

เอกสารประกอบการสอน เรื่อง ของไหล  
รายวิชา ฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30202  
ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชื่อ.....  
ชั้น.....เลขที่.....

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์  
โรงเรียนขามแก่นนคร อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น  
สำนักงานเขตพื้นที่การมัธยมศึกษา เขต 25

## คลื่นกล

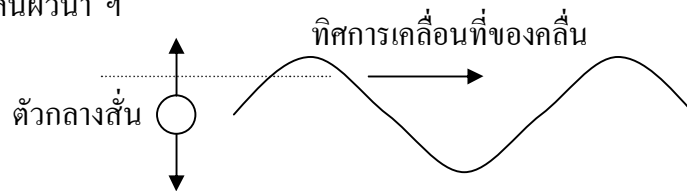
**คลื่น (Wave)** เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากการรบกวนแหล่งกำเนิด หรือตัวกลาง การสั่นสะเทือน ทำให้มีการแผ่หรือถ่ายโอนพลังงานจากการสั่นสะเทือนไปยังจุดอื่นๆ โดยที่ตัวกลางนั้นไม่มีการเคลื่อนที่ไปกับคลื่น เช่น การวางเศษไม้ หรือวัสดุที่ลอยน้ำได้ลงบนผิวน้ำ แล้วโยนก้อนหิน หรือตีน้ำทำให้เกิดคลื่น จะสังเกตเห็นเศษไม้ หรือวัสดุจะกระเพื่อมขึ้นลงอยู่กับที่ แต่จะไม่เคลื่อนที่ไปพร้อมกับคลื่น แสดงให้เห็นว่าการเกิดคลื่นเป็นการถ่ายโอนพลังงาน โดยผ่านโมเลกุลของน้ำ ซึ่งโมเลกุลของน้ำ (ตัวกลาง) จะไม่เคลื่อนที่ไปกับคลื่น

การจำแนกคลื่นตามความจำเป็นของการใช้ตัวกลางในการเคลื่อนที่ที่สามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ คลื่นกล จำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะคลื่นกล สำหรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะได้ศึกษาในระดับสูงขึ้น

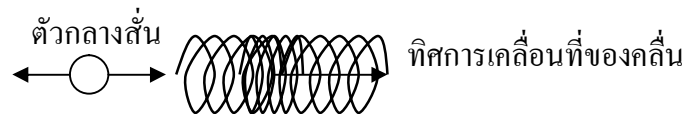
**คลื่นกล** เป็นคลื่นที่เกิดจากสั่นสะเทือนของแหล่งกำเนิด และมีการถ่ายโอนพลังงานผ่านตัวกลางในการเคลื่อนที่ เช่น คลื่นบนเส้นเชือก คลื่นผิวน้ำ คลื่นเสียง ฯ

การจำแนกคลื่นโดยพิจารณาทิศทางที่คลื่นเคลื่อนที่กับทิศการสั่นของอนุภาคของตัวกลาง แบ่งคลื่นออกได้เป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ

1. คลื่นตามขวาง เป็นคลื่นที่อนุภาคของตัวกลางสั่นในแนวตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น เช่น คลื่นบนเส้นเชือก คลื่นผิวน้ำ ฯ



2. คลื่นตามยาว เป็นคลื่นที่อนุภาคของตัวกลางสั่นในแนวเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น เช่น คลื่นที่เกิดการอัดปลายหลอดสปริง คลื่นเสียง ฯ

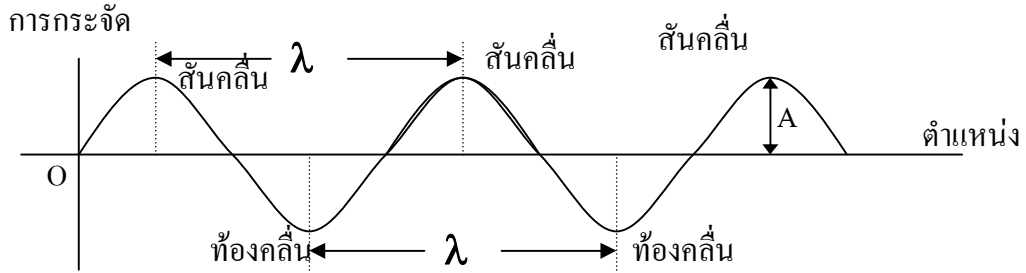


## ส่วนประกอบของคลื่น

เมื่อพิจารณาลักษณะของคลื่นผิวน้ำหรือคลื่นบนเส้นเชือกอย่างต่อเนื่องที่เกิดจากแหล่งกำเนิดสั่นอย่างสม่ำเสมอ ณ เวลาใดเวลาหนึ่งตำแหน่งต่างๆของตัวกลาง(ผิวน้ำหรือเส้นเชือก) จะขยับขึ้นลงจากปกติหรือเรียกว่าแนวสมมูลเดิมถึงตำแหน่งนั้น เรียกว่า **การกระจัด(Displacement)** (การกระจัด ณ ตำแหน่งใดๆบนคลื่นหาได้จากความยาวของเส้นตั้งฉากจากระดับปกติถึงตำแหน่งนั้นๆ)

- การกระจัดมีค่าเป็น(+)สำหรับตำแหน่งที่สูงกว่าระดับปกติ
- การกระจัดมีค่าเป็น(-)สำหรับตำแหน่งที่ต่ำกว่าระดับปกติ

ส่วนประกอบที่สำคัญของคลื่นต่อเนื่องดังรูป



รูป แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของคลื่น

1. **สันคลื่น** คือ ตำแหน่งที่การกระจัดบวกมากที่สุดเหนือระดับปกติหรือตำแหน่งสูงสุดของคลื่น
2. **ท้องคลื่น** คือ ตำแหน่งที่มีการกระจัดลบมากที่สุดต่ำกว่าระดับปกติหรือตำแหน่งต่ำสุดของคลื่น
3. **แอมพิจูด (A)** คือ การกระจัดสูงสุดของคลื่นจากระดับปกติหรือระดับสูงสุดของคลื่น หรือ ความสูงของท้องคลื่นจากระดับปกติ

ค่าของแอมพิจูดจะบอกค่าของพลังงาน คือ แอมพิจูดมากพลังงานของคลื่นมาก แอมพิจูดน้อย พลังงานของคลื่นจะน้อย

4. **ความยาวคลื่น ( $\lambda$ )** คือความยาวของคลื่น 1 ลูกคลื่น หรือเป็นระยะห่างจากสันคลื่นถึงสันคลื่นติดกัน
5. **คาบ (T)** คือ เวลาที่จุดใดจุดบนตัวกลางสั้นครบ 1 รอบ หรือเป็นเวลาที่เกิดคลื่น 1 ลูก หรือเวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ไปไกล 1 ลูกคลื่น คาบมีหน่วยเป็น วินาที(s)
6. **ความถี่ (f)** คือ จำนวนลูกคลื่นที่เกิดขึ้นใน 1 หน่วยเวลา หรือจำนวนลูกคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านจุดคงที่ในเวลา 1 หน่วย หรือจำนวนรอบที่อนุภาคตัวกลางเคลื่อนที่ได้ใน 1 หน่วยเวลา และความถี่ของคลื่นจะมีค่าเท่ากับความถี่ของการสั่นของแหล่งกำเนิด หมายความว่าแหล่งกำเนิด 1 รอบจะเกิดคลื่น 1 ลูกคลื่น ความถี่มีความเป็น ลูกคลื่นต่อวินาที, รอบต่อวินาที หรือ เฮิร์ตซ์ Hertz (Hz)

ความสัมพันธ์ระหว่างคาบ(T) และความถี่(f)

จากนิยามคาบและความถี่

ในเวลา T วินาที คลื่นเคลื่อนที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่งได้ 1 ลูกคลื่น

ในเวลา 1 วินาที คลื่นเคลื่อนที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่งได้  $1/T$  ลูกคลื่น

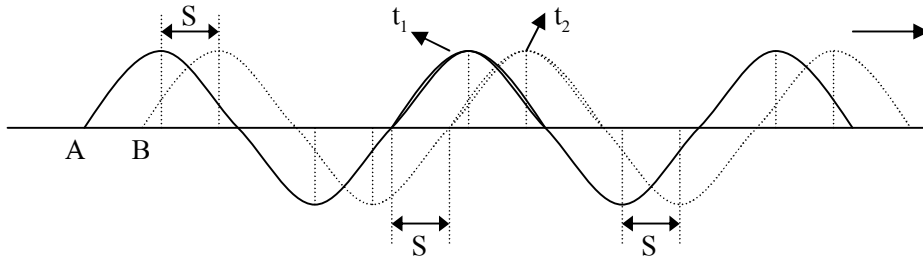
เนื่องจากจำนวนลูกคลื่นที่เกิดขึ้นใน 1 วินาที คือความถี่(f)

ดังนั้น

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{หรือ} \quad T = \frac{1}{f}$$

### อัตราเร็วของคลื่น

เมื่อแหล่งกำเนิดคลื่นถ่ายทอดพลังงานให้แก่ตัวกลางทำให้เกิดคลื่นขึ้น คลื่นจะเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิด โดยมีทิศทางการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยอัตราเร็วคงที่เมื่อไม่มีการเปลี่ยนตัวกลางดังรูป



รูป แสดงการเคลื่อนที่ของคลื่น

จากรูป ณ เวลา  $t_1$  คลื่นต่อเนื่องอยู่ ณ ตำแหน่ง A เมื่อเวลาผ่านไป  $t_2$  คลื่นเคลื่อนที่ไปทางขวามืออยู่ ณ ตำแหน่ง B เป็นระยะทาง S

ดังนั้นเราสามารถหาอัตราเร็ว ( $v$ ) ของคลื่นได้จาก

$$\text{อัตราเร็ว (v)} = \frac{\text{ระยะทาง(S)}}{\text{เวลา (} t_2 - t_1 \text{)}}$$

$$\text{หรือ } v = \frac{S}{t} \quad \text{เมื่อ } t = t_2 - t_1$$

เนื่องจากอัตราเร็วของคลื่นในตัวกลางเดียวกันมีค่าคงที่ถ้าพิจารณาคลื่นเคลื่อนที่ได้ 1 ลูกคลื่นพอดี  
ได้ว่า  $S = \lambda$  ,  $t = T$

$$\text{จาก } v = \frac{S}{t}$$

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

$$\text{หรือ } v = f\lambda$$

**ตัวอย่าง 1** แหล่งกำเนิดคลื่นผิวน้ำสั่นด้วยความถี่ 20 รอบ/วินาที และพบว่าสันคลื่นน้ำ 5 สันติดต่อกันห่างกัน 20 ซม. จงหาอัตราเร็วของคลื่นผิวน้ำ

## วิธีทำ

**ตัวอย่าง 2** แหล่งกำเนิดคลื่นผิวน้ำจะต้องสั่นด้วยความถี่เท่าไรจึงทำให้เกิดคลื่นน้ำเคลื่อนที่ได้ 40 เมตรในเวลา 5 วินาที และมีระยะห่างของสันคลื่นจากสันคลื่นที่ 1 ถึงสันที่ 5 เท่ากับ 2 เมตร

**ตัวอย่าง 3** สะบัดเชือกให้เกิดคลื่นในเส้นเชือก จุดหนึ่งของเชือกเคลื่อนที่จากการกระจัดสูงสุดมายังจุดที่มีการกระจัดเป็นศูนย์ใช้เวลา 0.2 วินาที จงหา

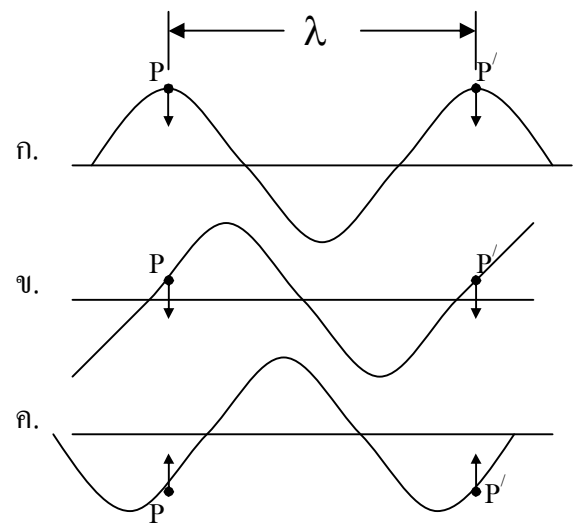
ก. เวลาในการเคลื่อนที่ครบรอบ

ข. ถ้าความยาวคลื่นเป็น 1.4 เมตร อัตราเร็วคลื่นเป็นเท่าใด

## เฟส (Phase)

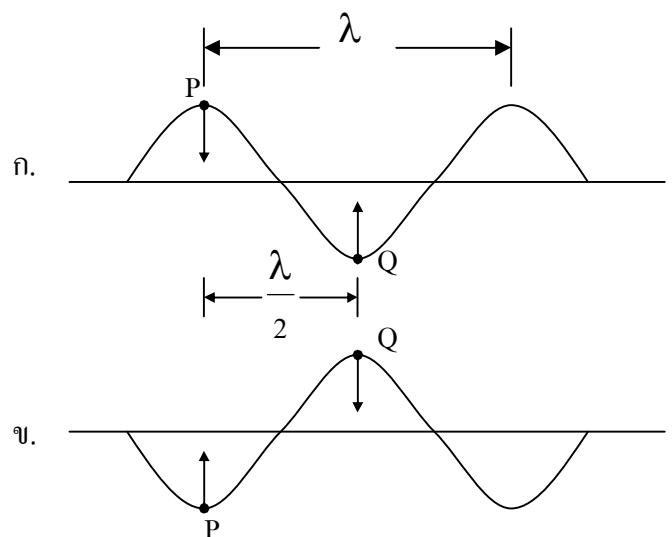
เฟส เป็นค่าที่ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งของการเคลื่อนที่ที่มีลักษณะเป็นรอบขณะใดขณะหนึ่ง โดยจะมีความสัมพันธ์กับการระจัดของการเคลื่อนที่นั้น เช่นกรณีคลื่นผิวน้ำ การเคลื่อนที่ขึ้นลงของผิวน้ำ ณ ตำแหน่งหนึ่งๆ มีลักษณะเป็นรอบครบรอบดั่งนั้นขณะที่มีคลื่นเคลื่อนที่ผ่านไปผิวน้ำย่อมอยู่ในลักษณะใดลักษณะหนึ่งในรอบของการเคลื่อนที่ หรืออยู่ในเฟสหนึ่งๆ นั้นเอง

จากรูป 1 ก ถ้าพิจารณาภาคตัดขวางของคลื่นผิวน้ำที่เวลาหนึ่งจะเห็นว่า P และ P' อยู่ห่างกันเท่ากับระยะ 1 ความยาวคลื่นจุดทั้งสองอยู่ที่ตำแหน่งสันคลื่นเหมือนกัน และการเคลื่อนที่ของผิวน้ำที่จุดทั้ง 2 ไปทางทิศเดียวกันเรียกว่า จุดทั้งสองมีเฟสตรงกัน เมื่อเวลาผ่านไปผิวน้ำตรงจุด P และ P' จะเคลื่อนที่ลงตำแหน่งของจุด P และ P' บนผิวน้ำจะเปลี่ยนไปดังรูป 1 ข และ 1 ค เรากล่าวว่าทั้งจุด P และ P' มีเฟสเปลี่ยนไปจากเดิมแต่จุดทั้งสองยังมีเฟสตรงกันอยู่ ทั้งนี้เพราะจุดทั้ง 2 ยังคงอยู่ห่างจากระดับปกติเท่ากันโดยอยู่สูงกว่าหรือต่ำกว่าระดับน้ำปกติเท่ากันและจะมีทิศการเคลื่อนที่ไปทางเดียวกันเสมอซึ่งเราอาจกล่าวได้ว่าถ้าการระจัดของจุดทั้ง 2 เท่ากัน มีเครื่องหมายเหมือนกัน จุดทั้ง 2 มีเฟสตรงกัน เมื่อเวลาผ่านไป 1 คาบ (T) จุด P และ P' จะเคลื่อนที่กลับมาอยู่ ณ ตำแหน่งเดิมอีกครั้งหนึ่ง



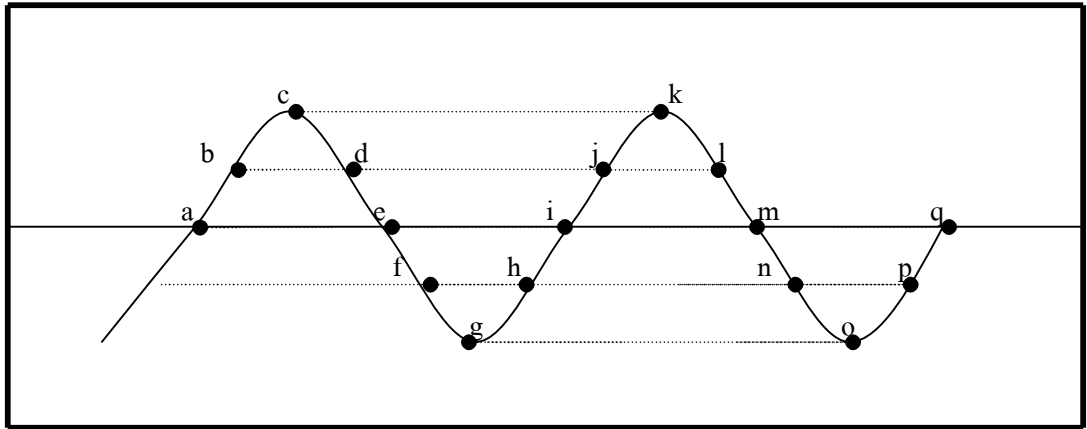
รูป 1 ภาคตัดขวางของคลื่นผิวน้ำที่เวลาหนึ่งแสดงจุดที่มีเฟสตรงกัน

จากรูป 2 ก ถ้าเปรียบเทียบจุดบนผิวน้ำที่ P และ Q ณ เวลาหนึ่ง จะเห็นว่าจุดทั้งสองจะห่างกันเป็นระยะครึ่งความยาวคลื่นคือถ้าจุด P อยู่บนสันคลื่น จุด Q จะอยู่ที่ท้องคลื่นหรือกล่าวได้ว่าขณะที่จุด P อยู่เหนือระดับน้ำปกติ จุด Q จะอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำปกติและผิวน้ำตรงจุดทั้งสองจะขยับเคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามกันเมื่อเวลาผ่านไปจุดทั้งสองจะมีตำแหน่งเปลี่ยนไป กล่าวคือมีเฟสเปลี่ยนไปแต่จุดทั้งสองคงยังมีเฟสตรงข้ามกันเสมอ ทั้งนี้จะสังเกตเห็นว่าขณะที่จุด P เคลื่อนที่ลง



รูป 2 ภาคตัดขวางของคลื่นผิวน้ำที่เวลาหนึ่งแสดงจุดที่มีเฟสตรงข้ามกัน

จุด Q จะเคลื่อนที่ขึ้น โดยระยะห่างจากระดับน้ำปกติของจุดทั้งสองยังคงเท่ากันแต่อยู่คนละด้าน เมื่อเวลาผ่านไปครึ่งคาบ ( $T/2$ ) ดังรูป 2 ข จุด P จะเคลื่อนที่มาอยู่ที่ตำแหน่งที่องคลื่น ส่วนจุด Q จะมาอยู่ที่ตำแหน่งสันคลื่นจุดทั้งสองยังคงอยู่ห่างกันเป็นระยะครึ่งความยาวคลื่นและมีเฟสตรงข้ามกันเสมอการศึกษาความแตกต่างเฟสของคลื่นจะเป็นการเปรียบเทียบเฟส ระหว่างจุดสองจุดบนคลื่น ณ เวลาหนึ่งหรือที่จุดเดียวกันแต่คนละเวลาหรือ ระหว่างเฟสของคลื่นสองคลื่นที่เคลื่อนที่มาพบกัน ณ เวลาเดียวกัน



รูป 3 ภาคตัดขวางของคลื่นพิวณาในกล่องคลื่นที่เวลาหนึ่ง

พิจารณารูป 3 ที่เวลาหนึ่ง จุด c และจุด k อยู่ ณ ตำแหน่งสันคลื่นเหมือนกันและกำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศเดียวกันเรียกว่า จุด c และ k มีเฟสตรงกันในทำนองเดียวกัน จุด b และจุด j อยู่สูงจากระดับน้ำปกติเท่ากันและกำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศเดียวกัน จุด b และจุด j จึงมีเฟสตรงกันส่วนจุด d และจุด h อยู่ห่างจากระดับน้ำปกติเท่ากัน แต่อยู่คนละด้าน และกำลังเคลื่อนที่ในทิศตรงข้าม เรียกว่า จุด d และจุด h มีเฟสตรงข้ามกัน

Ex คลื่นขบวนหนึ่งมีความถี่ 100 Hz มีความเร็ว 20 m/s ตำแหน่งที่มีเฟสตรงกันและอยู่ใกล้กัน จะห่างกันเท่าไร

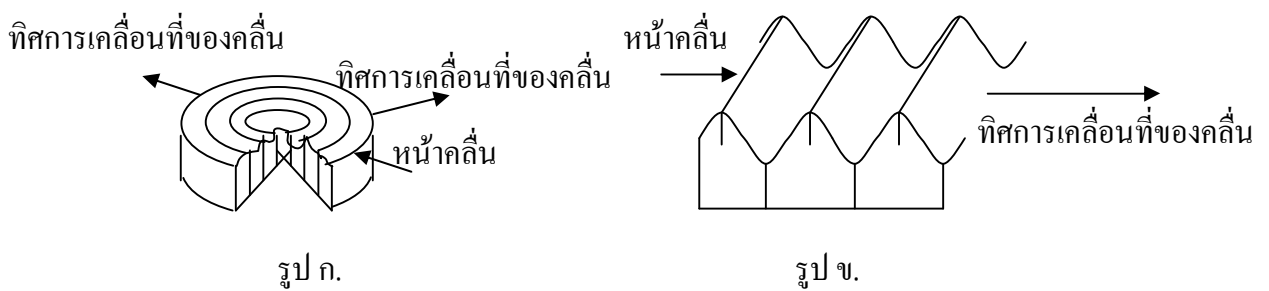
## คลื่นผิวน้ำ

การศึกษาคลื่นผิวน้ำเพื่อให้สะดวกในการสังเกตปรากฏการณ์คลื่นบนผิวน้ำ เราใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า ถาดคลื่น ส่วนสำคัญของอุปกรณ์คือ ตัวถาดคลื่น ตัวกำเนิดคลื่น โคมไฟ วิธีศึกษาคลื่นผิวน้ำเราไม่ได้ดูผิวน้ำกระเพื่อมขึ้นลงโดยตรงแต่จะดูจากความเข้มของแสงที่ผ่านคลื่นในถาดคลื่นแทนโดยส่วนที่เป็นสันคลื่นจะทำหน้าที่เสมือนเลนส์นูนซึ่งจะรวมแสงทำให้เกิดแถบสว่างบนแผ่นกระดาษที่วางอยู่ใต้ถาดคลื่น ส่วนท้องคลื่นจะทำหน้าที่เสมือนเลนส์เว้าซึ่งกระจายแสงทำให้เกิดแถบมืดบนแผ่นกระดาษ ดังนั้นภาพของคลื่นผิวน้ำที่ปรากฏบนกระดาษ คือ แถบสว่างและมืดสลับกัน

เมื่อใช้ปลายดินสอและขอบไม้บรรทัดแตะผิวน้ำอย่างละหนึ่งครั้ง แล้วสังเกตลักษณะของคลื่นที่เกิดขึ้น การใช้ดินสอหรือขอบไม้บรรทัดเป็นการรบกวนผิวน้ำ การรบกวนผิวน้ำหนึ่งครั้งจะเกิดคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ออกจากตัวกำเนิดคลื่นหนึ่งครั้งเช่นกัน คลื่นที่ได้นี้เรียกว่า **คลื่นดล**

เมื่อจุดๆหนึ่งบนผิวน้ำถูกรบกวนหนึ่งครั้งโดยปลายดินสอ คลื่นดลที่เกิดแนวยาวหนึ่งครั้งโดยขอบไม้บรรทัด คลื่นดลที่เกิดขึ้นจะเป็นแนวยาวเคลื่อนที่ออกจากตัวกำเนิดคลื่น คลื่นดลที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่าคลื่นดลเส้นตรง

เมื่อผิวน้ำถูกรบกวนเป็นจังหวะต่อเนื่องจะทำให้เกิดคลื่นผิวน้ำออกจากตัวกำเนิดคลื่นตลอดเวลา เรียกว่า **คลื่นต่อเนื่อง** เมื่อปรับปุ่มกำเนิดคลื่นวงกลมให้แตะผิวน้ำและปรับมอเตอร์ให้หมุนด้วยความถี่ที่เหมาะสม จะทำให้เกิดการรบกวนผิวน้ำเป็นจังหวะต่อเนื่อง และมีคลื่นผิวน้ำแผ่ขยายออกจากตัวกำเนิดคลื่นไปเป็นรูปวงกลม ดังรูป ก. ถ้าเปลี่ยนตัวกำเนิดคลื่นเป็นคานนนั่นคือ ให้มีการรบกวนผิวน้ำในแนวยาวและเป็นจังหวะต่อเนื่องจะเกิดเป็นแนวเส้นตรงเคลื่อนที่ออกจากตัวกำเนิดคลื่น ดังรูป ข. ซึ่งประกอบด้วยส่วนโค้งขึ้นและส่วนโค้งลงของผิวน้ำแผ่ออกไปจากตัวกำเนิด



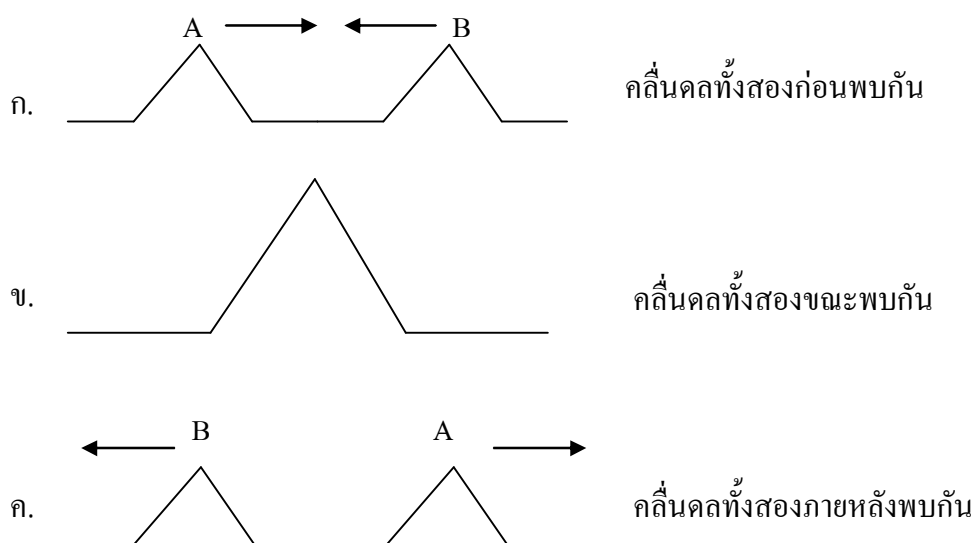
จากรูป ก. และ ข. เส้นที่ลากผ่านตำแหน่งที่มีเฟสตรงกันในคลื่นลูกหนึ่งๆ เช่น แนวสันคลื่นหรือแนวของท้องคลื่น เรียกว่า **หน้าคลื่น** ดังนั้น แนวเส้นกลางของแถบสว่างซึ่งเกิดขึ้นจากแนวของสันคลื่นและแนวเส้นกลางของแถบมืดซึ่งเกิดจากแนวของท้องคลื่นต่างก็เป็นหน้าคลื่น ทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นจะตั้งฉากกับหน้าคลื่น โดยทั่วไปเมื่อกล่าวถึงหน้าคลื่นเราใช้แนวใดแนวหนึ่งดังกล่าวมาแล้วเป็นหน้าคลื่น ในรูป ก. และ ข. ในแนวของแถบสว่างเป็นหน้าคลื่น



**Ex** จากการทดลองโดยใช้ถาดคลื่นที่มีความลึกสม่ำเสมอ วัดความยาวของแถบสว่าง 5 แถบ ที่อยู่ติดกันของคลื่นผิวน้ำต่อเนื่องได้ระยะทาง 10 ซม. ถ้าคลื่นผิวน้ำมีอัตราเร็ว 20.00 ซม./วินาทีจงหาความยาวคลื่นและความถี่ของคลื่น

### การซ้อนทับของคลื่น

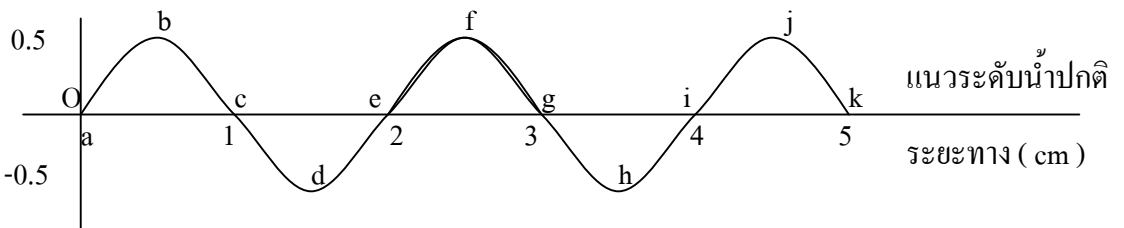
เมื่อคลื่นคลสองคลื่นที่มีการกระจัดไปทางเดียวกันเคลื่อนที่มาพบกันคลื่นทั้งสองจะรวมกันทำให้การกระจัดลัพธ์ ณ ตำแหน่ง และเวลาหนึ่ง ๆ มีขนาดมากกว่าการกระจัดเดิมของแต่ละคลื่น ณ ตำแหน่ง และเวลานั้นๆ เมื่อคลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ผ่านพ้นกันไปแล้วคลื่นคลแต่ละคลื่นจะยังคงมีลักษณะอย่างเดิม เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดิม ดังรูป



**แบบฝึก**

ให้นักเรียนเติมคำ หรือข้อความลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ปรากฏการณ์ที่มีการส่งผ่านพลังงานจากแหล่งกำเนิดไปยังอีกที่หนึ่งถ้าการส่งผ่านพลังงานนั้นจำเป็นต้องอาศัยตัวกลางโดยตัวกลางไม่ได้เคลื่อนที่ไปกับคลื่นด้วยเราเรียกว่า .....
2. ปรากฏการณ์ที่มีการส่งผ่านพลังงานจากแหล่งกำเนิดไปยังอีกที่หนึ่งถ้าการส่งผ่านพลังงานนั้น โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลางไปกับคลื่นด้วยเราเรียกว่า .....
3. การเคลื่อนที่ของคลื่นผิวน้ำต้องอาศัยหรือไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ .....
4. การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงต้องอาศัยหรือไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ .....
5. การเคลื่อนที่ของคลื่นวิทยุต้องอาศัยหรือไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ .....
6. การเคลื่อนที่ของคลื่นมีทิศตั้งฉากกับการสั่นของตัวกลาง คลื่นในลักษณะนี้เรียกว่า .....
7. การเคลื่อนที่ของคลื่นมีทิศในแนวเดียวกับกับการสั่นของตัวกลาง คลื่นในลักษณะนี้เรียกว่า .....
8. ตำแหน่งสูงสุดของคลื่นผิวน้ำเรียกว่า .....
9. ตำแหน่งต่ำสุดของคลื่นผิวน้ำเรียกว่า .....
10. คลื่นตั้งแต่ 2 คลื่นขึ้นไป เคลื่อนที่มาพบกัน จะเกิดการรวมกันได้ของคลื่นทำให้ได้รูปร่างของคลื่นใหม่ที่ต่างไปจากคลื่นเดิม เรียกว่า .....
11. คลื่นผิวน้ำขบวนหนึ่ง เมื่อขณะเวลาหนึ่งเป็นดังรูป



11.1 ตำแหน่งใดบ้างที่เป็นสันคลื่น

.....

11.2 ตำแหน่งใดบ้างที่เป็นท้องคลื่น

.....

11.3 ตำแหน่งสมดุขของคลื่น (ตำแหน่งที่อยู่ในแนวระดับน้ำปกติ) คือ

.....

11.4 แอมพลิจูดของคลื่นขบวนนี้เป็นเท่าไร

.....

11.5 ความยาวคลื่น ( $\lambda$ ) มีค่าเท่าไร

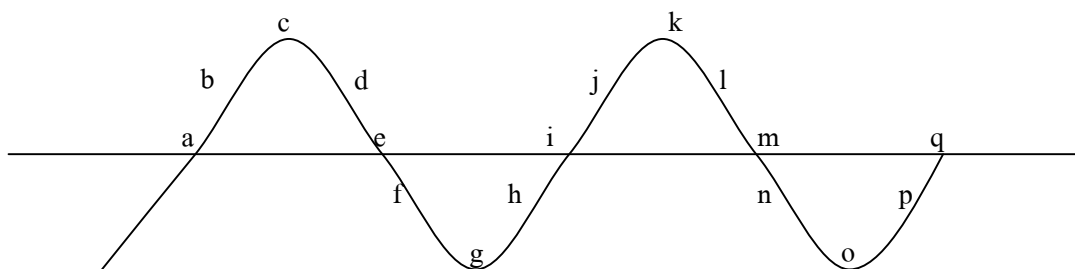
.....

11.6 ระยะทางระหว่างจุด 2 จุด บนคลื่นต่อไปนี้ มีค่าเป็นกี่ความยาวคลื่น ( $\lambda$ )

1) bf = ..... 2) ac = .....

3) cf = ..... 4) bh = .....

ให้นักเรียนพิจารณารูปคลื่นต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 12 – 13



12. จงบอกจุดใดๆ ที่มีเฟสตรงกับจุดที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้

1) a มีเฟสตรงกับจุด ..... 2) d มีเฟสตรงกับจุด .....

3) f มีเฟสตรงกับจุด ..... 4) h มีเฟสตรงกับจุด .....

13. จงบอกจุดใดๆ ที่มีเฟสตรงข้ามกับจุดที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้

1) b มีเฟสตรงข้ามกับจุด ..... 2) e มีเฟสตรงข้ามกับจุด

.....

3) h มีเฟสตรงข้ามกับจุด ..... 4) n มีเฟสตรงข้ามกับจุด

.....

14. จากการทดลองโดยใช้ถาดคลื่นที่มีน้ำลึกสม่ำเสมอ วัดความยาวของแถบสว่าง 6 แถบ ที่อยู่ติดกันของคลื่นผิวน้ำต่อเนื่องได้ระยะทาง 20 cm และมอเตอร์ต้น 1,200 รอบต่อนาที

1) ความยาวคลื่นของคลื่นน้ำนี้มีค่า ..... cm

2) ความถี่ของคลื่นน้ำนี้มีค่า ..... เฮิรตซ์

3) ความเร็วของคลื่นน้ำนี้มีค่า ..... cm / s

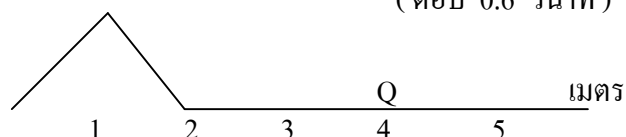
ตอนที่ 2 ให้นักเรียนแสดงวิธีทำจากโจทย์ต่อไปนี้

1. แหล่งกำเนิดคลื่นให้คลื่นความถี่ 200 เฮิรตซ์ ความยาวคลื่น 12.5 ซม. ถ้าคลื่นชุดนี้เคลื่อนที่ในระยะทาง 300 เมตร จะใช้เวลาเท่าไร (ตอบ 12

วินาที)

2. แหล่งกำเนิดคลื่นสั้นอย่างสม่ำเสมอด้วยอัตรา 40 ครั้งใน 1 นาที ทำให้เกิดคลื่นน้ำแผ่ออกไปอย่างต่อเนื่อง เมื่อพิจารณาคลื่นที่เกิดขึ้นพบว่า คลื่นแต่ละลูกเคลื่อนที่จากเสาต้นหนึ่งไปยังอีกเสาต้นหนึ่งซึ่งปักอยู่ห่างกัน 20 เมตร ต้องใช้เวลา 2 วินาที ความยาวคลื่นน้ำมีค่าเท่าไร (ตอบ 15 เมตร)

3. Q เป็นจุดจุดหนึ่งบนเส้นเชือก ถ้าเกิดคลื่นบนเส้นเชือกดังรูป โดยคลื่นมีอัตราเร็ว 5 เมตร/วินาที นานเท่าไร จุด Q จึงขึ้นถึงจุดสูงสุด (ตอบ 0.6 วินาที)



4. จากการทดลองโดยใช้ถาดคลื่นที่มีน้ำลึกสม่ำเสมอ วัดความยาวของแถบสว่าง 6 แถบ ที่อยู่ถัดกันของคลื่น ผิวน้ำต่อเนื่องได้ระยะทาง 17.5 cm จงหาความยาวคลื่น (ตอบ 3.5 ซม.)

## สมบัติคลื่น การสะท้อนของคลื่น

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดคลื่น ไปถึงปลายสุดของตัวกลางหนึ่ง (จุดสะท้อนอิสระ) คลื่นจะเคลื่อนที่กลับมาในตัวกลางเดิมหรือคลื่นเคลื่อนที่ไปกระทบกับสิ่งกีดขวาง(จุดสะท้อนตรึงแน่น)จะเกิดการสะท้อนกลับมาในตัวกลางเดิม

ลักษณะของคลื่นสะท้อน เมื่อ

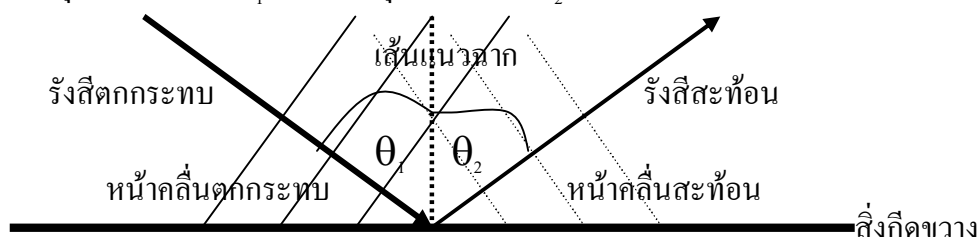
1. **จุดสะท้อนตรึงแน่น** คลื่นสะท้อนมีลักษณะตรงข้ามกับคลื่นตกกระทบ คือ เข้าเป็นสันคลื่น ออกเป็นท้องคลื่น หรือ เข้าเป็นท้องคลื่นออกเป็นสันคลื่น หรือ คลื่นสะท้อนมีเฟสตรงข้ามกับคลื่นตกกระทบ
2. **จุดสะท้อนอิสระ** คลื่นสะท้อนมีลักษณะเหมือนกับคลื่นตกกระทบ คือ เข้าเป็นสันคลื่นออกเป็นสันคลื่น หรือ เข้าเป็นท้องคลื่นออกเป็นท้องคลื่น หรือ คลื่นสะท้อนมีเฟสเดียวกันกับคลื่นตกกระทบ

เมื่อคลื่นน้ำเคลื่อนที่ไปกระทบตัวสะท้อน ผิวหน้าบริเวณตัวสะท้อนสามารถกระเพื่อมขึ้นลงได้โดยอิสระ การสะท้อนของคลื่นน้ำนี้ถือว่าจุดสะท้อนเป็นอิสระ เฟสของคลื่นสะท้อนจะเป็นเฟสเดียวกัน ดังนั้น การเคลื่อนที่ของคลื่นน้ำ ความหนาแน่นของตัวกลางจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการสะท้อน ดังนี้ เมื่อคลื่นเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยไปสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นมาก คลื่นสะท้อนจะมีเฟสตรงกันข้าม (เป็นการสะท้อนที่ปลายตรึงแน่น) ส่วนคลื่นเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากไปสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อย คลื่นสะท้อนจะมีเฟสเดียวกัน(เป็นการสะท้อนที่ปลายอิสระ)

การสะท้อนของคลื่น จะมีคุณสมบัติได้ดังนี้

1. ความถี่ของคลื่นสะท้อนมีค่าเท่ากับความถี่ของคลื่นตกกระทบ
2. ความเร็วของคลื่นสะท้อนมีค่าเท่ากับความเร็วของคลื่นตกกระทบ
3. ความยาวคลื่นของคลื่นสะท้อนมีค่าเท่ากับความยาวคลื่นของคลื่นตกกระทบ
4. ถ้าการสะท้อน ไม่มีการสูญเสียพลังงาน จะได้ว่าแอมพลิจูดของคลื่นสะท้อนมีค่าเท่ากับแอมพลิจูดของคลื่นตกกระทบ
5. การสะท้อนของคลื่นจะเป็นไปตามกฎการสะท้อน

- 1) รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก รังสีสะท้อน อยู่ในระนาบเดียวกัน
- 2) มุมตกกระทบ ( $\theta_1$ ) เท่ากับ มุมสะท้อน ( $\theta_2$ )

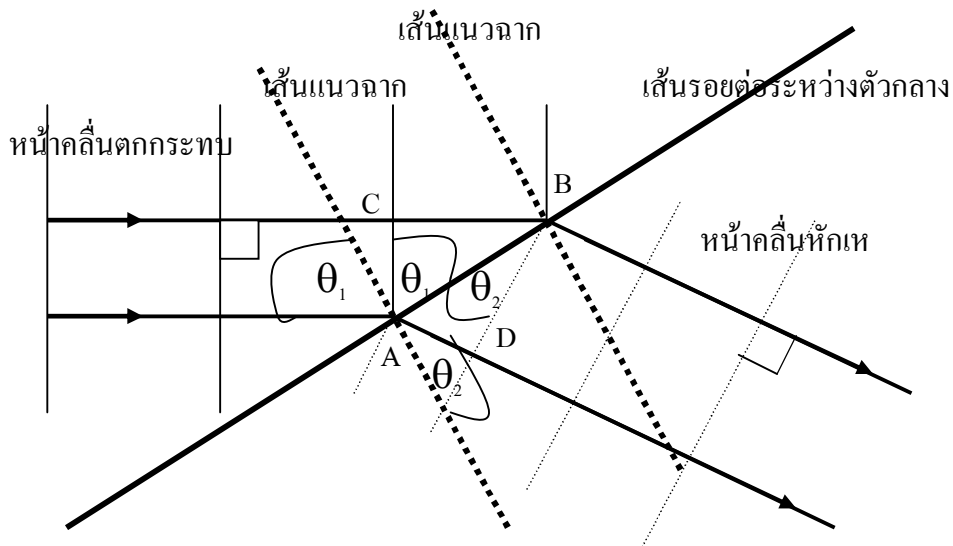


**การหักเหของคลื่น**

การหักเหของคลื่น หมายถึง การที่คลื่นเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งเข้าไปในตัวกลางหนึ่งที่มีคุณสมบัติต่างกันแล้ว เป็นผลให้อัตราเร็วคลื่นเปลี่ยนไปโดยทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นอาจเปลี่ยนหรือไม่เปลี่ยนก็ได้ ( ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบขนานกับแนวรอยต่อของตัวกลางทั้งสองทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นหักเหไม่เปลี่ยนแปลง )

เมื่อคลื่นหักเหระหว่างผิวรอยต่อของตัวกลางใดๆ ปริมาณของคลื่นที่เปลี่ยนแปลง คือ ความเร็วและความยาวคลื่น ส่วนความถี่มีค่าคงที่เพราะเป็นคลื่นต่อเนื่องที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน

ในการพิจารณา ความเร็ว (  $v$  ) และ ความยาวคลื่น (  $\lambda$  ) ในตัวกลางใดๆ เมื่อ ความถี่ (  $f$  ) คงที่ สามารถพิจารณาจากสมการ  $v = f\lambda$  ดังรูป



รูป แสดงมุมตกกระทบ (  $\theta_1$  ) และมุมหักเห (  $\theta_2$  )

จากรูป ระยะ BC เป็นความยาวคลื่นในเจตน้ำลึก  $\lambda_1$

ระยะ AD เป็นความยาวคลื่นในเจตน้ำตื้น  $\lambda_2$

จะได้  $\sin \theta_1 = \frac{BC}{AB} = \frac{\lambda_1}{AB}$

$\sin \theta_2 = \frac{AD}{AB} = \frac{\lambda_2}{AB}$

ดังนั้น  $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\lambda_1 / AB}{\lambda_2 / AB}$   
 $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \dots\dots\dots (1)$

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

ดังนั้น  $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1 / f}{v_2 / f}$

(ความถี่ (f) เท่ากันเพราะแหล่งกำเนิดเดียวกัน)

จะได้  $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$  ..... (2)

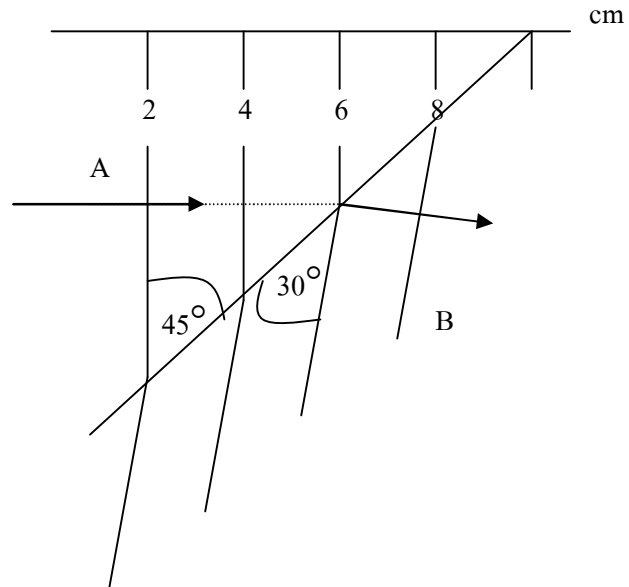
จากสมการ (1) และ (2) จะได้

$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$  ..... (2)

จากสมการ (2) อธิบายได้ว่า เมื่อคลื่นมีการหักเห อัตราส่วนของค่าไซน์ของมุมตกกระทบกับค่าไซน์ของมุมหักเห จะมีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วคลื่นในตัวกลางที่คลื่นตกกระทบกับอัตราเร็วคลื่นในตัวกลางที่คลื่นหักเห

**ตัวอย่าง 1** คลื่นขบวนหนึ่งเกิดจากแหล่งกำเนิด 20 Hz เคลื่อนที่จากน้ำลึกด้วยความเร็ว 6 m/s เข้าสู่ น้ำตื้น โดยมีทิศทางตั้งฉากกับผิวยอต่อ ถ้าความเร็วในน้ำตื้นเป็น 4 m/s จงหาความยาวคลื่นในน้ำตื้น

**ตัวอย่าง 2** คลื่นน้ำหน้าตรงเคลื่อนที่จากบริเวณ A ไปสู่บริเวณ B ในถาดคลื่นทำให้เกิดการหักเหของคลื่นปรากฏดังรูป ถ้าคลื่นนี้เกิดจากแหล่งกำเนิดซึ่งมีความถี่ 10 Hz อัตราเร็วคลื่นน้ำบริเวณ B จะมีค่าเท่าใด





### การแทรกสอดของคลื่น

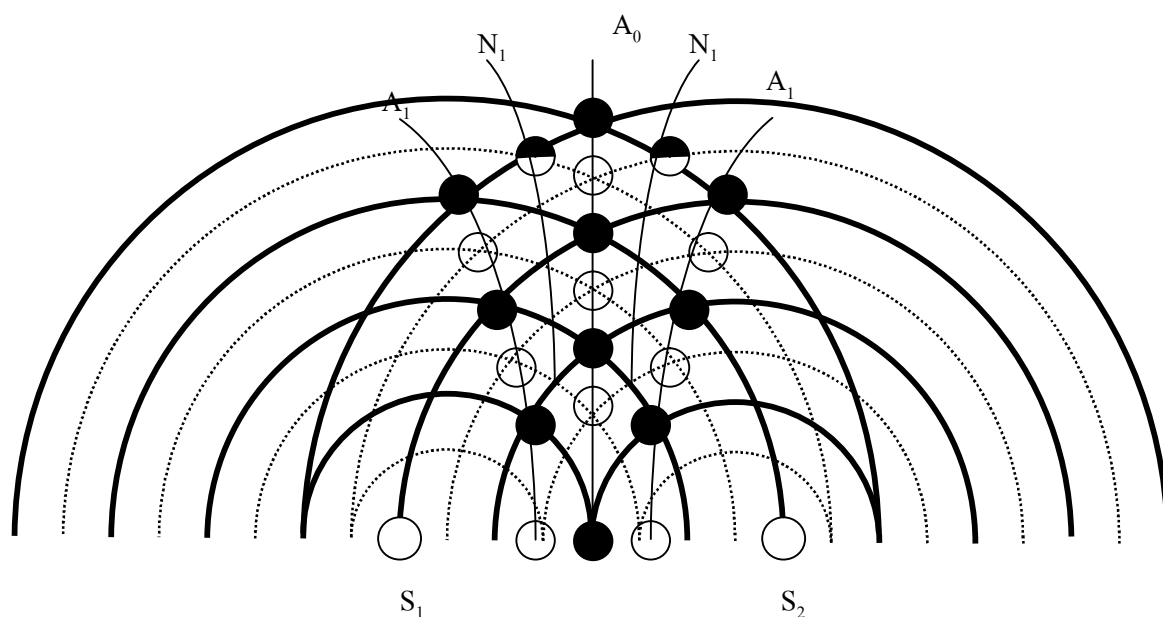
เมื่อคลื่นต่อเนื่องจากแหล่งกำเนิดคลื่นสองแหล่งที่มีความถี่เท่ากันและมีเฟสตรงกันเคลื่อนที่มาพบกัน จะเกิดการซ้อนทับระหว่างคลื่นต่อเนื่องทั้งสอง ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า เกิดการแทรกสอดของคลื่น

ในกรณีที่การแทรกสอดนั้น สันคลื่นตรงกันและท้องคลื่นตรงกัน คลื่นลัพธ์ที่เกิดขึ้นจะมีสันคลื่นสูงกว่าเดิม และมีท้องคลื่นลึกกว่าเดิม เรียกว่า เกิดการแทรกสอดแบบเสริม ( ปฏิบัพ )

ถ้าการแทรกสอดนั้น สันคลื่นไปตรงกับท้องคลื่นของอีกแหล่งกำเนิดหนึ่ง คลื่นลัพธ์ที่เกิดขึ้นจะมีสันคลื่นต่ำกว่าเดิม และท้องคลื่นตื้นกว่าเดิม เรียกว่า เกิดการแทรกสอดแบบหักล้าง ( บัพ )

แหล่งกำเนิดคลื่นที่มีความถี่เท่ากัน และเฟสตรงกัน หรือมีเฟสต่างกันเป็นค่าคงตัว เรียกแหล่งกำเนิดนี้ว่า แหล่งกำเนิดอาพันธ์

คลื่นน้ำที่เกิดการแทรกสอด แล้วผิวน้ำไม่กระเพื่อมหรือการกระจัดเป็นศูนย์ เรียกว่า บัพ ( Node , N ) และแนวเส้นที่ลากเชื่อมบัพที่อยู่ติดกันไปเรียกว่า เส้นบัพ ส่วนตำแหน่งที่ผิวน้ำกระเพื่อมมากที่สุด หรือมีการกระจัดมากที่สุด เรียกว่า ปฏิบัพ ( Antinode , A ) และแนวเส้นที่ลากเชื่อมต่อปฏิบัพที่อยู่ติดกันไปเรียกว่า เส้นปฏิบัพ ดังรูป



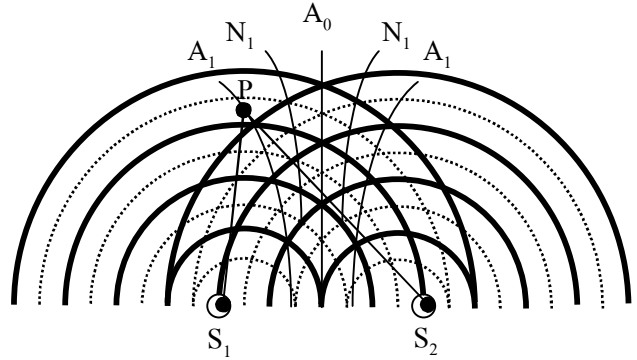
● ตำแหน่งบัพ ( เกิดการแทรกสอดแบบหักล้าง )

● ○ ตำแหน่งปฏิบัพ ( เกิดการแทรกสอดแบบเสริม )

รูป แสดงตำแหน่งบัพ และ ตำแหน่งปฏิบัพ

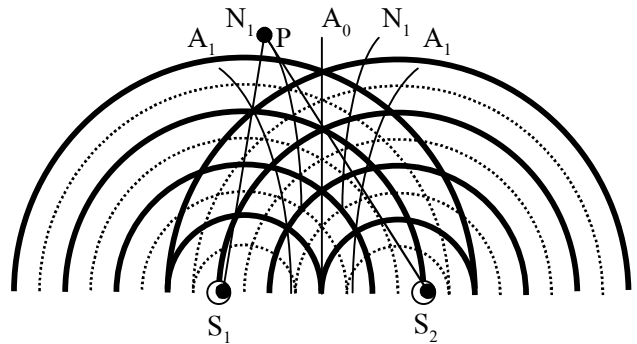
ในกรณีที่  $S_1$  และ  $S_2$  เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ ทุกจุดบนเส้นปฏิัพ คลื่นจะแทรกสอดแบบเสริม และผลต่างระหว่างระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองไปยังจุดใด ๆ บนเส้นปฏิัพจะเท่ากับจำนวนเต็มของความยาวคลื่นเสมอ ดังรูป

- $S_2P - S_1P = n\lambda$   
 เมื่อ  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$   
 $n$  คือ แนวเส้นปฏิัพ  
 0 คือ แนวเส้นกลาง



ในกรณีที่  $S_1$  และ  $S_2$  เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ ทุกจุดบนเส้นบัพ คลื่นจะแทรกสอดแบบหักล้าง และผลต่างระหว่างระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองไปยังจุดใด ๆ บนเส้นบัพจะเท่ากับจำนวนเต็มคลื่นลบกับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นเสมอ ดังรูป

- $S_2P - S_1P = (n - \frac{1}{2})\lambda$   
 เมื่อ  $n = 1, 2, 3, \dots$   
 $n$  คือ แนวเส้นบัพ

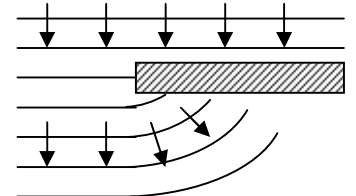


**ตัวอย่าง 1** คลื่นน้ำสองคลื่นเกิดจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์มีเฟสตรงกัน คลื่นทั้งสองมีความยาวคลื่น 4.0 เซนติเมตร ถ้าระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดทั้งสองเท่ากับ 8.0 เซนติเมตร ระหว่างแหล่งกำเนิดทั้งสองจะเกิดจุดบัพกี่จุด

ตัวอย่าง 2 แหล่งกำเนิดอาพันธ์ให้เฟสตรงกันอยู่ห่างกัน 10 cm เกิดแนวปฏิบัติได้ 3 แนว จงหาความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดทั้งสอง

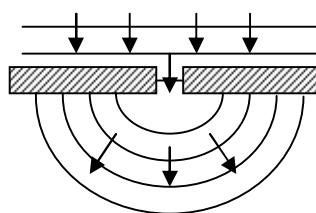
**การเลี้ยวเบนของคลื่น**

เมื่อสิ่งกีดขวางการเคลื่อนที่ของคลื่นบางส่วน จะพบว่ามิลคลื่นส่วนหนึ่งแผ่จากขอบของสิ่งกีดขวางไปทางด้านหลังของสิ่งกีดขวางดังรูป 1 การที่มีคลื่นปรากฏอยู่ทางด้านหลังของแผ่นกั้นคลื่นในบริเวณนอกทิศทางเดิมของคลื่นเช่นนี้ เรียกว่า การเลี้ยวเบนของคลื่น



รูป 1 การเลี้ยวเบนของคลื่นผิวน้ำ

เมื่อผ่านขอบสิ่งกีดขวาง



รูป 2 แสดงการเลี้ยวเบน

จากสลิตเดี่ยว

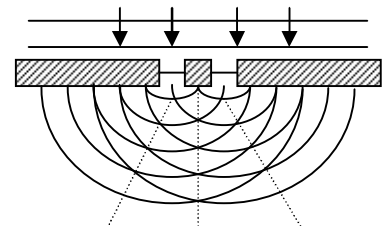
เมื่อคลื่นผ่านสิ่งกีดขวาง ซึ่งมีช่องเปิดแคบๆ ที่เรียกว่า สลิต การเลี้ยวเบนจะ

เกิดมาก ถ้าสลิตมีความกว้างเท่ากับ หรือน้อยกว่าความยาวคลื่น จะแผ่ออกจากสลิตเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นวงกลมดังรูป 2

ถ้าสิ่งกีดขวางมีสลิตสองช่อง

โดยแต่ละช่องของสลิตแคบมาก สลิตทั้งสองจะเป็นเสมือนแหล่งกำเนิดคลื่นวงกลม จึงเกิดการแทรกสอดของ

คลื่น ที่เกิดจากสลิตทั้งสองนับได้ว่าเป็นการแทรกสอดที่เกิดจากการเลี้ยวเบนดังรูป 3

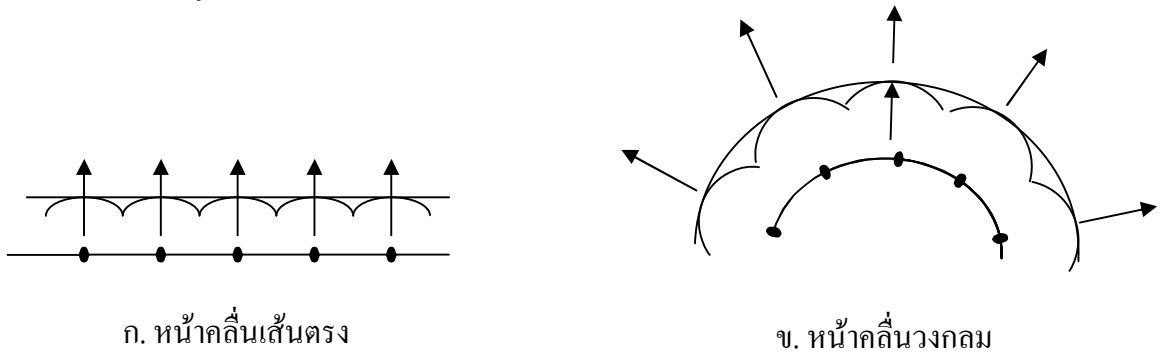


รูป 3 การแทรกสอดของคลื่น

จากการเลี้ยวเบนผ่านสลิตสองช่อง

จากการที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านสลิตแคบ ๆ แล้วแผ่ออกเป็นคลื่นวงกลม จึงดูเหมือนว่าเป็นคลื่นที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นวงกลม ปรากฏการณ์นี้สามารถอธิบายได้โดยใช้หลักการของฮอยเกนส์ ซึ่งกล่าวว่า “แต่ละจุดบนหน้าคลื่นสามารถถือได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิดของคลื่นใหม่ที่ให้กำเนิดคลื่น ซึ่งเคลื่อนที่ออกไปทุกทิศทุกทาง ด้วยอัตราเร็วเท่ากับอัตราเร็วของคลื่นคลื่นเดิมนั้น”

หลักการของฮอยเกนส์ สรุปลงได้ว่า ทุกๆจุดบนหน้าคลื่น ถือได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นใหม่ซึ่งทำให้เกิดคลื่นวงกลมที่มีเฟสเดียวกัน เคลื่อนที่ไปในทิศเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นเดิม ดังรูป 4 ก. แสดงหน้าคลื่นเส้นตรง และ รูป 4 ข. แสดงหน้าคลื่นวงกลม



รูป 4 แสดงการที่หน้าคลื่นซึ่งเกิดจากคลื่นวงกลมเล็กๆ ทำให้เกิดหน้าคลื่นใหม่ขนานกับหน้าคลื่นเดิม

จากการศึกษาเรื่องคลื่น จะเห็นว่าคลื่นมีสมบัติสำคัญ ได้แก่การสะท้อนของคลื่น การหักเหของคลื่น การแทรกสอดของคลื่น และการเลี้ยวเบนของคลื่น คลื่นอื่นๆ ที่นอกเหนือไปจากคลื่นผิวน้ำที่กล่าวในบทนี้ จะมีสมบัติเช่นเดียวกัน

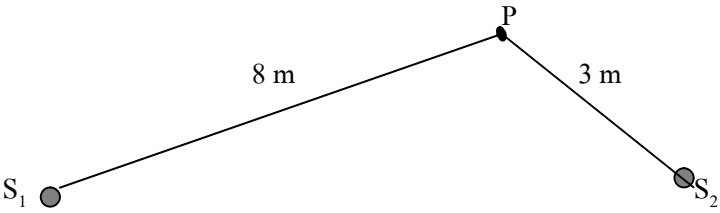
**แบบฝึก**

ให้นักเรียนเติมคำ หรือข้อความลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดคลื่น ไปถึงปลายสุดของตัวกลางหนึ่ง ( จุดสะท้อนอิสระ ) หรือคลื่นเคลื่อนที่ไปกระทบกับสิ่งกีดขวาง(จุดสะท้อนตรึงแน่น) คลื่นจะเคลื่อนที่กลับมาในตัวกลางเดิม เรียกคุณสมบัตินี้ของคลื่นว่า  
.....
2. ถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงาน จะได้ว่าแอมพลิจูดของคลื่นสะท้อนกับคลื่นตกกระทบจะมีค่า  
.....
3. การที่คลื่นเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งเข้าไปในอีกตัวกลางหนึ่งที่มีคุณสมบัติต่างกันแล้ว เป็นผลให้อัตราเร็วคลื่นเปลี่ยนไปโดยทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นอาจเปลี่ยนหรือไม่เปลี่ยนก็ได้ เรียกคุณสมบัตินี้ของคลื่นว่า  
.....

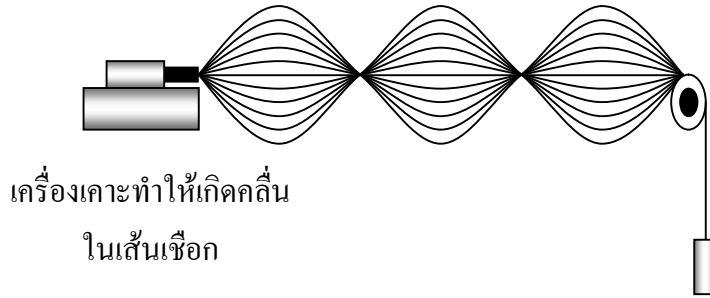
- 4. เมื่อคลื่นผ่านฟิรรอยต่อของตัวกลางใดๆ ปริมาณของคลื่นที่เปลี่ยนแปลง คือ .....
- 5. เมื่อคลื่นผ่านฟิรรอยต่อของตัวกลางใดๆ ปริมาณของคลื่นที่ไม่เปลี่ยนแปลง คือ .....
- 6. เมื่อคลื่นต่อเนื่องจากแหล่งกำเนิดคลื่นสองแหล่งที่มีความถี่เท่ากันและมีเฟสตรงกันเคลื่อนที่มาพบกัน จะเกิดการซ้อนทับระหว่างคลื่นต่อเนื่องทั้งสอง ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า .....
- 7. แหล่งกำเนิดคลื่นที่มีความถี่เท่ากัน และเฟสตรงกัน หรือมีเฟสต่างกันเป็นค่าคงตัว เรียกแหล่งกำเนิดนี้ว่า .....
- 8. คลื่นน้ำที่เกิดการแทรกสอด แล้วผิวน้ำไม่กระเพื่อมหรือการกระจัดเป็นศูนย์ เรียกว่า.....
- 9. คลื่นน้ำที่เกิดการแทรกสอด แล้วผิวน้ำกระเพื่อมมากที่สุดหรือมีการกระจัดมากที่สุด เรียกว่า .....
- 10. หลักการของฮอยเกนส์ ซึ่งกล่าวว่า .....
- 11.  $S_1$  และ  $S_2$  เป็นแหล่งกำเนิดที่มีความยาวคลื่น 3 cm ให้ความถี่เดียวกันเฟสตรงกัน อยู่ห่างกัน 9 cm จงหาจำนวนปฏิบัพระหว่าง  $S_1$  และ  $S_2$

12. คลื่นชนิดหนึ่ง จาก แหล่งกำเนิด  $S_1$  และ  $S_2$  เมื่อเกิดการแทรกสอด เกิดแนวปฏิบัพที่ 3 ณ ตำแหน่ง P ดังรูป ถ้าคลื่นนี้มีความถี่ 30 เฮิรตซ์ จงหาอัตราเร็วของคลื่นนี้เป็นกิโลเมตรต่อวินาที



**คลื่นนิ่ง**

คลื่นนิ่งในเส้นเชือกเกิดจากคลื่นตกกระทบแทรกสอดกับคลื่นสะท้อนได้ตำแหน่งที่คลื่นสั่นขึ้นลงมากที่สุด เรียกว่า ปฏิบัพ ( Antinode , A ) และคลื่นสั่นน้อยที่สุด หรือไม่สั่นเลยเรียก ตำแหน่งนั้นว่า บัพ ( Node , N ) ดังรูป 1.



รูป 1 คลื่นนิ่งในเส้นเชือก

รูปร่างของคลื่นจากบัพหนึ่งถึงบัพที่ติดกันเรียกว่าเป็น 1 Loop จากรูป 1 คลื่นนิ่งที่เกิดขึ้นมี 3 Loops

ความยาว 1 Loop ของคลื่นนิ่ง =  $\frac{\lambda}{2}$

ถ้าให้ L เป็นความยาวของเชือกที่ทำให้เกิดคลื่นนิ่ง

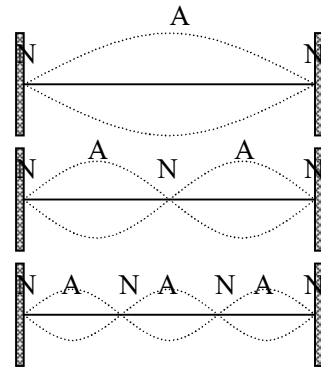
เมื่อทำให้เกิดคลื่นนิ่ง 1 Loop จะได้  $L = \frac{\lambda}{2}$

1 Loop ;  $\lambda = 2L = \frac{2L}{1}$  →

2 Loop ;  $\lambda = \frac{2L}{2}$  →

3 Loop ;  $\lambda = \frac{2L}{3}$  →

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



รูป 2 คลื่นนิ่งในเส้นเชือก

จำนวน Loop ต่างๆ กัน

จำนวนบัพบนคลื่นนิ่งจะเท่ากับ จำนวน Loop + 1

จำนวนปฏิบัพบนคลื่นนิ่งจะเท่ากับ จำนวน Loop

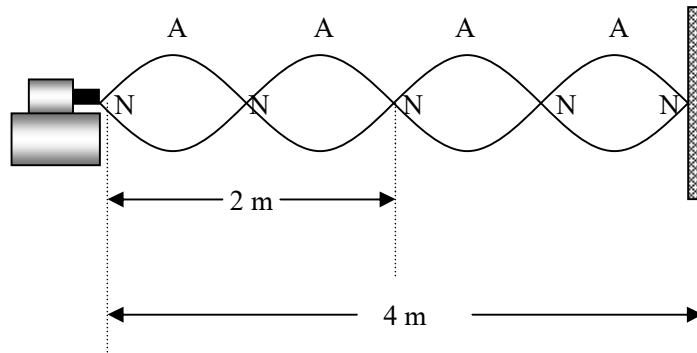
**ตัวอย่าง** คลื่นนิ่งในเส้นเชือกมีความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที สั่นด้วยความถี่ 5 เฮิรตซ์ ถ้ากระทบกำแพงแล้วสะท้อนกลับจะเกิด Loop ที่ Loop และ มีจำนวนปฏิบัพและจำนวนบัพเท่าใด สมมุติกำแพงอยู่ห่างจากเครื่องสั่น 4 เมตร

**วิธีทำ** จากสมการ  $v = f\lambda$   
 $10 = 5 \times \lambda$

$$\lambda = 2 \text{ m}$$

จำนวน Loop	n Loop	จะได้	
	$n = \frac{2L}{\lambda} = \frac{2 \times 4}{2} = 4$		Loop
จำนวนปฏิบัพ (A)	=	จำนวน Loop	= 4 ปฏิบัพ
จำนวนบัพ (N)	=	จำนวน Loop + 1	= 5 บัพ

แสดงให้เห็น ได้ดังภาพ



- คลื่น 2 ขบวน ที่มีแอมพลิจูด ความถี่ อัตราเร็ว และความยาวคลื่นเท่ากัน คลื่นที่สวนทางกัน เกิดการแทรกสอดอยู่กับที่ เรียกคลื่นนี้ว่า .....
- คลื่นนิ่งในน้ำ บริเวณที่กระทบฝั่ง ถือว่า จุดนี้เป็นอิสระ ดังนั้นการแทรกสอดกันของคลื่นน้ำบริเวณนี้ จะเกิดการแทรกสอดแบบใด .....
- คลื่นนิ่ง ในเส้นเชือก ณ ตำแหน่งที่ปลายตรง การแทรกสอดกันของคลื่นในเส้นเชือกบริเวณนี้ จะเกิดการแทรกสอดแบบใด .....
- คลื่นนิ่ง ในเส้นเชือก ณ ตำแหน่งที่ปลายอิสระ การแทรกสอดกันของคลื่นในเส้นเชือกบริเวณนี้ จะเกิดการแทรกสอดแบบใด .....
- ระยะระหว่าง บัพ ที่อยู่ติดกันของคลื่นนิ่ง มีค่าเท่ากับ .....
- ระยะระหว่าง บัพ และ ปฏิบัพ ที่อยู่ติดกันของคลื่นนิ่ง มีค่าเท่ากับ .....
- คลื่น 2 ขบวน มีความถี่เท่ากัน 8 เฮิรตซ์ เคลื่อนที่สวนกัน จะทำให้เกิดคลื่นนิ่งที่มีความถี่ ..... เฮิรตซ์
- ถ้าเกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือก 8 Loops จะต้องมียุคปฏิบัพทั้งหมด ..... จุด
- ถ้าเกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือก 10 Loops จะต้องมียุคบัพทั้งหมด ..... จุด
- ถ้าเกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือก และมีจุดปฏิบัพทั้งหมด 7 จุด จะมีจำนวน Loop ทั้งหมด ..... Loops
- คลื่นนิ่งในเส้นเชือกมีระยะห่างระหว่าง Node และ Antinode เท่ากับ 8 cm ถ้าคลื่นมีความเร็ว 64 m/s จงหาความถี่ของคลื่น

12. ลวดขึงตริงเส้นหนึ่งยาว 2.5 เมตร ถ้าทำให้เกิดคลื่นที่มีความยาวคลื่น 0.2 เมตร จงหาจำนวนปฏิบัพทั้งหมด

13. เมื่อดีดสายกีตาร์เส้นหนึ่งพบว่า มีอยู่ 2 จุดระหว่างปลายทั้งสองของสายกีตาร์ไม่มีการสั่นเลย ถ้าสายกีตาร์ยาว 80 cm จงหาความยาวคลื่นของคลื่นสายกีตาร์นี้