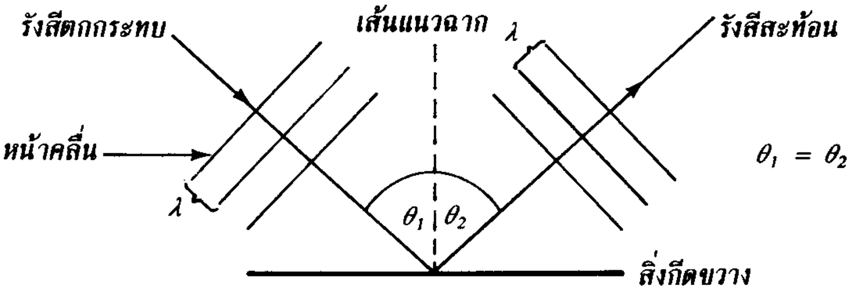
4. สมบัติของคลื่น

คลื่นโดยทั่วไปจะมีสมบัติ 4 ประการ คือ

- การสะท้อน (reflection)
- การหักเห (refraction)
- การแทรกสอด (interference)
- การเลี้ยวเบน (diffraction)

ก. การสะท้อนของคลื่น การสะท้อนของคลื่นจะเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเดินทางไปปะทะสิ่งกีดขวาง เช่น คลื่นน้ำเคลื่อนที่ไปชนกำแพง หรือคลื่นเชือกเคลื่อนที่ไปชนจุดที่เชือกตรึงกับเสา เป็นต้น การสะท้อนของคลื่นมีหลักสำคัญมา 2 ประการ คือ

หลักเกี่ยวกับมุม การสะท้อนของคลื่นจะต้องมีหลักว่า มุมตกกระทบ (θ_1) เท่ากับมุมสะท้อน (θ_2) และรังสีตกกระทบรังสีสะท้อน และเส้นแนวฉากต้องอยู่บนระนาบเดียวกัน ดูรูปที่ 4.9 ประกอบ

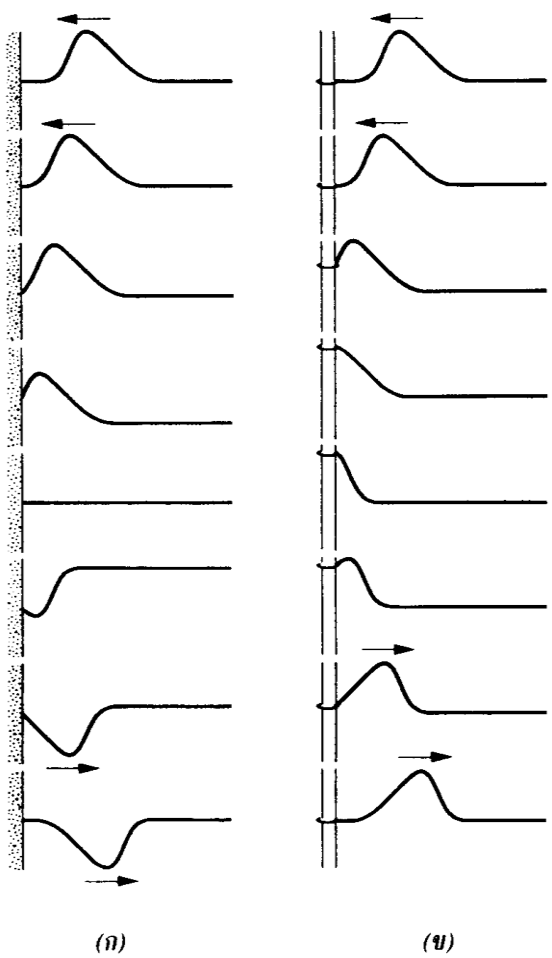


รูปที่ 4.9

หลักเกี่ยวกับเฟส

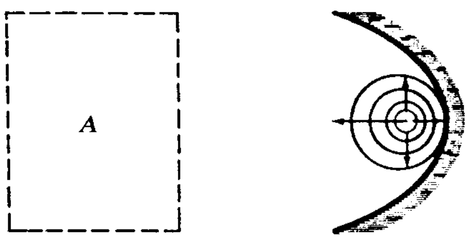
คลื่นที่สะท้อนกับจุดตรึงแน่น เช่น คลื่นดลในเส้นเชือกวิ่งไปสะท้อนกับปลายเชือกที่ผูกไว้แน่น ดังรูปที่ 10 (ก) ปรากฏว่าเฟสของคลื่นสะท้อนต่างกับเฟสของคลื่นก่อนสะท้อนอยู่ 180° เสมอ เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะธรรมชาติของจุดตรึงแน่นจะรักษาให้จุดตรึงแน่นมีแอมพลิจูดเป็นศูนย์เสมอ

คลื่นที่สะท้อนกับจุดอิสระ เช่น คลื่นดลในเส้นเชือกวิ่งไปสะท้อนกับปลายเชือกที่มีห่วงคล้องเสาให้สามารถเคลื่อนได้อิสระในแนวดิ่ง ดังรูปที่ 10 (ข) ปรากฏว่าเฟสของคลื่นสะท้อนจะตรงกับเฟสของคลื่นก่อนสะท้อน เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะตรงจุดสะท้อนอิสระแอมพลิจูดของคลื่นไม่จำเป็นต้องเป็นศูนย์

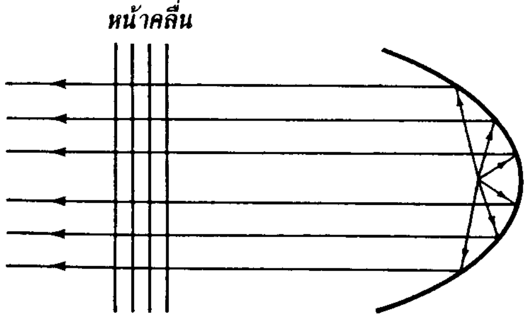


รูปที่ 10 ลักษณะคลื่นสะท้อนจากจุดตรึงแน่น (ก) และจุดอิสระ (ข)

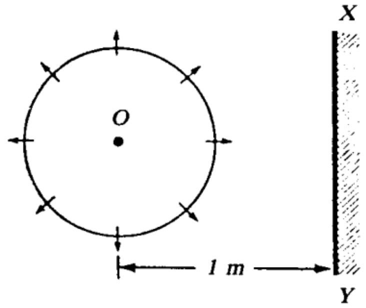
ตัวอย่างที่ 9 คลื่นน้ำวงกลมต่อเนื่องถูกส่งออกมาจากจุดโฟกัสของสิ่งกีดขวางรูปพาราโบลา ดังแสดงในรูป จงเขียนหน้าคลื่นของคลื่นสะท้อนที่บริเวณ A



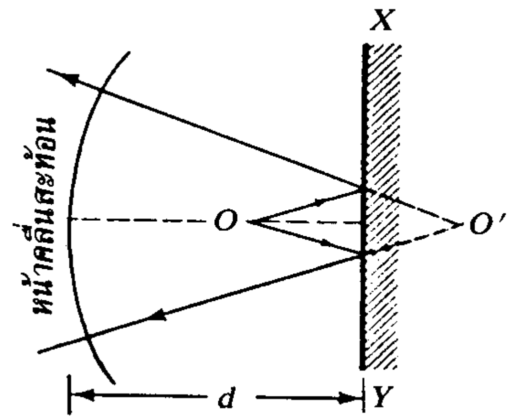
วิธีทำ คลื่นที่ถูกปล่อยออกมาจากจุดโฟกัสของสิ่งกีดขวางรูปพาราโบลาในทุกทิศทาง เมื่อสะท้อนกับผิวสะท้อนรูปพาราโบลาแล้วจะมีทิศทางของคลื่นสะท้อนพุ่งออกมาขนานกันหมดผ่านบริเวณ A หน้าคลื่นของคลื่นสะท้อนบริเวณ A จึงมีลักษณะเป็นคลื่นหน้าตรงดูรูปประกอบ



ตัวอย่างที่ 10 คลื่นดลวงกลมเป็นคลื่นน้ำความเร็ว 2 เมตรต่อวินาที ถูกส่งออกมาจากจุด O ห่างจากสิ่งกีดขวาง XY เป็นระยะ 1 เมตร อยากทราบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 2 วินาที ระยะที่หน้าคลื่นสะท้อนอยู่ไกลจากสิ่งกีดขวางมากที่สุดจะเป็นเท่าไร



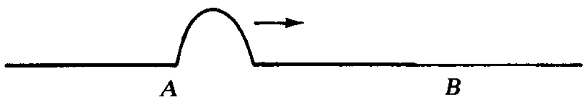
วิธีทำ คลื่นดลวงกลมที่วิ่งออกจากจุด O ไปกระทบกับ XY จะสะท้อนและเป็นไปตาม กฎการสะท้อนคือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ถ้าต่อทิศทางเดินของคลื่นสะท้อนไปอีกด้านของ XY จะตัดกันที่จุด O' และพิสูจน์ได้ว่าห่างจาก XY เท่ากับ 1 m เช่นเดียวกับจุด O ดังนั้น จึงดูราวกับว่าหน้าคลื่นสะท้อนเกิดมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นดลวงกลมที่อยู่ตรงตำแหน่ง O'



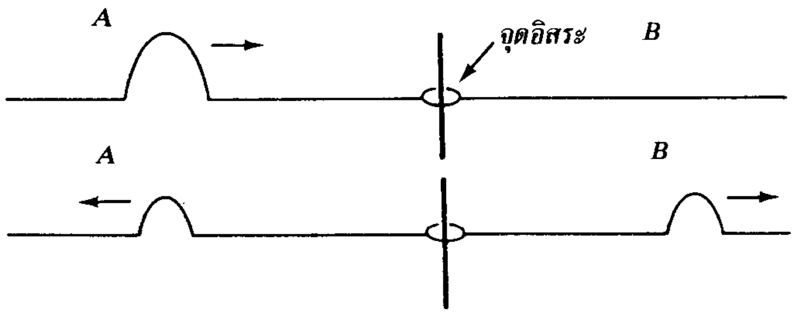
เมื่อเวลาผ่านไป 2 s หน้าคลื่นสะท้อนจะอยู่ไกลจาก O' เป็นระยะ $2 \times 2 = 4$ m แต่ระยะจาก O' ถึง XY เท่ากับ 1 m ดังนั้น ระยะ $d = 4 - 1 = 3$ m

นั่นคือ ระยะที่หน้าคลื่นสะท้อนอยู่ห่างจาก XY มากที่สุดเท่ากับ 3 เมตร

ตัวอย่างที่ 11 คลื่นดลเคลื่อนที่ในเส้นเชือกซึ่งทางด้าน A มีมวลมากกว่าทางด้าน B ดังรูป จงวาดรูปคลื่นเมื่อคลื่นดลวิ่งผ่านรอยต่อของ A กับ B ไปแล้ว

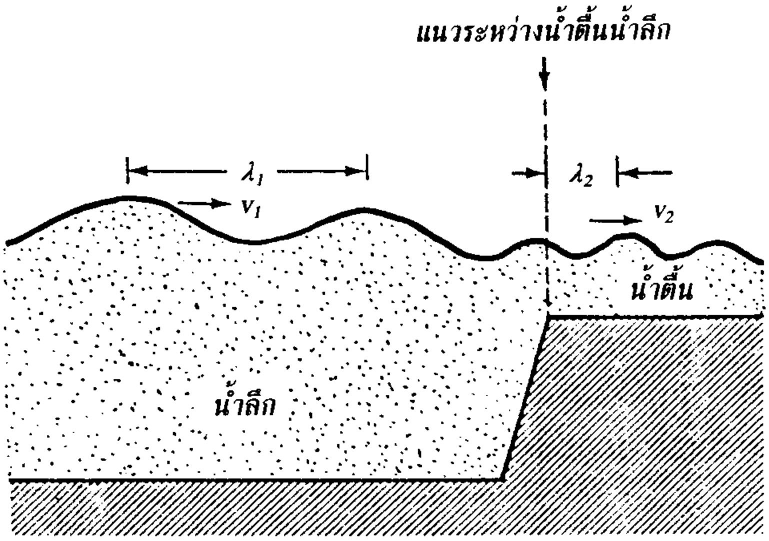


วิธีทำ เนื่องจากเชือก A มีมวลมากว่าเชือก B คลื่นดลที่วิ่งจาก A จะผ่านไปยัง B ส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับตรงรอยต่อระหว่าง A กับ B การสะท้อนจะเหมือนการสะท้อนของคลื่นที่จุดอิสระ ดูรูปประกอบ



ข. การหักเห

อาการที่คลื่นเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่เมื่อเคลื่อนผ่านตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งที่ต่างกัน เราเรียกว่า **การหักเหของคลื่น** สมบัติของคลื่นเดียวกันในตัวกลางต่างชนิดกันที่สำคัญคือ ความถี่ของคลื่นคงทีเสมอขณะที่ความเร็วและความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงได้



รูปที่ 4.11

พิจารณาคลื่นน้ำที่เคลื่อนจากบริเวณน้ำลึกเข้าสู่บริเวณน้ำตื้น ดังรูปที่ 11 ให้ v_1 และ v_2 เป็นความเร็วของคลื่นในน้ำลึกและน้ำตื้น ตามลำดับ λ_1 และ λ_2 เป็นความยาวคลื่นของคลื่นในน้ำลึกและน้ำตื้น ตามลำดับ แต่ความถี่ของคลื่นต่อเนื่องในตัวกลางที่ต่างกันคงที่เสมอ จึงได้

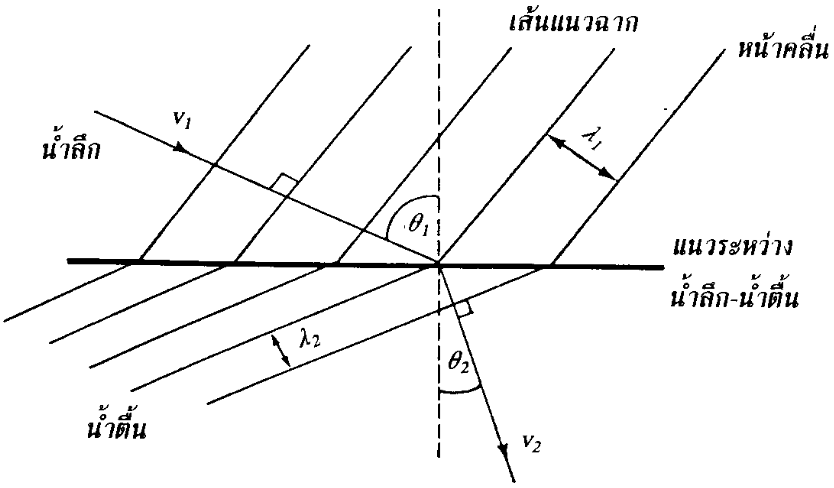
$$\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2}$$

หรือ

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

จากการทดลองว่า ความเร็วคลื่นในน้ำตื้นน้อยกว่าในน้ำลึกและความยาวคลื่นก็สั้นกว่าด้วย

พิจารณากรณีคลื่นน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกสู่บริเวณน้ำตื้น โดยที่ทิศทางการเคลื่อนที่ของมันไม่ตั้งฉากกับแนวระหว่างน้ำลึกน้ำตื้น จะพบว่าทิศทางของคลื่นที่เคลื่อนจากน้ำลึกเมื่อเข้าสู่น้ำตื้นแล้วจะหักเหเปลี่ยนทิศทางไป ดังรูปที่ 4.12 สาเหตุที่คลื่นหักเหเกิดจากความเร็วคลื่นเปลี่ยนไป



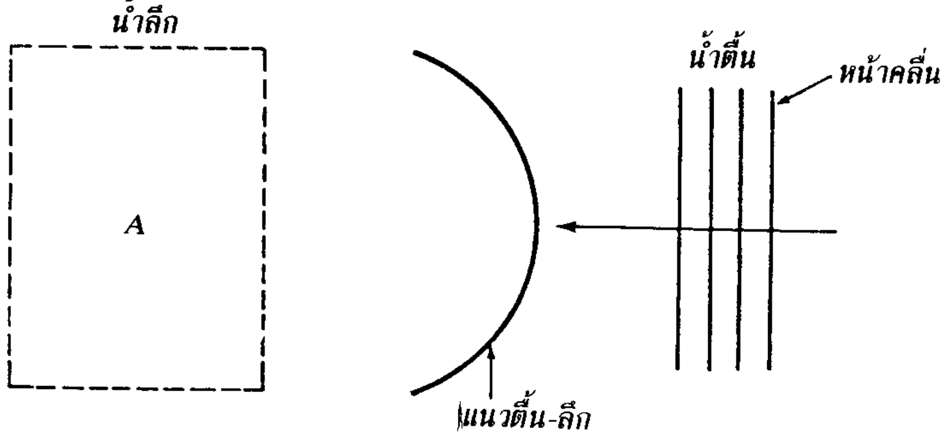
รูปที่ 4.12

θ_1 และ θ_2 เรียก มุมตกกระทบและมุมหักเห ตามลำดับ จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง v_1 , v_2, λ_1 λ_1 θ_1 และ θ_2 ดังนี้

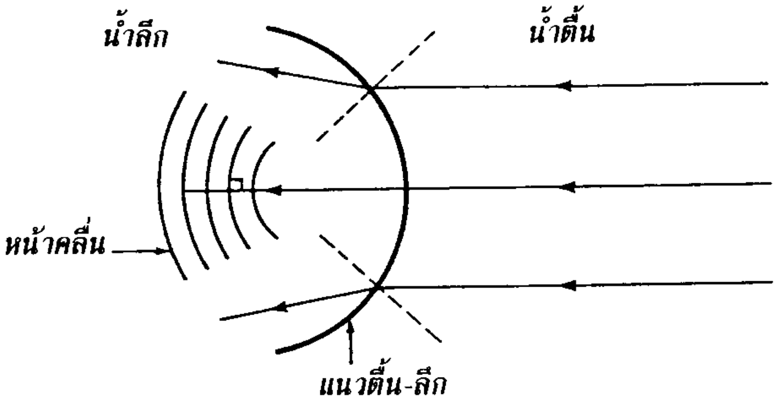
$$\boxed{\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = n} \qquad \text{........(4-5)}$$

โดยที่ n เป็นดรรชนีหักเหของน้ำตื้นเทียบน้ำลึก

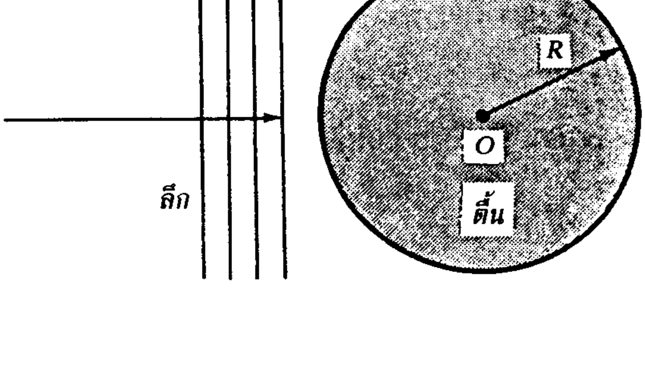
ตัวอย่าง 12 คลื่นน้ำเส้นตรงต่อเนื่องเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำตื้นเข้าสู่น้ำลึก จงวาดรูปแสดงหน้าคลื่นของคลื่นน้ำที่เดินทางผ่านแนวรอยต่อระหว่างน้ำตื้นน้ำลึกไปแล้วในบริเวณ A



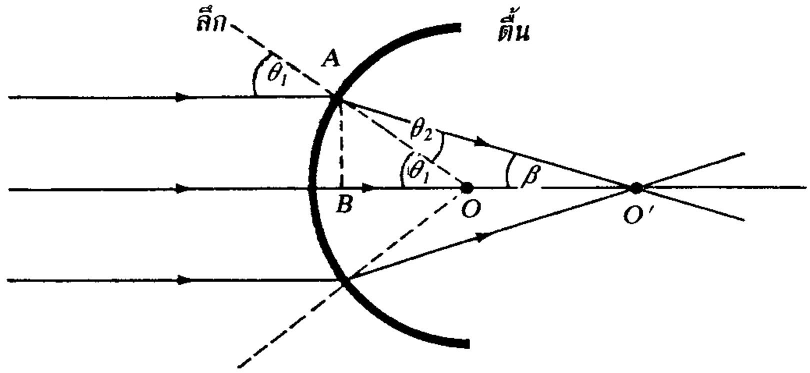
วิธีทำ คลื่นน้ำเส้นตรงต่อเนื่องจะมีหน้าคลื่นขนานกันตลอด ทางเดินของคลื่นตรงจุดไหนก็ตามจะขนานกันหมดเช่นกัน เมื่อคลื่นบริเวณ A มีลักษณะเป็นเส้นโค้ง ดูรูปประกอบ



ตัวอย่างที่ 13 คลื่นน้ำหน้าตรงเคลื่อนที่จากน้ำลึกเข้าสู่น้ำตื้นซึ่งมีลักษณะเป็นวงกลม รัศมี R ถ้าดรรชนีหักเหของน้ำตื้นเทียบน้ำลึกมีค่า $\sqrt{2}/(\sqrt{3}-1)$ คลื่นหน้าตรงจะหักเหไปรวมกันที่จุดหนึ่งห่างจากจุดศูนย์กลาง O เป็นระยะเท่าไร



วิธีทำ คลื่นน้ำวิ่งจากน้ำลึกเข้าสู่น้ำตื้นจะเบี่ยงเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก เพราะความเร็วของคลื่นในน้ำลึกมากกว่าในน้ำตื้น และเนื่องจากรอยต่อระหว่างน้ำลึกและ น้ำตื้นมีลักษณะเป็นโค้งวงกลม รัศมี R จุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด O คลื่นน้ำหน้าตรงจึงหักเหไปรวมกันที่จุด O′ ดังรูป



ตามสมการ (4 – 5) ได้ $$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = n \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

โดยที่ n เป็นดรรชนีหักเหของน้ำตื้นเทียบกับน้ำลึกซึ่งโจทย์กำหนดให้ ดังนั้น

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}-1}$$

เนื่องจากทิศทางที่คลื่นน้ำเดินทางเข้าปะทะกับรอยต่อจะทำมุมกับเส้นแนวฉากได้ต่างๆ กันมากมาย พิจารณาสมการ (2) ถ้าลองสมมติให้ $\theta_1 = 30^0$

$$\frac{\sin 30^0}{\sin\theta_2} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}-1}$$

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

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

$$\sin\theta_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}.\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2}.\frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\sin\theta_2 = \cos 30^0 \sin 45^0 - \sin 30^0 \cos 45^0$$

$$\sin\theta_2 = \sin(45^0 - 30^0)$$

$$\theta_2 = 45^0 - 30^0 = 15^0 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

จากสามเหลี่ยม AOO′ จะเห็นว่า

$$\theta_1 = \theta_2 - \beta$$

$$\beta = \theta_1 - \theta_2 = 30^0 - 15^0 = 15^0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

จากสามเหลี่ยม $AOO^{/}$ จะเห็นว่า

$$\theta_1 = \beta$$

ดังนั้น สามเหลี่ยม $AOO^{/}$ จึงเป็นสามเหลี่ยมหน้าจั่วจึงได้

$$OO^{/} = AO = R \qquad \text{..................} (5)$$

นั่นคือ จุดที่คลื่นน้ำหักเหไปรวมกันจะห่างจากจุดศูนย์กลาง O เป็นระยะ R

ค. การแทรกสอด เป็นปรากฏการณ์ที่คลื่นสองขบวนเคลื่อนที่ในตัวกลางเดียวกัน เคลื่อนที่มาซ้อนทับกัน ทำให้เกิดคลื่นใหม่

การแทรกสอดแบบเสริม เป็นการแทรกสอดที่เกิดในกรณีที่สันคลื่นหรือท้องคลื่นสองขบวนตรงกัน คลื่นที่เกิดใหม่จะมีแอมพลิจูดสูงมาก

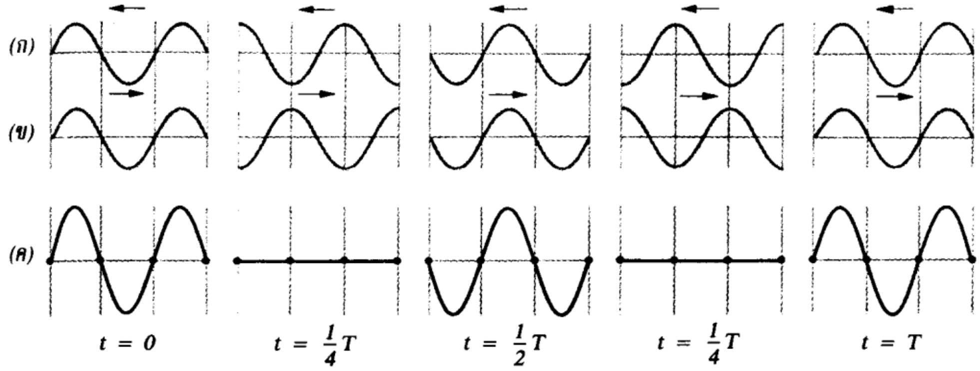
การแทรกสอดแบบหักล้าง เป็นการแทรกสอดที่เกิดในกรณีที่สันคลื่นของ คลื่นหนึ่งตรงกับท้องคลื่นของอีกคลื่นหนึ่ง คลื่นที่เกิดใหม่จะมีพลิจูดต่ำ

แหล่งกำเนิดอาพันธ์ เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นที่ให้คลื่นมีความถี่คงที่ อัตราเร็วและแอมพลิจูดคงที่และผลต่างของเฟสระหว่างจุดคู่หนึ่งบนคลื่นคงที่ตลอด ในกรณีที่มีแหล่งกำเนิดสองแหล่ง และเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์จะหมายความว่า แหล่งกำเนิดทั้งสองต้องให้คลื่นที่มีความถี่ตรงกัน อัตราเร็วคลื่นเท่ากันเฟสของคลื่นไม่จำเป็นต้องตรงกันแต่ต้องต่างกันคงที่เสมอ

คลื่นนิ่ง เกิดจากคลื่นสองขบวนจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์ซึ่งสวนกัน เช่น จากรูป 4.13 คลื่น ก เคลื่อนจากขวาไปซ้ายคลื่น ข เคลื่อนจากซ้ายไปขวา ทั้งคลื่น ก และ ข ต่างเป็นคลื่นจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์

$t = 0$ เป็นตอนเริ่มต้น สมมติว่าคลื่น ก และ ข มีสันคลื่นตรงกัน เมื่อรวมกันแล้วจะได้คลื่น ค ซึ่งแอมพลิจูดสูงมาก

$t = \frac{1}{4}T$ เป็นช่วงที่ผ่านจากตอนเริ่มต้นไปแล้ว $\frac{1}{4}$ เท่าของคาบ (T=คาบ) จะเห็นว่าคลื่น ก และคลื่น ข ต่างเคลื่อนไปจนสันคลื่น ก ตรงกับท้องคลื่นของคลื่น ข จึงเกิดการแทรกสอดแบบหักล้างได้คลื่นรวม ค มีแอมพลิจูดเป็นศูนย์



ก = คลื่นขบวนที่หนึ่ง

ข = คลื่นขบวนที่สอง

ค = คลื่นรวม (คลื่นนิ่ง)

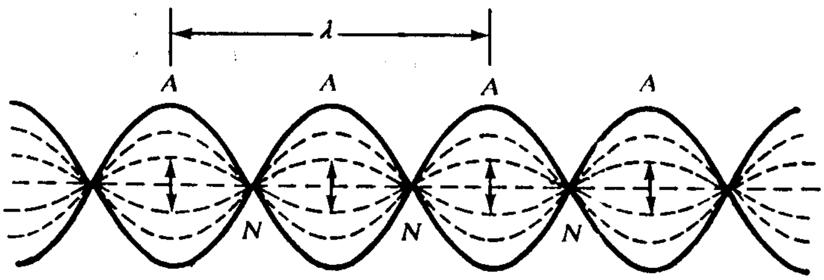
รูป 4.13 แสดงการเกิดคลืนนิง

$t = \frac{1}{2}T$ เป็นเวลาขณะที่ผ่านตอนเริ่มต้นไปแล้ว $\frac{1}{2}$ เท่าของคาบ ปรากฏว่าคลื่น ก และ ข เคลื่อนที่จนกระทั่งสันคลื่นตรงกันและท้องคลื่นตรงกันอีกครั้ง คลื่นรวมจึงเกิดจากการแทรกสอดแบบเสรมกัน จึงได้คลื่นรวม ค มีแอมพลิจูดสูงมาก

$t = \frac{3}{4}T$ เป็นเวลาขณะที่ผ่านตอนเริ่มต้นไปแล้ว $\frac{3}{4}$ เท่าของคาบ ปรากฏว่าการแทรกสอดของคลื่นจะกลับไปเหมือน $t = \frac{1}{4}T$

$t = T$ เป็นเวลาขณะที่ผ่านตอนเริ่มต้นไปแล้ว 1 เท่าของคาบ ปรากฏว่าการแทรกสอดของคลื่นจะกลับไปเหมือน $t = 0$

การแทรกสอดระหว่างคลื่น ก และ ข จะเป็นเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ ทำให้เราเห็นคลื่นนิ่งลักษณะดังรูป 4.14 ซึ่งมีลักษณะสำคัญประกอบด้วย



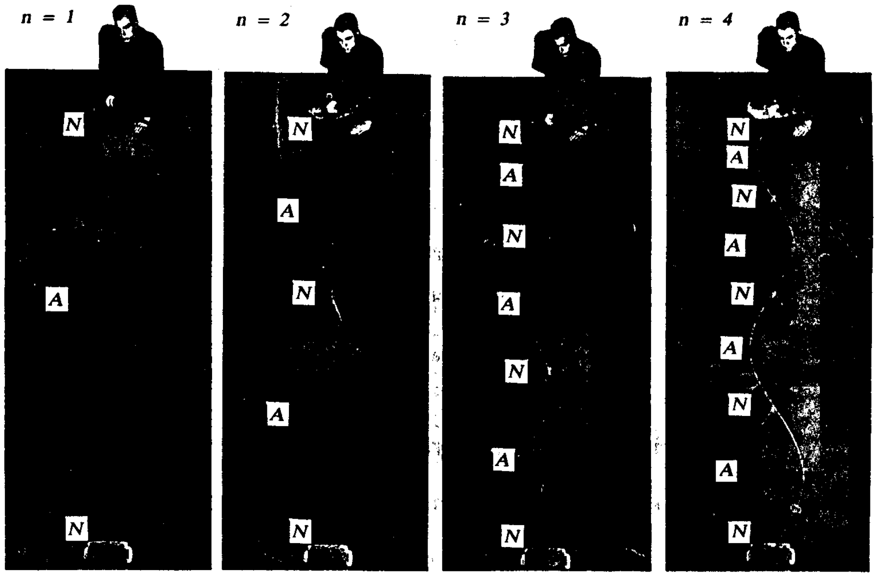
รูป 4.14 คลื่นนิ่ง

- A = antinode หรือปฏิบัพ

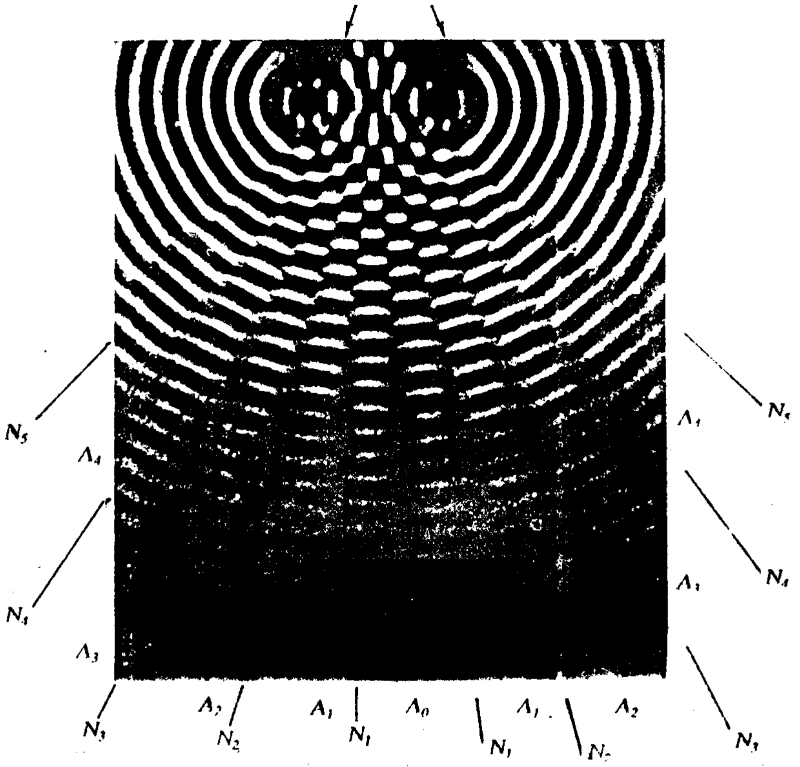
  N = node หรือบัพ
- A คลื่นจะสั่นอย่างแรงในแนวดิ่งตลอดเวลาโดยไม่เคลื่อนที่ไปซ้ายหรือขวา

  N คลื่นนิ่งจริงๆ ไม่เคลื่อนไหวเลย
- แอมพลิจูดของคลื่นนิ่งเป็น 2 เท่าของคลื่นเดิม

ตัวอย่างของคลื่นนิ่งที่สังเกตได้อย่างชัดเจน เช่น คลื่นนิ่งที่เกิดบนเชือก ดังรูป 4.15 เป็นคลื่นนิ่งบนเชือกที่เกิดจากคลื่นในเส้นเชือกเคลื่อนที่สวนกัน คลื่นนิ่งในแต่ละรูปนั้นเกิดขึ้นที่ความถี่สูงขึ้นตามลำดับ คลื่นนิ่งในรูปขวามือสุดความถี่สูงที่สุด ตัวอย่างของคลื่นนิ่งอีกอันหนึ่งที่เห็นได้ชัดเจน คือ คลื่นนิ่งบนผิวน้ำ ดังรูป 4.16 เกิดจากคลื่นน้ำที่ถูกส่งออกมาจากแหล่งกำเนิดคลื่น 2 แหล่งมาแทรกสอดกันที่เห็นชัดเจนคือ แนวปฏิบัพและแนวบัพ ซึ่งแตกต่างจากคลื่นนิ่งบนเชือกที่เห็นเฉพาะบัพและปฏิบัพเป็นจุด



รูป 4.15 คลื่นนิ่งบนเชือก

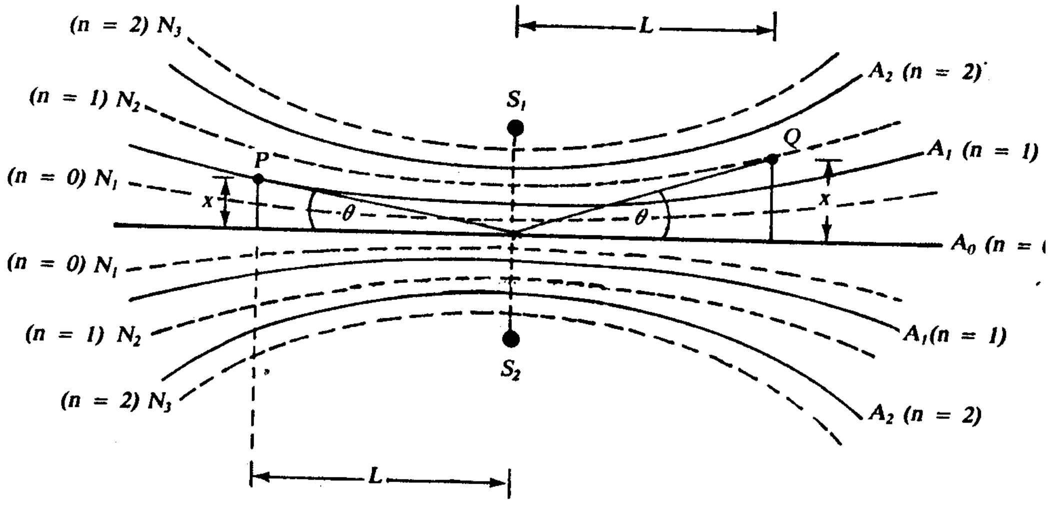


รูป 4.16 คลื่นนิ่งบนผิวน้ำ

สมการของคลื่นนิ่งกรณีเฟสตรงกัน สมมติว่า S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ให้คลื่นต่อเนื่องบนผิวน้ำอยู่ห่างกันเป็นระยะ d คลื่นจากแหล่งกำเนิดทั้งสองมีความยาวคลื่นเท่ากับ λ เมื่อคลื่นจากแหล่งกำเนิดทั้งสองคลื่นสวนกันจะเกิดคลื่นนิ่งลักษณะเดียวกับรูป 4.16 เราสามารถพิจารณาสมการที่เกี่ยวข้องกับคลื่นนิ่งได้ 2 ส่วน คือ บนเส้น S_1S_2 และ S_1S_2 นอกเส้น ดังนี้

บนเส้น S_1S_2	นอกเส้น S_1S_2
$N = \frac{2d}{\lambda}$ ....(4.6) $A = \frac{2d}{\lambda} + 1$ ....(4.7) N = จำนวนบัพบนเส้น S_1S_2 A = จำนวนปฏิบัพบนเส้น S_1S_2 จุดกึ่งกลางระหว่าง S_1 และ S_2 ต้องเป็นปฏิบัพเสมอ	$N: S_1O - S_2O = \pm\left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$ ......(4.8) $d \sin\theta = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$ . .. ...(4.9) $\frac{dx}{L} = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$ ....(4.10) $A: S_1P - S_2P = \pm n\lambda$ ......(4.11) $d \sin\theta = n\lambda$ ....(4.12) $\frac{dx}{L} = n\lambda$ ....(4.13) n = 0, 1, 2, 3,... เส้นที่ลากตั้งฉากกับ S_1S_2 เป็นแนวปฏิบัพเสมอ

สมการ (4-6) และ (4-7) ใช้สำหรับคำนวณจำนวนบัพและปฏิบัพที่เกิดบนเส้น S_1S_2 ส่วนสมการ (4-8)ถึงสมการ (4-13) ใช้สำหรับคำนวณเกี่ยวกับตำแหน่งบัพ ดังรูป 4.17 แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของจุด P และ Q ที่อยู่บนคลื่นนิ่งบนผิวน้ำ



รูป 4.17

x เป็นระยะจากจุด p หรือ Q ถึงแนว A_0 และ L เป็นระยะจากจุด P หรือ Q ถึงแนว S_1S_2 ถ้าจุด Pอยู่บนแนวปฏิบัพใดๆ จะต้องสอดคล้องกับสมการ (4 - 11) ถึง (4 - 13) ถ้าจุด Q อยู่บนแนวบัพใดๆ จะต้องสอดคล้องกับสมการ (4-8) ถึง (4-10) ความหมายของแนวปฏิบัพต่างๆ มีดังนี้

A_0 (เป็นแนวปฏิบัพกลางต้องตั้งฉากกับ S_1S_2 มีค่า n=0) หมายความว่าจุด P ซึ่งอยู่บน A_0 คลื่นน้ำจะสั่นแรง เพราะคลื่นจาก S_1 และ S_2 วิ่งในระยะที่เท่ากัน มาแทรกสอดแบบเสริมกันพอดีที่จุด P

A_1 (n=1)หมายความว่า จุด P บน A_1 คลื่นน้ำจะสั่นแรง เพราะคลื่นจาก S_1 และ S_2 วิ่งในระยะทางทีต่างกัน λ (ความยาวคลื่นของคลื่นน้ำ) มาแทรกสอดแบบเสริมกันพอดีทีจุด P

A_2 (n=2) หมายความว่า จุด P บน A_1 คลื่นน้ำจะสั่นแรง เพราะคลื่นจาก S_1 และ S_2 วิ่งในระยะทางทีต่างกัน 2λ มาแทรกสอดแบบเสริมกันพอดีทีจุด P

สำหรับกรณีของบัพมีความหมายดังนี้

N_1 (n=0) หมายความว่าจุด Q ซึ่งอยู่บน N_1 คลื่นน้ำจะนิ่ง เพราะคลื่นจาก S_1 และ S_2 วิ่งในระยะทางทีต่างกัน $\frac{1}{2}\lambda$ มาแทรกสอดแบบเสริมกันพอดีทีจุด Q

N_1 (n=1) หมายความว่าจุด Q ซึ่งอยู่บน N_1 คลื่นน้ำจะนิ่ง เพราะคลื่นจาก S_1 และ S_2 วิ่งในระยะทางทีต่างกัน $\frac{3}{2}\lambda$ มาแทรกสอดแบบเสริมกันพอดีทีจุด Q

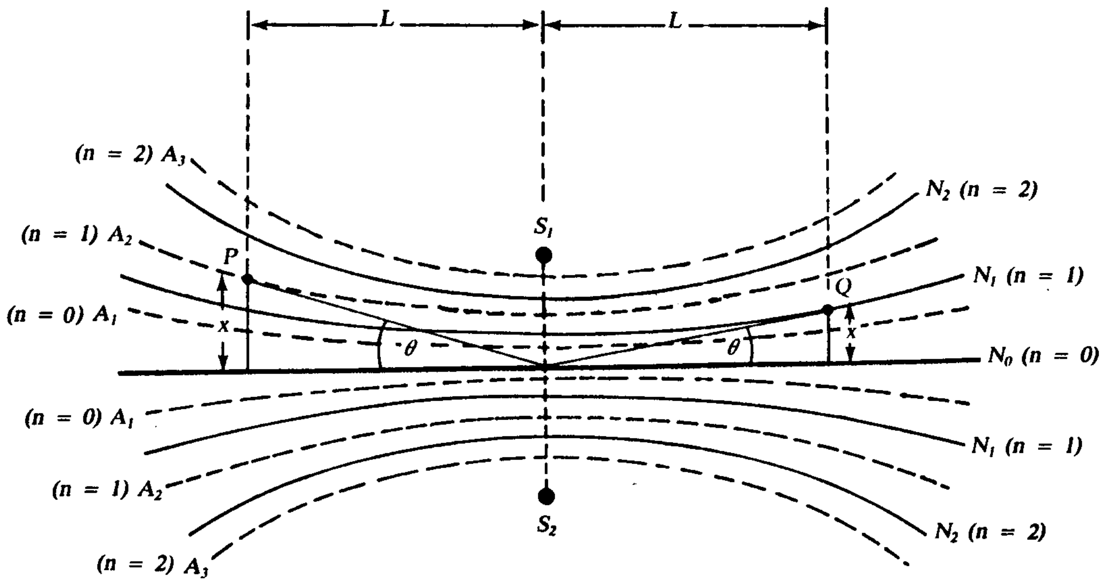
สำหรับแนวปฏิบัพและแนวบัพอื่นๆ จะมีความหมายทำนองเดียวกน โดยเปลี่ยนผลต่างของระยะทางระหว่าง S_1P กับ S_2Pและ S_1Q กับ S_2Q ไปตามค่าของ n

ข้อควรระวัง สำหรับสมการ (4-10) และ (4-13) ใช้ เมื่อ L มีค่ามากกว่า d มากๆ หรือกรณีจุดที่เราพิจารณาอยู่ไกลจาก S_1 และ S_2 มากๆ

สมการของคลื่นนิ่งกรณีเฟสต่างกัน 180^0 เป็นกรณีที่ S_1 และ S_2 ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์แต่มีเฟสต่างกัน 180^0 อยู่ห่างกันเป็นระยะ d และปล่อยคลื่นที่มีความยาวคลื่นเท่ากับ λ ออกมา คลื่นจาก S_1 และ S_2 จะมาแทรกสอดกันและเกิดคลื่นนิ่งได้เช่นเดียงกัน โดยมีลักษณะคล้ายรูป 4.16 สมการที่เกี่ยวข้องมีดังนั้น

บนเส้น S_1S_2	นอกเส้น S_1S_2
$N = \frac{2d}{\lambda} + 1$ ……..(4-14) $A = \frac{2d}{\lambda}$ ……..(4-15) N = จำนวนบัพบนเส้น S_1S_2 A = จำนวนปฏิบัพบนเส้น S_1S_2 จุดกึ่งกลางระหว่าง S_1 กับ S_2 ต้องเป็นปฏิบัพเสมอ	$N: S_1Q - S_2Q = \pm n\lambda$ ……(4-16) $d \sin\theta = n\lambda$ . .. …(4-17) $\frac{dx}{L} = n\lambda$ ….(4-18) $A: S_1P - S_2P = \pm\left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$ ……(4-19) $d \sin\theta = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$ …….(4-20) $\frac{dx}{L} = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$ …….(4-21) n = 0, 1, 2, 3, 4,… เส้นที่ลากตั้งฉากกับ S_1S_2 เป็นแนวปฏิบัพเสมอ

สมการ (4-14) ถึง (4-12) ใช้คำนวณเกี่ยวกับคลื่นนิ่งในทำนองเดียวกันที่ได้พิจารณามาแล้ว แต่คลื่นนิ่งที่ปรากฏจะมีลักษณะแตกต่างจากรูป 4.17 เล็กน้อยดังรูป 4.18 ประกอบ xเป็นระยะจากจุด P หรือ Q ถึงแนว N_0 และ L เป็นระยะจากจุด P หรือ Q ถึงแนว S_1S_2



รูป 4.18

ตัวอย่าง 16 ถ้า S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นในถาดคลื่นซึ่งมีความถี่เท่ากัน แอมพลิจูดเท่ากันห่างกัน 8 เซนติเมตร ถ้าความยาวคลื่นเท่ากับ 4 เซนติเมตร จะเกิดจุดบัพกี่จุดในแนว S_1S_2 ถ้า

ก. เฟสตรงกัน

ข. เฟสต่างกัน 180^0

วิธีทำ ก. กรณีที่ S_1 และ S_2 เฟสตรงกัน ตามสมการ (4-6) จะได้จำนวนบัพ N ในแนว S_1S_2

$$N = \frac{2d}{\lambda}$$

$$\therefore N = \frac{2 \times 8}{4} = 4$$

นั้นคือ ในแนว S_1S_2 จะมีบัพทั้งหมด 4 จุด

ข. กรณีที่ S_1 และ S_2 เฟสตรงกัน 180^0 ตามสมการ (4-14) จะได้

$$N = \frac{2d}{\lambda} + 1$$

$$\therefore N = \left(\frac{2x8}{4}\right) + 1 = 5$$

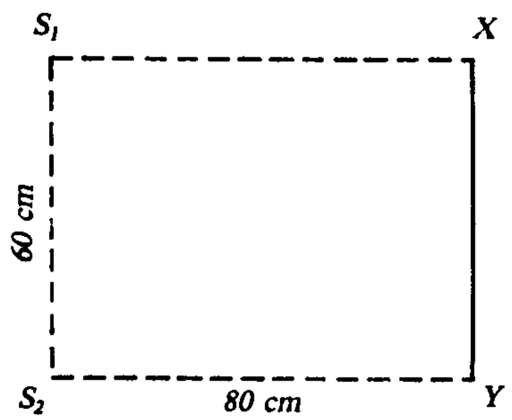
นั้นคือ ในแนว S_1S_2 จะมีบัพทั้งหมด 5 จุด

ตังอย่าง 17 จากรูป S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นน้ำ ความยาวคลื่น แอมพลิจูด และเฟสตรงกัน ถ้าความยาวคลื่นเท่ากับ 2 เซนติเมตร

ก. ในแนว S_1S_2 จะมีบัพผ่านกี่แนว

ข. ในแนว XY จะมีบัพผ่านกี่แนว

ค. ในแนว S_1X จะมีบัพผ่านกี่แนว



วิธีทำ ก. จำนวนบัพในแนว S_1S_2 คำนวณได้จากสมการ (4-6) ดังนั้น

$$N = \frac{2d}{\lambda}$$

$$\therefore N = \frac{2(60)}{2} = 60$$

นั้นคือ ในแนว S_1S_2 จะมีบัพทั้งหมด 60 จุด

ข. การหาจำนวนแนวบัพที่ผ่าน XY ซึ่งอยู่นอกแนว S_1S_2 ออกไปเป็นระยะ 80 จะต้องหาให้ได้ว่าจุด X หรือ Y มีแนวบัพหรือแนวปฏิบัพที่เท่าไรมาพากผ่านหรือไม่

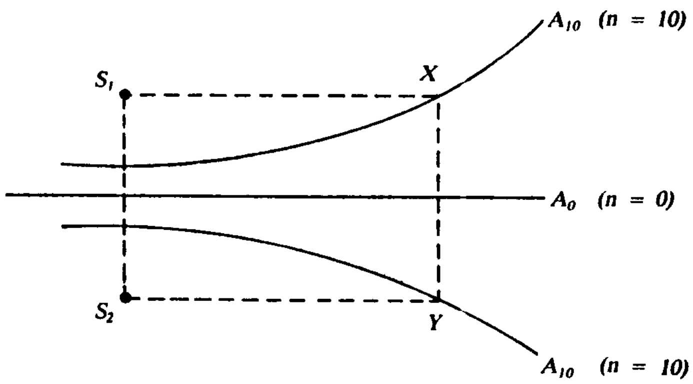
จากรูป จะเห็นว่า $S_2X = \sqrt{(60)^2 + (80)^2} = 100\,\text{cm}$ ถ้าให้จุด X มีแนวปฏิบัพผ่าน จะได้

$$S_2X - S_1X = n\lambda$$

$$100 - 80 = n(2)$$

$$\therefore n = 10$$

ได้ $n = 10$ เป็นจำนวนเต็มแสดงว่าจุด X มีแนวปฏิบัพผ่านจริงๆ และเป็นแนวปฏิบัพ A_{10} (ถ้าได้ n ไม่เป็นเลขจำนวนเต็มแสดงว่าแนวปฏิบัพ ไม่ผ่านจริงต้องลองดูกับแนวบัพอีกครั้ง) ทำนองเดียวกันที่จุด Y จะมี A_{10} ผ่านเช่นกัน ดังรูป



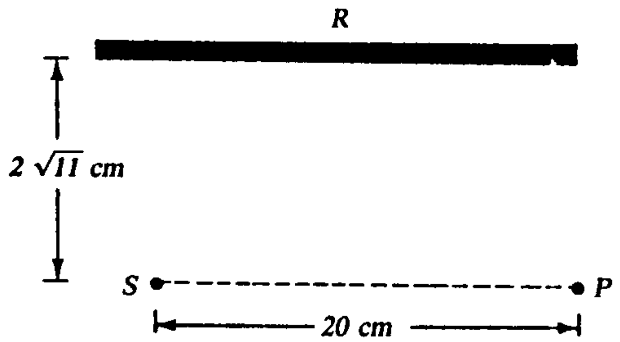
ถัดจากจุด X เข้าไปทางทิศ Y จะพบ N_{10} เป็นอันดับแรก ทำนองเดียวกันถัดจากาจุด Y เข้าไปทางทิศ X จะพบ N_{10} เป็นอันดับแรกเช่นกัน จึงสรุปได้ว่าบน XY จะมีแนวบัพผ่าน 20 แนว

นั่นคือ บนแนว XY จะมีแนวบัพผ่าน 20 แนว

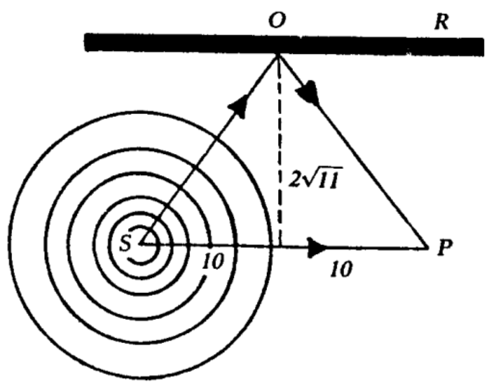
ค. เนื่องจากการเกิดคลื่นนิ่งของ S_1 และ S_2 เกิดบัพทั้งหมด 60 แนว และผ่าน XY เพียง 20 แนวยังเหลืออีก 40 แนว ในจำนวน 40 แนวที่เหลือนี้ครึ่งหนึ่งจะผ่าน S_1X และอีกครึ่งหนึ่งจะผ่าน S_2Y

นั่นคือ บนแนว S_1X จะมีแนวบัพผ่าน 20 แนว

ตัวอย่าง 18 จากรูป S เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นน้ำ ความยาวคลื่น 4 เซนติเมตร ส่งคลื่นออกรอบตัวทุกทิศทาง โดยมี R เป็นกำแพงตรงขวางทางอยู่ ห่างจาก S เท่ากับ $2\sqrt{11}$ เซนติเมตร ณ จุด P ซึ่งห่างจาก S เป็นระยะ 20 เซนติเมตร และห่างจากกำแพง R เท่ากับ $2\sqrt{11}$ เซนติเมตร น้ำจะเคลื่อนไหวอย่างไร



วิธีทำ เนื่องจาก S แผ่คลื่นน้ำออกรอบตัว และมีกำแพง R ขวางไว้ จุด P จึงได้รับคลื่นจาก S ทั้งหมด 2 ขบวนแรกมาจาก S โดยตรง วิ่งในแนว SP และขบวนที่สองมาจาก S ที่สะท้อนกับ R แล้วมาถึง P ได้ ดูรูปประกอบ



ดังนั้นได้ $SO = \sqrt{(2\sqrt{11})^2 + (10)^2}$ ……….(1)

$= 12$

ระยะ $SOP = SO + OP$

$= 12 + 12 = 24$ ………(2)

สมมติถ้า P เป็นปฏิบัพ จะได้

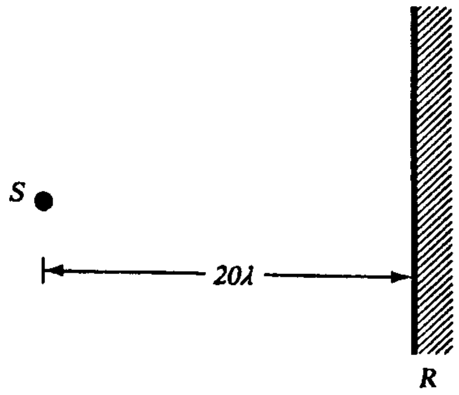
ระยะ $SOP - SP = n\lambda$

$24 - 20 = n(4)$

$\therefore \ n = 1$ ………..(3)

นั่นคือ ที่จุด P น้ำจะมีการไหวอย่างรุนแรงเพราะคำนวณได้ $n = 1$ เป็นเลขจำนวนเต็ม สอดคล้องว่าจุด P เป็นปฏิบัพ

ตัวอย่าง 19 จุดกำเนิดคลื่น S ในถาดคลื่น ให้กำเนิดคลื่นอย่างต่อเนื่องด้วยความถี่ค่าหนึ่ง มีวัตถุขอบตรง R กั้นสะท้อนคลื่นที่ระยะห่างออกมาจาก S เท่ากับ 20 เท่าของความยาวคลื่น ถามว่าจะเกิดแนวบัพกี่แนว ระหว่าง S กับ R



วิธีทำ คลื่นน้ำถูกส่งออกจาก S อย่างต่อเนื่องวิ่งไปสะท้อนกับ R จะเห็นว่าโมเลกุลน้ำเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ในแนวตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น ซึ่งเข้ากันได้กับการสะท้อนของคลื่นจากจุดสะท้อนอิสระ แปลว่าคลื่นน้ำที่สะท้อนจาก R จะมี เฟสตรงกับคลื่นที่มาจาก S ดังนั้น จึงมองได้ว่ามี คลื่นเหมือนกันทุกอย่างสองขบวนวิ่งสวนกันจึงเกิดคลื่นนิ่งระหว่าง S กับ R โดยที่จะได้

$$N = \frac{2d}{\lambda}$$

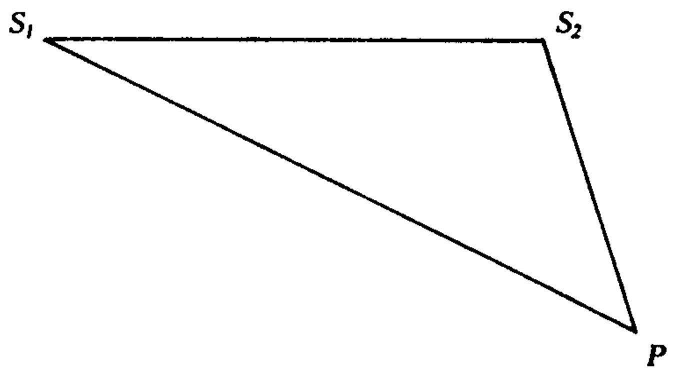
$$\therefore N = \frac{2(20\lambda)}{\lambda}$$

$$= 40$$

เมื่อ N เป็นจำนวนบัพที่เกิดบนแนวระหว่าง S กับ R

นั้นคือ แนวระหว่าง S กับ R จะเกิดแนวบัพทั้งหมด 40 แนว

ตัวอย่าง 20 จากรูป S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นน้ำที่ให้แอมพลิจูด ความยาวคลื่นและเฟส ตรงกัน จุด P เป็นจุดที่แนว N_4 ผ่านและเป็นแนวบัพสุดท้ายด้วย ถ้าผลต่างระหว่าง S_1P กับ S_2P มีค่าเท่ากับ 7 เซนติเมตร แหล่งกำเนิด S_1 กับ S_2 จะห่างกันเท่าไร



วิธีทำ เนื่องจากจุด P มีแนว N_4 ผ่าน ดังนั้นได้

$$S_1P - S_2P = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$7 = \left(3 + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$\therefore \lambda = 2 \text{ cm} \qquad \text{……….(1)}$$

โจทย์กำหนดว่าแนว N_4 เป็นแนวบัพสุดท้ายที่เกิดขึ้น แสดงว่าระหว่าง S_1 กับ S_2 จะมี บัพทั้งหมด 8 จุด

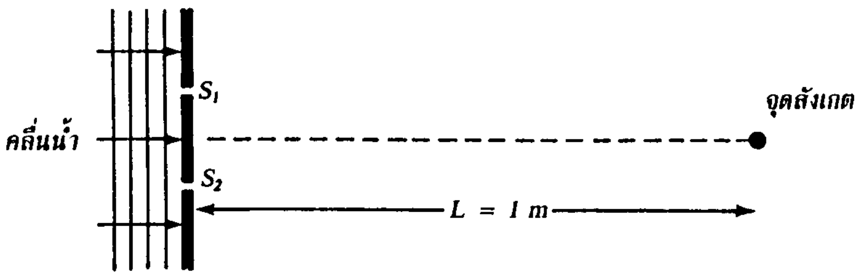
จาก
$$N = \frac{2d}{\lambda}$$

$$\therefore 8 = \frac{2L}{2}$$

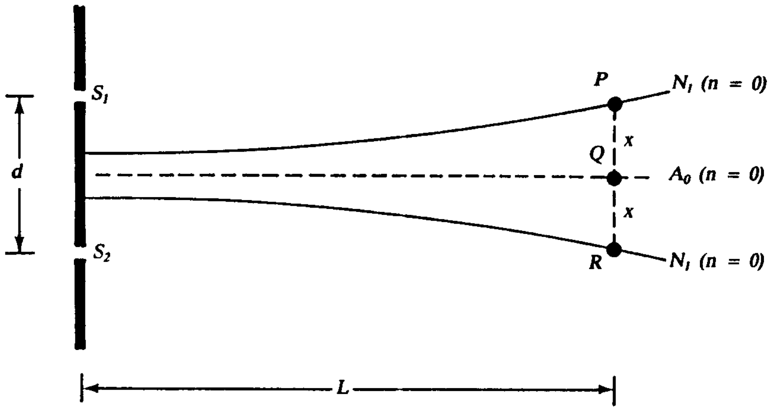
$$d = 8 \text{ cm} \qquad \text{………(2)}$$

นั่นคือ ระยะระหว่าง S_1 กับ S_2 เท่ากับ 8 S_1 กับ S_2 เซนติเมตร

ตัวอย่าง 21 คลื่นน้ำหน้าตรงต่อเนื่อง ความยาวคลื่น 4 เซนติเมตร เคลื่อนที่ปะทะสิ่งกีดขวางซึ่งมีช่องห่างกัน 10 เซนติเมตร ทำให้คลื่นน้ำที่เคลื่อนผ่านสิ่งกีดขวาง ไปแล้วเกิดการแทรกสอดจนได้คลื่นนิ่ง เสมือนว่าช่อง 2 ช่องเล็กๆ นั้นเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ ดังรูป จงคำนวณความกว้างของแนว A_0 ตรงจุดสังเกตซึ่งอยู่ห่างจากช่องทั้งสองเป็นระยะ 1 เมตร



วิธีทำ โจทย์กำหนดให้ S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ และเนื่องจากหน้าคลื่นปะทะ S_1 และ S_2 พร้อมกัน กังนั้นเฟสของคลื่นจาก S_1 และ S_2 จึงตรงกัน ทำให้ได้แนวเส้นประจากรูปที่โจทย์กำหนดเป็นแนว A_0 ถ้าเราจะหาความกว้างของแนว A_0 ตรงจุดสังเกตซึ่งห่างออกไป 1 m เราจะต้องพิจารณา N_1 ดังนี้



ตามสมการ (4-10) จะได้

$$\frac{dx}{L} = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

สำหรับ $N_1 \ (n = 0);$

$$\frac{(10)x}{100} = \left(0 + \frac{1}{2}\right)$$

$$x = \frac{100}{20} = 5 \ \text{cm}$$

จากรูป ความกว้างของแนว A_0 คือ PR ซึ่งเท่ากับ $2x$ ดังนั้น

$$PR = 2(5) = 10 \quad \text{cm}$$

นั่นคือ ความกว้างของแนว A_0 เท่ากับ 10 เซนติเมตร

ง. การเลี้ยวเบน

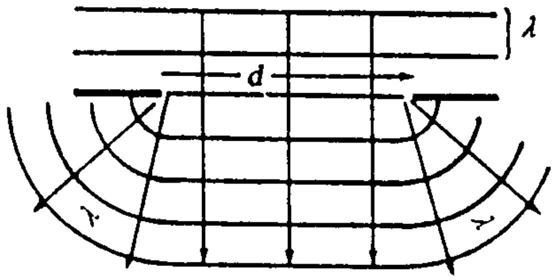
หลักของฮอยเกนส์

กล่าวว่า "**แต่ละจุดบนหน้าคลื่นถือได้ว่าเป็นจุดกำเนิดของคลื่นใหม่**" ดูรูป 4.24 ประกอบ ซึ่งแสดงคลื่นน้ำเส้นตรงต่อเนื่องเคลื่อนที่ เข้าหาสิ่งกีดขวางโดยที่หน้าคลื่นขนานกับสิ่งกีดขวาง ที่สิ่งกีดขวางมีช่องเล็กๆ ขนาดความกว้างของช่องน้อยกว่าหรือเท่ากับความยาวคลื่นของคลื่นของคลื่นน้ำ ปรากฏว่าคลื่นที่วิ่งคลื่นที่วิ่งผ่านช่องเล็กๆ ออกมาจะเป็นคลื่นวงกลมต่อเนื่องคล้ายกับว่าช่องเล็กๆ นั้นเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นใหม่ ช่องเล็กๆ อาจเทียบได้กับจุดหนึ่งบนหน้าคลื่น ซึ่งการแสดงนี้ยืนยันหลักของฮอยเกนส์

การเลี้ยวเบนจากช่องแคบเดี่ยว

เป็นตัวอย่างการเลี้ยวเบนของคลื่นที่ดี เช่น ให้คลื่นน้ำหน้าตรงเคลื่อนปะทะช่องแคบเดี่ยวหรือสลิตเดี่ยวที่สามารถปรับความกว้างของช่องได้ จะพบการเลี้ยวเบนของคลื่นในแต่ละกรณี ดังนี้

เลี้ยวเบนและไม่แทรกสอด $(d >> \lambda)$



รูป 4.19

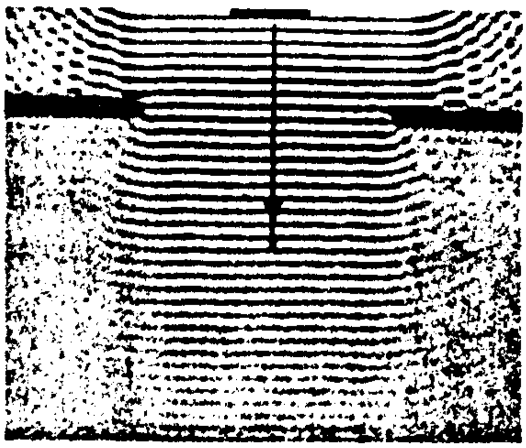
เมื่อ d = ความกว้างของช่องแคบเดี่ยว

λ = ความยาวคลื่นน้ำ

กรณีนี้ คลื่นตรงกลางช่องแคบเคลื่อนที่ตรงตามปกติ แต่ตรงขอบของช่องแคบคลื่นจะเลี้ยวเบน และพบว่าคลื่นที่เลี้ยวเบนมี

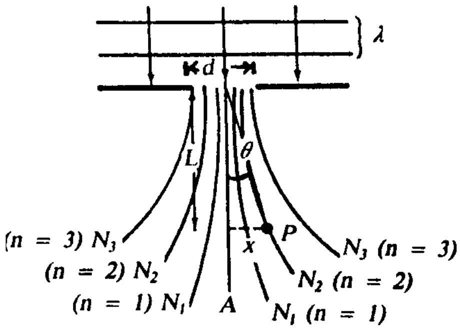
λ ความยาวคลื่นเท่าความยาวคลื่นเดิม

λ แอมพลิจูดน้อยกว่าคลื่นเดิม

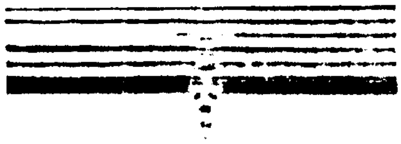


รูป 4.20

เลี้ยวเบนและแทรกสอด $(d < \lambda)$



รูป 4.21



รูป 4.22

คลื่นเมื่อผ่านช่องแคบเดี่ยวไปแล้วจะเลี้ยวแบน และไปแทรกสอดเกิดแนวบัพและแนว ปฏิบัพ แนวกลางเป็นปฏิบัพเสมอ

λ ถ้าจุด P อยู่บนแนวบัพที่ n จะได้

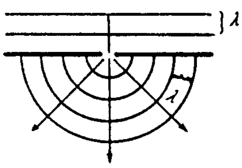
แนวบัพ : $d\sin\theta = n\lambda$ ....(4-22)

$;n = 1, 2, 3,...$

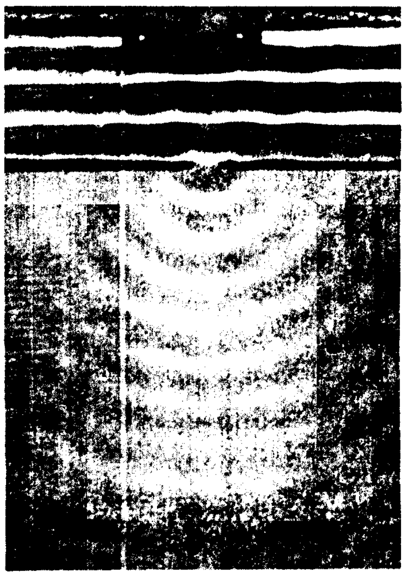
$$\frac{dx}{L} = n\lambda \qquad \text{.........(4-23)}$$

λ สำหรับแนวปฏิบัพไม่มีสมการง่ายๆ แต่โดยประมาณแนวปฏิบัพจะอยู่กึ่งกลางระหว่างแนวบัพ

เลี้ยวเบนอย่างมาก $(d << \lambda)$



รูป 4.23



รูป 4.24

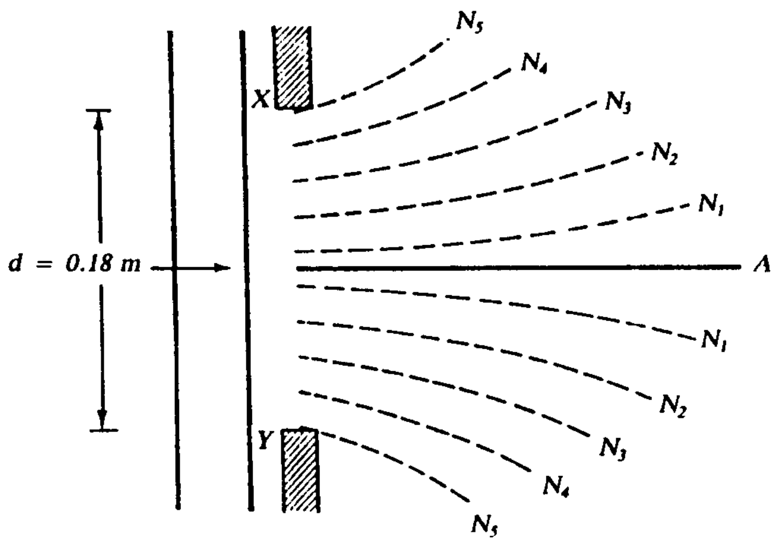
คลื่นเมื่อผ่านช่องแคบ กรณีนี้จะเลี้ยวเบนอย่างมากจนเห็นได้ว่า ช่องแคบเดี่ยวประพฤติตัวเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นวงกลมที่มีความยาวคลื่นเท่ากับคลื่นที่ตกกระทบช่องแคบเดี่ยว กรณีนี้ยืนยันหลักของฮอยเกนส์

การเลี้ยวเบนจากสลิตคู่

ให้คลื่นน้ำหน้าตรงต่อเนื่องความยาวคลื่น λ เคลื่อนที่ผ่าน ช่องแคบคู่หรือสลิต (doubie slit) ซึ่งช่องแคบแต่ละช่องเล็กมากจนกระทั่งเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นใหม่ได้ ดังตัวอย่าง 21 ระยะระหว่างช่องเท่ากับ d คลื่นน้ำที่ผ่านสลิตคู่ไปแล้วจะเลี้ยวเบนแล้วแทรกสอดทำให้เกิดคลื่นนิ่ง ที่เห็นแนวบัพและแนวปฏิบัพได้ชัดเจนมาก เหมอนกับการแทรกสอดของคลื่นน้ำซึ่งแสดงมาแล้วในรูป 4.16 และการคำนวณจุดใดๆ ว่าจะเป็นแนวบัพหรือปฏิบัพทำได้เช่นเดียวกันโดยคิดกรณีที่เฟสตรงกัน ตามสมการ (4-6) ถึง (4-13)

ตัวอย่าง 22 คลื่นน้ำหน้าตรงต่อเนื่องเคลื่อนที่เข้าหาช่องแคบเดี่ยวกว้าง 0.18 เมตร คลื่นน้ำที่ผ่านช่องแคบเดี่ยวออกมาจะเกิดการแทรกสอดได้แนวบัพทั้งหมด 10 แนว อยากทราบว่าความยาวคลื่นของคลื่นน้ำเท่าไร

วิธีทำ



จากรูป แสดงการเลี้ยวเบนของคลื่นน้ำผ่านช่องแคบเดี่ยวแล้ว แทรกสอดเห็นลวดลายของคลื่นนิ่ง มีแนวบัพชัดเจน 10 แนว สำหรับกรณีนี้จะได้วาความกว้างของช่องเท่ากับ 9 เท่าของ $\frac{\lambda}{2}$ หรือ

$$\frac{9\lambda}{2} = d \qquad \text{..........(1)}$$

โดยที่ λ เป็นความยาวคลื่นน้ำ และ d เป็นความกว้างของช่องแคบเดี่ยว

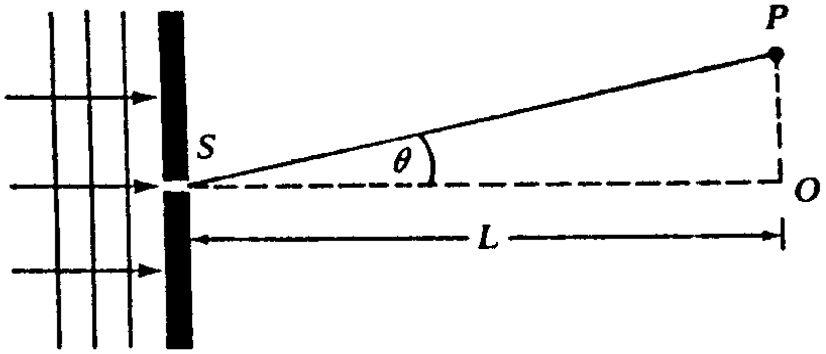
$$\therefore \frac{9\lambda}{2} = 0.18$$

$$\lambda = 0.04 \;\; \text{m}$$

$$= 4 \;\; \text{cm} \qquad \ldots\ldots\ldots.(2)$$

นั้นคือ ความยาวคลื่นของคลื่นน้ำเท่ากับ 4 เซนติเมตร

ตัวอย่าง 23 คลื่นน้ำหน้าตรงต่อเนื่อง ความยาวคลื่น λ เคลื่อนที่เข้าหาช่องแคบเดี่ยวกว้าง d ซึ่ง $d > \lambda$ ตรงจุด P ดังแสดงในรูป ห่างจากช่องแคบเดี่ยวในแนวตั้งฉากเป็นระยะ L จะเกิดมีแนวบัพที่ n พาดผ่าน จงคำนวณระยะ OP เมื่อ L มีค่ามาก และ θ น้อยๆ



วิธีทำ ความจริงระยะ OP สามารถคำนวณได้ตามสมการ (4-23) แต่จะแสดงให้เห็นว่าสมการ (4-23) มาได้อย่างไรหรือการหา OP โดยละเอียดทำอย่างไร ดังนี้

จาก $$d\sin\theta = n\lambda \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

ถ้า θ น้อยๆจะถือว่า $\sin\theta \cong \tan\theta$ จากสามเหลี่ยม SPO 0twfh

$$\tan\theta = \frac{PO}{SO} = \frac{PO}{L}$$

$$\therefore \sin\theta \approx \frac{PO}{L} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

จากสมการ (1) และ (2) จะได้

$$d\frac{(PO)}{L} = n\lambda$$

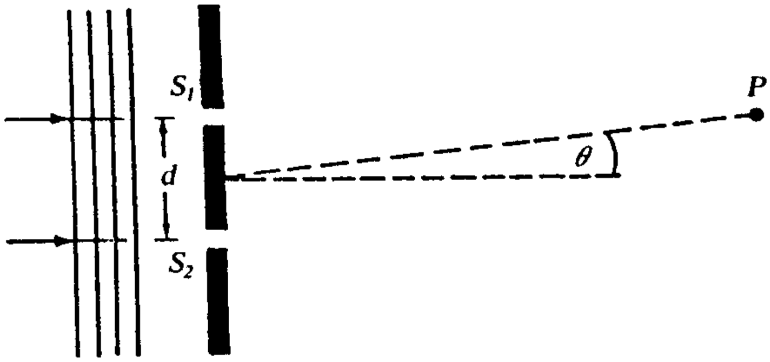
$$\therefore PO = \frac{n\lambda L}{d} \quad \text{หรือ} \quad d\frac{(PO)}{L} = n\lambda$$

นั่นคือ ระยะ OP จะมีค่าเท่ากับ $\frac{n\lambda L}{d}$

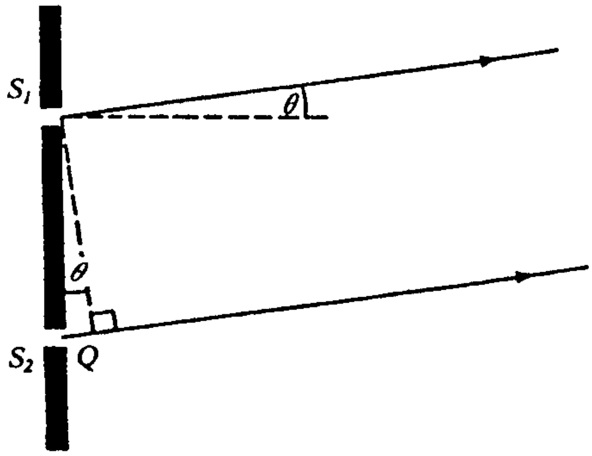
ตัวอย่าง 24 จากรูป สลิตคู่ S_1 และ S_2 ห่างกัน d มีคลื่นหน้าตรงเป็นคลื่นน้ำวิ่งเข้าหาโดยหน้าคลื่นขนานกับแนวของสลิตคู่การแทรกสอดกันของคลื่นน้ำที่จุด P จะเกิดขึ้น จงพิสูจน์ว่าที่จุดที่จะเป็น (โดยคิดว่าจุด P อยู่ไกลมาก)

ก. ปฏิบัพ ถ้า $d\sin\theta = n\lambda\ ;\ n = 0, 1, 2,\ldots$

ข. บัพ ถ้า $d\sin\theta = \left(n+\frac{1}{2}\right)\lambda;\ n = 0, 1, 2,\ldots$



วิธีทำ เนื่องจากจุด P อยู่ไกลจากสลิตคู่มากการหาผลต่างระหว่าง S_2P กับ S_1P จึงกระทำตรงไปตรงมาได้ไม่ง่ายนัก



จากรูป สมติว่า P อยู่ไกลมากตามโจทย์กำหนด ดังนั้นจึงอนุมานได้ว่า S_2P และ S_1P ขนานกัน

ถ้าจุด P เป็นปฏิบัพ แสดงว่า S_1 และ S_2 ส่งคลื่นไปเสริมกัน ซึ่งผลต่างของระยะทาง S_2P กับ S_1P ต้องเท่ากับจำนวนเต็มเท่าของความยาวคลื่นหรือได้

$$S_2P - S_1P = n\lambda; \quad n = 0, 1, 2,\ldots$$

$$S_2Q = n\lambda; \quad n = 0, 1, 2,\ldots \qquad \ldots\ldots\ldots(1)$$

แต่จากสามเหลี่ยม S_1S_2Q จะได้

$$\sin\theta = \frac{S_2Q}{d}$$

$$S_2Q = d\sin\theta \qquad \text{.........(2)}$$

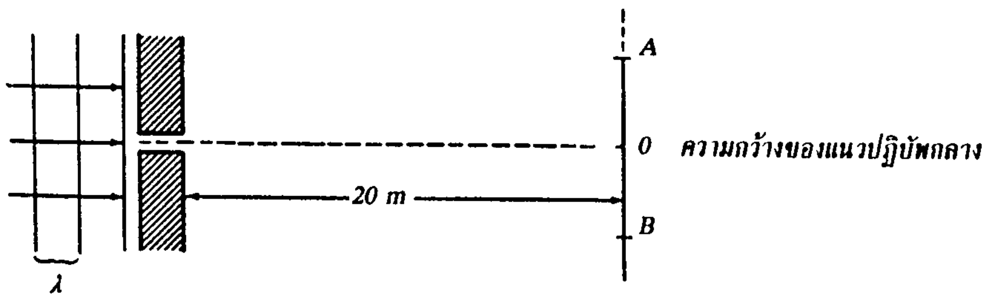
จากสมการ (1) และ (2) จะได้

$$d\sin\theta = n\lambda; \quad n = 0, 1, 2, \ldots \qquad \text{.........(3)}$$

ถ้าจุด P เป็นบัพ แสดงว่า S_1 และ S_2 ส่งคลื่นไปหักล้างกันที่จุด P ซึ่งผลต่างของระยะทาง S_2P กับ S_1P ต้องเท่ากับจำนวนครึ่งเท่าของความยาวคลื่น และในทำนองเดียวกับปฏิบัพจะสามารถแสดงได้ว่า

$$d\sin\theta = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda; \; n = 0, 1, 2, \ldots \qquad \text{..........(4)}$$

ตัวอย่าง 25 จากรูป คลื่นน้ำเคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดแคบๆ ช่องหนึ่งแล้วเกิดแทรกสอด พบว่าที่ระยะห่างจากช่องเปิดออกไป 20 เมตร แนวปฏิบัพกลางมีความกว้าง 2 เมตร ถ้าช่องเปิดกว้าง 0.5เมตร จงคำนวณความยาวคลื่นของคลื่นน้ำ



วิธีทำ จากรูป AB เป็นความกว้างของแนวปฏิบัพกลาง ความกว้าง AB นี้จะยิ่งมากถ้าช่องแคบมีขนาดความกว้างลดลง จุด A และ B จะต้องมีแนวบัพที่ 1 ผ่าน ดังนั้น $x = \frac{AB}{2}$ จะได้

จาก
$$\frac{dx}{L} = n\lambda$$
$$\frac{(0.5)(1)}{20} = (1)\lambda$$
$$\lambda = \frac{1}{4}\text{m}$$
$$\therefore \lambda = 2.5\text{cm}$$

นั่นคือ ความยาวคลื่นของคลื่นน้ำมีค่า 2.5 เซนติเมตร

หมายเหตุ ถ้าอยากทราบว่าแนวปฏิบัพแรกถัดจากแนวกลางจะอยู่สูงจากจุด 0 เท่าไร จะสามารถคำนวณได้อย่างคร่าวๆ โดยใช้สมการ

แนวปฏิบัพ : $$d\sin\theta = \frac{dx}{L} = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda; \quad n = 0, 1, 2, \ldots$$

สมการ นี้เป็นการประมาณเท่านั้น และจะได้

$n = 1$; $$\frac{dx}{L} = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda = \frac{3}{2}\lambda$$

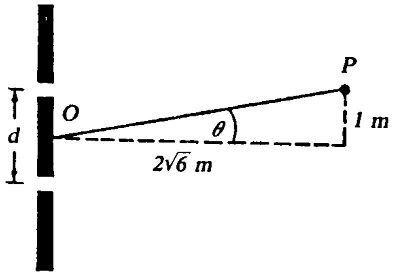
$$x = \frac{3}{2}\frac{\lambda L}{d}$$

$$x = \frac{3}{2}\frac{\left(2.5x10^{-2}\right)(20)}{0.5}$$

$$= 1.5m$$

นั่นคือ แนวปฏิบัพถัดไปจะสูงจากจุด 0 เป็นระยะ 1.5 เมตร

ตัวอย่าง 26 คลื่นน้ำหน้าตรงความยาวคลื่น 2 เซนติเมตร พุ่งตรงเข้าหาสลิตคู่ในแนวตั้งฉาก โดยที่สลิตคู่ห่างกัน 15 เซนติเมตร ดังรูป จุด P เป็นบัพหรือปฏิบัพ



วิธีทำ ถ้าจุด P เป็นปฏิบัพ จำได้

$$d\sin\theta = n\lambda$$

$$(15)\frac{1}{OP} = n(2) \qquad \text{………..(1)}$$

จากรูปจะได้ $OP = \sqrt{(1)^2 + \left(2\sqrt{6}\right)^2} = 5m$ ………..(2)

ดังนั้น จากสมการ (1) และ (2) จะได้

$$(15)\frac{1}{5} = n(2)$$

$$n = 1.5 \qquad \text{………..(3)}$$

เนื่องจาก n เท่ากับ 1.5 ไม่เป็นเลขจำนวนเต็ม แสดงว่าจุด P ไม่ใช่ปฏิบัพ ดังนั้น จึงต้องลองต่อไปว่าจุด P เป็นบัพหรือไม่ ถ้าจุด p เป็นแนวบัพ จะได้

$$d\sin\theta = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$(15)\frac{1}{5} = \left(n + \frac{1}{2}\right)(2)$$

$$n = 1 \qquad \text{………..(4)}$$

เนื่องจากคราวนี้คำนวณได้ n เท่ากับ 1 เป็นเลขจำนวนเต็ม แสดงว่า P เป็นบัพ

นั่นคือ จุด P จะเป็นบัพ

****