



บทเรียนที่ 6

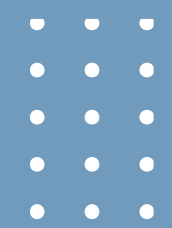
คลื่นและสมบัติ
ของคลื่น



สาระการเรียนรู้



- 1 ชนิดของคลื่น
- 2 ส่วนประกอบของคลื่น
- 3 ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของคลื่น
- 4 คุณสมบัติของคลื่น

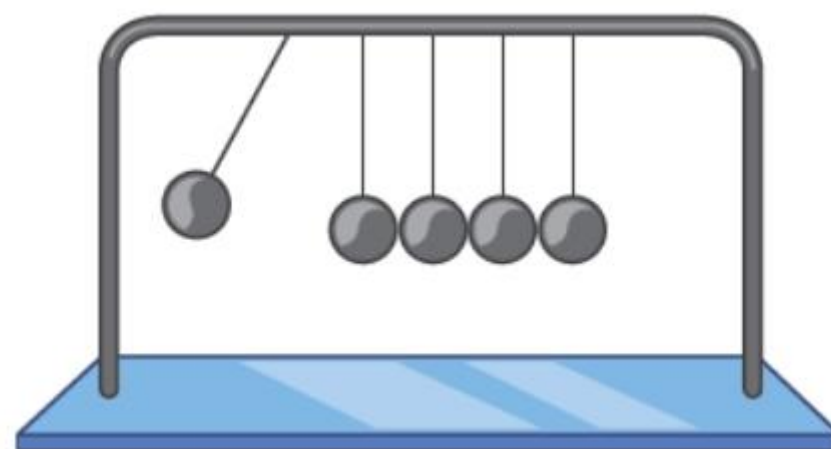


1. ชนิดของคลื่น

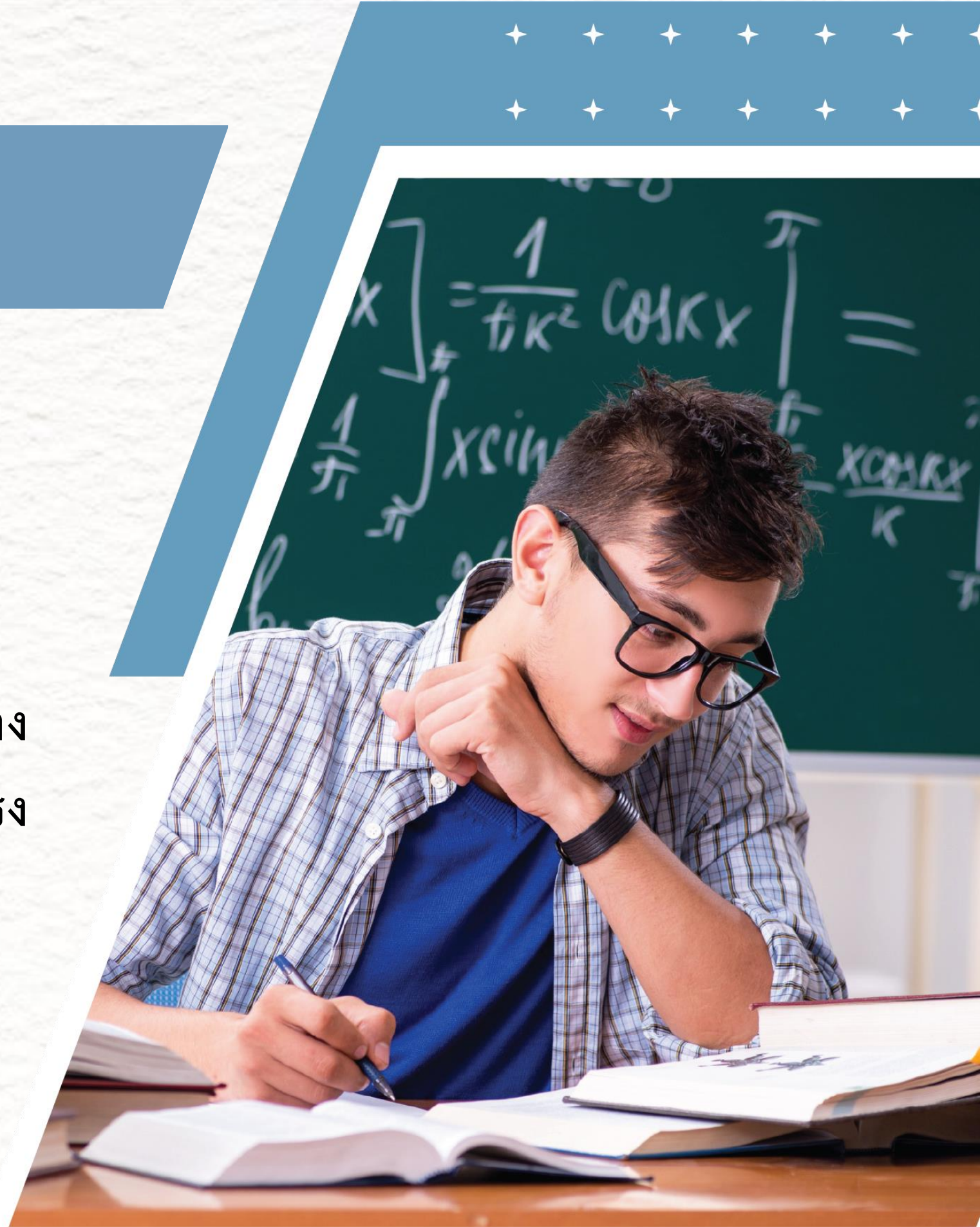
1.1 แบ่งตามการส่งพลังงานออกไป

1.1.1 คลื่นกล (Mechanical Wave)

จากนิยามของงานจะพบว่า แรงกับระยะทางจะต้องมีทิศทางไปทางเดียวกัน ดังนั้น เมื่อจะหาค่างานก็ต้องพิจารณาแรงกับระยะทางตามแนวแรงก่อนจึงจะหาค่างานได้ ดังเช่นในกรณีต่อไปนี้



การชนกันของลูกตุ้มที่แขวนเรียงกันไป



เมื่อยกลูกที่ 1 ขึ้นแล้วปล่อย ลูกตุ้มจะถูกชนเรียงกันไปเป็นทอด ๆ ซึ่งเหมือนกับการเคลื่อนที่ของคลื่นกลที่เกิดจากการสั่นของต้นกำเนิดคลื่น (Source) ในตัวกลาง เช่น

คลื่นน้ำ ส่งพลังงานไปตามโมเลกุลของน้ำ

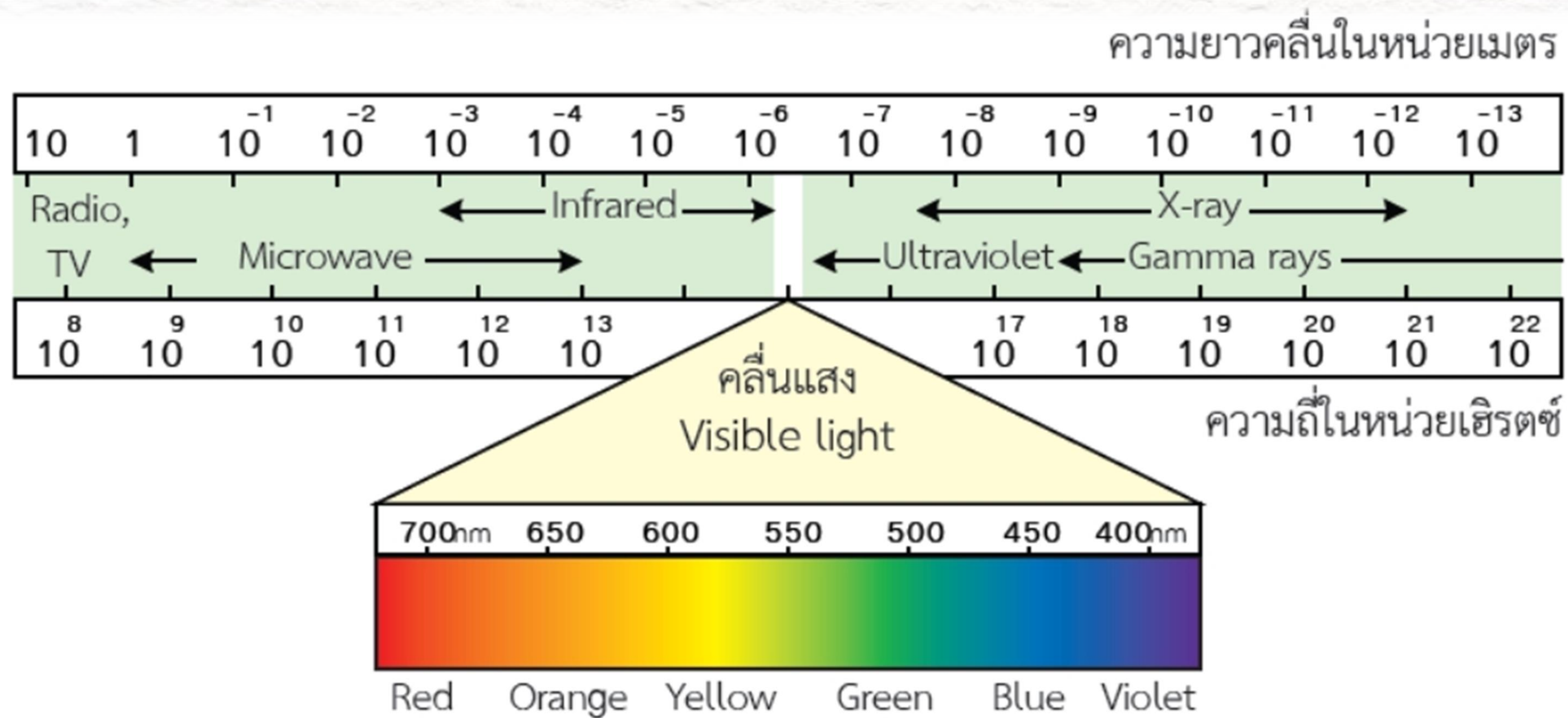
คลื่นเสียง ส่งพลังงานไปตามโมเลกุลของอากาศ

คลื่นเชือก ส่งพลังงานไปตามโมเลกุลของเส้นเชือก

1.1.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave)

เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ไปโดยส่งพลังงานออกไปเอง ไม่ต้องผ่านตัวกลางใด ๆ คลื่นชนิดนี้จะเป็นคลื่นที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าในทิศตั้งฉากกัน เราจึงเรียกว่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นชนิดนี้จะมีความเร็วในสุญญากาศหรืออากาศเท่ากันหมดเท่ากับ 3×10^8 m/s ส่วนความยาวคลื่นและความถี่ของคลื่นจะแตกต่างกัน ทำให้เรียกชื่อต่าง ๆ กันออกไป ตามความยาวคลื่นและความถี่ที่แตกต่างกัน ดังรูป





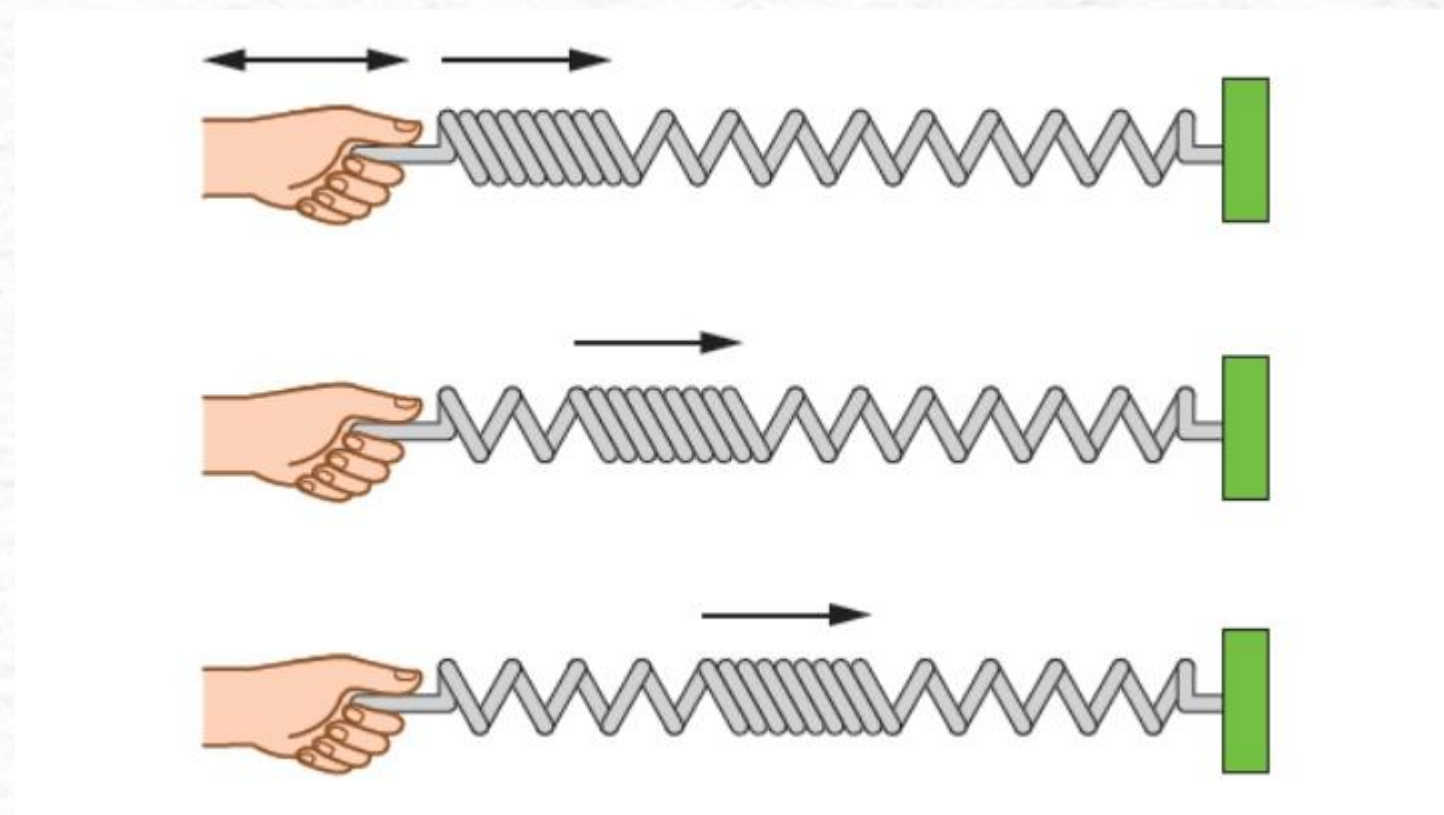
สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

1.2 แบ่งตามการเคลื่อนที่ของโมเลกุลขณะที่คลื่นเคลื่อนที่ไป

ขณะที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลของตัวกลางจะทำให้โมเลกุลเกิดการสั่น ซึ่งการสั่นของโมเลกุลจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1.2.1 คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave)

เป็นคลื่นที่มีการสั่นของโมเลกุลไปในแนวเดียวกับทิศของการเคลื่อนที่ของคลื่น
ตัวอย่างเช่น การเคลื่อนที่ของคลื่นสปริง ดังรูป

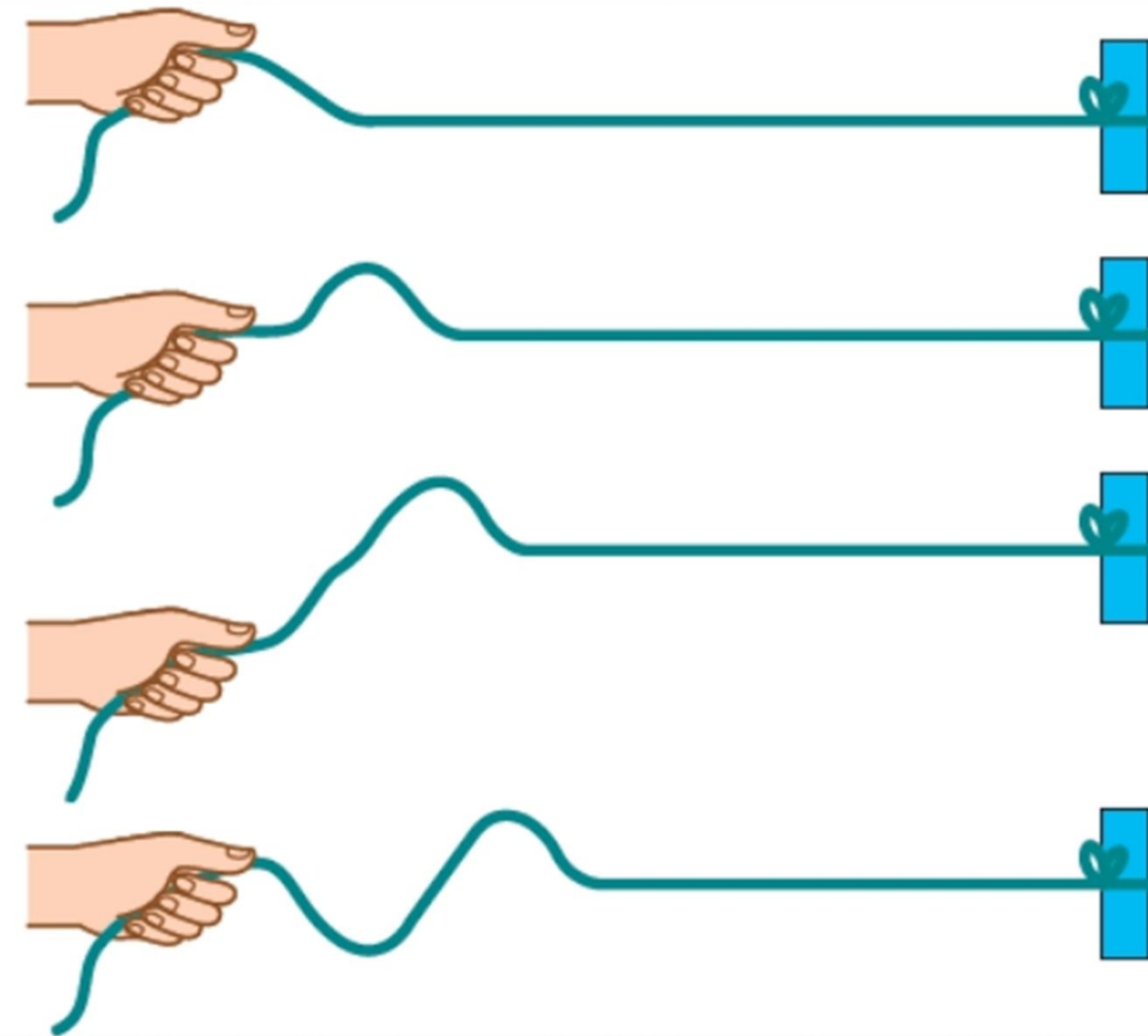


คลื่นตามยาว

1.2.2

คลื่นตามขวาง (Transverse Wave)

ขณะที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่าน โมเลกุลของตัวกลางจะสั่นในทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของคลื่นตัวอย่างเช่น คลื่นน้ำ ถ้าเรานั่งอยู่บนเรือ เมื่อมีคลื่นน้ำมาผ่านเรือเราจะพบว่าเรือจะลอยขึ้นลงในขณะที่คลื่นน้ำผ่าน หรือการเคลื่อนที่ของคลื่นในเส้นเชือกในขณะที่เราสับดเชือก ดังรูป

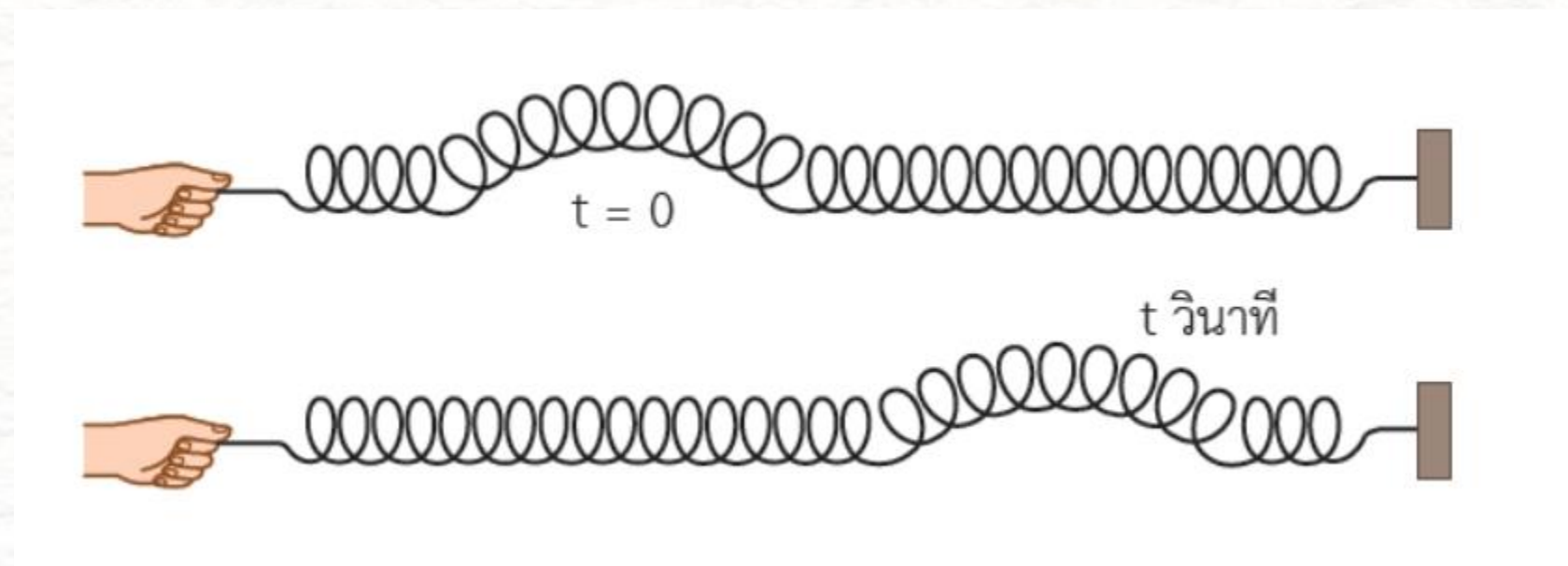


1.3 แบ่งตามลักษณะของการทำให้เกิดคลื่น

ในการเกิดคลื่นจะเกิดจากการสั่นของวัตถุในตัวกลาง การสั่นของวัตถุที่ทำให้เกิดคลื่น จะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ

1.3.1 คลื่นดล (Pulse Wave)

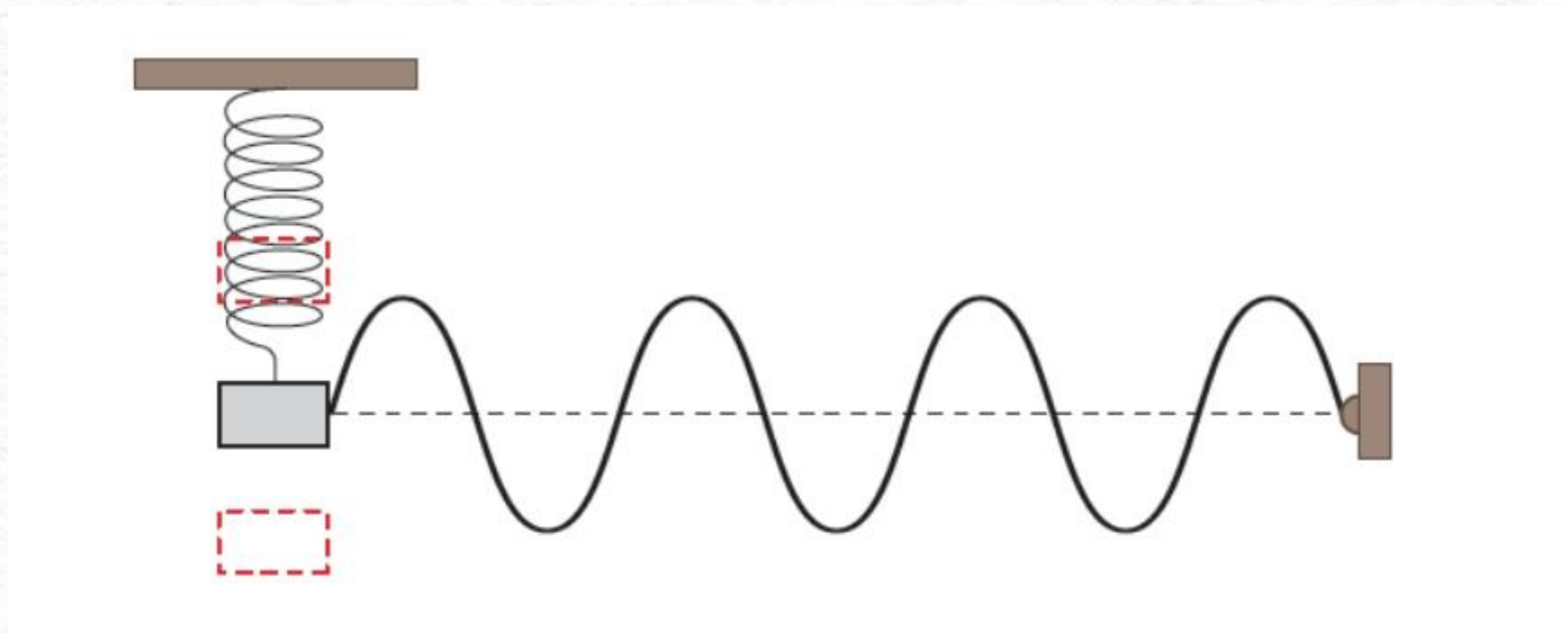
เป็นคลื่นที่เกิดจากการสั่นของต้นกำเนิดในช่วงเวลาสั้น ๆ เพียงครั้งเดียวหรือครั้งรอบ จะทำให้เกิดคลื่นวิ่งออกไปจากแหล่งกำเนิดมองเห็นลักษณะของการเคลื่อนที่ชัดเจน ตัวอย่างเช่น ถ้าเราโยนก้อนหินตกลงไปในบ่อน้ำจะทำให้เกิดคลื่นน้ำเป็นวงกลมวิ่งออกไปโดยรอบ หรือการสับสปริง 1 ครั้ง จะทำให้เกิดคลื่นจากสปริงวิ่งออกไป ดังรูป

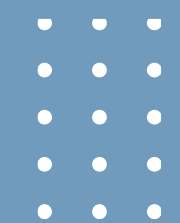


1.3.2

คลื่นต่อเนื่อง (Continuous Wave)

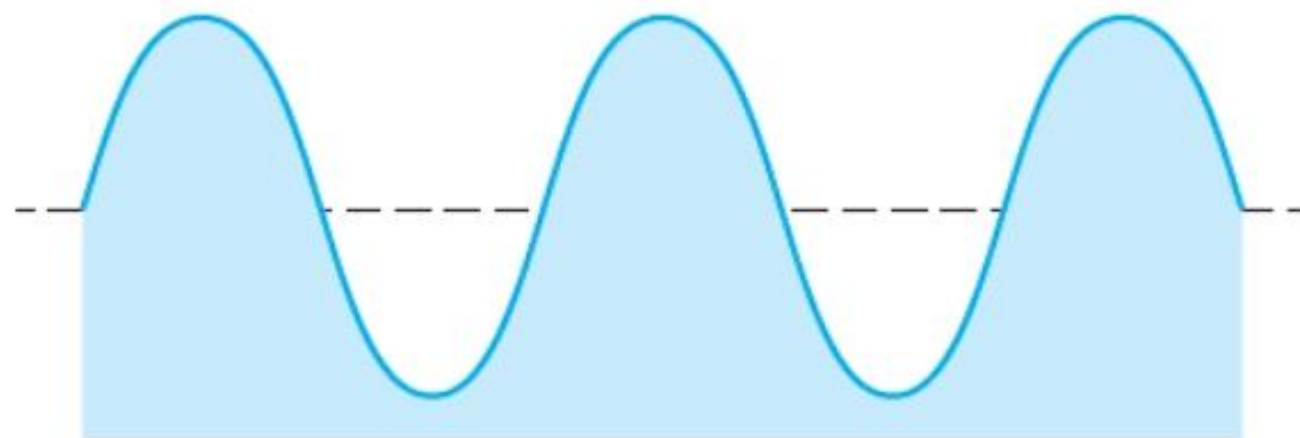
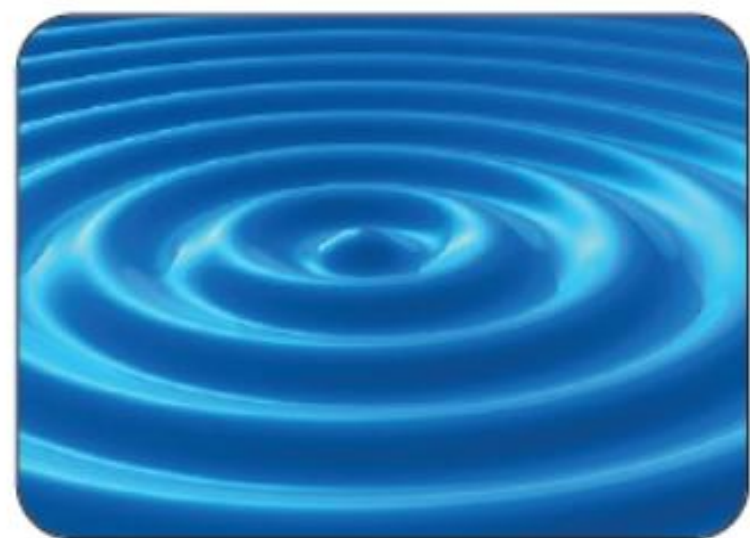
เป็นคลื่นที่เกิดขึ้นจากการสั่นของต้นกำเนิดต่อเนื่องกันไป ทำให้เรามองเห็นคลื่นสั่นตามไปแทนที่จะเห็นคลื่นวิ่งออกไปเหมือนคลื่นคล ดังรูป





2. ส่วนประกอบของคลื่น

ลักษณะของคลื่นที่เกิดขึ้นจะมีรูปร่างแตกต่างกันออกไปตามชนิดของคลื่นและตามการมองของคลื่น ตัวอย่างเช่น การมองคลื่นนี้ น้ำจากด้านข้างและด้านบนจะเห็นคลื่นน้ำแตกต่างกันออกไป ดังรูป



คลื่นน้ำมองด้านต่างกัน

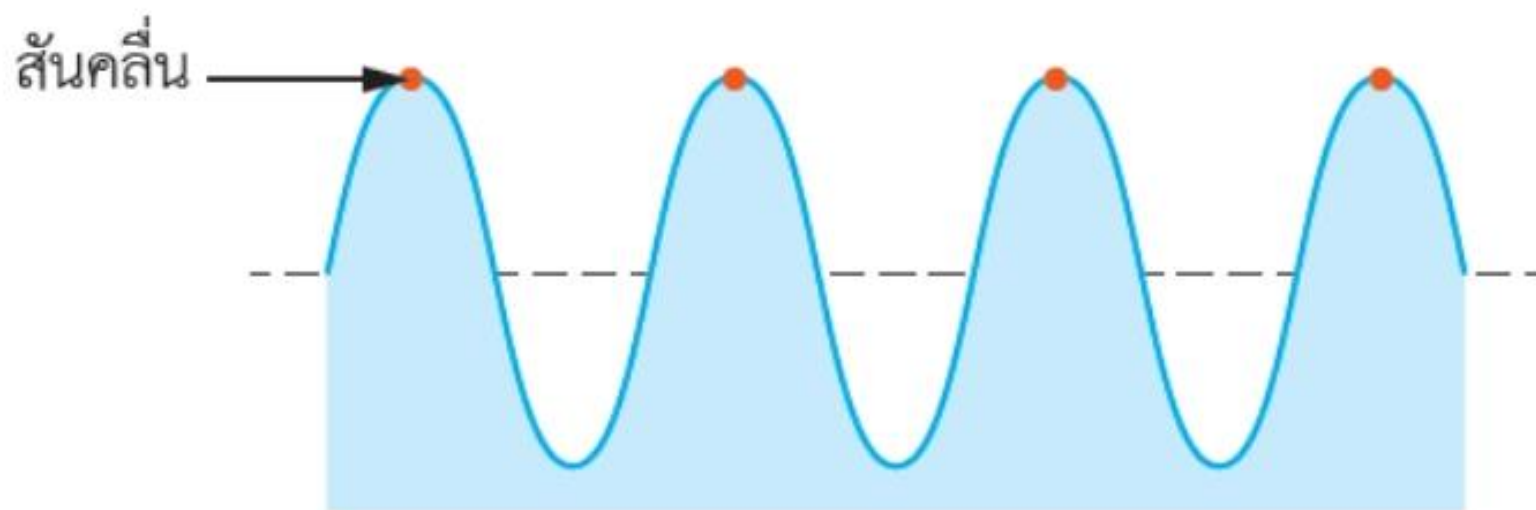


2.1 คลื่นที่เรามองเห็นจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ

2.1.1

สันคลื่น

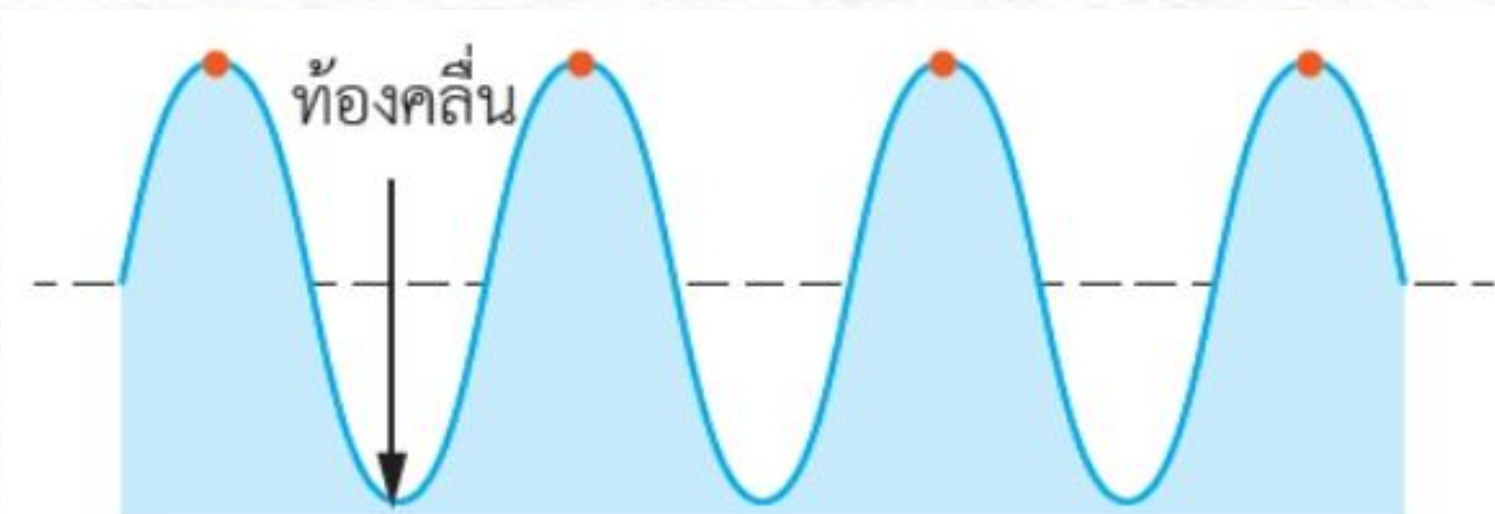
เป็นส่วนที่สูงสุดของคลื่นหรือบางที
เรียกว่ายอดคลื่น



2.1.2

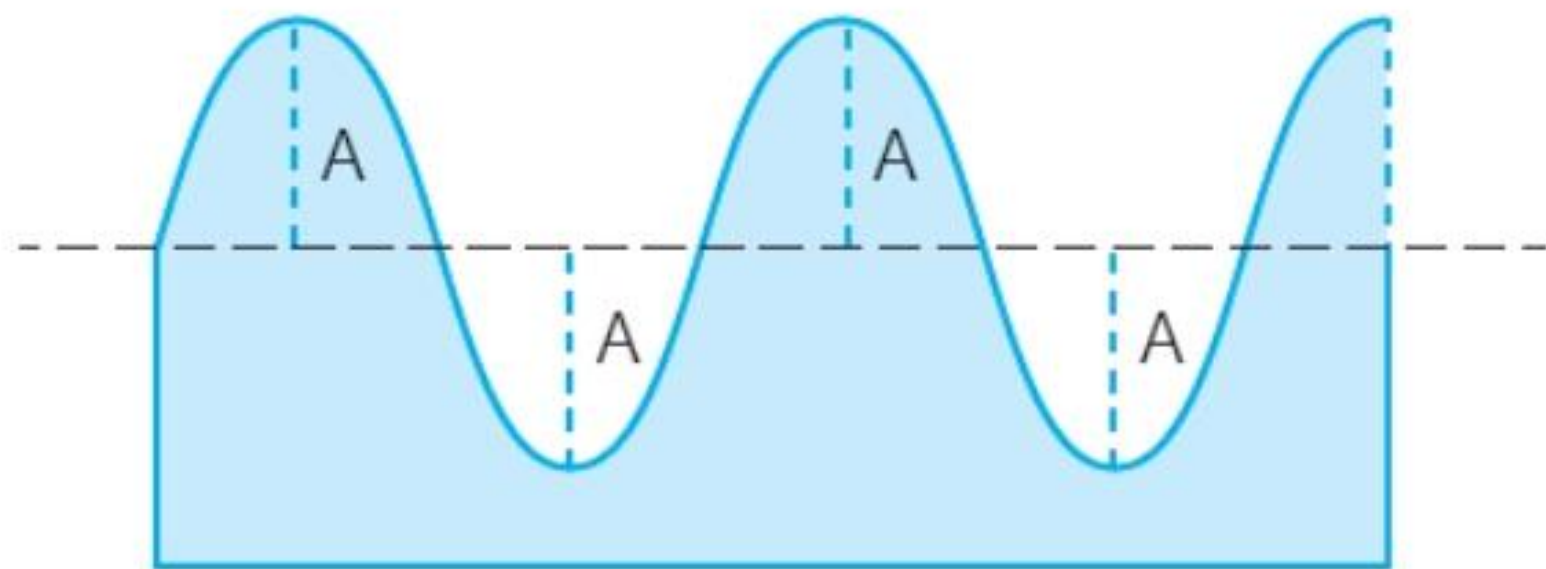
ท้องคลื่น

เป็นส่วนที่ต่ำสุดของคลื่น



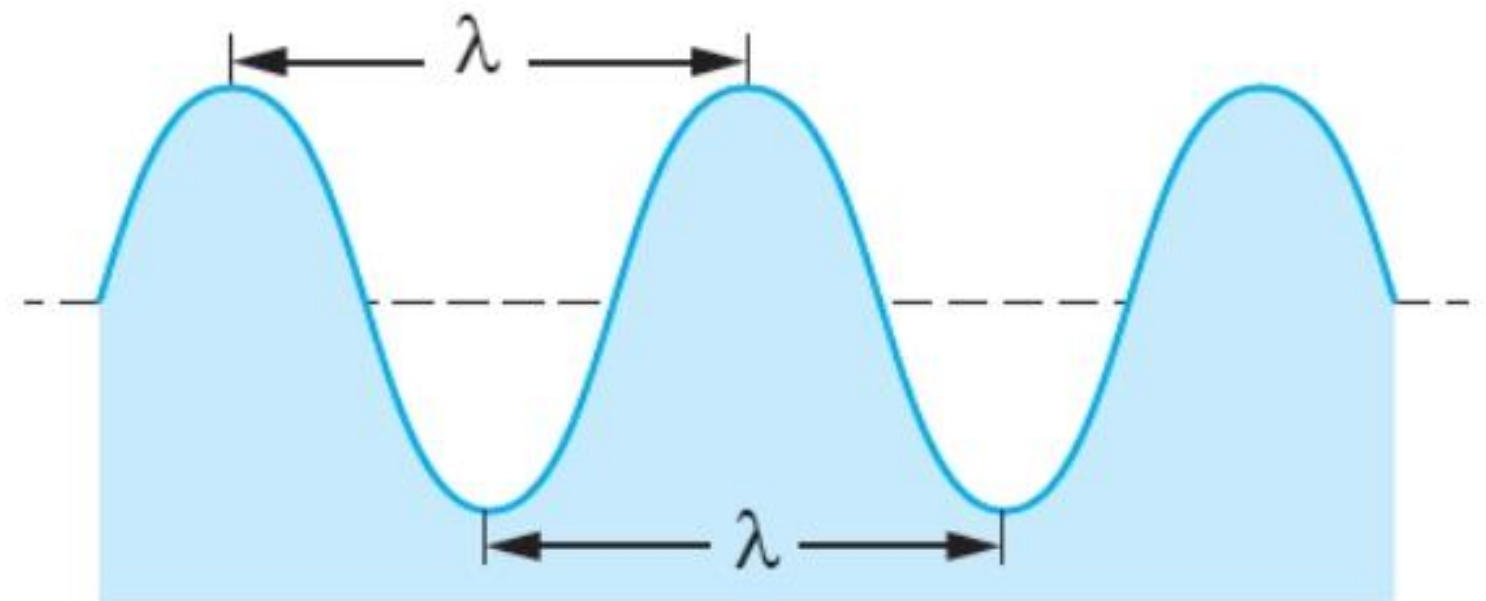
2.1.3 แอมพลิจูด (Amplitude, A)

เป็นระยะที่วัดจากแนวสมดุลของคลื่นไปหาจุดสูงสุดของคลื่น (สันคลื่น) หรือถึงจุดต่ำสุดของคลื่น (ท้องคลื่น) บางที่เราอาจจะใช้ค่าแอมพลิจูดของขนาดของคลื่นว่า คลื่นเล็ก คลื่นใหญ่ ตามค่าของแอมพลิจูด



2.1.4 ความยาวคลื่น (Wavelength, λ)

เป็นระยะทางจากสันคลื่นถึงสันคลื่นถัดไป หรือจากท้องคลื่นถึงท้องคลื่นถัดไป ซึ่งความยาวคลื่นนี้จะเป็ค่าของระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ไปครบ 1 รอบ หรือระยะทางของคลื่น 1 ลูก มีหน่วยเป็นเมตร



2.1.5 หน้าคลื่น (Wavefront)

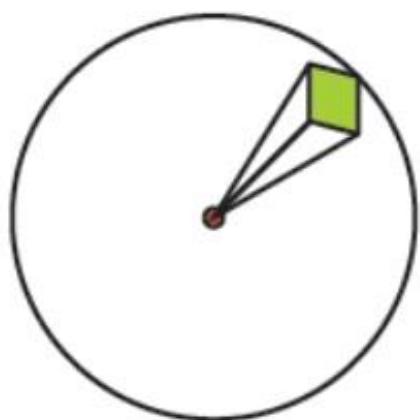
เป็นสิ่งที่เรามองเห็นจากคลื่น 2 มิติขึ้นไป โดยมองเป็นรูปคลื่นที่แผ่ขยายออกไปในทิศทางต่าง ๆ ตามลักษณะของการเกิดคลื่น



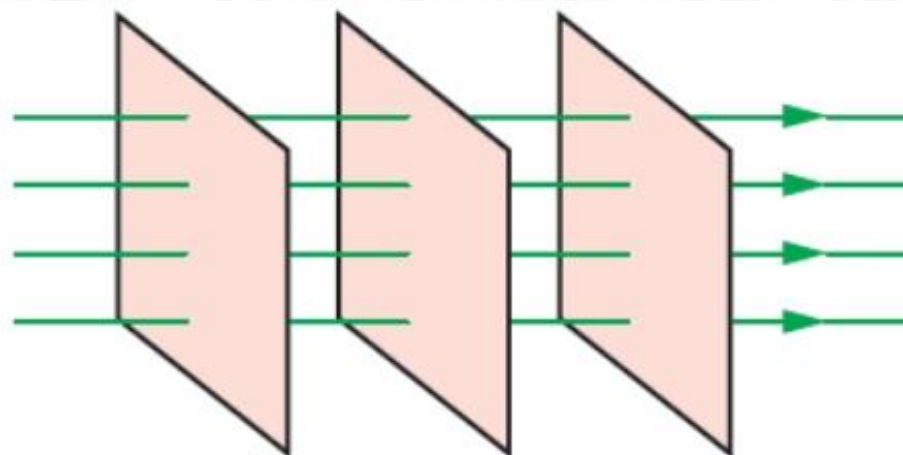
หน้าคลื่นวงกลม



หน้าคลื่นเส้นตรง



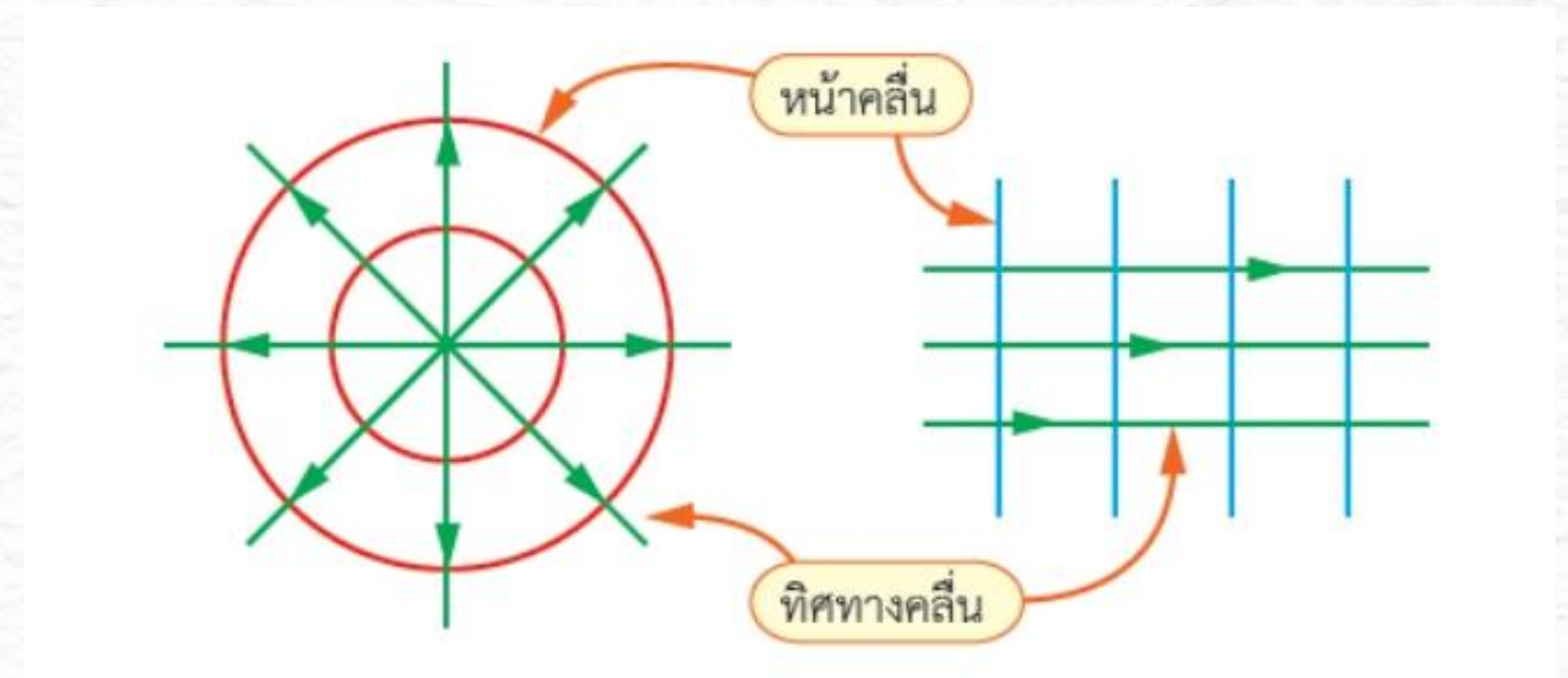
หน้าคลื่นทรงกลม

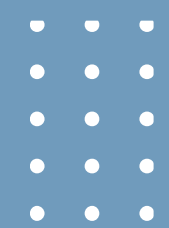


หน้าคลื่นแผ่นตรงขนานกัน

2.1.6 ทิศทางของคลื่น

คลื่นเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรง ถ้าเป็นคลื่น 2 มิติขึ้นไป จะมีทิศทางของคลื่นแผ่ขยายออกไปโดยทิศทางของคลื่นจะเป็นเส้นที่เราลากตั้งฉากกับหน้าคลื่น

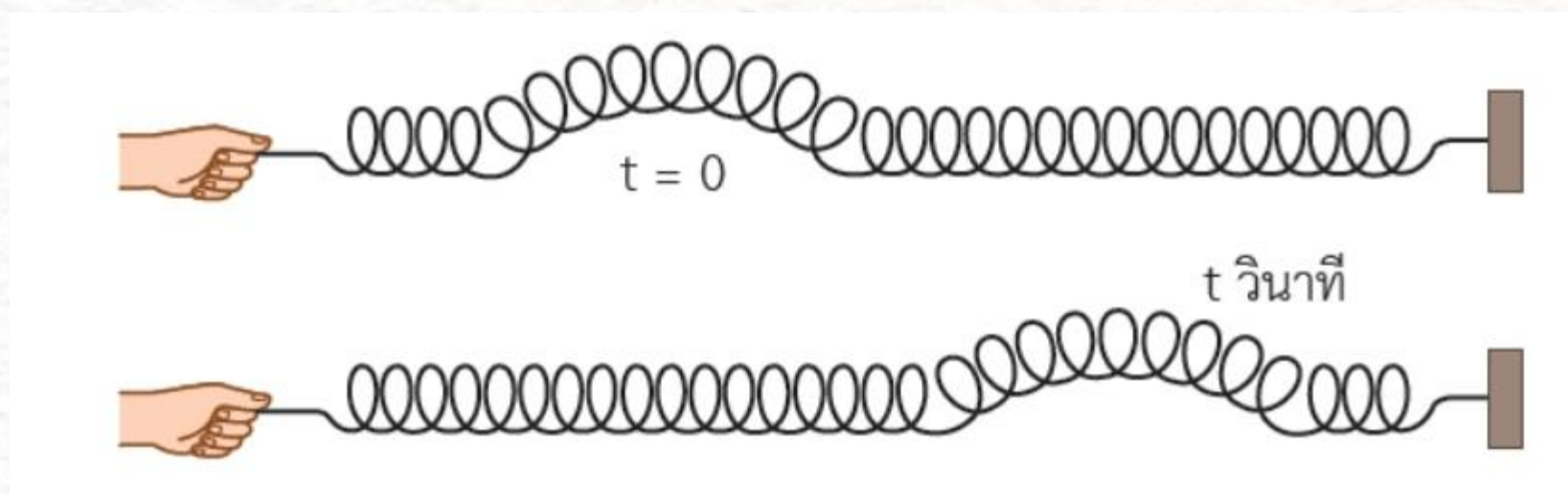




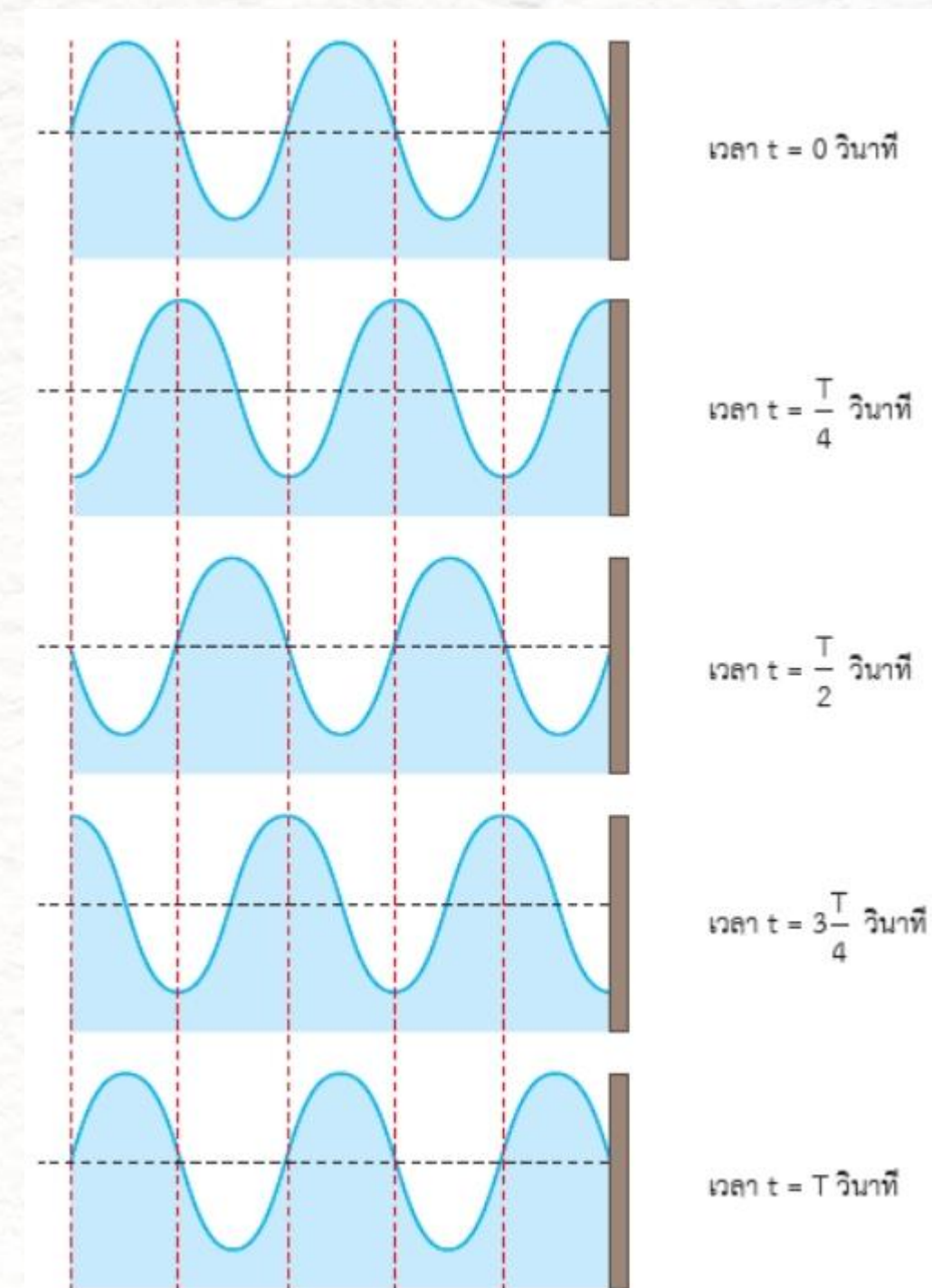
3. ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของคลื่น

คลื่นจะเคลื่อนที่จากจุดกำเนิดออกไปเป็นแนวเส้นตรงตามทิศทางของการเคลื่อนที่ โดยมีความเร็วคงที่ ลักษณะของการเคลื่อนที่ของคลื่นจะแตกต่างกัน ถ้าเป็นคลื่นดล เราจะเห็นคลื่นเคลื่อนที่ไป แต่ถ้าคลื่นต่อเนื่องเราจะเห็นคลื่นเปลี่ยนรูปร่างไปตามเวลา

การเคลื่อนที่ของคลื่นดล



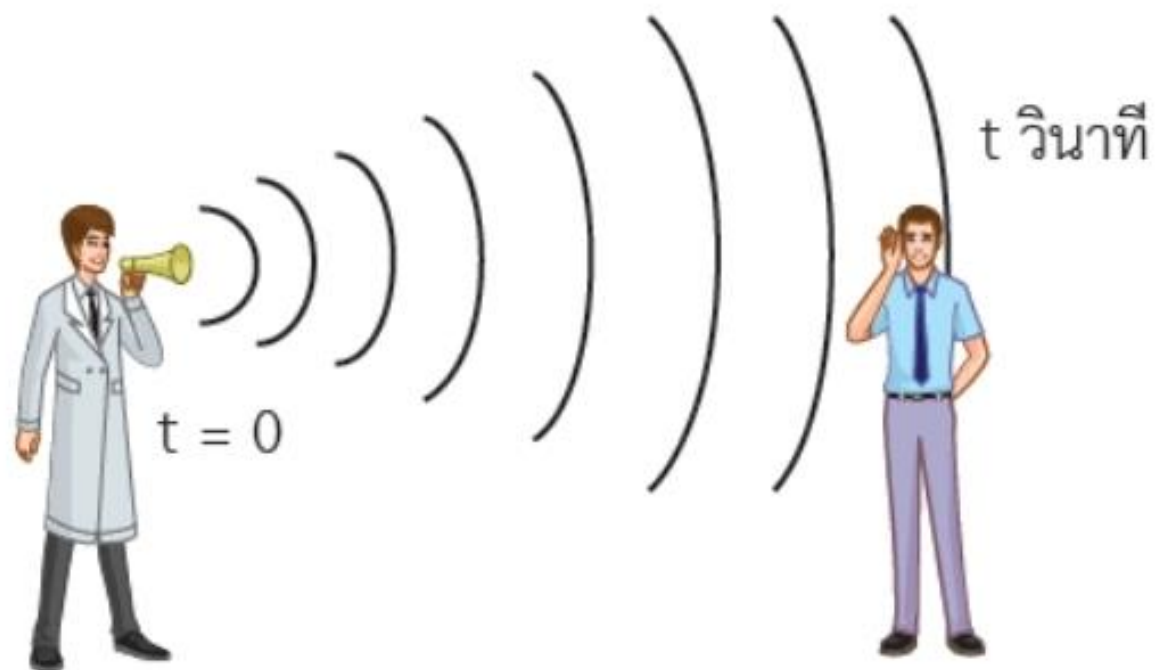
การเคลื่อนที่ของคลื่นต่อเนื่อง



3.1 ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของคลื่น

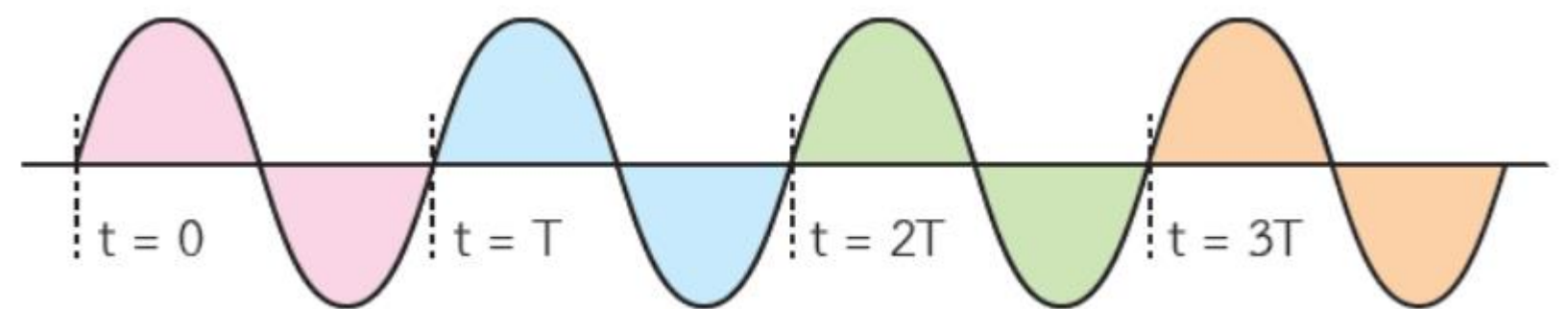
3.1.1 เวลา (t)

จะเริ่มนับตั้งแต่คลื่นวิ่งออกจากจุดกำเนิด (Source) ออกไป จนกระทั่งถึงผู้สังเกต (Observer)



3.1.2 เวลาครบรอบ (T) และความถี่ (f)

คลื่นเกิดขึ้นจากการสั่นของตัวกลาง ขณะที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง โมเลกุลของตัวกลางก็จะเคลื่อนที่สั่นไปสั่นมา การสั่นแต่ละรอบจะใช้เวลาเท่ากัน เรียกว่า เวลาครบรอบ (T) คาบของการเคลื่อนที่



ถ้าคลื่นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงเวลาครบรอบจะมีค่าน้อย ดังนั้น เราจึงใช้ค่าของความถี่ (f) แทนค่าของเวลาครบรอบที่มีค่าน้อย โดยค่าของความถี่จะเป็นส่วนกลับของเวลาครบรอบ

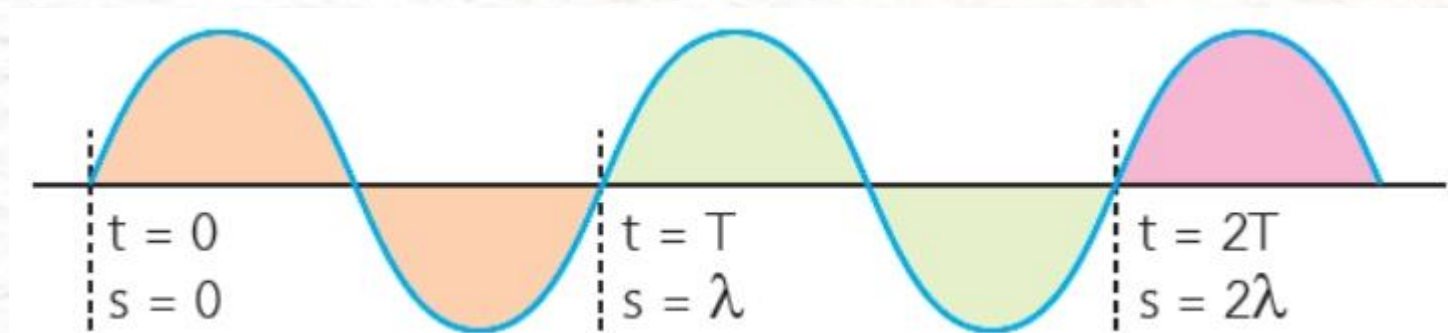
$$f = \frac{1}{T}$$

3.1.3 ระยะทาง (S)

เป็นระยะที่นับจากจุดกำเนิด เริ่มจากเวลา (t) เท่ากับ 0 จนกระทั่งเวลาผ่านไปเป็นระยะเวลา t วินาที ในกรณีที่เป็นการเคลื่อนที่ชัดเจน



แต่ถ้าเป็นการเคลื่อนที่ต่อเนื่องการหาค่าระยะทางจะสัมพันธ์กับความยาวคลื่น (λ) จากรูปจะพบว่าระยะทางกับเวลาที่มีความสัมพันธ์กัน



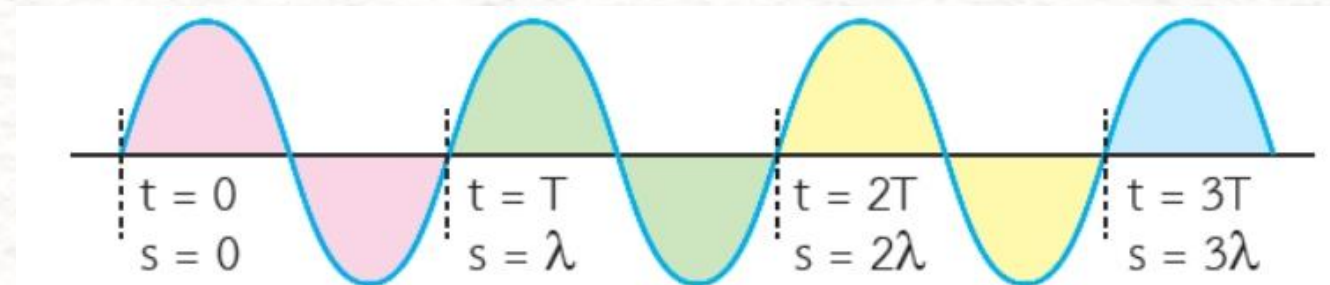
$$\text{ถ้า } t = nT \longrightarrow S = n\lambda$$

3.1.4 ความเร็วของคลื่น (v)

การเคลื่อนที่ของคลื่นจะเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงด้วยอัตราเร็วคงที่ โดยมีทิศทางจากต้นกำเนิดไปยังผู้สังเกต จากนิยามของการเคลื่อนที่ที่เราจะได้ว่า

$$v = \frac{S}{T}$$

เมื่อนำมาพิจารณาลักษณะของการเคลื่อนที่ของคลื่น ความสัมพันธ์ของระยะทางกับเวลาจะมีความสัมพันธ์กัน



ถ้านำค่าระยะทางกับเวลาไปแทนค่าหาอัตราเร็ว จะได้

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

แต่ค่าของเวลาครบรอบนิยมใช้ค่าของความถี่แทน

เมื่อ v แทน ความเร็วคลื่น มีหน่วยเป็น m/s

λ แทน ความยาวคลื่น มีหน่วยเป็น m

f แทน ความถี่ มีหน่วยเป็น Hz

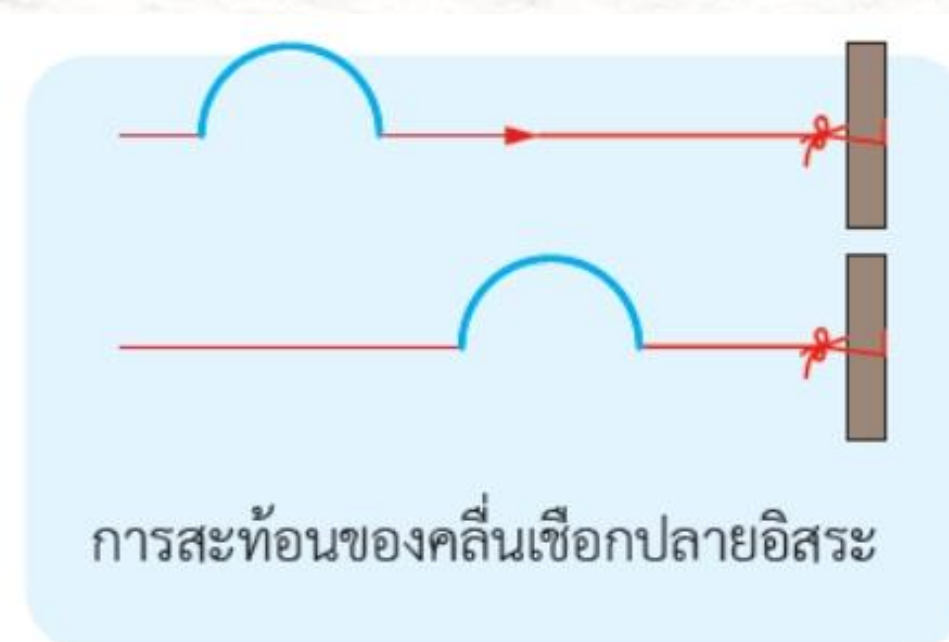
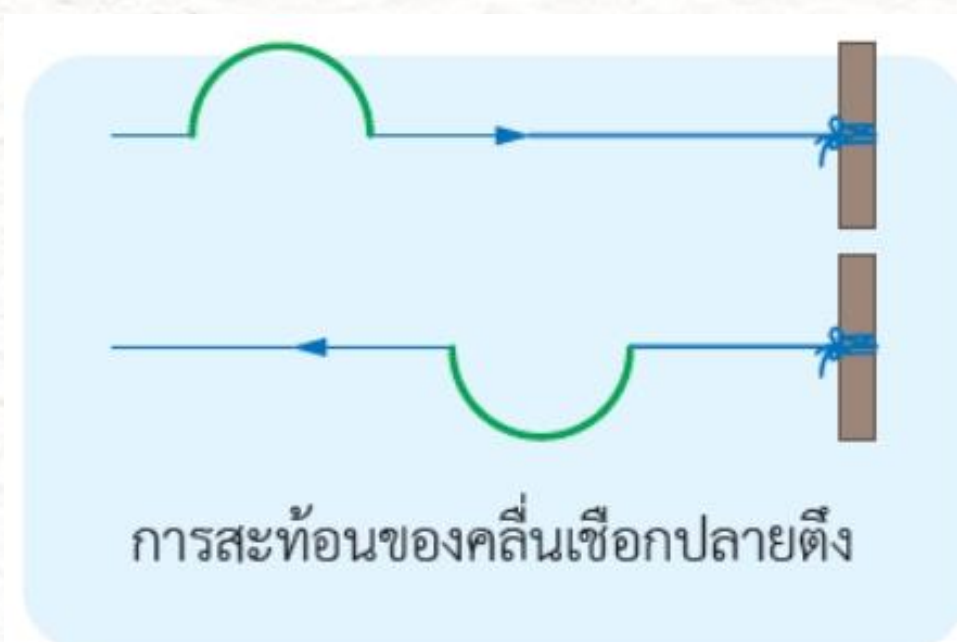
$$v = \lambda f$$

4. คุณสมบัติของคลื่น

4.1 การสะท้อนของคลื่น (Reflection of Wave)

เกิดขึ้นจากการที่คลื่นเคลื่อนที่ไปแล้ว สุดปลายของตัวกลางจะทำให้เกิดการสะท้อนกลับในทิศทางตรงกันข้าม เช่น คลื่นจากเชือกหรือสปริง หรือเกิดขึ้นจากการที่คลื่นวิ่งไปกระทบกับสิ่งกีดขวาง ทำให้โมเลกุลของตัวกลางเกิดการชนกับสิ่งกีดขวางแล้วสะท้อนกลับออกมา

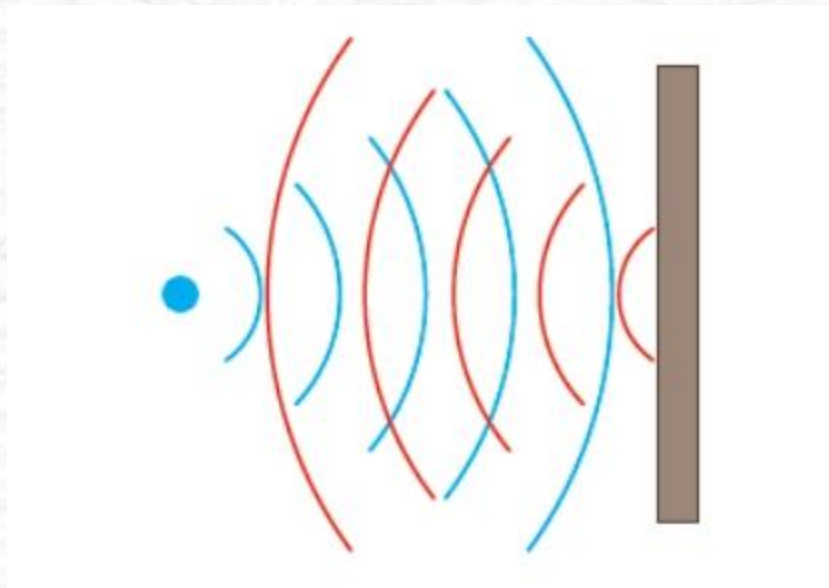
4.1.1 การสะท้อนของคลื่นเชือก



4.1.2

การสะท้อนของคลื่นน้ำ

ในกรณีของคลื่นน้ำ จะเกิดการสะท้อนเมื่อตกกระทบกับสิ่งกีดขวาง ซึ่งจะพิจารณาจากลักษณะของหน้าคลื่นและทิศทางของคลื่นที่ตกกระทบ

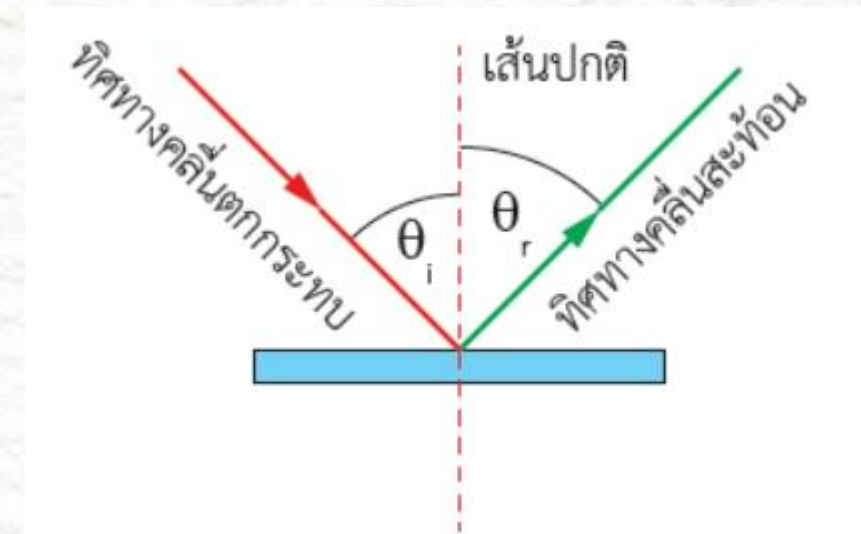


ผลจากการทดลองจะพบว่า

$$\text{มุมตกกระทบ} = \text{มุมสะท้อน}$$

$$(\theta_i) = (\theta_r)$$

โดยมุมทั้ง 2 จะเป็นมุมที่เกิดจากทิศทางตกกระทบ และทิศทางที่สะท้อนทำมุมกับเส้นปกติ ซึ่งลากตั้งฉากกับผิวของวัตถุ ณ จุด ตกกระทบ ดังรูป



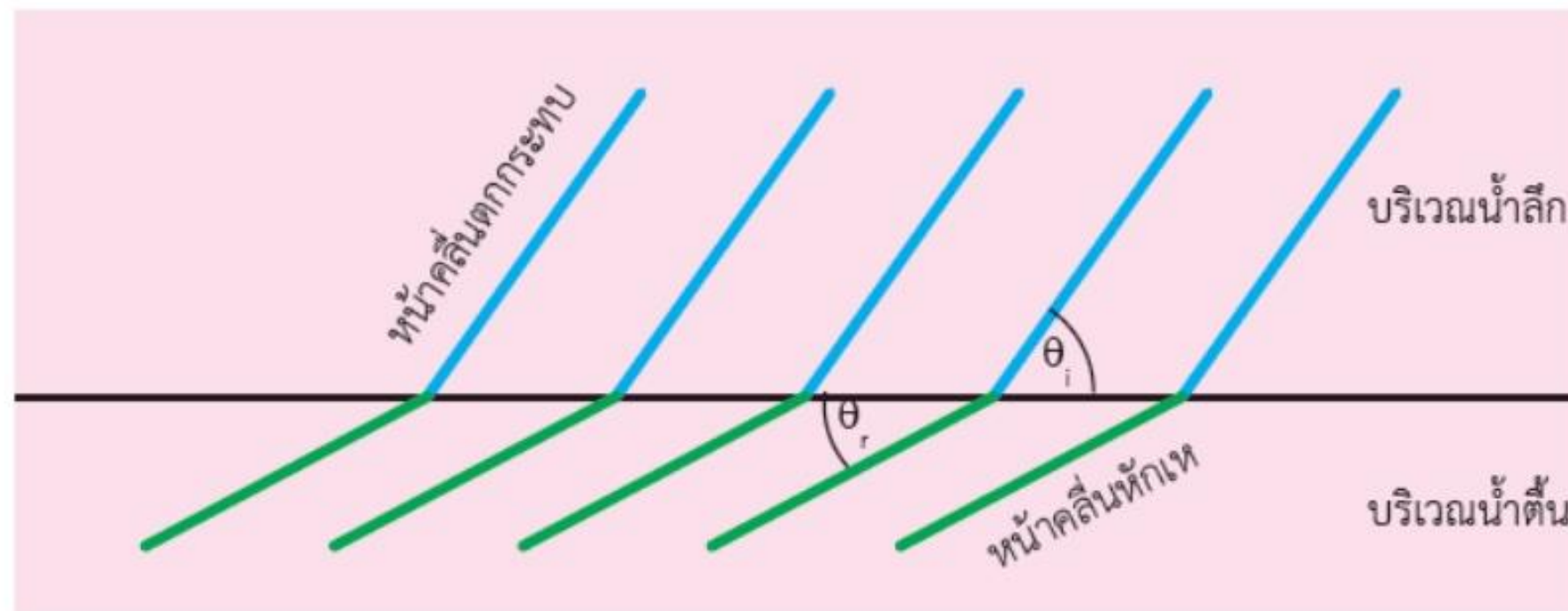
รูปของการสะท้อนบนลักษณะผิวต่าง ๆ

ผลจากการสะท้อนของคลื่นจะทำให้ทิศทางของคลื่นเปลี่ยนไป และบางครั้งอาจจะทำให้หน้าคลื่นเปลี่ยนไปด้วย แต่ความเร็วของคลื่นยังมีค่าเท่าเดิมเท่ากับเป็นการเปลี่ยนทิศทางของการเคลื่อนที่เท่านั้น ซึ่งผลจากการสะท้อนจะทำให้คลื่นสามารถกลับมาสู่ต้นกำเนิดอีกครั้งหนึ่งได้ เมื่อคลื่นตกกระทบตรง ๆ ถ้าเป็นคลื่นเสียงเราจะเรียกว่า เกิดเสียงก้อง (Echo)

4.2 การหักเหของคลื่น (Refraction of Wave)

4.2.1 การหักเหของคลื่นน้ำ

จะเกิดการหักเหเมื่อเกิดการเคลื่อนที่จากน้ำตื้นไปยังน้ำลึกหรือน้ำลึกไปยังน้ำตื้น

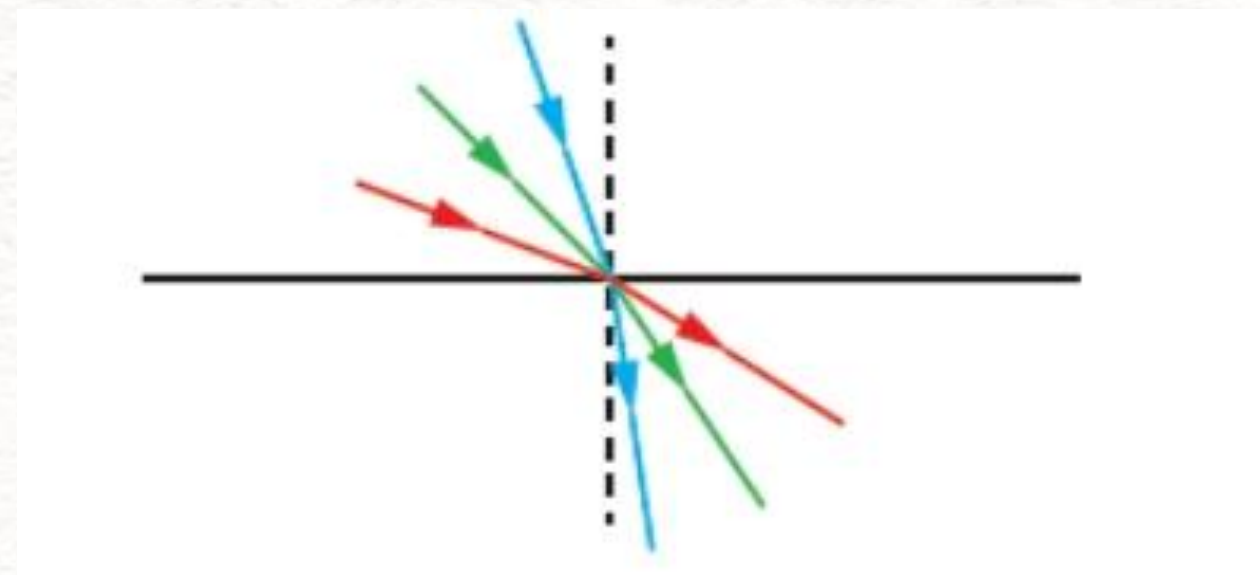


จากรูปผลการทดลองจะพบว่า เมื่อเกิดการหักเห คลื่นจะมีความยาวคลื่นเปลี่ยนไป ซึ่งความยาวคลื่นที่มีค่าเปลี่ยนไปนั้นจะสัมพันธ์กับทิศทางของคลื่นที่เคลื่อนที่ในตัวกลางทั้งสองตามกฎของการหักเห

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$



จากกฎของการหักเหจะเป็นความสัมพันธ์ของทิศทางของคลื่นกับความยาวของคลื่น
แต่ถ้าพิจารณาเฉพาะทิศทางตกกระทบกับทิศทางหักเห



จากรูปเมื่อมุมตกกระทบเพิ่มขึ้น มุมหักเหก็จะเพิ่มขึ้นตามค่าของมุมตกกระทบ
และมุมหักเหที่เปลี่ยนไป โดยมีค่าของ $\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r}$ เป็นค่าคงที่ เราเรียกว่า “ดัชนีหักเห”

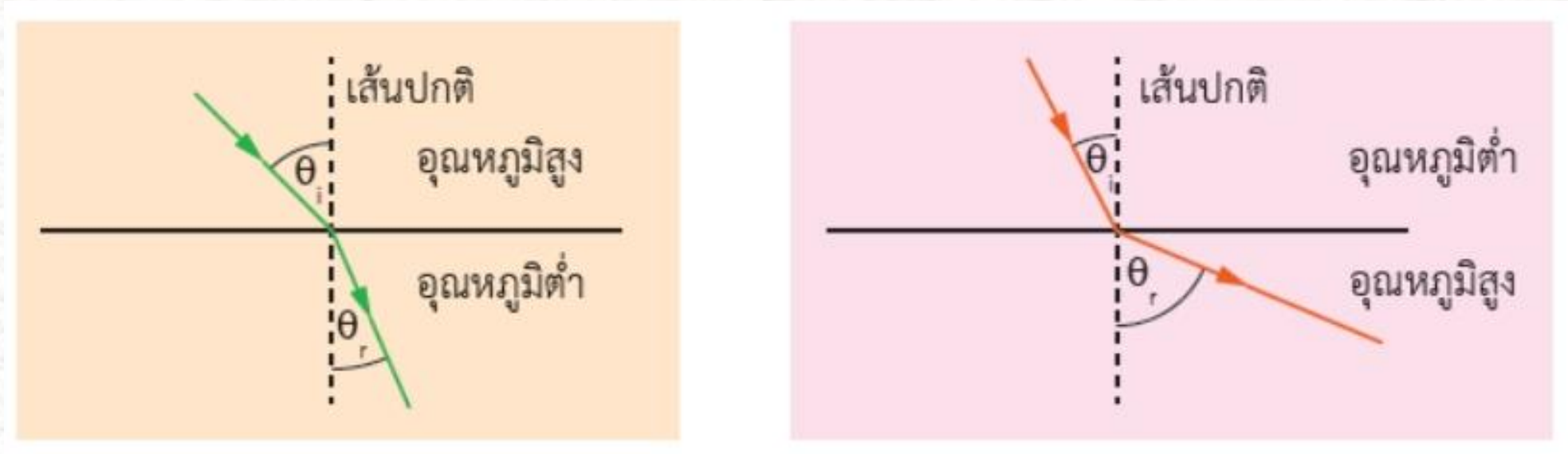
(n)

$$n_2 = \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r}$$



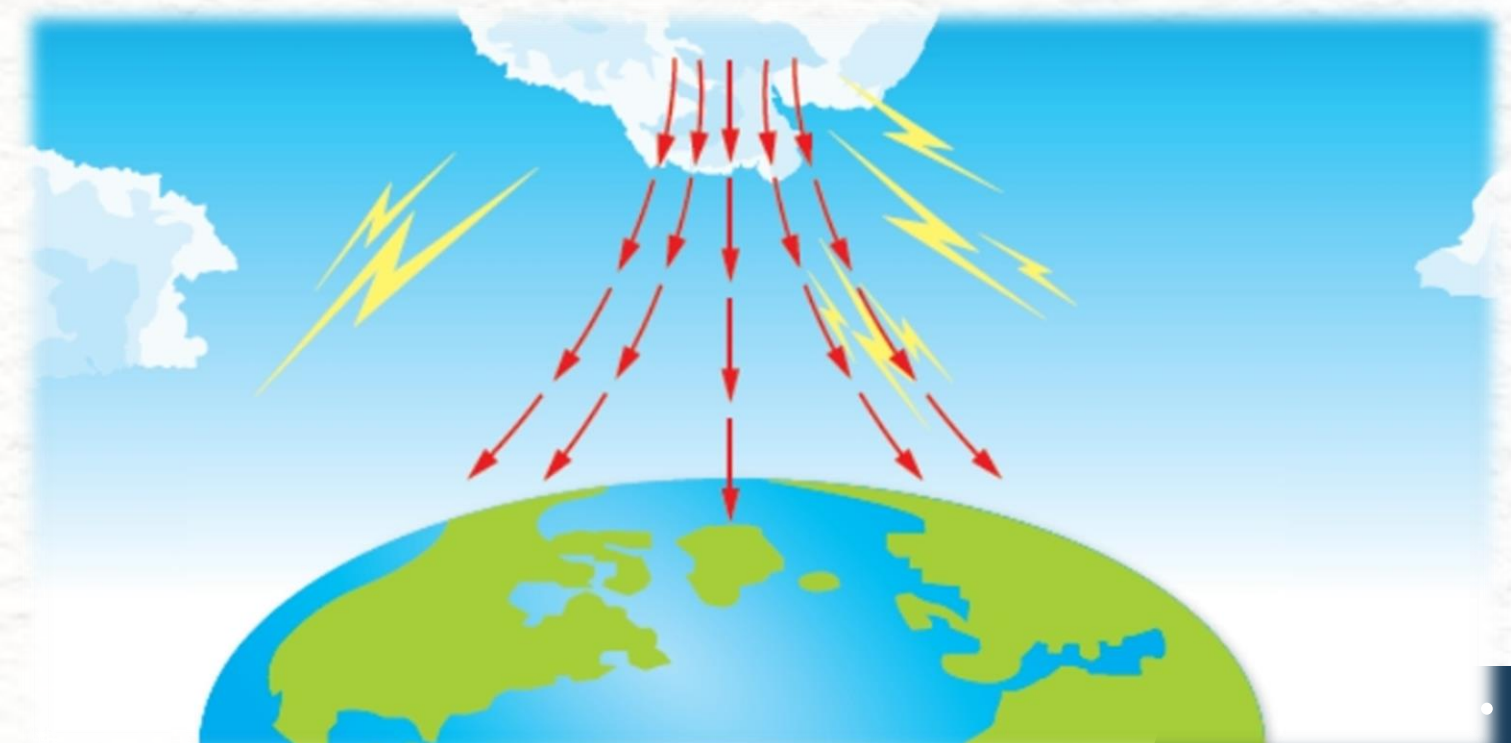
4.2.2 การหักเหของคลื่นเสียง (Refraction)

เกิดจากการที่เสียงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางในอากาศ เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิของอากาศ



การหักเหของคลื่นเสียงในอากาศ

ซึ่งปรากฏการหักเหของเสียงในอากาศ ทำให้เราได้ยินเสียงฟ้าร้องในเวลากลางวันค่อยๆ และในเวลากลางคืนได้ยินเสียงดัง เพราะว่าในเวลากลางวันอุณหภูมิใกล้ผิวโลกจะสูงกว่าบริเวณที่อยู่ด้านบน ทำให้เสียงจากฟ้าร้องเดินทางจากอุณหภูมิต่ำไปสู่อุณหภูมิสูงเกิดการหักเหออกไป ดังรูป

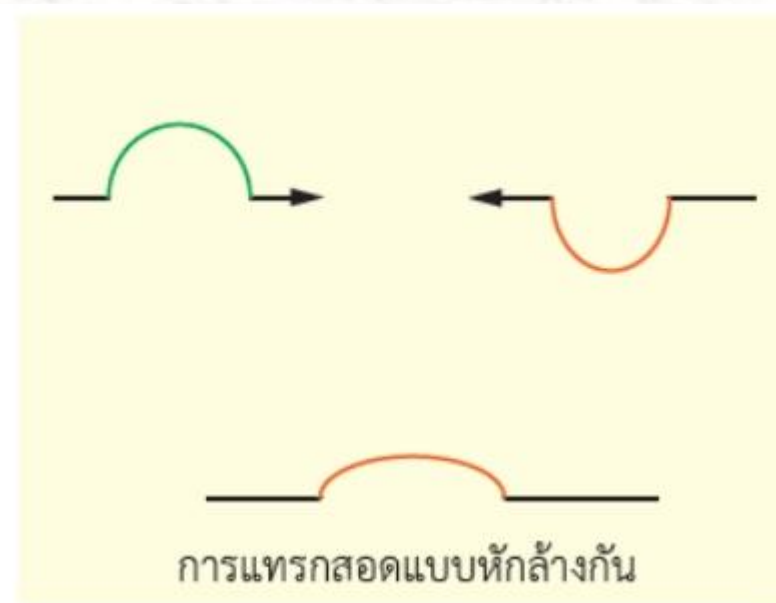
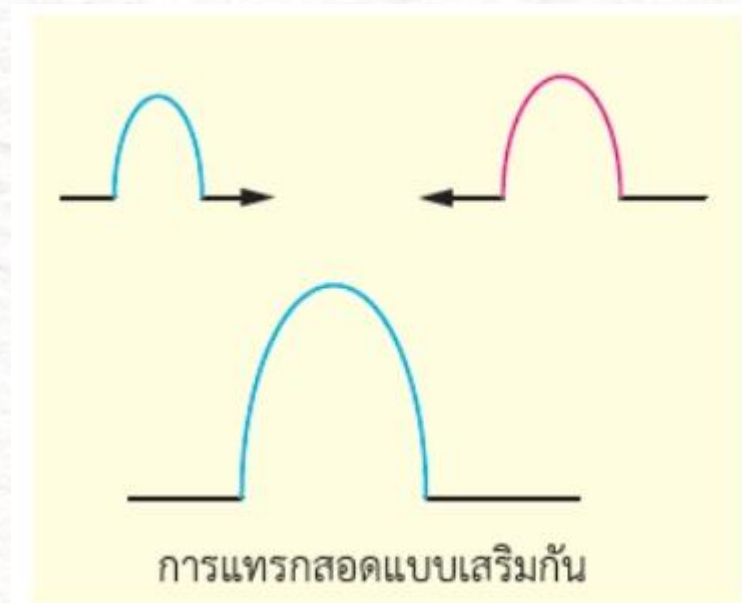


ในเวลากลางคืนโลกจะคายความร้อนออกมา ทำให้อากาศอุณหภูมิสูงลอยอยู่ด้านบน ส่วนใกล้ผิวโลกอุณหภูมิต่ำ เสียงที่เกิดจากฟ้าแลบจะเดินทางจากอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำ เกิดการหักเหเข้า ทำให้เสียงตกลงบนผิวโลกมากเราจึงได้ยินเสียงดังขึ้น



4.3 การแทรกสอดของคลื่น (Interference of Wave)

เมื่อคลื่นชนิดเดียวกันเคลื่อนที่มาพบกันจะเกิดการรวมกันของคลื่น โดยการรวมกันของแอมพลิจูด



การรวมกันของคลื่น

ถ้าให้คลื่นชนิดเดียวกันที่มีความยาวคลื่น ความเร็วและความถี่เท่ากัน เคลื่อนที่มาพบกันจะเกิดการรวมกัน จนเกิดเป็นแนวจุดที่คลื่นเสริมกันเรียกว่า ปฏิบัพ (Antinode) และจุดที่คลื่นหักล้างกันเรียกว่า บัพ (Node) สลับกันไป

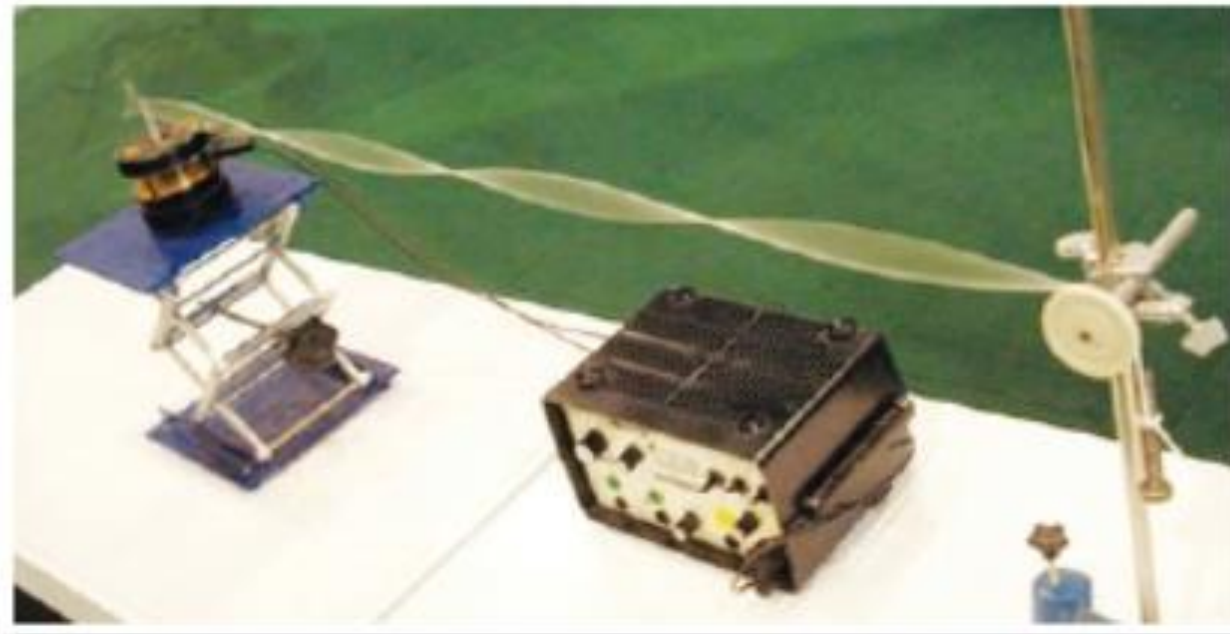


4.3.1 การแทรกสอดของคลื่นในเส้นเชือก

จะเกิดขึ้นจากการที่คลื่นวิ่งไปจนสุดปลายแล้วสะท้อนกลับมา จะเกิดการแทรกสอดกับคลื่นที่วิ่งไป ทำให้เกิดเป็น “คลื่นนิ่ง (Standing Wave)” ทำให้มองเห็นเป็น loop โดยแต่ละ loop จะมีความยาวเท่ากับ $\frac{\lambda}{2}$ ดังนั้น ถ้าเชือกยาว L แล้วเกิดเป็นคลื่นนิ่ง n loop จะได้ว่า

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

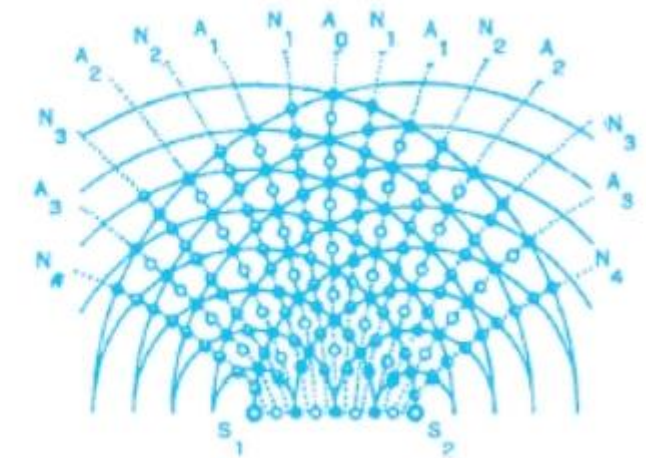
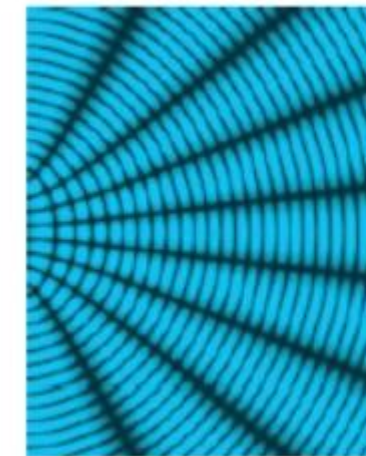
$$\lambda = \frac{2L}{n}$$



การเกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือก

4.3.2 การแทรกสอดของคลื่นน้ำ

การแทรกสอดของคลื่นน้ำเกิดจากต้นกำเนิดคลื่น 2 ต้น
กำเนิดเคาะลงบนน้ำ ทำให้เกิดคลื่นวงกลมแทรกสอดกัน ดังรูป



จากการแทรกสอดจะทำให้เกิดเป็นแนวคลื่นที่เสริมกัน
(Antinode) และหักล้างกัน (Node) โดยมีจำนวนแนวเส้นที่เกิดเมื่อ
คิดระหว่างต้นกำเนิดดังนี้

$$\begin{aligned}\text{จำนวนบัพ (Node)} &= \frac{2d}{\lambda} \\ \text{จำนวนปฏิบัพ (Antinode)} &= \frac{2d}{\lambda} - 1\end{aligned}$$

หมายเหตุ >

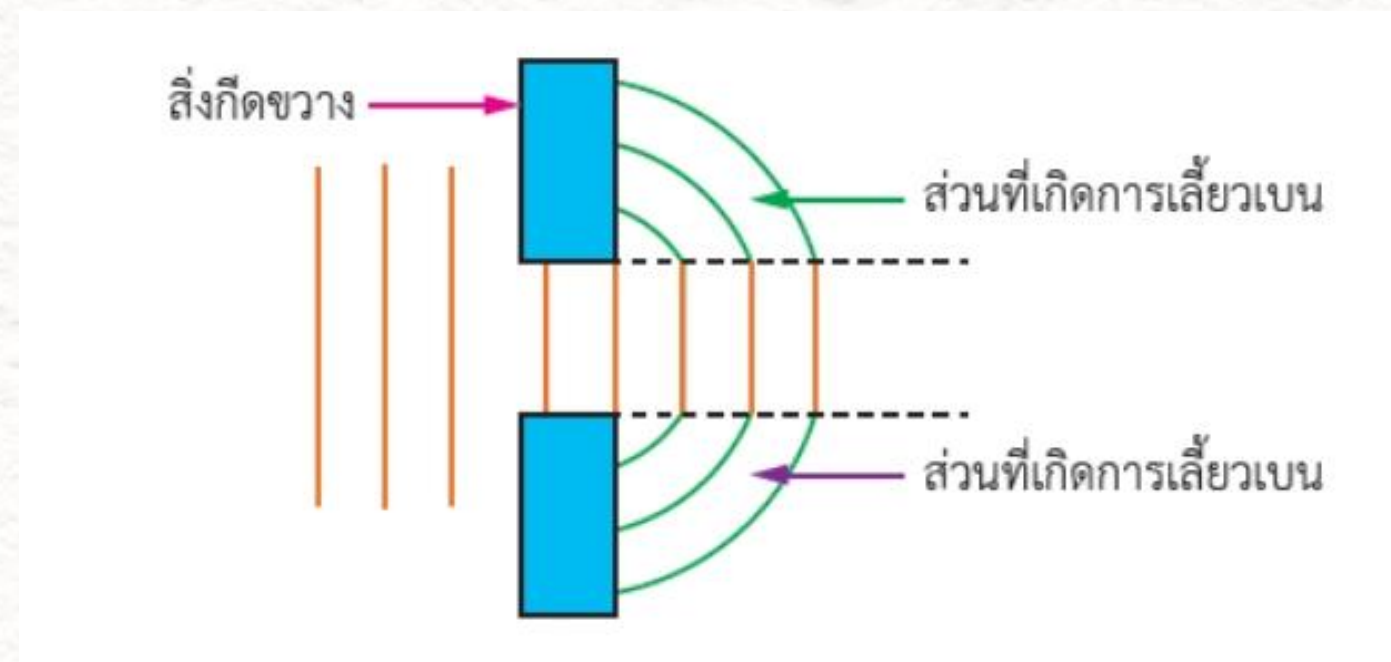


จำนวนบัพ (Node) และปฏิบัพ (Antinode) ที่เกิดขึ้นจากต้นกำเนิด 2 ต้นกำเนิด
ห่างกัน เป็นจำนวนเต็มของความยาวคลื่น และถ้าให้ P เป็นจุดที่อยู่บนแนวคลื่นที่
เป็น Antinode หรือ Node จุด P นั้นจะห่างจากต้นกำเนิดทั้ง 2 ต่างกัน ดังนี้

$$\begin{aligned}S_1P - S_2P &= n\lambda && \text{เมื่อ P บนแนวปฏิบัพ (Antinode)} \\ S_1P - S_2P &= (n - \frac{1}{2})\lambda && \text{เมื่อ P บนแนวบัพ (Node)}\end{aligned}$$

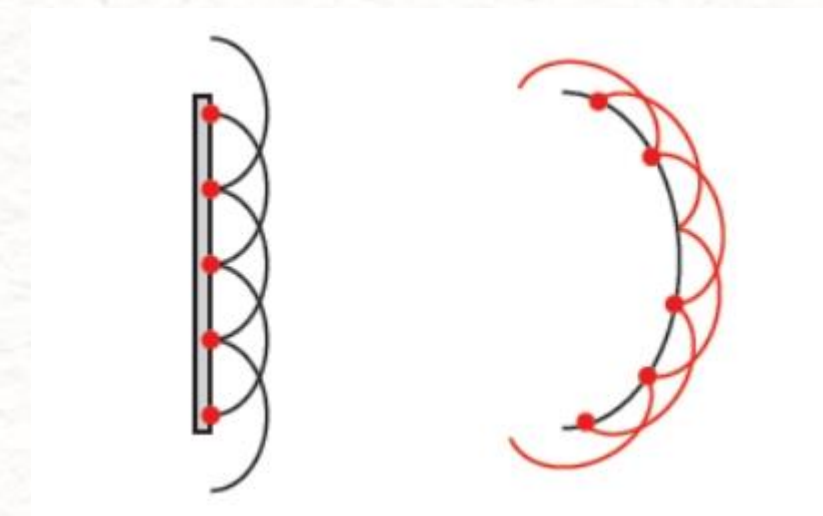
4.4 การเลี้ยวเบนของคลื่น (Diffraction of Wave)

เป็นปรากฏการณ์ของคลื่นที่เกิดจากการที่คลื่นผ่านช่องแคบ ๆ จะเกิดการเลี้ยวเบนแผ่กระจายออกไปมากกว่าความกว้างของช่อง ดังรูป



การเลี้ยวเบนของคลื่นผ่านช่องแคบ ๆ

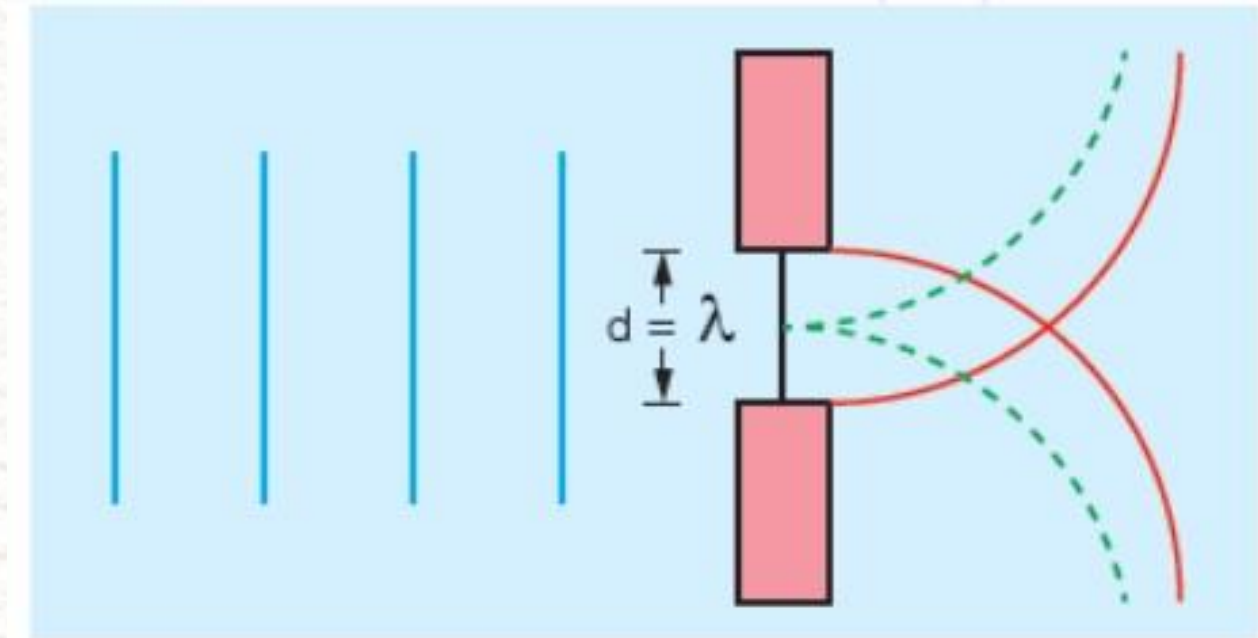
จากรูปการเลี้ยวเบนของคลื่น ฮอยเก้นส์ (Huygen's) อธิบายว่า การที่คลื่นเกิดการเลี้ยวเบนได้นั้นเกิดขึ้นจาก “จุดทุกจุดบนหน้าคลื่นทำหน้าที่เป็นต้นกำเนิดของคลื่นใหม่” ทำให้เกิดการเลี้ยวเบนได้ เพราะจุดที่อยู่ขอบสุดของหน้าคลื่นจะทำให้เกิดคลื่นวงกลมออกไปโดยรอบ ดังรูป



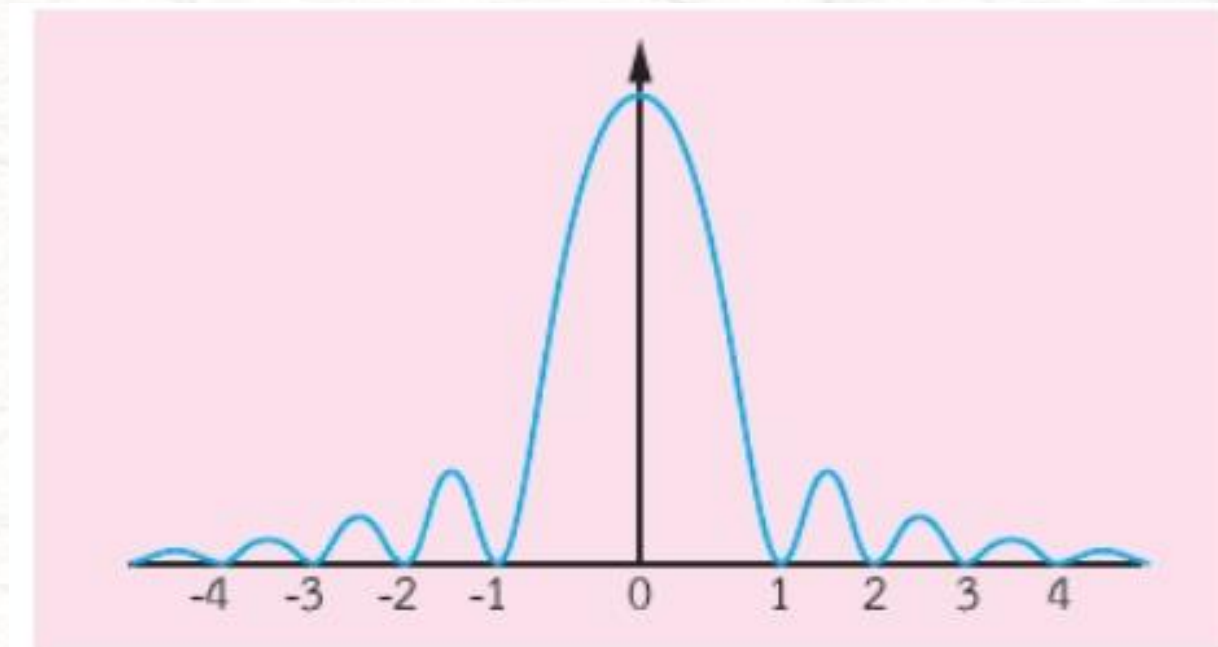
การเลี้ยวเบนตามทฤษฎีของฮอยเก้นส์

ลักษณะของการเลี้ยวเบนของคลื่นจะขึ้นกับความกว้างของช่อง ถ้าความกว้างของช่องน้อยจะเกิดการเลี้ยวเบนได้มาก ถ้าความกว้างของช่องมากจะเกิดการเลี้ยวเบนได้น้อย และเมื่อความกว้างของช่องมากกว่าความยาวคลื่นจะเกิดการแทรกสอดของคลื่นพร้อมกับการเลี้ยวเบน

บริเวณที่คลื่นผ่านช่องแคบไปจะมีความเข้มสูงและกว้างกว่าบริเวณที่เกิดการแทรกสอดถัดไป



การเลี้ยวเบนและแทรกสอดของคลื่นผ่านช่องแคบ



การกระจายของการแทรกสอด ณ บริเวณต่าง ๆ