# คำนำ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ ชุด 3 การหักเหของคลื่น เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูและนักเรียนใช้ร่วมกัน จัดทำขึ้นเพื่อประกอบแผนจัดการเรียนรู้ที่ 4 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 คลื่นกล กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การหักเหของคลื่น โดยใช้กระบวนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E) เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มุ่งเน้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้นักเรียนได้คิด ได้เรียนรู้และลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง นอกจากนั้นยังเน้นการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการกลุ่ม ซึ่งจะช่วยส่งเสริม สนับสนุนและพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง คลื่นกล มีทั้งหมด 6 ชุดดังนี้

ชุดที่ 1 เรื่อง การถ่ายโอนพลังงานของคลื่นกล
ชุดที่ 2 เรื่อง การสะท้อนของคลื่น
ชุดที่ 3 เรื่อง การหักเหของคลื่น
ชุดที่ 4 เรื่อง การแทรกสอดของคลื่น
ชุดที่ 5 เรื่อง การเลี้ยวเบนของคลื่น
ชุดที่ 6 เรื่อง คลื่นนิ่งและการสั่นพ้อง

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์แต่ละชุดมีแผนการจัดการเรียนรู้เป็นคู่มือในการฝึกทักษะ ซึ่งสอดแทรกในการเรียนการสอน ผู้จัดทำหวังว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นกล จะเป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการเรียนรู้ ให้กับผู้เรียนได้ตามเจตนารมณ์ของหลักสูตร และเป็นประโยชน์ต่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ของครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

ธิตินันท์ นาจาน

# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| คำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นกล | 3 |
| คำชี้แจงสำหรับครูผู้สอน | 4 |
| คำชี้แจงสำหรับนักเรียน | 5 |
| สาระการเรียนรู้ | 6 |
| แนวคิดหลัก | 7 |
| มาตรฐานการเรียนรู้ / ผลการเรียนรู้ | 8 |
| จุดประสงค์การเรียนรู้ | 9 |
| แบบทดสอบก่อนเรียน : ชุดที่ 3 การหักเหของคลื่น | 10-12 |
| ใบความรู้ | 13-20 |
| ใบกิจกรรมที่ 1 การทดลองการหักเหของคลื่นน้ำ | 21-23 |
| ใบกิจกรรมที่ 2 แผนผังเวนน์ รู้ซึ้งถึงความต่าง | 24 |
| ใบกิจกรรมที่ 3 Exit Ticket ไม่รู้ ไม่ให้ออก (การหักเหของคลื่น) | 25 |
| ใบงาน | 26-27 |
| แบบฝึกหัด | 28--39 |
| แบบทดสอบหลังเรียน : ชุดที่ 3 การหักเหของคลื่น | 40-42 |
| แบบบันทึกคะแนนการทำกิจกรรม | 43-44 |
| บรรณานุกรม | 45 |
| ภาคผนวก | |
| เฉลยแบบทดสอบและแนวคำตอบการทำกิจกรรม | 46-63 |
| ประวัติผู้จัดทำ | 64 |

# คำชี้แจง
# การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์
# เรื่อง คลื่นกล
# กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
# ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นกล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 6 ชุดดังนี้
   1.1 ชุดที่ 1 การถ่ายโอนพลังงานของคลื่นกล
   1.2 ชุดที่ 2 การสะท้อนของคลื่น
   1.3 ชุดที่ 3 การหักเหของคลื่น
   1.4 ชุดที่ 4 การแทรกสอดของคลื่น
   1.5 ชุดที่ 5 การเลี้ยวเบนของคลื่น
   1.6 ชุดที่ 6 คลื่นนิ่งและการสั่นพ้อง
2. ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นกล แต่ละชุดประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ตามลำดับดังนี้
   2.1 คำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นกล กลุ่มสาระเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
   2.2 คำชี้แจงสำหรับครูผู้สอน
   2.3 คำชี้แจงสำหรับนักเรียน
   2.4 สาระการเรียนรู้
   2.5 แนวคิดหลัก
   2.6 มาตรฐานการเรียนรู้ / ผลการเรียนรู้
   2.7 จุดประสงค์การเรียนรู้
   2.8 แบบทดสอบก่อนเรียน
   2.9 ใบความรู้ ใบกิจกรรม ใบงาน แบบฝึกหัด
   2.10 แบบทดสอบหลังเรียน
   2.11 บรรณานุกรม
   2.12 ภาคผนวก

# คำชี้แจงสำหรับครูผู้สอน

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นกล เล่มนี้ คือชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นกล ชุดที่ 3 เรื่อง การหักเหของคลื่น ใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การหักเหของคลื่น หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 คลื่นกล
2. ครูควรใช้ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นกล ชุดนี้ร่วมกับ คู่มือการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ คลื่นกล กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งได้กำหนดแนวทาง รวมทั้งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายชั่วโมงไว้อย่างมีลำดับขั้นตอน
3. ครูควรศึกษาคำชี้แจงในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เข้าใจก่อนจัดกิจกรรม
4. ครูต้องชี้แจงขั้นตอนการเรียนโดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนเข้าใจทุกคน ก่อนดำเนินกิจกรรมต่างๆ
5. การศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นกล ชุดที่ 3 การหักเหของคลื่น ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน และ แบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 10 ข้อ
6. ครูควรแนะนำเพิ่มเติมให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมทั้งในและนอกเวลาเรียน จะทำให้ผู้เรียนมีทักษะและความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

**ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นกล กับการจัดการเรียนรู้แบบ 5E**

**ชุดกิจกรรมที่ 3 การหักเหของคลื่น**

**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การหักเหของคลื่น**

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | กิจกรรม | เอกสารจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่องคลื่นกล ชุดที่ 3 |
|---|---|---|
| E1 (Engagement) | ทดสอบก่อนเรียน<br>อภิปราย ตอบคำถาม | แบบทดสอบก่อนเรียน หน้า 10-12<br>- |
| E2 (Exploration) | การทดลอง | ใบกิจกรรมที่ 1 หน้า 21-23 |
| E3 (Explanation) | นำเสนอผลการทดลอง | ใบกิจกรรมที่ 1 หน้า 21-23 |
| E4 (Elaboration) | เรียนรู้ตัวอย่างการคำนวณ<br>แผนผังเวนน์ | ใบงานและแบบฝึกหัด หน้า 26-39<br>ใบกิจกรรมที่ 2 หน้า 24 |
| E5 (Evaluation) | EXIT TiCKET<br>ทดสอบหลังเรียน | ใบกิจกรรมที่ 3 หน้า 25<br>แบบทดสอบหลังเรียน หน้า 40-42 |

# คำชี้แจงสำหรับนักเรียน

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นกล เล่มนี้ เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นกล ชุดที่ 3 การหักเหของคลื่น มีเนื้อหา และกิจกรรมเกี่ยวกับเรื่องของคลื่นกลอย่างง่าย
2. ขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรม

   2.1 ศึกษามาตรฐาน / ผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้

   2.2 ทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 10 ข้อ

   2.3 ศึกษาใบความรู้และปฏิบัติกิจกรรมในใบกิจกรรมตามลำดับ

   2.4 ทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 10 ข้อ
3. นักเรียนศึกษาโดยใช้ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นกล กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยความซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
4. นักเรียนให้ความร่วมมือในการจัดการเรียนรู้ การปฏิบัติงานกลุ่ม การแสดง ความคิดเห็นอย่างเต็มใจ
5. นักเรียนใช้และเก็บรักษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นกล เล่มนี้ด้วยความระมัดระวัง ไม่ทำสูญหาย เสียหายในระหว่างการเรียน

# สาระการเรียนรู้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นกล ชุดที่ 3 การหักเหของคลื่น กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีสาระการเรียนรู้ ดังนี้

ใบความรู้

ใบกิจกรรมที่ 1 การทดลองการหักเหของคลื่นน้ำ

ใบกิจกรรมที่ 2 แผนผังเวนน์ รู้ซึ้งถึงความต่าง

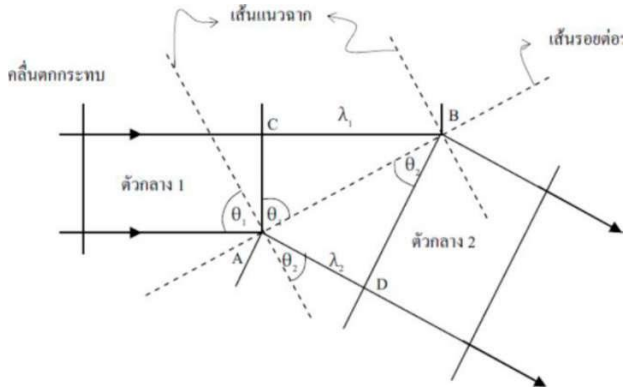
ใบกิจกรรมที่ 3  Exit Ticket ไม่รู้ ไม่ให้ออก (การหักเหของคลื่นน้ำ)

ใบงาน

แบบฝึกหัด

## แนวคิดหลัก

การหักเหของคลื่นจะเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่ง เข้าสู่อีกตัวกลางหนึ่ง หรือคลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางที่มีสมบัติต่างกัน มีผลทำให้อัตราเร็วของคลื่นและความยาวคลื่นเปลี่ยนไป แต่ความถี่ยังคงเดิม




ภาพที่ 1 การหักเหของคลื่น

ที่มา http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/284/6/wave/refraction2.html

**กฎการหักเห**

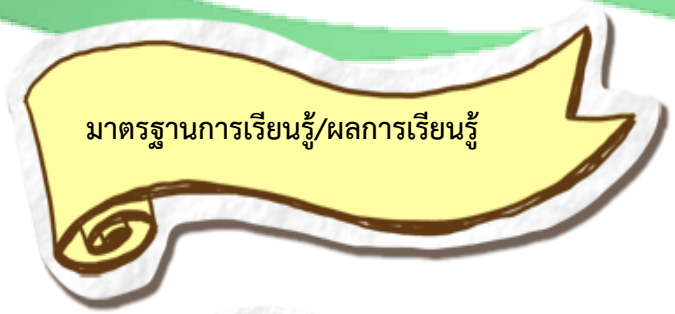
1. ทิศทางของคลื่นตกกระทบ เส้นแนวฉากและทิศทางของคลื่นหักเหอยู่ในระนาบเดียวกัน
2. อัตราส่วนของค่า sine ของมุมตกกระทบต่อค่า sine ของมุมหักเหสำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ จะมีค่าคงที่เสมอ

จากกฎของสเนล เขียนเป็นสมการได้ว่า $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{v_1}{v_2}$ หรือ $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

ในกรณีที่คลื่นเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มีอัตราเร็วต่ำ ผ่านรอยต่อไปยังตัวกลางที่มีอัตราเร็วสูงทำให้มุมตกกระทบมีค่าน้อยกว่ามุมหักเห กรณีนี้อาจทำให้เกิดมุมวิกฤต หรือเกิดการสะท้อนกลับหมดได้

**มุมวิกฤต** ( $\theta_c$ ) คือ มุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหเป็น 90° เขียนเป็นสมการได้ว่า $\sin\theta_c=\frac{v_1}{v_2}$

**การสะท้อนกลับหมด** คือ การหักเหที่มุมตกกระทบโตกว่ามุมวิกฤต ทำให้คลื่นเคลื่อนที่กลับในตัวกลางเดิมและเป็นไปตามกฎการสะท้อน



**มาตรฐาน ว 5.1 :** เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และน่าความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. อธิบายสมบัติของคลื่น ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน

**มาตรฐาน ว 8.1 :** ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

## จุดประสงค์การเรียนรู้

### ด้านความรู้ (K)

นักเรียนสามารถ...

1. ทดลองและสังเกตการเปลี่ยนแปลงทิศทาง ความยาวคลื่น เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกไปสู่บริเวณน้ำตื้น
2. อธิบายและสรุปการเคลื่อนที่ของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปบริเวณรอยต่อระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้น ในกรณีที่หน้าคลื่นตกกระทบขนานกับผิวรอยต่อ และกรณีไม่ขนานกับรอยต่อระหว่างตัวกลาง
3. สรุปความหมาย การหักเหของคลื่น พร้อมทั้งคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการหักเหของคลื่น เมื่อกำหนดสถานการณ์มาให้ได้

### ด้านทักษะกระบวนการ (P)

นักเรียนมีทักษะ...

1. การทดลอง
2. การตีความและลงข้อสรุป
3. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

### ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

นักเรียน...

1. เข้าเรียน ปฏิบัติกิจกรรม และส่งงานตรงเวลา
2. ร่วมมือในการเรียน แสวงหาความรู้ ตอบคำถาม ยอมรับความคิดเห็น และแสดงความคิดเห็น อย่างมีเหตุผล
3. มีความซื่อสัตย์ในการบันทึกข้อมูลจากการปฏิบัติกิจกรรม ทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ
4. มีวินัยในการปฏิบัติกิจกรรม รักษาความสะอาดห้องเรียนและสถานที่ปฏิบัติกิจกรรม

## แบบทดสอบก่อนเรียน

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก
2. แบบทดสอบนี้มีทั้งหมด 10 ข้อ 10 คะแนน เวลา 10 นาที
3. ให้ทำเครื่องหมายกากบาทลงช่อง ก ข ค หรือ ง ลงในกระดาษคำตอบที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. เมื่อคลื่นเกิดการหักเหจากการผ่านตัวกลางที่ต่างชนิดกัน สิ่งที่ไม่เปลี่ยนแปลงคืออะไร

ก. ความถี่ ข. ความเร็ว ค. ความยาวคลื่น ง. ทั้งข้อ ก และ ข

2. ในการทดลองโดยใช้ถาดคลื่นพบว่า ความเร็วของคลื่นในน้ำลึกเป็น 2 เท่าของความเร็วในน้ำตื้น ถ้าจะทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมด คลื่นจะต้องมีมุมวิกฤตเท่าไร

ก. $45^{\circ}$ ข. $60^{\circ}$ ค. $67.5^{\circ}$ ง. $90^{\circ}$

3. ถ้าคลื่นน้ำเคลื่อนที่ผ่านจากเขตน้ำลึกไปยังเขตน้ำตื้น แล้วทำให้ความยาวคลื่นลดลงครึ่งหนึ่ง จงหาอัตราส่วนของอัตราเร็วของคลื่นในน้ำลึกกับอัตราเร็วของคลื่นในน้ำตื้น

ก. $45^{\circ}$ ข. $53^{\circ}$ ค. $60^{\circ}$ ง. $90^{\circ}$

4. การหักเหของคลื่นจะเกิดขึ้นได้เมื่อใด

1. เมื่อตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านเปลี่ยนไป
2. เมื่อความเร็วของคลื่นเปลี่ยนไป
3. เมื่อความยาวคลื่นเปลี่ยนไป
3. เมื่อความถี่ของคลื่นเปลี่ยนไป

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

5. คลื่นน้ำแห่งหนึ่งเคลื่อนที่จากตัวกลาง A ไปยังตัวกลาง B มีมุมตกกระทบ $37^{\circ}$ สามารถทำให้เกิดมุมหักเหเป็น $53^{\circ}$ จงหาอัตราส่วนระหว่างความยาวคลื่นในตัวกลาง B ต่อความยาวคลื่นในตัวกลาง A

ก. 4 / 3 ข. 3 / 4 ค. 3 / 5 ง. 4 / 5

6. เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกเข้าสู่บริเวณน้ำตื้น โดยมีหน้าคลื่นขนานกับรอยต่อของน้ำลึกและน้ำตื้น ข้อความใดกล่าวถูกต้อง

ก. ความถี่ลดลง
ข. ความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลง
ค. อัตราเร็วคงที่
ง. ทิศทางเปลี่ยนแปลง

7. คลื่นน้ำเคลื่อนที่จากน้ำตื้นเข้าสู่น้ำลึก ทำมุมตกกระทบ 30 องศา และมีมุมหักเห 37 องศา ถ้าความยาวคลื่นในน้ำลึกวัดได้ 6 เซนติเมตร ในน้ำตื้นจะมีความยาวคลื่นกี่เซนติเมตร

ก. 2 ข. 3 ค. 4 ง. 5

8. ข้อความใดกล่าวผิด

ก. การสะท้อนของคลื่นน้ำ ความยาวคลื่นไม่เปลี่ยน
ข. การสะท้อนของคลื่นเชือก ปลายอิสระไม่เปลี่ยนเฟส
ค. การหักเหของคลื่นอัตราเร็วเปลี่ยน
ง. การหักเหเกิดขึ้นได้ในตัวกลางเดียวกัน

9. ข้อความใดถูกต้องเกี่ยวกับคลื่นน้ำ

ก. คลื่นน้ำตื้น อัตราเร็วคลื่นมากกว่าคลื่นน้ำลึก
ข. คลื่นน้ำตื้น อัตราเร็วคลื่นเท่ากับคลื่นน้ำลึก
ค. คลื่นน้ำตื้น อัตราเร็วคลื่นน้อยกว่าอัตราเร็วคลื่นในน้ำลึก
ง. ความยาวคลื่นในน้ำตื้น มากกว่าความยาวคลื่นในน้ำลึก

10. ในการทดลองเรื่องการหักเหของคลื่นผิวน้ำ เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกไปน้ำตื้น ความยาวคลื่น $\lambda$ ความเร็ว v และ ความถี่ f ของคลื่นผิวน้ำจะเปลี่ยนอย่างไร

ก. $\lambda$ น้อยลง v น้อยลง แต่ f คงที่
ข. $\lambda$ มากขึ้น v มากขึ้น แต่ f คงที่
ค. $\lambda$ น้อยลง f มากขึ้น แต่ v คงที่
ง. $\lambda$ มากขึ้น f น้อยลง แต่ v คงที่

# ทดสอบก่อนเรียน

ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....

| ข้อ | ก | ข | ค | ง |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |

คะแนนเต็ม ..... คะแนน

คะแนนที่ได้ ..... คะแนน

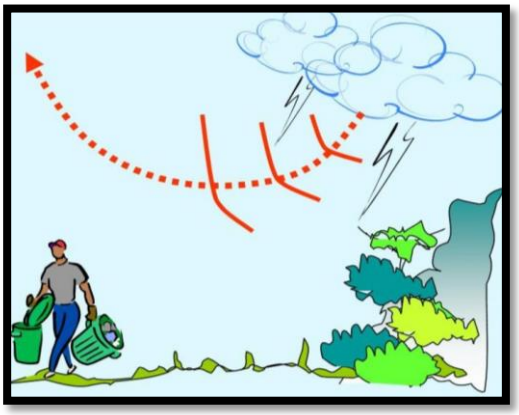
## สรุปหลักการ กฎเกณฑ์ เรื่องการหักเหของคลื่น (Refraction of wave)

ภาพที่ 2 การหักเหของแสงจากปากกาเข้าสู่ตา

ที่มา https://orapanwaipan.wordpress.com/เสียง/แสงและทัศนอุปกรณ์/การหักเหของแสง/

**ทำไมเราจะเห็นว่าดินสอที่อยู่ในแก้วเปล่า**

**จะเป็นแท่งตรงส่วนดินสอที่อยู่ในแก้วที่มีน้ำจะมีลักษณะหักงอ**



ภาพที่ 3 การหักเหของเสียง

ที่มา https://orapanwaipan.wordpress.com/เกี่ยวกับ/เสียง/คลื่นเสียง

**ทำไม บางครั้งเราถึงมองเห็นฟ้าแลบ แต่ไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้อง**

**ภาพที่ 4 การหักเหของแสงทำให้เห็นว่ามีน้ำเจิ่งนองบนท้องถนน**

ที่มา http://www.kruseksan.com/test/m2t41.html

**ทำไมบางครั้งในวันที่อากาศเย็น เราอาจจะมองเห็นสิ่งที่เหมือนกับสระน้ำบนถนน**

**ภาพที่ 5 การเกิดรุ้ง**

ที่มา http://hjfoxinsurance.com/michigan-insurance/spring-storms-are-you-ready/

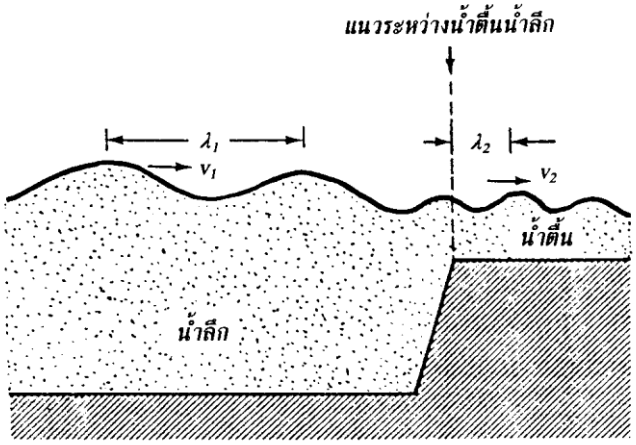
**ทำไมรุ้งจึงชอบเกิดหลังฝนตก และอยู่บริเวณใกล้หนองน้ำ**

**สาเหตุ...ที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ต่างๆ คือ...**

**เกิดจากสมบัติการหักเหของคลื่น นะคะ**

**การหักเห** เป็นสมบัติของคลื่น เกิดขึ้นเมื่อคลื่นเดินทางจากตัวกลางหนึ่ง ไปยังอีกตัวกลางหนึ่งที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ซึ่งเป็นต้นเหตุให้อัตราเร็วคลื่นเกิดการเปลี่ยนแปลงไป และทำให้ความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เนื่องจากการหักเหคลื่น ค่าความถี่คลื่นเป็นค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ถ้าคลื่นตกกระทบเขตรอยต่อระหว่างตัวกลางที่ 1 กับตัวกลางที่ 2 แบบไม่ตั้งฉาก จะทำให้เกิดมุมตกกระทบในตัวกลางที่ 1 และเกิดมุมหักเหในตัวกลางที่ 2 โดยคลื่นส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับในตัวตัวกลางที่ 1 การหักเหจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวกลางทั้งสอง

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน จะทำให้ความเร็วของคลื่น และความยาวคลื่นเปลี่ยน แต่ความถี่คงเดิม จากการทดลองของคลื่นน้ำ พบว่าเมื่อให้คลื่นเคลื่อนที่ในทิศไม่ตั้งฉากกับรอยต่อของตัวกลาง พบว่านอกจากความเร็วของคลื่น และความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงแล้ว ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นยังเปลี่ยนแปลงด้วย เราเรียกปรากฏการณ์ที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางที่มีสมบัติต่างกัน แล้วทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเปลี่ยนไปเช่นนี้ว่า การหักเห (refraction)

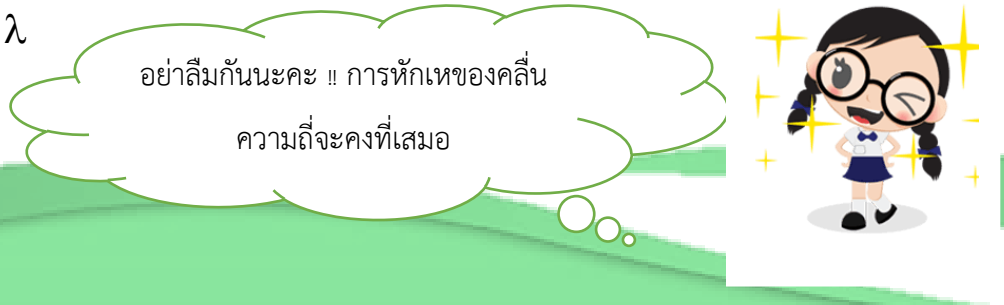



**ภาพที่ 6 คลื่นผิวน้ำในบริเวณน้ำลึกและบริเวณน้ำตื้น**

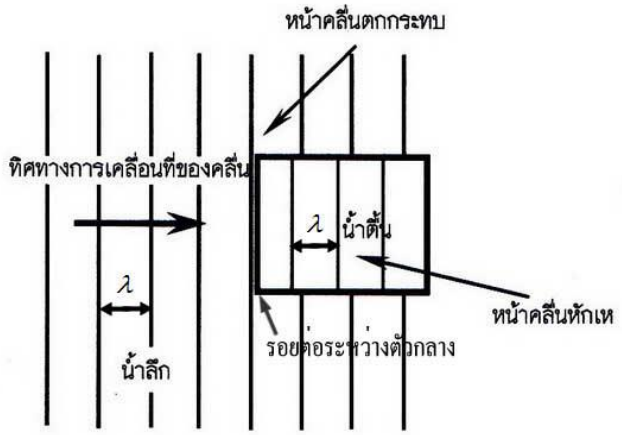
ที่มา http://reflec-reflac.blogspot.com/p/blog-page_31.html

จากรูปด้านบน เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกไปยังบริเวณน้ำตื้น พบว่าระยะห่างระหว่างหน้าคลื่น ($\lambda$) ในบริเวณน้ำลึกมีค่ามากกว่าระยะห่างระหว่างหน้าคลื่น ($\lambda$) ในบริเวณน้ำตื้น แต่ความถี่ (f) ของคลื่นผิวน้ำในบริเวณทั้งสองคงเดิม เนื่องจากความถี่ (f) ของคลื่นผิวน้ำขึ้นอยู่กับความถี่ของแหล่งกำเนิด ดังนั้นความเร็วของคลื่นในบริเวณน้ำลึก (v ลึก) จะมีค่ามากกว่าความเร็วของคลื่นในบริเวณน้ำตื้น (v ตื้น)

เพราะ $v = f\lambda$



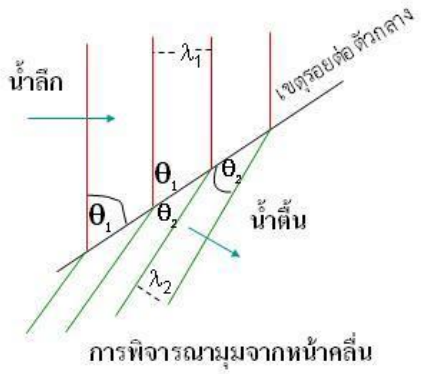
สังเกตรูปต่อไปนี้...




ความยาวคลื่นเปลี่ยนเมื่อผ่านน้ำตื้น และแสดงว่าเมื่อคลื่นตรงตกตั้งฉากจะไม่เปลี่ยนทิศทาง

**ภาพที่ 8 แสดงความยาวคลื่นและทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นเมื่อเกิดการหักเหเมื่อคลื่นตรงตกตั้งฉาก**

ที่มา http://preephysics.info/page72.html




ความยาวคลื่นในน้ำลึกจะยาวกว่าในน้ำตื้น เพราะคลื่นน้ำเคลื่อนที่ในน้ำลึกได้เร็วกว่าในน้ำตื้นและจากภาพเมื่อคลื่นตกไม่ตั้งฉากกับระนาบ(เส้นแบ่งเขตน้ำลึกและน้ำตื้น)จะมีการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่

**ภาพที่ 9 ความยาวคลื่นและทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นหักเหบริเวณรอยต่อที่ไม่ตั้งฉาก**

ที่มา https://wanwadee25.wordpress.com

จากภาพข้างต้น จะเห็นว่า อัตราเร็วคลื่นบริเวณน้ำลึกจะเร็วกว่าอัตราเร็วคลื่นบริเวณน้ำตื้น

จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง v และ H ดังนี้...

$$v = \sqrt{gH}$$

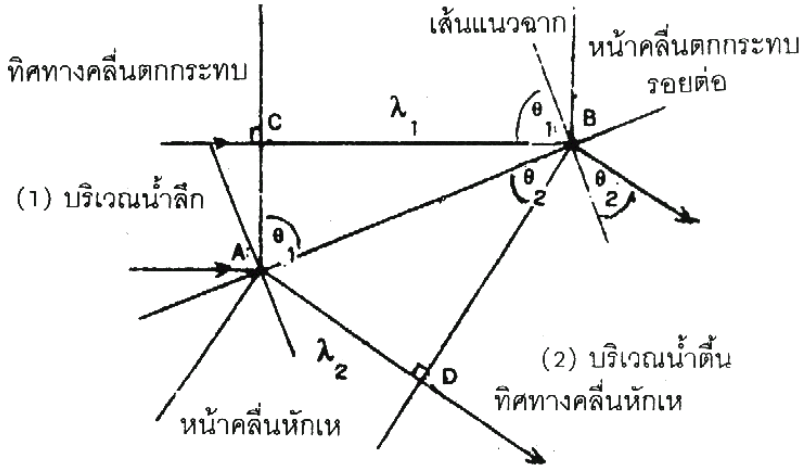
เมื่อ g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.8 $m/s^2$

v = อัตราเร็วคลื่น (m/s)

H = ความลึก (m)

**การหักเหของคลื่นน้ำที่รอยต่อของน้ำลึกกับน้ำตื้น**

จากการทดลองเมื่อคลื่นน้ำหน้าตรงเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกไปสู่บริเวณน้ำตื้นในทิศทางทำมุมตกกระทบ $\theta_1$ กับเส้นแนวฉาก ณ ตำแหน่งรอยต่อระหว่างน้ำลึก (ตัวกลางที่ 1) กับน้ำตื้น (ตัวกลางที่ 2 ) จะเกิดการหักเหทำให้ทิศทางคลื่นหักเหทำมุมหักเห $\theta_2$ กับเส้นแนวฉาก ดังรูป




**ภาพที่ 10 มุมตกกระทบ ($\theta_1$) และมุมหักเห ($\theta_2$)**

ที่มา http://www.thaigoodview.com/node/87424?page=0,1

จากรูป ระยะ BC เป็นความยาวคลื่นในเขตน้ำลึก $\lambda 1$

ระยะ AD เป็นความยาวคลื่นในเขตน้ำตื้น $\lambda 2$

จาก $\Delta$ABC และ $\Delta$ABD

จะได้ว่า... $\sin\theta_1 = \frac{BC}{AB}$

$\text{Sin}\ \theta_2 = \frac{AD}{AB}$

ดังนั้น $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{BC \times AB}{AB \times AD} = \frac{BC}{AD}$

นั่นก็คือ $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ ..... ( 1 )

ถ้าให้ $v_1$ เป็นอัตราเร็วของคลื่นในน้ำลึก

$v_2$ เป็นอัตราเร็วคลื่นในน้ำตื้น

และกำหนดให้ความถี่ในน้ำลึกมีค่าเท่ากับความถี่ในน้ำตื้น

จะได้ว่า $$\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1 f}{\lambda_2 f}$$

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

จากสมการ (1) และ ( 2 ) จะได้ว่า...

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{v_1}{v_2} \qquad \text{..... (3)}$$

จากสมการที่ 3 พบว่าเมื่อคลื่นมีการหักเห อัตราส่วนของค่า sine ของมุมตกกระทบกับค่า sine ของมุมหักเหจะมีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วของคลื่นในตัวกลางที่คลื่นตกกระทบ กับอัตราเร็วของคลื่นในตัวกลางที่คลื่นหักเห ดังนั้นถ้าเป็นการหักเหของคลื่นผิวน้ำโดยบริเวณสองบริเวณมีความลึกความตื้นคงที่ค่า $\frac{v_1}{v_2}$ จะมีค่าคงที่ ซึ่งจะได้ว่า $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$ มีค่าคงที่ด้วย จากสมการ (1) และ (2) เขียนรวมกันได้ดังนี้...

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \qquad \text{..... (4)}$$

เมื่อ $\lambda_1$ , $\lambda_2$ คือ ความยาวคลื่นในตัวกลางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

$v_1$ , $v_2$ คือ อัตราเร็วคลื่นในตัวกลางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

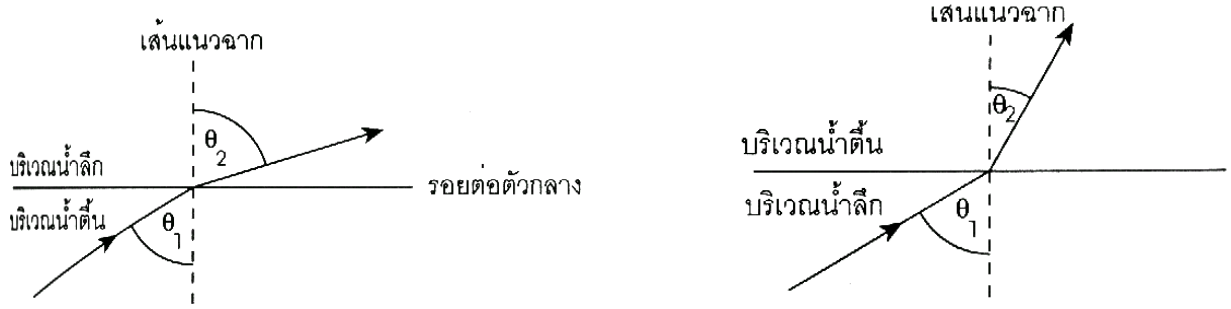
$\theta_1$ คือ มุมตกกระทบในตัวกลางที่ 1

$\theta_2$ คือ มุมหักเหในตัวกลางที่ 2

**จากสมการที่ 4 สามารถสรุปเป็น “กฎการหักเหของคลื่น” ได้ว่า**

1. ทิศทางของคลื่นตกกระทบ เส้นแนวฉากและทิศทางของคลื่นหักเหอยู่ในระนาบเดียวกัน
2. อัตราส่วนของค่า sine ของมุมตกกระทบต่อค่า sine ของมุมหักเหสำหรับตัวกลางคู่หนึ่ง ๆ จะมีค่าคงที่เสมอ

จากสมการที่ (4) จะเห็นว่า...ตัวกลางที่มีอัตราเร็วมาก มุม $\theta$ จะมีค่ามาก และตัวกลางที่มีอัตราเร็วน้อย มุม $\theta$ จะมีค่าน้อย




**ภาพที่ 11 การหักเหของคลื่นผิวน้ำ**

ที่มา lesson02.doc http://kanchanapisek.or.th/kp9/physics/lessonplan.html

จากรูปอาจสรุปลักษณะของการหักเหของคลื่นผิวน้ำได้ว่า...

1. คลื่นเคลื่อนที่จากน้ำตื้น ( v น้อย ,$\theta$น้อย ) สู่น้ำลึก (v มาก ,$\theta$มาก) ทิศทางคลื่นหักเหจะเบนออกจากเส้นแนวฉาก
2. คลื่นเคลื่อนที่จากน้ำลึก (v มาก ,$\theta$มาก) สู่น้ำตื้น (v น้อย ,$\theta$น้อย) ทิศทางคลื่นหักเหจะเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก

กฎการหักเหซึ่งเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “กฎของสเนล” ซึ่งอัตราส่วนของค่า sine ของมุมตกกระทบในตัวกลางที่ 1 ($\theta_1$) ต่อค่า sine ของมุมหักเหในตัวกลางที่ 2 ( $\theta_2$ ) จะมีค่าคงที่เสมอ เรียกอัตราส่วนนี้ว่า... “ดัชนีหักเหของตัวกลางที่ 2 เทียบตัวอย่างที่ 1 ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย “ n”

$$n = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$

ดังนั้นเราสามารถสรุปเป็นสมการรวมได้ว่า...

$$n = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

**หมายเหตุ** ค่าดัชนีหักเห (n) จะต้องกำหนดว่าเปรียบเทียบกับตัวกลางใด ดังนั้น การเขียนค่าดัชนี (n) จึงต้องมีอักษรกำกับไว้เพื่อบ่งบอกค่าดัชนีหักเห เช่น

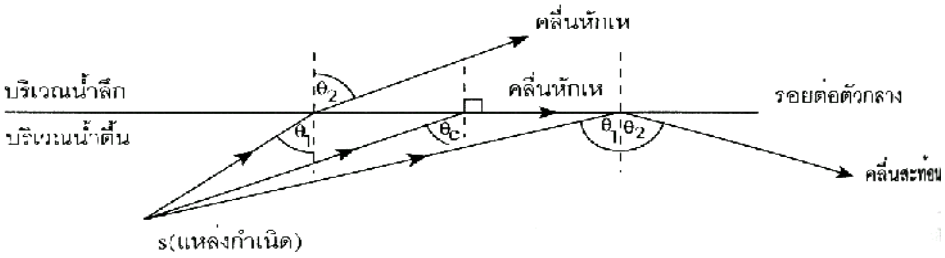
$_An_B$ หมายถึง ดัชนีหักเหของตัวกลาง B เทียบกับตัวกลาง A หรือคลื่นเคลื่อนที่จากตัวกลาง A ไปสู่ตัวกลาง B แล้วเกิดการหักเหในตัวกลาง B โดย $_1n_2$ หมายถึง ดัชนีหักเหของตัวกลาง 2 เทียบตัวกลาง 1

**มารู้จักนักวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบกฎของสเนลล์กันดีกว่า**

วิลเลอบรอร์ด สแน็ลลียีส (Willebrord Snellius ) หรือ สเนลล์ เป็นนักดาราศาสตร์และนักคณิตศาสตร์ชาวดัตช์ เกิดที่เมืองไลเดน เขาสืบทอดตำแหน่งศาสตราจารย์ด้านคณิตศาสตร์ที่มหาวิทยาลัยไลเดน ต่อจากบิดาและคิดค้นวิธีใหม่ในการวัดเส้นรัศมีของโลก นอกจากนี้ เขายังคิดวิธีคำนวณค่าพาย ต่อมาในปี ค.ศ. 1621 เขาค้นพบกฎการหักเหของแสง หรือรู้จักในอีกชื่อคือ "กฎของสเนลล์" (Snell's law)

**มุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมด**

เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำตื้นเข้าสู่บริเวณน้ำลึก จะทำให้เกิดการหักเหโดยทิศทางคลื่นหักเหจะเบนออกจากเส้นแนวฉาก ถ้ามุกหักเหของคลื่นเท่ากับ 90 องศาพอดี มุมตกกระทบที่ทำให้เกิดมุมหักเหมีค่าเท่ากับ 90 องศานี้เราเรียกว่า **“มุมวิกฤต”** ( Critical Angle ; $\theta c$ ) และถ้ามุมตกกระทบโตมากกว่ามุมวิกฤต จะเกิดการสะท้อนขึ้นที่รอยต่อของตัวกลางทั้งสอง เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “การสะท้อนกลับหมด ( Total Reflection) ดังรูป




**ภาพที่ 12 การเกิดมุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมดของคลื่นผิวน้ำ**

ที่มา http://www.thaigoodview.com/node/87424?page=0,2

## ใบกิจกรรมที่ 1 การทดลองการหักเหของคลื่นน้ำ

**จุดประสงค์การทดลอง**

1. อธิบายได้ว่าการหักเหของคลื่นเกิดขึ้นได้อย่างไร
2. เพื่อศึกษาการเกิดการหักเหของคลื่นเมื่อทิศทางของคลื่นตกกระทบตั้งฉากกับผิวรอยต่อของตัวกลาง และเมื่อทิศทางของคลื่นตกกระทบไม่ตั้งฉากกับผิวรอยต่อของตัวกลาง

**อุปกรณ์การทดลอง**

1. ชุดถาดคลื่นคลื่นพร้อมอุปกรณ์ 1 ชุด
2. หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ 1 ชุด
3. น้ำ
4. กระดาษขาว 1 แผ่น
5. สายไฟฟ้า 1 ชุด

**วิธีการทดลอง**

1. ใส่น้ำในถาดคลื่นและต่อชุดทดลองถาดคลื่นเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ
2. บิดปุ่มกำเนิดคลื่นที่มีคลื่นหน้าตรงแต่ผิวน้ำปรับความถี่ของมอเตอร์ให้ปุ่มกำเนิดคลื่นทำงาน สังเกตเงาที่กระดาษขาวใต้คลื่นให้เห็นภาพที่ชัดเจนถ้าความถี่มากไปก็จะมองเห็นไม่ชัดเจน
3. วางแผ่นกระจกหนาลงในถาดคลื่นให้ขอบด้านหนึ่งขนานกับแหล่งกำเนิดคลื่นที่มีหน้าคลื่นตรง
4. สังเกตลักษณะของแถบมืดแถบสว่างบริเวณด้านหน้าและบนกระจก จากเงาที่ปรากฏบนกระดาษขาวใต้ถาดคลื่นบันทึกผลการทดลอง
5. วางแผ่นกระจกหนาลงในน้ำในถาดคลื่นให้ขอบด้านหนึ่งทำมุมกับแหล่งกำเนิดคลื่นหน้าตรง
6. สังเกตลักษณะของแถบมืดแถบสว่างบริเวณด้านหน้ากระจกและบนกระจกจากเงา ที่ปรากฏบนกระดาษขาวใต้ถาดคลื่นบันทึกผลการทดลอง
7. สรุปผลการทดลอง

**ภาพที่ 13 ขอบแผ่นกระจกใสขนานกับแผ่นกำเนิดคลื่น**

ที่มา http://physics.ipst.ac.th/?p=1416

**บันทึกผลการทดลอง**

| ลักษณะของแถบมืด แถบสว่างที่เกิดขึ้นใต้ถาดคลื่น บริเวณที่มีกระจกกับบริเวณที่ไม่มีกระจกเมื่อวางกระจกขนานกับหน้าคลื่น | ลักษณะของแถบมืด แถบสว่างที่เกิดขึ้นใต้ถาดคลื่น บริเวณที่มีกระจกกับบริเวณที่ไม่มีกระจกเมื่อวางกระจกทำมุมกับหน้าคลื่น |
|---|---|
| | |

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

**คำถามท้ายการทดลอง**

1. เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีกระจกอยู่กับบริเวณที่ไม่มีกระจกอยู่ ผลการสังเกตเงาที่ปรากฏบนกระดาษขาวใต้ถาดคลื่นมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ

.....

2. นักเรียนคิดว่าเราวางกระจกลงไปบนถาดคลื่นเพื่ออะไร

ตอบ

.....

3. ลักษณะของเงาที่ปรากฏบนกระดาษขาวใต้ถาดคลื่น กรณีที่วางกระจกในลักษณะตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นแตกต่างจากกรณีที่วางกระจกในลักษณะที่ไม่ตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นหรือไม่ อย่างไร

ตอบ

.....

.....

4. ระยะห่างระหว่างแถบมืดถึงแถบสว่างที่ติดกันและแถบมืดกับแถบมืดที่ติดกันของคลื่น นอกกระจกกับบนกระจกแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

ตอบ

.....

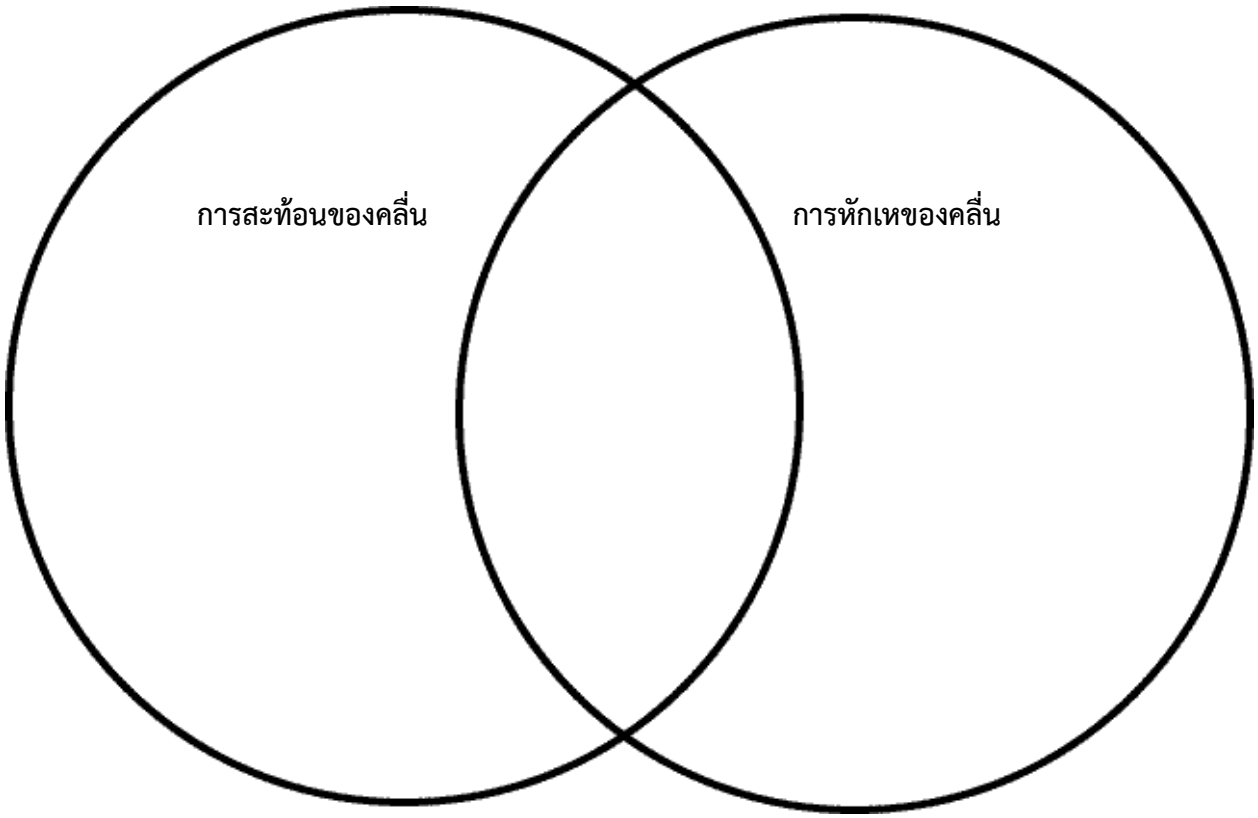
**ใบกิจกรรมที่ 2** **แผนผังเวนน์ รู้ซึ้งถึงความต่าง**

<u>จุดประสงค์</u>

1. เพื่อฝึกการคิดวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบหลักการของการสะท้อน และการหักเหของคลื่นน้ำ ว่ามีอะไรที่เหมือนกัน และมีอะไรที่แตกต่างกัน

<u>คำชี้แจง</u>

1. นักเรียนศึกษาความรู้ และสืบค้นข้อมูล จากหนังสือในเรื่องการสะท้อน และการหักเหของคลื่น
2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่เหมือนกัน และสิ่งที่แตกต่างกัน แล้วเขียนลงในแผนผังเวนน์ ซึ่งประกอบด้วยวงกลมจำนวนเท่ากับสิ่งที่นำมาเปรียบเทียบเขียนซ้อนทับกันบางส่วน ส่วนที่ซ้อนทับเขียนแสดงลักษณะที่เหมือนกัน บริเวณนอกเหนือส่วนที่ซ้อนกันอยู่เขียนแสดงลักษณะที่แตกต่างกัน
3. สุ่มตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแผนผังเวนน์
4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายทั้งชั้นเรียนเพื่อสรุปแผนผังเวนน์ เปรียบเทียบการสะท้อนและการหักเหของคลื่นที่ถูกต้อง



**ใบกิจกรรมที่ 3** **Exit Ticket ไม่รู้ ไม่ให้ออก (การหักเหของคลื่นน้ำ)**

<u>จุดประสงค์</u>

1. ให้ผู้เรียนฝึกทักษะการสรุปความรู้เพื่อบอกถึงสิ่งที่เข้าใจ และสิ่งที่ได้รับจากการเรียนรู้
2. ให้ผู้เรียนฝึกวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างสิ่งที่ตนเองอยากรู้ และสิ่งที่ตัวเองได้รู้

<u>คำชี้แจง</u>

1. ให้นักเรียนเขียนสิ่งที่ได้เรียนรู้และเข้าใจในบทเรียน ซึ่งอาจเขียนได้ในหลายรูปแบบ เช่น อนุทิน แผนผังความคิด แผนภาพ ความเรียงลงในบัตร หรือ กระดาษสี
2. เขียนสิ่งที่อยากรู้ลงในกระดาษ มีอะไรบ้างที่อยากเรียนลงในบัตร หรือกระดาษสี

| 321 Exit Ticket Template | |
|---|---|
| 3 | Things I Learned Today ... |
| 2 | Things I Found Interesting ... |
| 1 | Question I Still Have ... |

ใบงานที่ 1

**จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง**

1.การหักเหของคลื่น หมายถึง

.....

.....

2. ปริมาณใดที่ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อคลื่นเกิดการหักเห

.....

3. เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากน้ำลึกไปยังน้ำตื้นความยาวคลื่น มุมที่เบนจากเส้นแนวฉาก และอัตราเร็วคลื่น จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....

.....

4. มุมวิกฤต ( Critical Angle ; $\theta_c$ ) คือ

.....

.....

5. การสะท้อนกลับหมด (Total Reflection) คือ

.....

.....

6. การที่จะเกิดมุมวิกฤตคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่อย่างไร

.....

7. กฎการหักเหของคลื่น กล่าวว่าอย่างไร

.....

.....

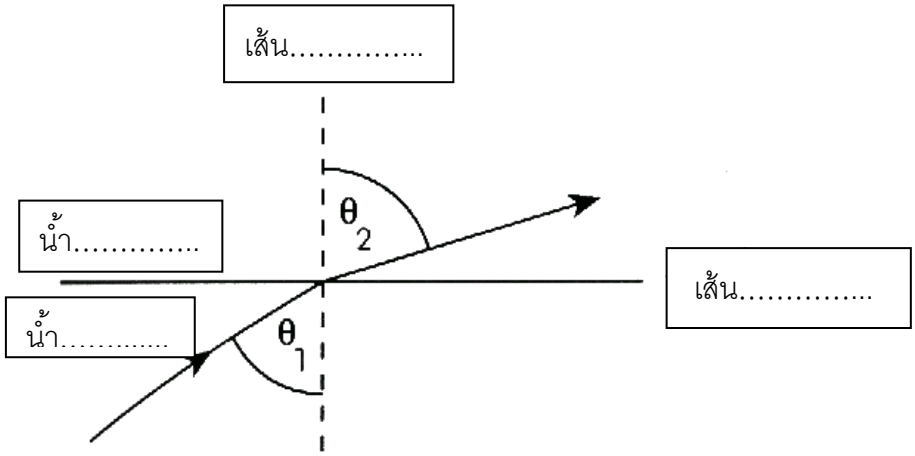
8. การหักเหของคลื่นเขียนสมการได้อย่างไร

.....

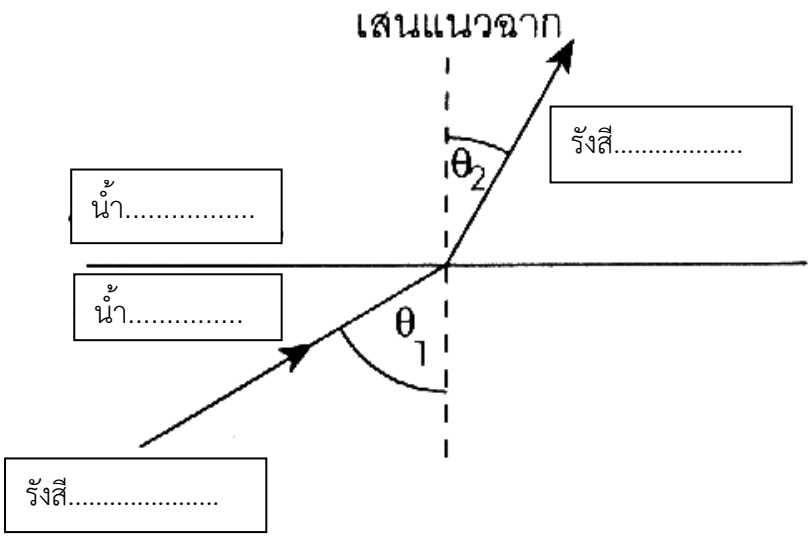
.ใบงานที่ 2

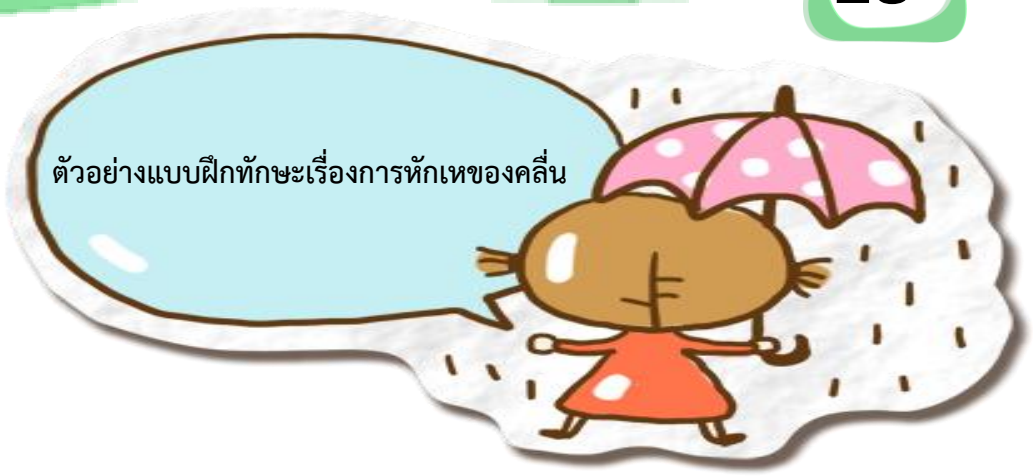
**จงตอบคำถามลงในช่องที่กำหนดให้ ต่อไปนี้ให้ถูกต้อง**

1.




2.






1. คลื่นน้ำแบบต่อเนื่องที่มีหน้าคลื่นตรง เคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างบริเวณน้ำลึกและน้ำตื้นแล้วทำให้เกิดการหักเหหน้าคลื่นตรง ถ้าแนวทางเดินของคลื่นตกกระทบทำมุมกับรอยต่อระหว่างตัวกลางเท่ากับ 30 องศา จงหามุมหักเห ถ้าความยาวคลื่นในน้ำตื้นลดลงเป็น $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ของความยาวคลื่นในน้ำลึก

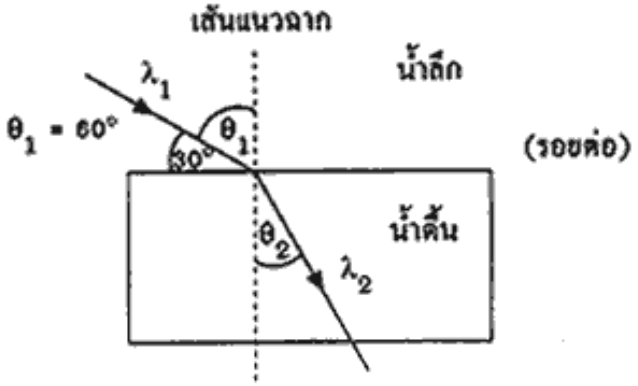
**วิธีทำ**

**<u>ขั้นที่ 1</u> ทำความเข้าใจในปัญหา**

**1. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหาอะไร**

มุมหักเห $\theta_2$

**2. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**




มุมตกกระทบที่กระทำกับรอยต่อระหว่างตัวกลางเท่ากับ 30 องศา

ความยาวคลื่นในน้ำตื้นลดลงเป็น $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ของความยาวคลื่นในน้ำลึก $\lambda_2 = \frac{1}{\sqrt{3}}\lambda_1$

**<u>ขั้นที่ 2</u> วางแผนการแก้สมการ**

**3.สมการที่ใช้ในการคำนวณ**

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

**<u>ขั้นที่ 3</u> ดำเนินการแก้ปัญหา**

**4. แทนค่าเพื่อแก้สมการ**

จาก $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

$$\frac{\sin 60}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\frac{1}{\sqrt{3}}\lambda_1}$$

$$\sin\theta_2 = \frac{1}{\sqrt{3}}\sin 60^\circ$$

$$\sin\theta_2 = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ x } \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\sin\theta_2 = \frac{1}{2}$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} 0.5$$

$\theta_2 =$ 30 องศา

**<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจคำตอบ**

**5. ตรวจคำถามทวนโจทย์**

นั่นคือ มุมหักเห เท่ากับ 30 องศา

2. ถ้าคลื่นเคลื่อนจากบริเวณน้ำตื้นมีความยาวคลื่น 45 เซนติเมตร ไปสู่น้ำลึกความยาวคลื่นเปลี่ยน เป็น 60 เซนติเมตร จงหาดัชนีหักเหของตัวกลางน้ำลึกเทียบกับตัวกลางน้ำตื้น

**วิธีทำ**

**<u>ขั้นที่ 1</u> ทำความเข้าใจในปัญหา**

**1. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหาอะไร**

ดัชนีหักเหของตัวกลางน้ำลึกเทียบกับตัวกลางน้ำตื้น $\frac{n_2}{n_1}$

**2. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

ตื้นมีความยาวคลื่น $\lambda_1$ = 45 เซนติเมตร หรือ 0.45 เมตร

น้ำลึกความยาวคลื่น $\lambda_2$ = 60 เซนติเมตร หรือ 0.6 เมตร

**<u>ขั้นที่ 2</u> วางแผนการแก้สมการ**

**3.สมการที่ใช้ในการคำนวณ**

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

**<u>ขั้นที่ 3</u> ดำเนินการแก้ปัญหา**

**4. แทนค่าเพื่อแก้สมการ**

จาก $$\frac{n_2}{n_1} = \frac{0.45}{0.60}$$

$$\frac{n_2}{n_1} = 0.75$$

**<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจคำตอบ**

**5. ตรวจคำถามทวนโจทย์**

นั่นคือ ดัชนีหักเหของตัวกลางน้ำลึกเทียบกับตัวกลางน้ำตื้นเท่ากับ 0.75 เท่า

3. คลื่นน้ำเคลื่อนที่จากน้ำตื้นไปยังน้ำลึกถ้ามุมตกกระทบและมุมหักเหเท่ากับ 30 และ 45 องศา ตามลำดับ และความยาวคลื่นในน้ำตื้นเท่ากับ 2 เซนติเมตร จงหาความยาวคลื่นในน้ำลึกในหน่วยเซนติเมตร

**วิธีทำ**

**<u>ขั้นที่ 1</u> ทำความเข้าใจในปัญหา**

**1. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหาอะไร**

ความยาวคลื่นในน้ำลึกในหน่วยเซนติเมตร $\lambda_2$

**2. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

มุมตกกระทบ $\theta_1$ = 30 องศา

มุมหักเห $\theta_2$ = 45 องศา

ความยาวคลื่นในน้ำตื้น $\lambda_1$ = 2 เซนติเมตร

**<u>ขั้นที่ 2</u> วางแผนการแก้สมการ**

**3.สมการที่ใช้ในการคำนวณ**

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2}=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$

**<u>ขั้นที่ 3</u> ดำเนินการแก้ปัญหา**

**4. แทนค่าเพื่อแก้สมการ**

จาก $$\frac{\lambda_1}{\lambda_2}=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$

$$\frac{2}{\lambda_2}=\frac{\sin 30^\circ}{\sin 45^\circ}$$

$$\lambda_2=\frac{2\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ}$$

$$\lambda_2=2\text{x}\frac{\sqrt{2}}{2}\text{x}\frac{2}{1}$$

$$\lambda_2=2.82 \ \ \text{cm}$$

**<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจคำตอบ**

**5. ตรวจคำถามทวนโจทย์**

นั่นคือ ความยาวคลื่นในน้ำลึก เท่ากับ 2.82 เซนติเมตร

4. คลื่นน้ำเคลื่อนที่จากเขตน้ำลึกเข้าไปยังเขตน้ำตื้น โดยมีรอยต่อของเขตทั้งสองเป็นเส้นตรงมุมตกกระทบเท่ากับ 30 องศา ทำให้ความยาวคลื่นในเขตน้ำตื้นเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นในเขตน้ำลึก อยากทราบว่ามุมหักเหในน้ำตื้นมีค่าเท่าใด

**วิธีทำ**

**<u>ขั้นที่ 1</u> ทำความเข้าใจในปัญหา**

**1. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหาอะไร**

มุมหักเหในน้ำตื้นมีค่าเท่าใด $\theta_2$

**2. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

มุมตกกระทบ $\theta_1 = 30$ องศา

ความยาวคลื่นในเขตน้ำตื้นเป็นครึ่งหนึ่งของความยาว คลื่นในเขตน้ำลึก $\lambda_2 = \frac{1}{2}\lambda_1$

**<u>ขั้นที่ 2</u> วางแผนการแก้สมการ**

**3.สมการที่ใช้ในการคำนวณ**

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

**<u>ขั้นที่ 3</u> ดำเนินการแก้ปัญหา**

**4. แทนค่าเพื่อแก้สมการ**

จาก $$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\frac{\sin 30^\circ}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\frac{1}{2}\lambda_1}$$

$$\sin\theta_2 = \sin 30^\circ \text{ x } \frac{1}{2}$$

$$\sin\theta_2 = \frac{1}{2}\text{ x }\frac{1}{2}$$

$$\sin\theta_2 = \frac{1}{4}$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\frac{1}{4}$$

**<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจคำตอบ**

**5. ตรวจคำถามทวนโจทย์**

นั่นคือ มุมหักเหในน้ำตื้นมีค่าเท่ากับ $\sin^{-1}\frac{1}{4}$

5. คลื่นน้ำในถาดคลื่นมีอัตราเร็วในน้ำลึกเป็น 2 เท่าของน้ำตื้น ถ้าคลื่นจากน้ำ**ลึกสู่น้ำตื้น**ทำมุมตกกระทบ $60^\circ$ จงหามุมหักเหของคลื่นในน้ำตื้น

**วิธีทำ**

**<u>ขั้นที่ 1</u> ทำความเข้าใจในปัญหา**

**1. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหาอะไร**

มุมหักเหในน้ำตื้นมีค่าเท่าใด $\theta_2$

**2. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

อัตราเร็วในน้ำลึกเป็น 2 เท่าของน้ำตื้น $v_1 = 2v_2$

มุมตกกระทบ $\theta_1 = 60$ องศา

**<u>ขั้นที่ 2</u> วางแผนการแก้สมการ**

**3.สมการที่ใช้ในการคำนวณ**

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

**<u>ขั้นที่ 3</u> ดำเนินการแก้ปัญหา**

**4. แทนค่าเพื่อแก้สมการ**

จาก $$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\sin\theta_2 = \frac{v_2}{v_1}\sin\theta_1$$

$$\sin\theta_2 = \frac{v_2}{v_1}\sin 60^\circ$$

$$\sin\theta_2 = \frac{v_2}{2v_2} \text{ x } \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\sin\theta_2 = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\frac{\sqrt{3}}{4}$$

**<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจคำตอบ**

**5. ตรวจคำถามทวนโจทย์**

นั่นคือ มุมหักเหในน้ำตื้นมีค่าเท่ากับ $\sin^{-1}\frac{\sqrt{3}}{4}$

6. ในการทดลองโดยใช้ถาดคลื่นพบว่า ความเร็วของคลื่นในน้ำลึกเป็น 2 เท่าของความเร็วในน้ำตื้น ถ้าจะทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมด คลื่นจะต้องตั้งต้นที่จากบริเวณไหน และมีมุมวิกฤตเท่าไร

**วิธีทำ**

**<u>ขั้นที่ 1</u> ทำความเข้าใจในปัญหา**

**1. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหาอะไร**

มุมหักเหในน้ำลึก $\theta_2$

**2. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

ความเร็วของคลื่นในน้ำลึกเป็น 2 เท่าของความเร็วในน้ำตื้น $v_2 = 2v_1$

มุมหักเห $\theta_2$ = 90 องศา

**<u>ขั้นที่ 2</u> วางแผนการแก้สมการ**

**3.สมการที่ใช้ในการคำนวณ**

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

**<u>ขั้นที่ 3</u> ดำเนินการแก้ปัญหา**

**4. แทนค่าเพื่อแก้สมการ**

จาก $$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\sin\theta_1 = \frac{v_1}{v_2}\sin\theta_2$$

$$\sin\theta_1 = \frac{v_1}{2v_1}\sin 90^\circ$$

$$\sin\theta_1 = \frac{1}{2}x1$$

$$\sin\theta_1 = \frac{1}{2}$$

$$\theta_1 = \sin^{-1}\frac{1}{2}$$

$$\theta_1 = 30^\circ$$

**<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจคำตอบ**

**5. ตรวจคำถามทวนโจทย์**

นั่นคือ คลื่นจะต้องตั้งต้นที่จากบริเวณน้ำตื้น และมุมหักเหในน้ำลึกมีค่าเท่ากับ 30 องศา

## แบบฝึกหัดเรื่องการหักเหของคลื่น

1. คลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกเข้าสู่บริเวณน้ำตื้น โดยมีมุมตกระทบเท่ากับ 45 องศา ปรากฏว่าแนวทางเดินของคลื่นหักเหทำมุม 30 องศา กับผิวรอยต่อระหว่างตัวกลาง ถ้าคลื่นผิวน้ำมีความถี่ 20 เฮิรตซ์ และความยาวคลื่นในบริเวณน้ำลึกเท่ากับ 4 เซนติเมตร จงหาอัตราเร็วคลื่นในบริเวณน้ำตื้น

**วิธีทำ**

**<u>ขั้นที่ 1</u> ทำความเข้าใจในปัญหา**

**1. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหาอะไร**

.....

.....

**2. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

.....

**<u>ขั้นที่ 2</u> วางแผนการแก้สมการ**

**3.สมการที่ใช้ในการคำนวณ**

.....

.....

**<u>ขั้นที่ 3</u> ดำเนินการแก้ปัญหา**

**4. แทนค่าเพื่อแก้สมการ**

.....

.....

.....

.....

**<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจคำตอบ**

**5. ตรวจคำถามทวนโจทย์**

.....

.....

.....

2. คลื่นผิวน้ำมีอัตราเร็วในน้ำลึกและในน้ำตื้นเป็น 20 เซนติเมตร/วินาที และ 16 เซนติเมตร/วินาที จงหาอัตราส่วนของ sine ของมุมตกกระทบต่อ sine ของมุมหักเห เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จาก**น้ำลึกสู่น้ำตื้น**

**วิธีทำ**

**<u>ขั้นที่ 1</u> ทำความเข้าใจในปัญหา**

**1. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหาอะไร**

.....

.....

**2. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

.....

.....

**<u>ขั้นที่ 2</u> วางแผนการแก้สมการ**

**3.สมการที่ใช้ในการคำนวณ**

.....

.....

**<u>ขั้นที่ 3</u> ดำเนินการแก้ปัญหา**

**4. แทนค่าเพื่อแก้สมการ**

.....

.....

.....

.....

.....

**<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจคำตอบ**

**5. ตรวจคำถามทวนโจทย์**

.....

.....

.....

3. คลื่นน้ำในถาดคลื่น เคลื่อนที่จากน้ำตื้นสู่น้ำลึก โดยมุมตกกระทบ 30 องศา และมุมหักเห 45 องศา ถ้าเปลี่ยนมุมตกกระทบเป็น 45 องศา มุมหักเหจะมีขนาดเท่าใด

**วิธีทำ**

**<u>ขั้นที่ 1</u> ทำความเข้าใจในปัญหา**

**1. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหาอะไร**

.....

.....

**2. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

.....

.....

**<u>ขั้นที่ 2</u> วางแผนการแก้สมการ**

**3.สมการที่ใช้ในการคำนวณ**

.....

.....

**<u>ขั้นที่ 3</u> ดำเนินการแก้ปัญหา**

**4. แทนค่าเพื่อแก้สมการ**

.....

.....

.....

.....

**<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจคำตอบ**

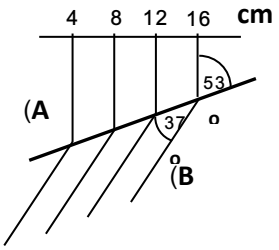
**5. ตรวจคำถามทวนโจทย์**

.....

.....

.....

4. เมื่อคลื่นหน้าตรงเคลื่อนที่จากบริเวณ A ไปสู่บริเวณ B ในถาดเคลื่อน ทำให้เกิดการหักเหของคลื่นปรากฏดังรูป มีไม้สเกลเซนติเมตรวางเทียบไว้ ถ้าคลื่นนี้เกิดจากแหล่งกำเนิดซึ่งมีความถี่ 20 เฮิรตซ์ อัตราเร็วของคลื่นน้ำที่บริเวณ B จะมีค่ากี่เซนติเมตร/วินาที




**วิธีทำ**

**<u>ขั้นที่ 1</u> ทำความเข้าใจในปัญหา**

**1. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหาอะไร**

.....

**2. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

.....

.....

**<u>ขั้นที่ 2</u> วางแผนการแก้สมการ**

**3.สมการที่ใช้ในการคำนวณ**

.....

.....

**<u>ขั้นที่ 3</u> ดำเนินการแก้ปัญหา**

**4. แทนค่าเพื่อแก้สมการ**

.....

.....

.....

**<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจคำตอบ**

**5. ตรวจคำถามทวนโจทย์**

.....

.....

5. คลื่นน้ำมีอัตราเร็วในน้ำลึกเป็น $\frac{5}{3}$ เท่าของอัตราเร็วในน้ำตื้น คลื่นจะต้องตั้งต้นเคลื่อนที่จากบริเวณใด จึงจะเกิดมุมวิกฤตได้ และมุมวิกฤตมีค่าเท่าใด

**วิธีทำ**

**<u>ขั้นที่ 1</u> ทำความเข้าใจในปัญหา**

**1. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหาอะไร**

.....

.....

**2. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

.....

.....

**<u>ขั้นที่ 2</u> วางแผนการแก้สมการ**

**3.สมการที่ใช้ในการคำนวณ**

.....

.....

**<u>ขั้นที่ 3</u> ดำเนินการแก้ปัญหา**

**4. แทนค่าเพื่อแก้สมการ**

.....

.....

.....

**<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจคำตอบ**

**5. ตรวจคำถามทวนโจทย์**

.....

.....

.....

## แบบทดสอบหลังเรียน

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก
2. แบบทดสอบนี้มีทั้งหมด 10 ข้อ 10 คะแนน เวลา 10 นาที
3. ให้ทำเครื่องหมายกากบาทลงช่อง ก ข ค หรือ ง ลงในกระดาษคำตอบที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. เมื่อคลื่นเกิดการหักเห จากการผ่านตัวกลางที่ต่างชนิดกัน สิ่งที่ไม่เปลี่ยนแปลงคือค่าใด

ก. ความถี่ ข. ความเร็ว ค. ความยาวคลื่น ง. ทั้งข้อ ก และ ข

2. การหักเหของคลื่นจะเกิดขึ้นได้เมื่อใด

1. เมื่อตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านเปลี่ยนไป
2. เมื่อความเร็วของคลื่นเปลี่ยนไป
3. เมื่อความยาวคลื่นเปลี่ยนไป
3. เมื่อความถี่ของคลื่นเปลี่ยนไป

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

3. ถ้าคลื่นน้ำเคลื่อนที่ผ่านจากเขตน้ำลึกไปยังเขตน้ำตื้น แล้วทำให้ความยาวคลื่นลดลงครึ่งหนึ่ง จงหาอัตราส่วนของอัตราเร็วของคลื่นในน้ำลึกกับอัตราเร็วของคลื่นในน้ำตื้น

ก. $45^{\circ}$ ข. $53^{\circ}$ ค. $60^{\circ}$ ง. $90^{\circ}$

4. ในการทดลองโดยใช้ถาดคลื่นพบว่า ความเร็วของคลื่นในน้ำลึกเป็น 2 เท่าของความเร็วในน้ำตื้น ถ้าจะทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมด คลื่นจะมีมุมวิกฤตเท่าไร

ก. $45^{\circ}$ ข. $60^{\circ}$ ค. $67.5^{\circ}$ ง. $90^{\circ}$

5. คลื่นน้ำเคลื่อนที่จากน้ำตื้นเข้าสู่น้ำลึก ทำมุมตกกระทบ 30 องศา แล้วมุมหักเห 37 องศา ถ้าความยาวคลื่นในน้ำลึกวัดได้ 6 เซนติเมตร ในน้ำตื้นจะมีความยาวคลื่นกี่เซนติเมตร

ก. 2 ข. 3 ค. 4 ง. 5

6. ข้อความใดถูกต้องเกี่ยวกับคลื่นน้ำ

ก. คลื่นน้ำตื้น อัตราเร็วคลื่นมากกว่าคลื่นน้ำลึก

ข. คลื่นน้ำตื้น อัตราเร็วคลื่นเท่ากับคลื่นน้ำลึก

ค. คลื่นน้ำตื้น อัตราเร็วคลื่นน้อยกว่าอัตราเร็วคลื่นในน้ำลึก

ง. คลื่นน้ำตื้น ความยาวคลื่นมากกว่าความยาวคลื่นในน้ำลึก

7. คลื่นน้ำแห่งหนึ่งเคลื่อนที่จากตัวกลาง A ไปยังตัวกลาง B มีมุมตกกระทบ $37^\circ$ สามารถทำให้เกิดมุมหักเหเป็น $53^\circ$ จงหาอัตราส่วนระหว่างความยาวคลื่นในตัวกลาง B ต่อความยาวคลื่นในตัวกลาง A

ก. 4 / 3 ข. 3 / 4 ค. 3 / 5 ง. 4 / 5

8. ในการทดลองเรื่องการหักเหของคลื่นผิวน้ำ เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกไปน้ำตื้น ความยาวคลื่น $\lambda$ ความเร็ว v และ ความถี่ f ของคลื่นผิวน้ำจะเปลี่ยนอย่างไร

ก. $\lambda$ น้อยลง v น้อยลง แต่ f คงที่ ข. $\lambda$ มากขึ้น v มากขึ้น แต่ f คงที่

ค. $\lambda$ น้อยลง f มากขึ้น แต่ v คงที่ ง. $\lambda$ มากขึ้น f น้อยลง แต่ v คงที่

9. เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกเข้าสู่บริเวณน้ำตื้น โดยมีหน้าคลื่นขนานกับรอยต่อของน้ำลึกและน้ำตื้น ข้อความใดกล่าวถูกต้อง

ก. ความถี่ลดลง ข. ความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลง

ค. อัตราเร็วคงที่ ง. ทิศทางเปลี่ยนแปลง

10. ข้อความใดกล่าวผิด

ก. การสะท้อนของคลื่นน้ำ ความยาวคลื่นไม่เปลี่ยน

ข. การสะท้อนของคลื่นเชือกปลายอิสระ ไม่เปลี่ยนเฟส

ค. การหักเหของคลื่น อัตราเร็วเปลี่ยน

ง. การหักเหเกิดขึ้นได้ในตัวกลางเดียวกัน

ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....

| ข้อ | ก | ข | ค | ง |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |

คะแนนเต็ม ..... คะแนน

คะแนนที่ได้ ..... คะแนน

## แบบบันทึกคะแนนผลการใช้ชุดกิจกรรม

**คำสั่ง** ให้นักเรียนบันทึกคะแนนจากการทำกิจกรรมในชุดกิจกรรม

**ตารางบันทึกคะแนนด้านความรู้ที่นักเรียนทำได้**

| ผลงาน | คะแนนเต็ม | คะแนนที่ได้ | คิดเป็นร้อยละ | ผลประเมิน |
|---|---|---|---|---|
| ใบกิจกรรมที่ 1 | 10 | | | |
| ใบกิจกรรมที่ 2 | 5 | | | |
| ใบกิจกรรมที่ 3 | 5 | | | |
| ใบงานที่ 1 | 8 | | | |
| ใบงานที่ 2 | 8 | | | |
| แบบฝึกหัด | 25 | | | |
| แบบทดสอบหลังเรียน | 10 | | | |

**ตารางแปรผลการประเมินคุณภาพด้านความรู้จากการเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมชุดที่ 3**

| ช่วงคะแนนที่ได้ (ร้อยละ) | ระดับคุณภาพ |
|---|---|
| ร้อยละ 90.00 ขึ้นไป | ดีเยี่ยม |
| 75.00 – 89.99 | ดีมาก |
| 60.00 – 74.99 | ดี |
| 50.00 – 59.99 | พอใช้ |
| น้อยกว่าร้อยละ 50.00 | ต้องปรับปรุง |

ข้อปฏิบัติหลังเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรม

ถ้าทำคะแนนได้ตั้งแต่ร้อยละ 75 ขึ้นไปถือได้ว่าเยี่ยมมาก แต่ถ้าทำคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 75 ต้องกลับไปทบทวนเนื้อหา ฝึกทำแบบฝึกหัดซ้ำๆ จนกว่าจะเข้าใจเนื้อหา ก่อนที่เราจะไปเรียนต่อในชุดกิจกรรมชุดที่ 4

# บรรณานุกรม

**การทดลองการหักเหของคลื่นน้ำ.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://physics.ipst.ac.th/?p=1416. 27 กันยายน 2560.

**การหักเหของคลื่น.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://reflec-reflac.blogspot.com/p/blog-page_31.html. 27 กันยายน 2560.

**การหักเหของคลื่นน้ำที่รอยต่อของน้ำลึกกับน้ำตื้น.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://kanchanapisek.or.th/kp9/physics/lessonplan.html. 27 กันยายน 2560.

นิรันดร์ สุวรัตน์. (2554) . **คลื่นกล .** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : พ.ศ.พัฒนา

**วิลเลอบรอร์ด สแน็ลลียีส.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://th.wikipedia.org/wiki/วิลเลอบรอร์ด_สแน็ลลียีส. 27 กันยายน 2560.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2557). **คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 3**. กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว, 2548.

# เฉลยแบบฝึกหัด
# แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน

## เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน

| ข้อ | ก | ข | ค | ง |
|---|---|---|---|---|
| 1 | X | | | |
| 2 | | | | X |
| 3 | | | | X |
| 4 | X | | | |
| 5 | X | | | |
| 6 | | X | | |
| 7 | | | | X |
| 8 | | | X | |
| 9 | | | X | |
| 10 | | X | | |

## ใบกิจกรรมที่ 1 การทดลองการหักเหของคลื่นน้ำ

**จุดประสงค์การทดลอง**

1. อธิบายได้ว่าการหักเหของคลื่นเกิดขึ้นได้อย่างไร

2. เพื่อศึกษาการเกิดการหักเหของคลื่นเมื่อทิศทางของคลื่นตกกระทบตั้งฉากกับผิวรอยต่อของตัวกลาง และเมื่อทิศทางของคลื่นตกกระทบไม่ตั้งฉากกับผิวรอยต่อของตัวกลาง

**อุปกรณ์การทดลอง**

1. ชุดถาดคลื่นคลื่นพร้อมอุปกรณ์ 1 ชุด
2. หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ 1 ชุด
3. น้ำ
4. กระดาษขาว 1 แผ่น
5. สายไฟฟ้า 1 ชุด

**วิธีการทดลอง**

1. ใส่น้ำในถาดคลื่นและต่อชุดทดลองถาดคลื่นเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ

2. บิดปุ่มกำเนิดคลื่นที่มีคลื่นหน้าตรงแต่ผิวน้ำปรับความถี่ของมอเตอร์ให้ปุ่มกำเนิดคลื่นทำงาน สังเกตเงาที่กระดาษขาวใต้คลื่นให้เห็นภาพที่ชัดเจนถ้าความถี่มากไปก็จะมองเห็นไม่ชัดเจน

3. วางแผ่นกระจกหนาลงในถาดคลื่นให้ขอบด้านหนึ่งขนานกับแหล่งกำเนิดคลื่นที่มีหน้าคลื่นตรง

4. สังเกตลักษณะของแถบมืดแถบสว่างบริเวณด้านหน้าและบนกระจก จากเงาที่ปรากฏบนกระดาษขาวใต้ถาดคลื่นบันทึกผลการทดลอง

5. วางแผ่นกระจกหนาลงในน้ำในถาดคลื่นให้ขอบด้านหนึ่งทำมุมกับแหล่งกำเนิดคลื่นหน้าตรง

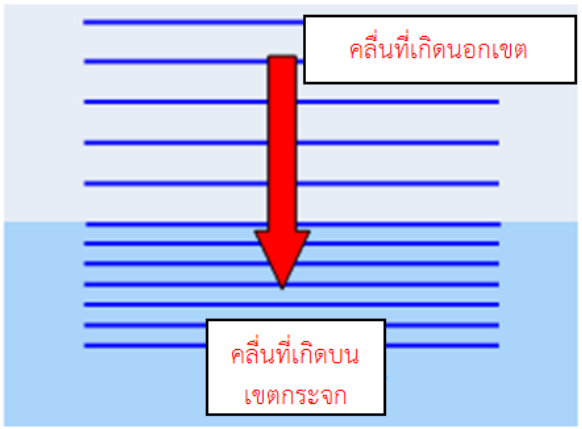
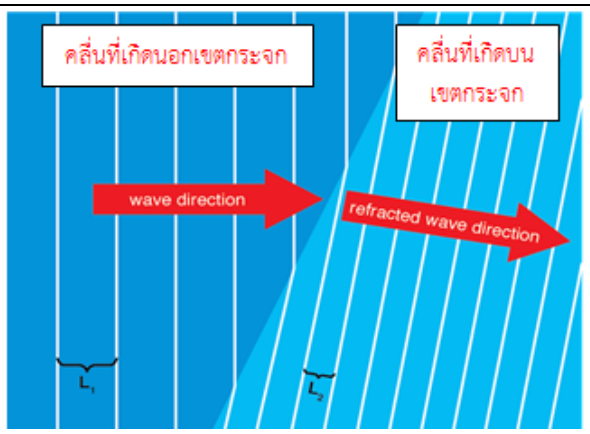
6. สังเกตลักษณะของแถบมืดแถบสว่างบริเวณด้านหน้ากระจกและบนกระจกจากเงา ที่ปรากฏบนกระดาษขาวใต้ถาดคลื่นบันทึกผลการทดลอง

7. สรุปผลการทดลอง

**ขอบแผ่นกระจกใสขนานกับแผ่นกำเนิดคลื่น**

ที่มา http://physics.ipst.ac.th/?p=1416

**บันทึกผลการทดลอง**

| **ลักษณะของแถบมืด แถบสว่างที่เกิดขึ้นใต้ถาดคลื่นบริเวณที่มีกระจกกับบริเวณที่ไม่มีกระจกเมื่อวางกระจกขนานกับหน้าคลื่น** | **ลักษณะของแถบมืด แถบสว่างที่เกิดขึ้นใต้ถาดคลื่นบริเวณที่มีกระจกกับบริเวณที่ไม่มีกระจกเมื่อวางกระจกทำมุมกับหน้าคลื่น** |
|---|---|
|  |  |

**สรุปผลการทดลอง**

เมื่อคลื่นเดินทางไปพบตัวกลางใหม่เช่นบริเวณน้ำลึกไปบริเวณน้ำตื้น จะทำให้ความยาวคลื่นเปลี่ยนไปจากเดิมสังเกตได้จากระยะห่างของแถบสว่างหรือระยะห่างของแถบมืดที่เกิดขึ้น ส่วนทิศทางของคลื่นในตัวกลางใหม่จะเกิดการเปลี่ยนแปลง ถ้าขอบของตัวกลางใหม่ทำมุมกับหน้าคลื่นเดิม

**คำถามท้ายการทดลอง**

1. เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีกระจกอยู่กับบริเวณที่ไม่มีกระจกอยู่ ผลการสังเกตเงาที่ปรากฏบนกระดาษขาวใต้ถาดคลื่นมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ แตกต่างกันเท่าที่เกิดบนกระจกจะมีระยะห่างระหว่างแถบสว่างติดกันน้อยลง

2. นักเรียนคิดว่าเราวางกระจกลงไปบนถาดคลื่นเพื่ออะไร

ตอบ เพื่อให้เกิดตัวกลางใหม่ที่มีความลึกของน้ำไม่เท่ากัน

3. ลักษณะของเงาที่ปรากฏบนกระดาษขาวใต้ถาดคลื่น กรณีที่วางกระจกในลักษณะตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นแตกต่างจากกรณีที่วางกระจกในลักษณะที่ไม่ตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นหรือไม่ อย่างไร

ตอบ แตกต่างกัน ถ้าวางขนานกับหน้าคลื่นหรือตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น คลื่นที่เกิดบนกระจกจะไม่เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ แต่กรณีวางทำมุม คลื่นที่เกิดขึ้นบนกระจกจะเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่

4. ระยะห่างระหว่างแถบมืดถึงแถบสว่างที่ติดกันและแถบมืดกับแถบมืดที่ติดกันของคลื่น นอกกระจกกับบนกระจกแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

ตอบ แตกต่างกันกล่าวคือคลื่นที่เกิดบนกระจกจะมีความห่างของแถบสว่างติดกันและแถบมืดติดกันน้อยกว่าคลื่นที่อยู่นอกเขตกระจก

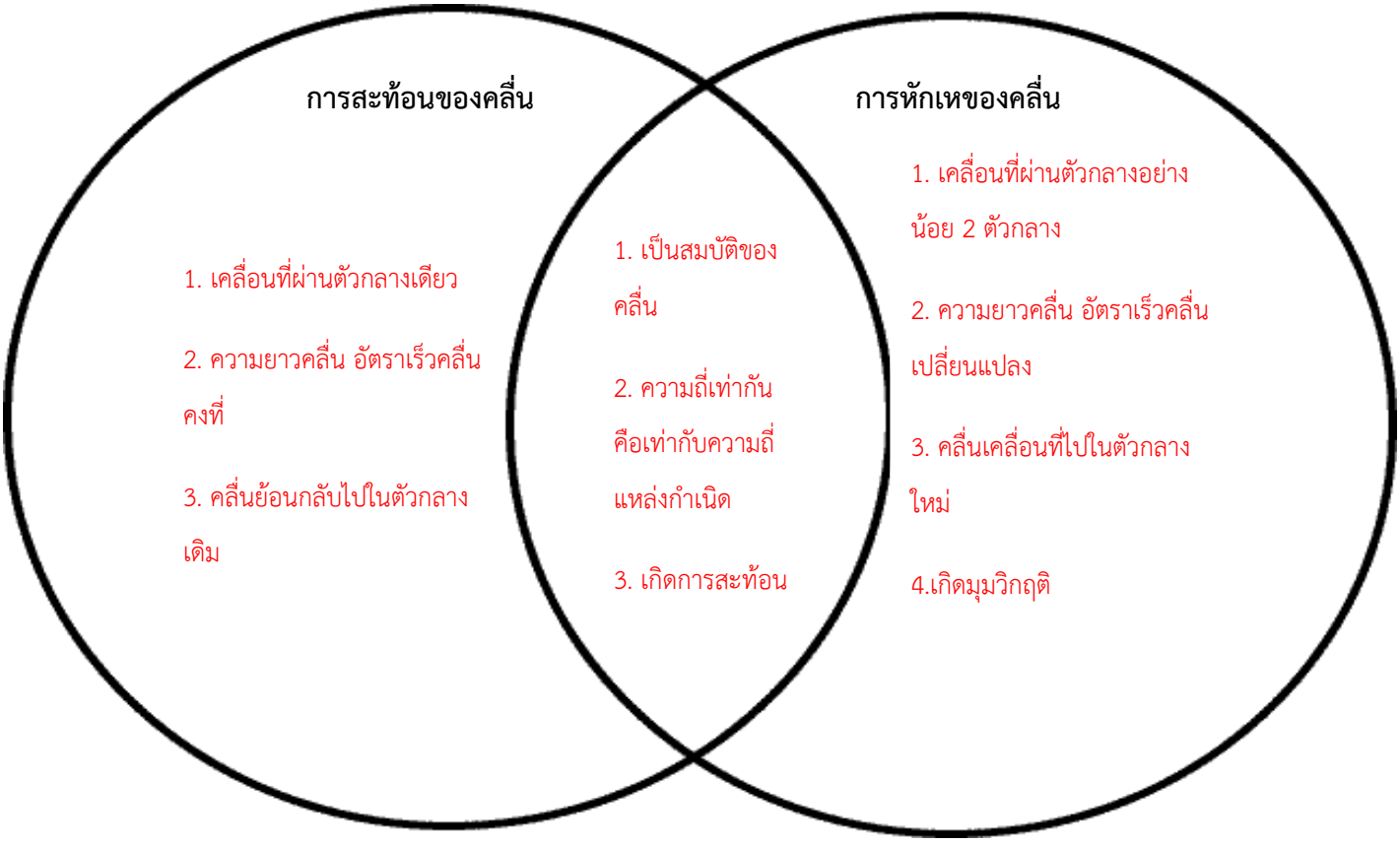
**ใบกิจกรรมที่ 2** **แผนผังเวนน์ รู้ซึ้งถึงความต่าง**

<u>จุดประสงค์</u>

1. เพื่อฝึกการคิดวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบหลักการของการสะท้อน และการหักเหของคลื่นน้ำ ว่ามีอะไรที่เหมือนกัน และมีอะไรที่แตกต่างกัน

<u>คำชี้แจง</u>

1. นักเรียนศึกษาความรู้ และสืบค้นข้อมูล จากหนังสือในเรื่องการสะท้อน และการหักเหของคลื่น
2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่เหมือนกัน และสิ่งที่แตกต่างกัน แล้วเขียนลงในแผนผังเวนน์ ซึ่งประกอบด้วยวงกลมจำนวนเท่ากับสิ่งที่นำมาเปรียบเทียบเขียนซ้อนทับกันบางส่วน ส่วนที่ซ้อนทับเขียนแสดงลักษณะที่เหมือนกัน บริเวณนอกเหนือส่วนที่ซ้อนกันอยู่เขียนแสดงลักษณะที่แตกต่างกัน
3. สุ่มตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแผนผังเวนน์
4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายทั้งชั้นเรียนเพื่อสรุปแผนผังเวนน์ เปรียบเทียบการสะท้อนและการหักเหของคลื่นที่ถูกต้อง



ใบกิจกรรมที่ 3

Exit Ticket ไม่รู้ ไม่ให้ออก (การหักเหของคลื่นน้ำ)

จุดประสงค์

1. ให้ผู้เรียนฝึกทักษะการสรุปความรู้เพื่อบอกถึงสิ่งที่เข้าใจ และสิ่งที่ได้รับจากการเรียนรู้

2. ให้ผู้เรียนฝึกวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างสิ่งที่ตนเองอยากรู้ และสิ่งที่ตัวเองได้รู้

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนเขียนสิ่งที่ได้เรียนรู้และเข้าใจในบทเรียน ซึ่งอาจเขียนได้ในหลายรูปแบบ เช่น อนุทิน แผนผังความคิด แผนภาพ ความเรียงลงในบัตร หรือ กระดาษสี

2. เขียนสิ่งที่อยากรู้ลงในกระดาษ มีอะไรบ้างที่อยากเรียนลงในบัตร หรือกระดาษสี

ตัวอย่าง แนวคิดหลัก (นักเรียน ระบุเพียง 3 ข้อ)

นิยามการหักเหของคลื่น

กฎการหักเหของคลื่น

แผนภาพการหักเหของคลื่น

ประเภทของการหักเหของคลื่น

อธิบายการเคลื่อนที่ของเชือกที่มีมวลต่างกันต่อกันอยู่

ตัวอย่าง การนำไปใช้ประโยชน์ (นักเรียน ระบุเพียง 2 ข้อ)

- การหักเหของคลื่นชนิดต่างๆ เช่น การเห็นฟ้าแลบแต่ไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้อง การเกิดภาพจากการหักเหของเลนส์ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น รุ้งกินน้ำ มิราจ การทรงกรด เป็นต้น
- การสร้างเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ เช่น แว่นขยาย แว่นตา กล้องโทรทัศน์ กล้องจุลทรรศน์ เครื่องฉายภาพนิ่ง เป็นต้น

ตัวอย่าง คำถามที่นักเรียนยังคงสงสัย (นักเรียน ระบุเพียง 1 ข้อ)

- ถ้าคลื่นเจอตัวกลางที่ลักษณะเป็นวัตถุโปร่งแสง คลื่นจะเกิดการหักเหขึ้นหรือไม่ อย่างไร
- ทุกครั้งที่เกิดหักเหของคลื่น จะเกิดปรากฏการณ์สมบัติของคลื่นข้ออื่นๆตามมาได้หรือไม่ อย่างไร
- ทำไมบางครั้งเราเห็นฟ้าแลบแล้วค่อยได้ยินเสียงฟ้าร้องตามมา หรือในบางครั้งเราเห็นฟ้าแลบแต่ไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้อง
- ในเวลากลางวันกับกลางคืน ถ้ามีคนสองคนสื่อสารกัน เวลาไหนจะได้ยินเสียงเร็วกว่ากัน เพราะเหตุใด

## ใบงานที่ 1

**จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง**

1.การหักเหของคลื่น หมายถึงอะไร

ตอบ การหักเหของคลื่น เป็นสมบัติของคลื่น เกิดขึ้นเมื่อคลื่นเดินทางจากตัวกลางหนึ่ง ไปยังอีกตัวกลางหนึ่งที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ซึ่งเป็นต้นเหตุให้อัตราเร็วคลื่นเกิดการเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เนื่องจากการหักเหคลื่นค่าความถี่คลื่นเป็นค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ถ้าคลื่นตกกระทบเขตรอยต่อระหว่างตัวกลางที่ 1 กับตัวกลางที่ 2 แบบไม่ตั้งฉาก จะทำให้เกิดมุมตกกระทบในตัวกลางที่ 1 และเกิดมุมหักเหในตัวกลางที่ 2 โดยคลื่นส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับในตัวตัวกลางที่ 1

2. ปริมาณใดที่ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อคลื่นเกิดการหักเห

ตอบ ความถี่ เพราะความถี่ของคลื่น ขึ้นอยู่กับความถี่ของแหล

3. มุมวิกฤต ( Critical Angle ; $\theta c$ ) คืออะไร

ตอบ มุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหเป็น 90 องศา

4. การสะท้อนกลับหมด ( Total Reflection) คือ

ตอบ การหักเหที่มุมตกกระทบโตกว่ามุมวิกฤต ทำให้คลื่นเคลื่อนที่กลับในตัวกลางเดิมและเป็นไปตามกฎการสะท้อน

5. การที่จะเกิดมุมวิกฤตคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่อย่างไร

ตอบ คลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่จากน้ำตื้นผ่านรอยต่อไปยังน้ำลึก

6. กฎการหักเหของคลื่น กล่าวว่าอย่างไร

ตอบ 1. ทิศทางของคลื่นตกกระทบ เส้นแนวฉากและทิศทางของคลื่นหักเหอยู่ในระนาบเดียวกัน

2. อัตราส่วนของค่า sine ของมุมตกกระทบต่อค่า sine ของมุมหักเหสำหรับตัวกลางคู่หนึ่งๆ จะมีค่าคงที่เสมอ

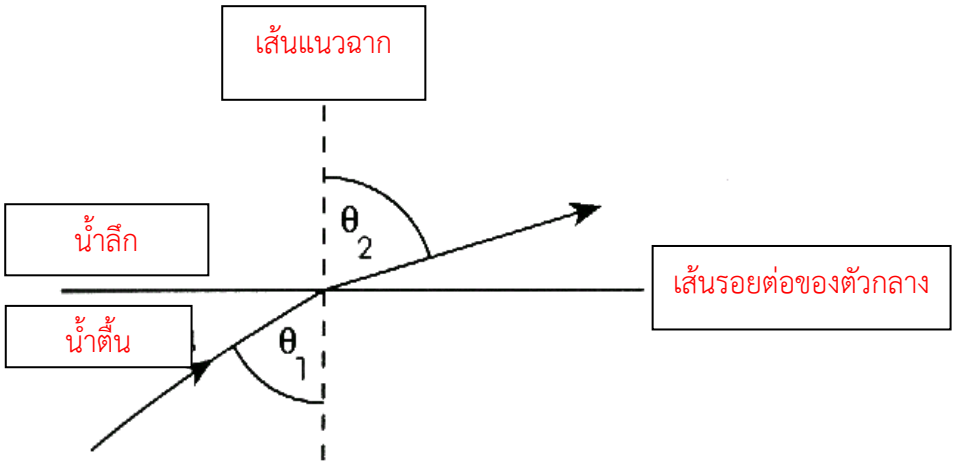
7. การหักเหของคลื่นเขียนสมการได้อย่างไร

ตอบ $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2}$

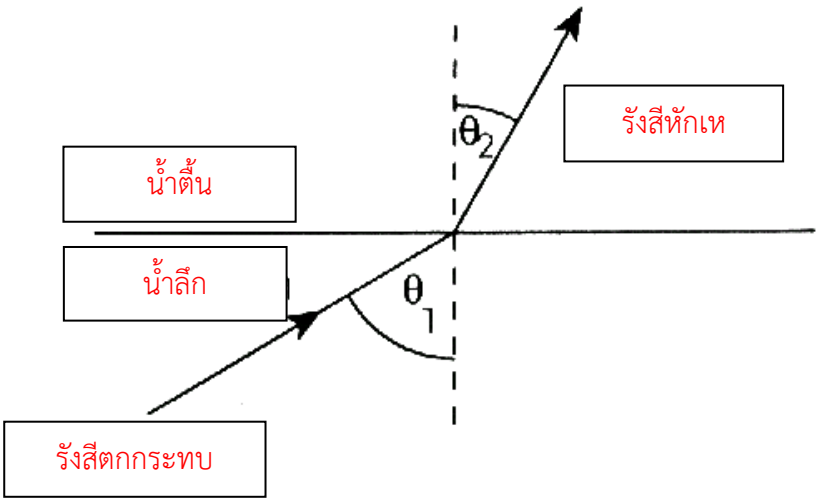
ใบงานที่ 2

**จงตอบคำถามลงในช่องที่กำหนดให้ ต่อไปนี้ให้ถูกต้อง**

1.




2.



1. คลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกเข้าสู่บริเวณน้ำตื้น โดยมีมุมตกกระทบเท่ากับ 45 องศา ปรากฏว่าแนวทางเดินของคลื่นหักเหทำมุม 30 องศา กับผิวรอยต่อระหว่างตัวกลาง ถ้าคลื่นผิวน้ำมีความถี่ 20 เฮิรตซ์ และความยาวคลื่นในบริเวณน้ำลึกเท่ากับ 4 เซนติเมตร จงหาอัตราเร็วคลื่นในบริเวณน้ำตื้น

**วิธีทำ**

**<u>ขั้นที่ 1</u> ทำความเข้าใจในปัญหา**

**1. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหาอะไร**

อัตราเร็วคลื่นในบริเวณน้ำตื้น $v_2$

**2. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

มุมตกกระทบ $\theta_1 =$ 45 องศา

มุมหักเห $\theta_2 =$ 30 องศา

ความถี่ f = 20 เฮิรตซ์

ความยาวคลื่นในบริเวณน้ำลึก $\lambda_1 =$ 4 เซนติเมตร = 0.04 เมตร

**<u>ขั้นที่ 2</u> วางแผนการแก้สมการ**

**3.สมการที่ใช้ในการคำนวณ**

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{v_1}{v_2}$$

**<u>ขั้นที่ 3</u> ดำเนินการแก้ปัญหา**

**4. แทนค่าเพื่อแก้สมการ**

จาก $$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{v_1}{v_2}$$

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{f\lambda_1}{v_2}$$

$$v_2=\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}f\lambda_1$$

$$v_2=\frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ}x20x0.04$$

$$v_2 = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}} x20x0.04$$

$$v_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} x2x20x0.04$$

$$v_2 = 1.13 \ \ m/s$$

**<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจคำตอบ**

**5. ตรวจคำถามทวนโจทย์**

นั่นคือ อัตราเร็วคลื่นในบริเวณน้ำตื้นเท่ากับ 1.13 เมตรต่อวินาที

2. ในการทดลองโดยใช้ถาดคลื่นพบว่า ความเร็วของคลื่นในน้ำลึกเป็น 2 เท่าของความเร็วในน้ำตื้น ถ้าจะทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมด คลื่นจะต้องตั้งต้นที่จากบริเวณไหน และมีมุมวิกฤตเท่าไร

**วิธีทำ**

**<u>ขั้นที่ 1</u> ทำความเข้าใจในปัญหา**

**1. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหาอะไร**

มุมหักเหในน้ำลึก $\theta_2$

**2. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

ความเร็วของคลื่นในน้ำลึกเป็น 2 เท่าของความเร็วในน้ำตื้น $v_2 = 2v_1$

มุมหักเห $\theta_2$ = 90 องศา

**<u>ขั้นที่ 2</u> วางแผนการแก้สมการ**

**3.สมการที่ใช้ในการคำนวณ**

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

**<u>ขั้นที่ 3</u> ดำเนินการแก้ปัญหา**

**4. แทนค่าเพื่อแก้สมการ**

จาก $$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\sin\theta_1 = \frac{v_1}{v_2}\sin\theta_2$$

$$\sin\theta_1 = \frac{v_1}{2v_1}\sin 90^\circ$$

$$\sin\theta_1 = \frac{1}{2}x1$$

$$\sin\theta_1 = \frac{1}{2}$$

$$\theta_1 = \sin^{-1}\frac{1}{2} \quad \theta_1 = 30^\circ$$

**<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจคำตอบ**

**5. ตรวจคำถามทวนโจทย์**

นั่นคือ คลื่นจะต้องตั้งต้นที่จากบริเวณน้ำตื้น และมุมหักเหในน้ำลึกมีค่าเท่ากับ 30 องศา

3. ถ้าคลื่นน้ำเคลื่อนที่ผ่านจากเขตน้ำลึกไปยังเขตน้ำตื้น แล้วทำให้ความยาวคลื่นลดลงครึ่งหนึ่ง จงหาอัตราส่วนของอัตราเร็วของคลื่นในน้ำลึกกับอัตราเร็วของคลื่นในน้ำตื้น

**วิธีทำ**

**<u>ขั้นที่ 1</u> ทำความเข้าใจในปัญหา**

**1. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหาอะไร**

มุมอัตราส่วนของอัตราเร็วของคลื่นในน้ำลึกกับอัตราเร็วของคลื่นในน้ำตื้น $\frac{v_1}{v_2}$

**2. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

ความยาวคลื่นลดลงครึ่งหนึ่ง $\lambda_2 = \frac{1}{2}\lambda_1$

**<u>ขั้นที่ 2</u> วางแผนการแก้สมการ**

**3.สมการที่ใช้**

**ในการคำนวณ**

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

**<u>ขั้นที่ 3</u> ดำเนินการแก้ปัญหา**

**4. แทนค่าเพื่อแก้สมการ**

จาก $$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\frac{1}{2}\lambda_1}$$

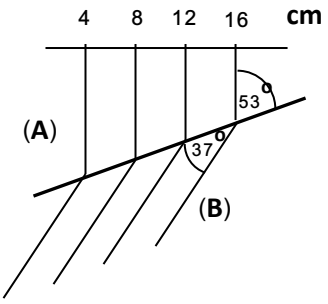
$$\frac{v_1}{v_2} = 2$$

**<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจคำตอบ**

**5. ตรวจคำถามทวนโจทย์**

นั่นคือ อัตราส่วนของอัตราเร็วของคลื่นในน้ำลึกกับอัตราเร็วของคลื่นในน้ำตื้นเท่ากับ 2

4. เมื่อคลื่นหน้าตรงเคลื่อนที่จากบริเวณ A ไปสู่บริเวณ B ในถาดเคลื่อน ทำให้เกิดการหักเหของคลื่นปรากฏดังรูป มีไม้สเกลเซนติเมตรวางเทียบไว้ ถ้าคลื่นนี้เกิดจากแหล่งกำเนิดซึ่งมีความถี่ 20 เฮิรตซ์ อัตราเร็วของคลื่นน้ำที่บริเวณ B จะมีค่ากี่เซนติเมตร/วินาที




**วิธีทำ**

**<u>ขั้นที่ 1</u> ทำความเข้าใจในปัญหา**

**1. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหาอะไร**

อัตราเร็วของคลื่นน้ำที่บริเวณB $v_B$

**2. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

ความถี่ f = 20 เฮิรตซ์

ความยาวคลื่น $\lambda_A$ = 4 เซนติเมตร

**<u>ขั้นที่ 2</u> วางแผนการแก้สมการ**

**3.สมการที่ใช้ในการคำนวณ**

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{v_A}{v_B}$$

**<u>ขั้นที่ 3</u> ดำเนินการแก้ปัญหา**

**4. แทนค่าเพื่อแก้สมการ**

จาก $$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{v_A}{v_B}$$

$$\frac{\sin 53^\circ}{\sin 37^\circ}=\frac{f\lambda_A}{v_2}$$

$$v_2=\frac{f\lambda_A \sin 37^\circ}{\sin 53^\circ}$$

$$v_2=\frac{20x4x\frac{3}{5}}{\frac{4}{5}}$$

$$v_2=60 \ \ cm/s$$

**<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจคำตอบ**

**5. ตรวจคำถามทวนโจทย์**

นั่นคือ อัตราเร็วของคลื่นน้ำที่บริเวณ B เท่ากับ 60 เซนติเมตรต่อวินาที

**<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจคำตอบ**

**5. ตรวจคำถามทวนโจทย์**

นั่นคือ มุมหักเหครั้งที่สอง เท่ากับ 90 องศา

5. คลื่นน้ำมีอัตราเร็วในน้ำลึกเป็น $\frac{5}{3}$ เท่าของอัตราเร็วในน้ำตื้น คลื่นจะต้องตั้งต้นเคลื่อนที่จากบริเวณใด จึงจะเกิดมุมวิกฤตได้ และมุมวิกฤตมีค่าเท่าใด

**วิธีทำ**

**<u>ขั้นที่ 1</u> ทำความเข้าใจในปัญหา**

**1. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหาอะไร**

คลื่นจะต้องตั้งต้นเคลื่อนที่จากบริเวณใดจึงจะเกิดมุมวิกฤตได้ และมุมวิกฤตมีค่าเท่าใด $\theta_1$

**2. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

อัตราเร็วในน้ำลึกเป็น $\frac{5}{3}$ เท่าของอัตราเร็วในน้ำตื้น $v_2 = \frac{5}{3}v_1$

มุมหักเห $\theta_2$ = 90 องศา

**<u>ขั้นที่ 2</u> วางแผนการแก้สมการ**

**3.สมการที่ใช้ในการคำนวณ**

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

**<u>ขั้นที่ 3</u> ดำเนินการแก้ปัญหา**

**4. แทนค่าเพื่อแก้สมการ**

จาก $$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\sin\theta_1 = \frac{v_1}{2v_1}\sin\theta_2$$

$$\sin\theta_1 = \frac{v_1}{\frac{5}{3}v_1}\sin 90^\circ$$

$$\sin\theta_1 = \frac{1}{2}x1$$

$$\sin\theta_1 = \frac{3}{5}$$

$$\theta_1 = \sin^{-1}\frac{3}{5} \quad = \quad \theta_1 = 37^\circ$$

**<u>ขั้นที่ 4</u> ตรวจคำตอบ**

**5. ตรวจคำถามทวนโจทย์**

นั่นคือ คลื่นจะต้องตั้งต้นที่จากบริเวณน้ำตื้น และมุมวิกฤตมีค่าเท่ากับ 37 องศา

## เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

| ข้อ | ก | ข | ค | ง |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | X |
| 2 | X | | | |
| 3 | | | X | |
| 4 | | X | | |
| 5 | | | X | |
| 6 | | | | X |
| 7 | | | X | |
| 8 | | | | X |
| 9 | | X | | |
| 10 | X | | | |

# ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ : นางสาวธิตินันท์ นาจาน

ตำแหน่ง : ข้าราชการครู วิทยฐานะ : ชำนาญการ โรงเรียนปากเกร็ด

วันเดือนปีเกิด : 28 เมษายน 2530

ที่อยู่ : บ้านเลขที่ 18/769 หมู่ 5 ต.บางพูด อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

เบอร์โทรศัพท์ : 089-028-4545

อีเมล : piplus@hotmail.co.th

ประวัติการศึกษา :

- มัธยมศึกษา แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนปากเกร็ด (2546-2548)
- ปริญญาตรี ครุศาสตรบัณฑิต เอกฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2549-2553)
- ปริญญาโท ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์