คลื่นนี้จะใช้เวลาเคลื่อนที่เท่าไร

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. 25 เมตร/วินาที, 3 วินาที | 2. 25 เมตร/วินาที, 6 วินาที |
| 3. 50 เมตร/วินาที, 3 วินาที | 4. 50 เมตร/วินาที, 6 วินาที |

แบบฝึกหัดข้อที่ 11 แล่งกำเนิดคลื่นปล่อยคลื่นมีความยาวคลื่น 5 เซนติเมตร วัดอัตราเร็วได้ 40 เมตรต่อวินาที ในเวลา 0.8 วินาที ได้จะเกิดคลื่นทั้งหมดกี่ลูกคลื่น

- | | | | |
|--------|--------|--------|---------|
| 1. 320 | 2. 640 | 3. 800 | 4. 1200 |
|--------|--------|--------|---------|

แบบฝึกหัดข้อที่ 12 เมื่อสังเกตคลื่นเคลื่อนที่ไปบนผิวน้ำกระเพื่อมขึ้นลง 600 รอบใน 1 นาที และระยะระหว่างสันคลื่นที่ติดกันวัดได้ 20 เซนติเมตร จงหาว่าเมื่อสังเกตคลื่นลูกหนึ่งเคลื่อนที่ไปใน 1 นาทีจะได้ระยะทางกี่เมตร

แบบฝึกหัดข้อที่ 13 ในการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ของคลื่น โดยใช้ถาดน้ำกับตัวกำเนิดคลื่นซึ่งเป็นมอเตอร์ที่หมุน 4 รอบ/วินาที ถาดน้ำมีความยาวคลื่น 3 เซนติเมตร จงหาอัตราเร็วของคลื่นที่เกิดขึ้น

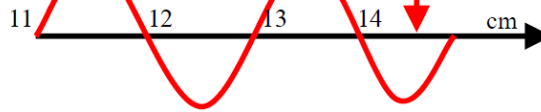
- | | | | |
|-----------|------------|------------|------------|
| 1. 8 cm/s | 2. 10 cm/s | 3. 12 cm/s | 4. 14 cm/s |
|-----------|------------|------------|------------|

แบบฝึกหัดข้อที่ 14 ตัวกำเนิดคลื่นมีความถี่ของการสั่น 8 เฮิรตซ์ ทำให้เกิดคลื่นผิวน้ำดังแสดงในรูป

ทิศทางการเคลื่อนที่
ของคลื่นผิวน้ำ



ระดับผิวน้ำปกติ



จงหาความเร็วของคลื่นนี้ในหน่วยเซนติเมตร/วินาที

1. 20

2. 16

3. 8

4. 4

แบบฝึกหัดข้อที่ 15 นักเรียนคนหนึ่งยืนอยู่ริมฝั่งโขงสังเกตเห็นคลื่นผิวน้ำเคลื่อนกระทบฝั่งมีระยะทางระหว่างสันคลื่นที่อยู่ติดกัน 10 เซนติเมตรและคลื่นมีอัตราเร็ว 5 เซนติเมตร/วินาที อยากทราบว่า คลื่นขบวนนี้จะเคลื่อนกระทบฝั่งนาที่ละกี่ลูก

แบบฝึกหัดข้อที่ 16 การทดลองโดยใช้ภาดคลื่นที่มีน้ำลึกสม่ำเสมอ วัดระยะทางระหว่างสันคลื่น 5 สันที่อยู่ติดกันได้ระยะทาง 10 เซนติเมตร ถ้าคลื่นผิวน้ำมีอัตราเร็ว 20 เซนติเมตรต่อวินาที จงหาความถี่ของคลื่น

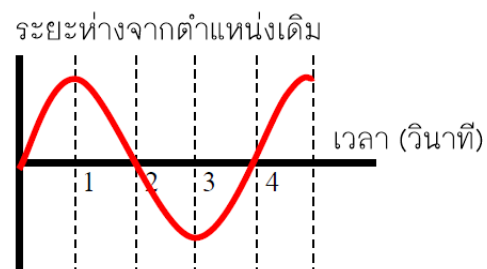
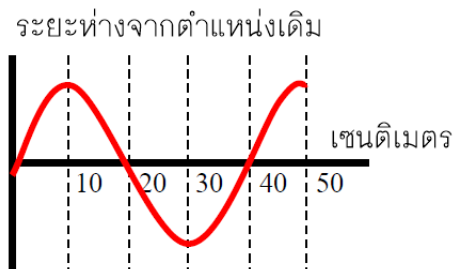
1. 2 Hz

2. 4 Hz

3. 8 Hz

4. 16 Hz

แบบฝึกหัดข้อที่ 17 คลื่นต่อเนื่องในเส้นเชือกกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวา เมื่อเวลา $t = 0$ กราฟระหว่างการกระจัดของอนุภาคบนเส้นเชือกกับระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ เป็นดังรูปซ้าย ถ้าเขียนกราฟระหว่างการกระจัดของอนุภาคบนเส้นเชือกกับเวลา จะได้กราฟดังรูปขวา อัตราเร็วของคลื่น ในเส้นเชือกเป็นเท่าใด



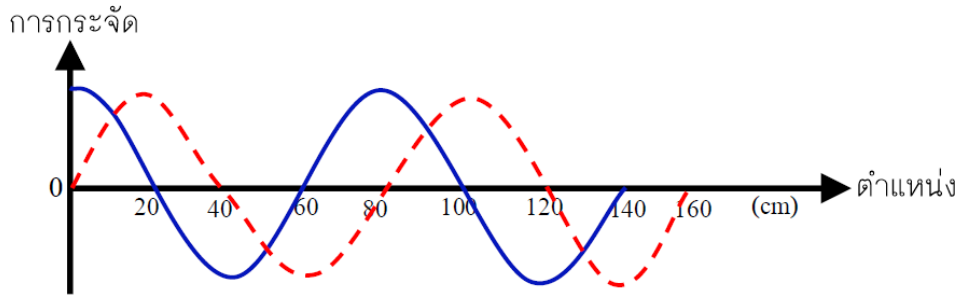
1. 0.1 m/s

2. 0.2 m/s

3. 0.3 m/s

4. 0.4 m/s

แบบฝึกหัดข้อที่ 18 จากรูปคลื่นขบวนหนึ่ง เมื่อเวลา $t = 0$ แสดงด้วยเส้นทึบและเมื่อเวลาผ่านไป $t = 0.2$ วินาที แสดงด้วยเส้นประ จงหาความเร็วของคลื่นในหน่วยเมตร/วินาที



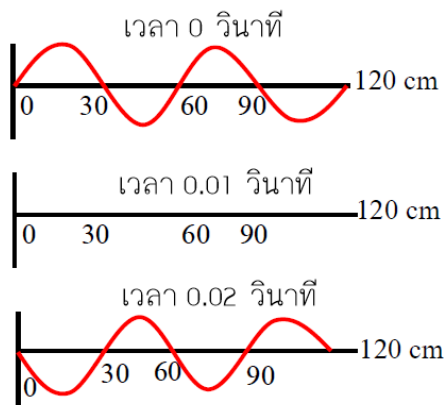
1. 0.2

2. 0.5

3. 1.0

4. 1.5

แบบฝึกหัดข้อที่ 19 คลื่นนิ่งในเส้นเชือกที่เวลาต่างๆ 3 เวลาดังรูป จงหาความเร็วของคลื่นในเชือกนี้



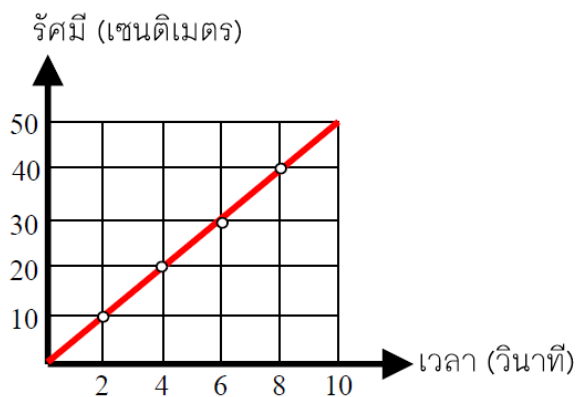
1. 15 เมตร/วินาที

2. 30 เมตร/วินาที

3. 60 เมตร/วินาที

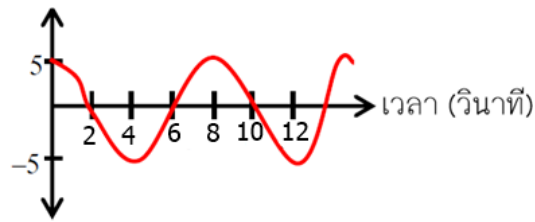
4. 120 เมตร/วินาที

แบบฝึกหัดข้อที่ 20 ในการสังเกตของนักเรียนกลุ่มหนึ่งพบว่า เมื่อทำให้เกิดคลื่นดลวงกลมขึ้นในถาดคลื่นรัศมีของคลื่นดลวงกลมที่เวลาต่างๆ เป็นไปตามกราฟ ถามว่านักเรียนกลุ่มนี้ทำให้เกิดคลื่นต่อเนื่องขึ้นในถาดคลื่นนี้ด้วยความถี่ 10 เฮิรตซ์ ยอดคลื่น 2 ยอด ที่อยู่ใกล้กันมากที่สุดจะอยู่ห่างกันกี่เซนติเมตร



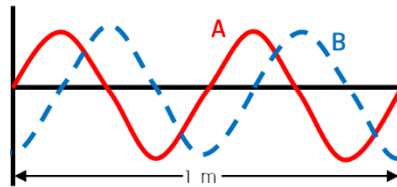
แบบฝึกหัดข้อที่ 21 คลื่นขบวนหนึ่งมีรูปร่างดังกราฟ ข้อใดถูกต้องทั้งหมด

การกระจัด (เซนติเมตร)



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 10 เซนติเมตร คาบ 10 วินาที ความถี่ 0.1 เฮิรตซ์

แบบฝึกหัดข้อที่ 22 คลื่นสองขบวนมีลักษณะดังรูป ข้อใดที่ถูกต้อง



1. คลื่น A มีความยาวคลื่น 0.5 เมตร , คลื่น A และ B มีเฟสต่างกัน 90°
2. คลื่น A มีความยาวคลื่น 0.25 เมตร , คลื่น A และ B มีเฟสต่างกัน 90°
3. คลื่น A มีความยาวคลื่น 0.5 เมตร , คลื่น A และ B มีเฟสต่างกัน 45°
4. คลื่น A มีความยาวคลื่น 0.25 เมตร , คลื่น A และ B มีเฟสต่างกัน 45°

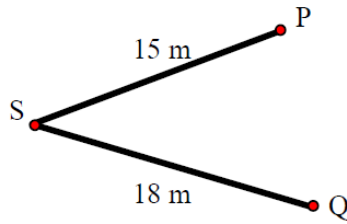
แบบฝึกหัดข้อที่ 23 คลื่นความถี่ 500 เฮิรตซ์มีความเร็ว 300 เมตร/วินาทีจุด 2 จุดซึ่งอยู่ห่างกัน 0.06 เมตร จะมีเฟสต่างกันเท่าใด

1. 30°
2. 36°
3. 42°
4. 45°

แบบฝึกหัดข้อที่ 24 คลื่นขบวนหนึ่งมีความถี่ 150 เฮิรตซ์ มีความเร็ว 300 เมตร/วินาที จุดสองจุดบนคลื่นที่มีเฟสต่างกัน 90 องศา จะอยู่ห่างกันกี่เมตร

1. 0.2
2. 0.5
3. 0.06
4. 1.5

แบบฝึกหัดข้อที่ 25 จากรูป S เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นความถี่ 100 เฮิรตซ์ จุด P และ Q อยู่ห่างจาก S เป็นระยะ 15 เมตร และ 18 เมตร ตามลำดับ ถ้าคลื่นที่มาถึงจุด P และ Q มีเฟสต่างกัน $\frac{3\pi}{2}$ เรเดียน จงหาอัตราเร็วของคลื่นในหน่วยเมตร/วินาที



1. 400

2. 500

3. 600

4. 700

แบบฝึกหัดข้อที่ 26 คลื่นขบวนหนึ่งมีความยาวคลื่น 0.5 เมตร จุด 2 จุด บนคลื่นที่ห่างกัน 0.2 เมตรจะมีเฟสต่างกันกี่องศา

1. 144° 2. 360° 3. 155° 4. 123°

แบบฝึกหัดข้อที่ 27 เชือกเส้นหนึ่งซึ่งตึงโดยปลายข้างหนึ่งตรึงอยู่กับที่ อีกปลายหนึ่งติดอยู่กับเครื่องสั่นสะเทือน ณ ที่จุดหนึ่งบนเชือกที่เฟสเปลี่ยนไป 240 องศา ทุกๆ ช่วง 3 วินาที จงหาว่าเครื่องสั่นสะเทือนนี้มีความถี่ในการสั่นเท่าไร (ในหน่วยเฮิรตซ์)

1. 0.11

2. 0.22

3. 0.33

4. 0.44

แบบฝึกหัดข้อที่ 28 คลื่นผิวน้ำ มีอัตราเร็ว 20 เซนติเมตร/วินาที กระจายออกจากแหล่งกำเนิดคลื่นซึ่งมีความถี่ 5 เฮิรตซ์ การกระเพื่อมของผิวน้ำที่อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิด 30 เซนติเมตรและ 48 เซนติเมตร จะมีเฟสต่างกันกี่องศา

1. 30° 2. 60° 3. 90° 4. 180°

แบบฝึกหัดข้อที่ 29 คลื่นน้ำความถี่ 2 เฮิรตซ์ แอมพลิจูด 10 เซนติเมตร จะมีการกระจัดตามแนวแกน Y เท่าใด ณ. จุดเวลา $\frac{3}{8}$ วินาทีจากจุดเริ่มต้นและให้เฟสเริ่มต้นเป็น 0 องศา

1. สูงขึ้นไป 15 เซนติเมตร
2. ลึกลงไป 10 เซนติเมตร
3. ลึกลงไป 15 เซนติเมตร
4. สูงขึ้นไป 10 เซนติเมตร

แบบฝึกหัดข้อที่ 30 เชือกเส้นหนึ่งมีปลายข้างหนึ่งผูกแน่นติดกับเสา เมื่อสร้างคลื่นคลจากปลายอีกข้างหนึ่งเขามาตกกระทบจะเกิดคลื่นสะท้อนขึ้น คลื่นสะท้อนนี้มีเฟสเปลี่ยนไปกี่องศา

1. 90
2. 180
3. 270
4. 360

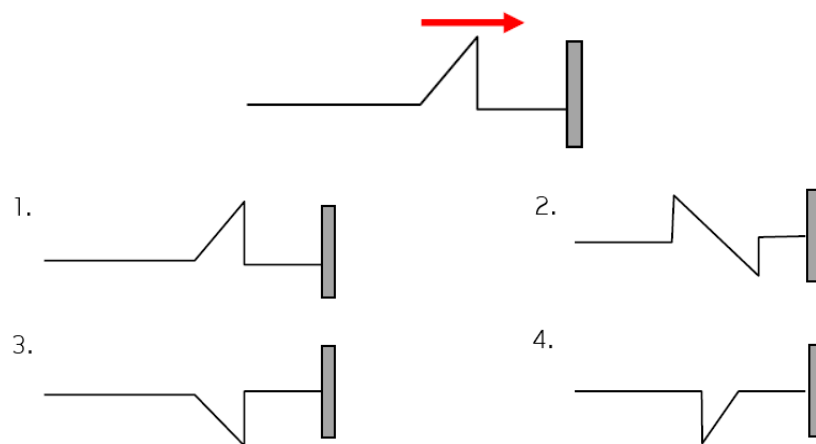
แบบฝึกหัดข้อที่ 31 คลื่นสะท้อนจะไม่เปลี่ยนเฟสเมื่อ

1. คลื่นตกกระทบตั้งฉากกับตำแหน่งสะท้อน
2. ตำแหน่งสะท้อนคลื่นคงที่
3. ตำแหน่งสะท้อนคลื่นไม่คงที่
4. มุมตกกระทบโตกว่ามุมสะท้อน

แบบฝึกหัดข้อที่ 32 คลื่นน้ำหนาตรงเคลื่อนที่เข้ากระทบผิวสะท้อนราบเรียบจะเกิดการสะท้อนขึ้น คลื่นน้ำที่สะท้อนออกมามีเฟสเปลี่ยนไปกี่องศา

1. 0
2. 90
3. 180
4. 270

แบบฝึกหัดข้อที่ 33 จากรูปแสดงคลื่นตกกระทบในเส้นเชือก ซึ่งปลายข้างหนึ่งของเชือกผูกติดอยู่กับกำแพง เมื่อคลื่นตกกระทบกับกำแพงแล้วจะเกิดคลื่นสะท้อนขึ้น ข้อใดต่อไปนี้แสดงถึงคลื่นสะท้อน



แบบฝึกหัดข้อที่ 34 เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากโลหะเข้าไปในน้ำ ข้อใดถูกต้อง

1. ความเร็วคลื่นคงเดิม
2. ความยาวคลื่นคงเดิม
3. แอมพลิจูดคลื่นคงเดิม
4. ความถี่คลื่นคงเดิม

แบบฝึกหัดข้อที่ 35 ข้อความใดถูกต้องเกี่ยวกับคลื่นน้ำ

1. คลื่นน้ำตื้นอัตราเร็วคลื่นมากกว่าคลื่นน้ำลึก
2. คลื่นน้ำตื้นอัตราเร็วคลื่นเท่ากับคลื่นน้ำลึก
3. คลื่นน้ำตื้นอัตราเร็วคลื่นน้อยกว่าอัตราเร็วคลื่นในน้ำลึก
4. ความยาวคลื่นในน้ำตื้นมากกว่าความยาวคลื่นในน้ำลึก

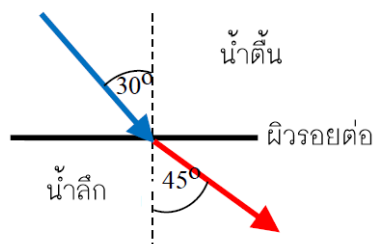
แบบฝึกหัดข้อที่ 36 คลื่นเคลื่อนที่จากตัวกลาง x ไปยังตัวกลาง y ถ้าความเร็วคลื่นในตัวกลาง x เป็น 8 เมตร/วินาที และความยาวคลื่นมีขนาดเท่ากับ 4 เมตร เมื่อผ่านเข้าไปในตัวกลาง y ความเร็ว คลื่นเปลี่ยนเป็น 10 เมตร/วินาที ความยาวคลื่นในตัวกลาง y จะมีค่าเป็นกี่เมตร

1. 3 2. 5 3. 6 4. 8

แบบฝึกหัดข้อที่ 37 ถ้าคลื่นน้ำเคลื่อนที่ผ่านจากเขตนํ้าลึกไปยังเขตนํ้าตื้นแล้วทำให้ความยาวคลื่นลดลงครึ่งหนึ่ง จงหาอัตราส่วนของอัตราเร็วของคลื่นในนํ้าลึกกับอัตราเร็วของคลื่นในนํ้าตื้น

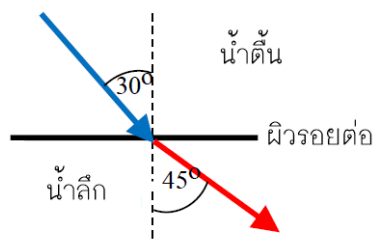
1. 0.5 2. 1.0 3. 2.0 4. 4.0

แบบฝึกหัดข้อที่ 38 คลื่นน้ำเคลื่อนที่จากนํ้าตื้นไปยังนํ้าลึก ถ้ามุมตกกระทบและมุมหักเหเท่ากับ 30° และ 45° ตามลำดับและความเร็วคลื่นในนํ้าตื้นเท่ากับ 10 เซนติเมตร/วินาที จงหาความเร็วคลื่นในนํ้าลึก



1. 2 เซนติเมตร/วินาที 2. $\sqrt{2}$ เซนติเมตร/วินาที
3. 10 เซนติเมตร/วินาที 4. $10\sqrt{2}$ เซนติเมตร/วินาที

แบบฝึกหัดข้อที่ 39 คลื่นน้ำเคลื่อนที่จากนํ้าตื้นไปยังนํ้าลึก ถ้ามุมตกกระทบและมุมหักเหเท่ากับ 30° และ 45° ตามลำดับและความเร็วคลื่นในนํ้าตื้นเท่ากับ 5 เซนติเมตร/วินาที จงหาความเร็วคลื่นในนํ้าลึก



1. 2.8 เซนติเมตร/วินาที 2. 5.0 เซนติเมตร/วินาที
3. 7.0 เซนติเมตร/วินาที 4. 15.0 เซนติเมตร/วินาที

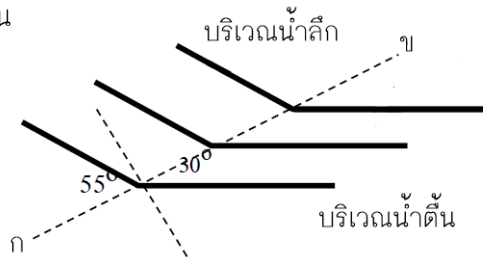
แบบฝึกหัดข้อที่ 40 อัตราเร็วของคลื่นจะเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไร เมื่อความถี่เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าและผ่านตัวกลางเดิม

แบบฝึกหัดข้อที่ 41 เชือกเส้นใหญ่มีมวลต่อหนึ่งหน่วยความยาวมากกว่าเชือกเส้นเล็ก เมื่อนำมาต่อกันให้คลื่นผ่านจากเชือกเส้นใหญ่เข้าสู่เชือกเส้นเล็ก อัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่น เปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

แบบฝึกหัดข้อที่ 42 แสงเคลื่อนที่จากอากาศสู่ผิวน้ำทำ มุม 37° กับผิวน้ำ จงหาค่าของมุมหักเหที่เกิดขึ้นในน้ำว่ามีค่ากี่องศา กำหนดดรรชนีหักเหของน้ำ เทียบกับอากาศเท่ากับ $\frac{4}{3}$

1. 0
2. 37
3. 1.82
4. 150

แบบฝึกหัดข้อที่ 43 จากรูปแสดงหน้าคลื่นตกกระทบและหน้าคลื่นหักเหของคลื่นผิวน้ำที่เคลื่อนที่จากน้ำลึกไปยังเขตน้ำตื้นเมื่อ ก ข คือเส้นรอยต่อระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้น จงหาอัตราส่วนความเร็วของคลื่นในน้ำลึกต่อความเร็วของคลื่นในน้ำตื้น



1. $\sin 60^\circ / \sin 35^\circ$
2. $\sin 35^\circ / \sin 60^\circ$
3. $\sin 55^\circ / \sin 30^\circ$
4. $\sin 30^\circ / \sin 55^\circ$

แบบฝึกหัดข้อที่ 44 คลื่นรวมซึ่งเกิดจากการแทรกสอดของคลื่นสองขบวนที่มีแอมพลิจูดความถี่ ความยาวคลื่น และเฟสเท่ากัน ที่จุดที่อยู่บนแนวปฏิบัพ จะมีลักษณะดังนี้

1. แอมพลิจูดและความถี่เป็นสองเท่าของคลื่นเดิม
2. แอมพลิจูดเท่าเดิมแต่มีความถี่เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า
3. ความถี่เท่าเดิมแต่มีแอมพลิจูดเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า
4. ความถี่เท่าเดิมแต่มีแอมพลิจูดเป็นศูนย์

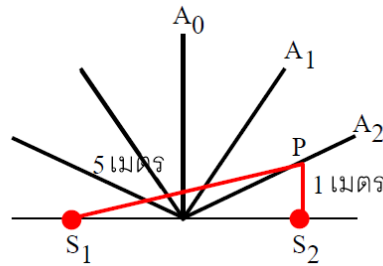
แบบฝึกหัดข้อที่ 45 เมื่อคลื่นสองคลื่นเคลื่อนที่มารวมกันแล้ว เกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกันแสดงว่า

1. ผลต่างทางเดินของคลื่นทั้งสองเป็นจำนวนเต็มของความยาวคลื่น
2. ผลต่างมุมเฟสของคลื่นทั้งสองเท่ากับ 0 องศา
3. ผลต่างของมุมเฟสของคลื่นทั้งสองเท่ากับ 180 องศา
4. ผลต่างของมุมเฟสของคลื่นทั้งสองเท่ากับ 360 องศา

แบบฝึกหัดข้อที่ 46 คลื่นชนิดหนึ่งเมื่อเกิดการแทรกสอดจะเกิดแนวดังรูป

ก. คลื่นนี้มีความยาวคลื่นเท่าใด

ข. ถ้าคลื่นนี้มีความถี่ 100 เฮิรตซ์ จะมีความเร็วเท่าใด



1. ก. 2 เมตร ข. 250 เมตร/วินาที

2. ก. 2 เมตร ข. 200 เมตร/วินาที

3. ก. 4 เมตร ข. 250 เมตร/วินาที

4. ก. 4 เมตร ข. 200 เมตร/วินาที

แบบฝึกหัดข้อที่ 47 คลื่นชนิดหนึ่งเมื่อเกิดการแทรกสอดแนวปฏิบัติที่ 2 เอียงทำมุมจากแนวกลาง 30° หากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองอยู่ห่างกัน 8 เมตร

ก. ความยาวคลื่นนี้มีค่าเท่าใด

ข. หากคลื่นนี้มีความเร็ว 300 เมตร/วินาที จะมีความถี่เท่าใด

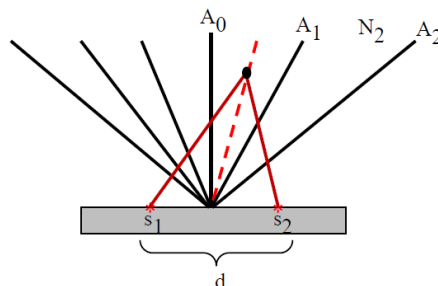
1. ก. 2 เมตร , ข. 150 Hz

2. ก. 2 เมตร , ข. 300 Hz

3. ก. 7 เมตร , ข. 300 Hz

4. ก. 7 เมตร , ข. 150 Hz

แบบฝึกหัดข้อที่ 48 จากรูป แสดงภาพการแทรกสอดของคลื่นผิวน้ำที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์ S_1 และ S_2 มี P เป็นจุดบนเส้นบัพ ถ้า S_1P เท่ากับ 10 เซนติเมตร และ S_2P เท่ากับ 7 เซนติเมตร ถ้าอัตราเร็วของคลื่นทั้งสองเท่ากับ 30 เซนติเมตรต่อวินาที แหล่งกำเนิดทั้งสองมีความถี่เท่าใด



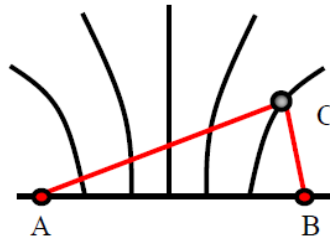
1. 3 Hz

2. 8 Hz

3. 5 Hz

4. 7.5 Hz

แบบฝึกหัดข้อที่ 49 แหล่งกำเนิดคลื่นน้ำสร้างคลื่นน้ำที่สองตำแหน่ง A และ B มีความยาวคลื่น 1.5 เซนติเมตร และได้แนวของเส้นปฏิบัติดังแสดงในรูป อยากทราบว่า AC และ BC มีความยาวต่างกันเท่าใด



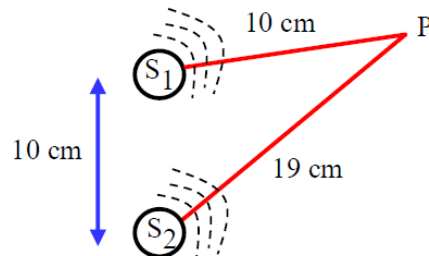
1. 1.5 cm

2. 3 cm

3. 4.5 cm

4. 6 cm

แบบฝึกหัดข้อที่ 50 แหล่งกำเนิดคลื่นน้ำอาพันธ์ให้หน้าคลื่นวงกลมสองแหล่งอยู่ห่างกัน 10 เซนติเมตร มีความยาวคลื่น 2 เซนติเมตร ที่ตำแหน่งหนึ่งห่างจากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองเป็นระยะ 10 เซนติเมตร และ 19 เซนติเมตร ตามลำดับจะอยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าใดนับจากแนวกลาง



1. ปฏิบัพที่ 4

2. บัพที่ 4

3. ปฏิบัพที่ 5

4. บัพที่ 5

แบบฝึกหัดข้อที่ 51 แหล่งกำเนิดคลื่นวงกลมสองแหล่งห่างกัน 6 เซนติเมตร สร้างคลื่นที่มีความถี่เท่ากันและมีความยาวคลื่นเป็น 3 เซนติเมตร ตำแหน่งที่จะเกิดการแทรกสอดเป็นจุดบัพนั้นคือตำแหน่งที่ห่างจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นระยะเท่าใด

1. 10 และ 20.5 เซนติเมตร

2. 12 และ 15 เซนติเมตร

3. 16 และ 23 เซนติเมตร

4. 20.5 และ 29.5 เซนติเมตร

แบบฝึกหัดข้อที่ 52 ถ้า S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่น ซึ่งมีความถี่เท่ากันและเฟสตรงกันอยู่ห่าง 8.0 เซนติเมตร ถ้าความยาวคลื่นเท่ากับ 4.0 เซนติเมตร จะเกิดจุดบัพกี่จุดบนเส้นตรง S_1S_2

1. 0.1

2. 2

3. 3

4. 4

แบบฝึกหัดข้อที่ 53 S_1 , S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นน้ำอยู่ห่างกัน 16 เซนติเมตร ให้คลื่นเฟสตรงกัน มีความถี่และแอมพลิจูดเท่ากัน ความยาวคลื่น 4 เซนติเมตร จาก S_1 ถึง S_2 จะมีแนวปฏิบัติกี่แนว

1. 4 แนว 2. 5 แนว 3. 8 แนว 4. 9 แนว

แบบฝึกหัดข้อที่ 54 หลักของฮอยเกนส์ใช้อธิบายปรากฏการณ์ใด

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

แบบฝึกหัดข้อที่ 55 คุณสมบัติหรือปรากฏการณ์ ข้อใดที่ใช้อธิบายการเกิดคลื่นนิ่ง

1. การแทรกสอด 2. การรวมกันได้ของคลื่น
3. แหล่งกำเนิดอาพันธ์ 4. ถูกทั้ง 1, 2 และ 3

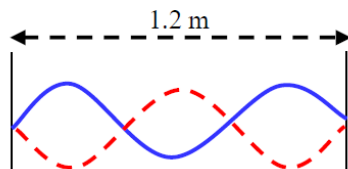
แบบฝึกหัดข้อที่ 56 ในการทดลองคลื่นนิ่งบนเส้นเชือก ถ้าความถี่ของคลื่นนิ่งเป็น 475 เฮิรตซ์ และอัตราเร็วของคลื่นในเส้นเชือกเท่ากับ 380 เมตรต่อวินาที ตำแหน่งบัพสองตำแหน่งที่อยู่ติดกันจะห่างกันเท่าใด

1. 0.4 2. 2.0 3. 3.5 4. 4.2

แบบฝึกหัดข้อที่ 57 คลื่นนิ่งเป็นคลื่นที่เกิดจากการแทรกสอดกันของคลื่นสองขบวนที่เหมือนกันทุกประการแต่เคลื่อนที่สวนทางกัน ถ้าคลื่นนิ่งที่เกิดขึ้น มีตำแหน่งบัพและปฏิบัพอยู่ห่างกัน 1.0 เมตร คลื่นที่มาแทรกสอดกันนี้จะต้องมีความยาวคลื่นกี่เมตร

1. 1.0 2. 2.0 3. 3.0 4. 4.0

แบบฝึกหัดข้อที่ 58 จากรูปเป็นคลื่นนิ่งในเส้นเชือกที่มีปลายทั้งสองยึดแน่นไว้ ถ้าเส้นเชือกยาว 1.2 เมตร และความเร็วคลื่นในเส้นเชือกขณะนั้นเท่ากับ 240 เมตรต่อวินาที จงหาความถี่คลื่น



1. 200 Hz 2. 300 Hz 3. 400 Hz 4. 800 Hz

แบบฝึกหัดข้อที่ 59 เชือกเส้นหนึ่งปลายข้างหนึ่งถูกตรึงแน่น ปลายอีกข้างหนึ่งติดกับตัวสั่นสะเทือน สั่นด้วยความถี่ 30 เฮิรตซ์ ปรากฏว่าเกิดคลื่นนิ่งพอดี 3 Loop ถ้าใช้เชือกยาว 1.5 เมตร จงหาอัตราเร็วคลื่นในเส้นเชือกในหน่วย เมตร/วินาที

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



เฉลยแบบฝึกหัด

บทที่ 9 คลื่น

- | | | | |
|--------------------------|---------------|---------------|------------------|
| 1. ตอบข้อ 4. | 2. ตอบข้อ 2. | 3. ตอบข้อ 2. | 4. ตอบข้อ 4. |
| 5. ตอบข้อ 1. | 6. ตอบข้อ 4. | 7. ตอบข้อ 4. | 8. ตอบข้อ 1. |
| 9. ตอบข้อ 1. | 10. ตอบข้อ 4. | 11. ตอบข้อ 2. | 12. ตอบ 120 |
| 13. ตอบข้อ 3. | 14. ตอบข้อ 2. | 15. ตอบ 30 | 16. ตอบข้อ 3. |
| 17. ตอบข้อ 1. | 18. ตอบข้อ 3. | 19. ตอบข้อ 1. | 20. ตอบ 0.5 |
| 21. ตอบข้อ 3. | 22. ตอบข้อ 1. | 23. ตอบข้อ 2. | 24. ตอบข้อ 2. |
| 25. ตอบข้อ 1. | 26. ตอบข้อ 1. | 27. ตอบข้อ 2. | 28. ตอบข้อ 4. |
| 29. ตอบข้อ 2. | 30. ตอบข้อ 2. | 31. ตอบข้อ 3. | 32. ตอบข้อ 1. |
| 33. ตอบข้อ 4. | 34. ตอบข้อ 4. | 35. ตอบข้อ 3. | 36. ตอบข้อ 2. |
| 37. ตอบข้อ 3. | 38. ตอบข้อ 4. | 39. ตอบข้อ 3. | 40. ตอบ เท่าเดิม |
| 41. ตอบ ν ไม่เปลี่ยน | 42. ตอบข้อ 2. | 43. ตอบข้อ 3. | 44. ตอบข้อ 3. |
| 45. ตอบข้อ 3. | 46. ตอบข้อ 2. | 47. ตอบข้อ 1. | 48. ตอบข้อ 3. |
| 49. ตอบข้อ 2. | 50. ตอบข้อ 4. | 51. ตอบข้อ 1. | 52. ตอบข้อ 4. |
| 53. ตอบข้อ 4. | 54. ตอบข้อ 1. | 55. ตอบข้อ 4. | 56. ตอบข้อ 1. |
| 57. ตอบข้อ 4. | 58. ตอบข้อ 2. | 59. ตอบข้อ 2. | |