

เอกสารประกอบการติวฟรี Live!



คลื่น A-Level & TPAT3

15 ต.ค.



พบกันเวลา 17:30 น. เป็นต้นไป
Youtube: PhysicsFarm

โดย ฟาร์ม อ.ปิยะวัฒน์



PhysicsFarm

06 คลื่น



มีการถ่ายทอดพลังงานและโมเมนตัมโดยตัวกลางไม่ได้เคลื่อนไปด้วย

คลื่น : คือการส่งผ่านพลังงานจากต้นกำเนิด → พลายทาง

ประเภท

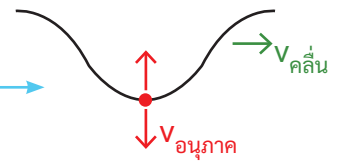
แบ่งตาม
การอาศัยตัวกลาง

- คลื่นกล: ต้องการตัวกลาง
- คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า: ไม่จำเป็นต้องมีตัวกลาง

ทุกๆ คลื่นมลพ.เป็นคลื่นตามขวางเสมอ

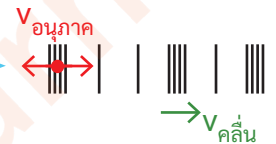
แบ่งตามทิศการสั่น

- คลื่นตามขวาง: $\vec{v}_{\text{คลื่น}} \perp \vec{v}_{\text{อนุภาค}}$
- คลื่นตามยาว: $\vec{v}_{\text{คลื่น}} \parallel \vec{v}_{\text{อนุภาค}}$



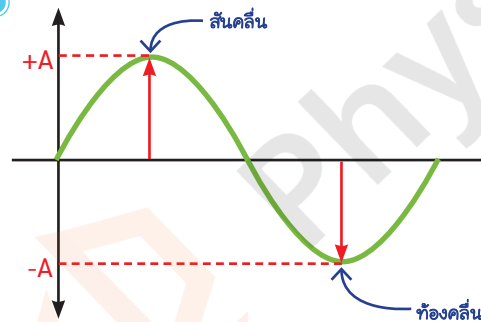
แบ่งตามจำนวน
ครั้งในการเกิด

- คลื่นคล...1 ครั้ง
- คลื่นเป็นช่วง
- คลื่นต่อเนื่อง



องค์ประกอบ

การกระจัด



- ความยาวคลื่น (λ) = ค.ยาวของคลื่น 1 ลูก
[4 จังหวะ = 1 ลูกคลื่น]
[สันถึงสัน ; ท้องถึงท้อง]

- คาบ $T = \frac{\text{เวลา}}{\text{ลูกคลื่น}}$
 - ความถี่ $f = \frac{\text{ลูกคลื่น}}{\text{เวลา}}$
- $T = \frac{1}{f}$

*เวลาอนุภาคสั่นครบ 1 รอบ = เวลาคลื่นเคลื่อน 1 ลูก
 $T_{\text{อนุ}} = T_{\text{คลื่น}}$

ปริมาณพื้นฐาน

ความเร็วคลื่น

$$v = \frac{s}{t} = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$$

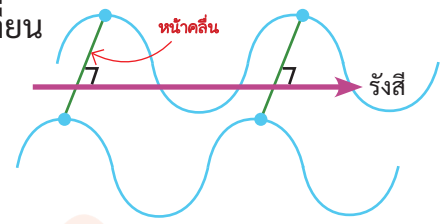
คลื่นน้ำตื้น: $v \approx \sqrt{gd}$ (ความลึก)

คลื่นเชือก: $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ → แรงตึงเชือก
→ อัตราส่วนมวลต่อความยาว ($\mu = \frac{m}{L}$)

- พลังงาน $E \propto A^2$
- f : มีค่าขึ้นกับแหล่งกำเนิด
- v : มีค่าขึ้นกับชนิดตัวกลาง

สมบัติคลื่น → f คงที่

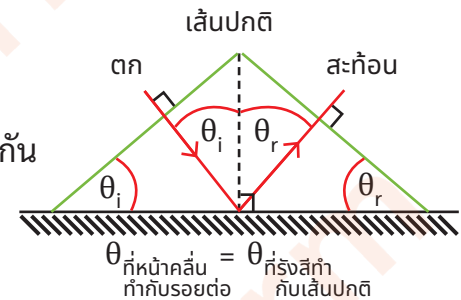
- เชิงเรขาคณิต { **สะท้อน:** คลื่นเจอสิ่งกีดขวางแล้วด้งกลับมาในตัวกลางเดิม
- เชิงเรขาคณิต { **หักเห:** คลื่นเดินทางเปลี่ยนตัวกลาง → v เปลี่ยน
- เชิงคลื่น { **เลี้ยวเบน:** อ้อมสิ่งกีดขวาง
- เชิงคลื่น { **แทรกสอด:** รวมกัน $\begin{cases} \text{เสริม} \\ \text{หักล้าง} \end{cases}$



A การสะท้อน

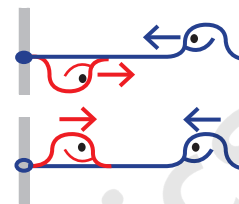
กฎการสะท้อน:

- รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน & เส้นปกติอยู่ในระนาบเดียวกัน
- $\theta_{\text{ตกกระทบ}} = \theta_{\text{สะท้อน}}$

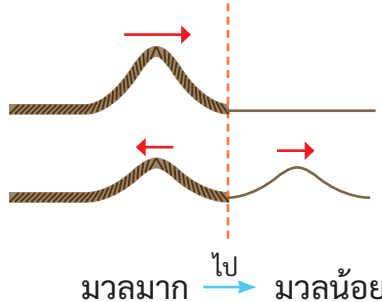
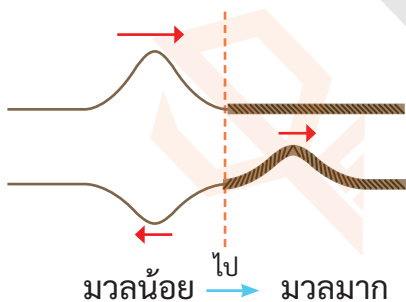


การสะท้อนของคลื่นเชือก

- ปลายตรึง → สะท้อนโดยกลับเฟสตรงข้าม
- ปลายอิสระ → สะท้อนโดยกลับเฟสคงเดิม
- กรณีเชือกต่างกัน

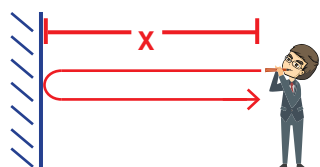


- | | |
|---------------------|---|
| → มวลน้อย → มวลมาก | <ul style="list-style-type: none"> ส่วนที่ไปต่อ → เฟสเดิม ส่วนที่สะท้อนกลับมา → เฟสตรงข้าม |
| → มวลมาก → มวลน้อย | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ส่วนที่ไปต่อ → เฟสคงเดิม ส่วนที่สะท้อนกลับมา → เฟสคงเดิม |



การสะท้อนคลื่นผิวน้ำ → โมเลกุลสั่นอิสระ ทำให้สะท้อนแล้ว เฟสคงเดิม

การสะท้อนคลื่นเสียง



$S = vt$
 $2x = vt$
 → อย่าลืมคิดไป - กลับ

B การหักเห → คลื่นเดินทางเปลี่ยนตัวกลาง

ทำให้อัตราเร็ว v เปลี่ยน → กฎ Snell's Law

$$\text{คลื่น } 1 \rightarrow 2 ; \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$v \propto \frac{1}{n}$$

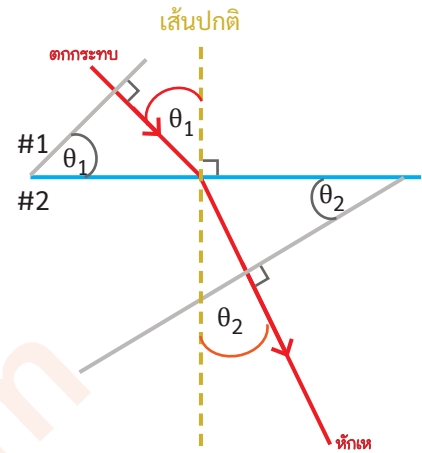
$$v_{\text{เสียง}} \propto \sqrt{T_K}$$

$$v_{\text{เสียง}} = 331 + 0.6 t_{\text{C}}$$

$n =$ ดัชนีหักเห

$$n = \frac{c}{v}$$

ทึบ $v \downarrow n \uparrow$
โปร่ง $v \uparrow n \downarrow$

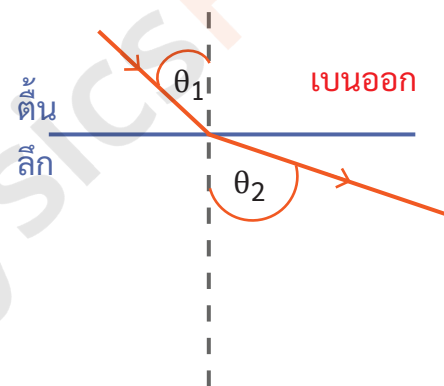
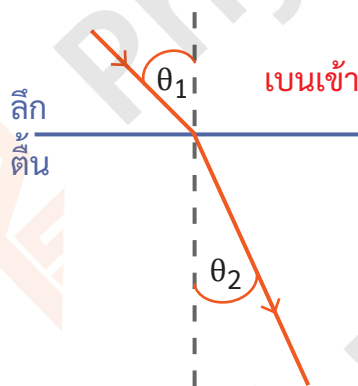


หักเหคลื่นน้ำ (ตื้น)

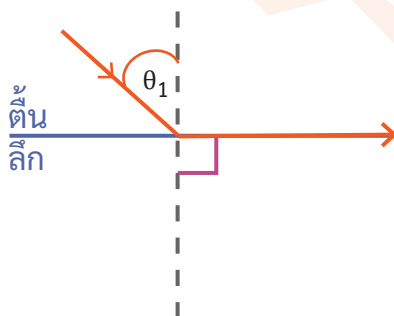
$$v = \sqrt{gd}$$

ลึก $d \uparrow ; v \uparrow \lambda \uparrow \theta \uparrow$

ตื้น $d \downarrow ; v \downarrow \lambda \downarrow \theta \downarrow$



มุมวิกฤต (θ_c) : คือมุมตกกระทบที่ทำให้เกิดการหักเห 90°



วิธีทำ ① ทำด้วย Snell ปกติ

②

$$\sin \theta_c = \frac{\text{ค่าน้อย}}{\text{ค่ามาก}}$$

น้ำ : ตื้น $\rightarrow$ ลึก
แสง : ทึบ $\rightarrow$ โปร่ง
เสียง : $T_{\text{ต่ำ}} \rightarrow T_{\text{สูง}}$

ถ้า $\theta_{\text{ตก}} > \theta_c \rightarrow$ เกิด "การสะท้อนกลับหมด"

C การแทรกสอด

การรวมกันของคลื่น

เสริม



เสริมกัน (ปฏิบัติ)

หักล้าง



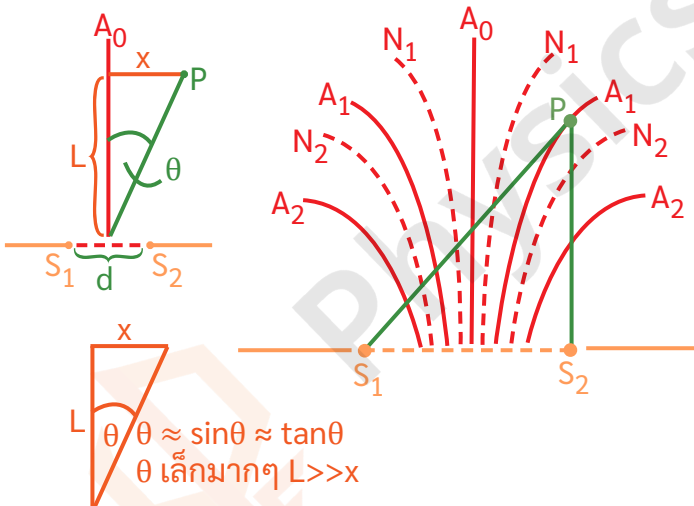
หักล้างกัน (บัพ)

แหล่งกำเนิดที่มี f เท่ากัน และ เฟสต่างกันคงที่

การแทรกสอดของคลื่นจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์

S_1 S_2

แหล่งกำเนิดเฟสตรงกัน

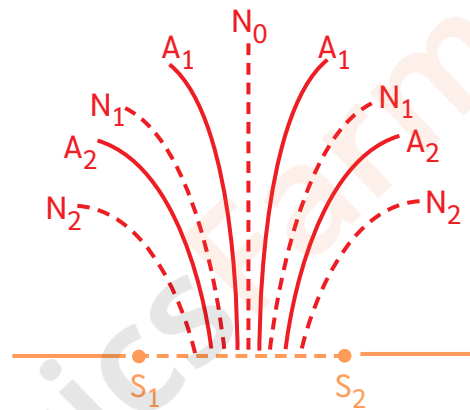


$$\theta \approx \sin \theta \approx \tan \theta$$

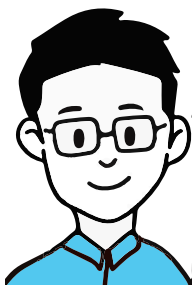
θ เล็กมากๆ $L \gg x$

$$\left. \begin{array}{l} |S_1P - S_2P| \\ d \sin \theta \\ \text{ประมาณ } d \frac{x}{L} \end{array} \right\} = \begin{array}{l} \text{A ลงตัว} \rightarrow n\lambda \\ \text{N ลงครึ่ง} \rightarrow (n - \frac{1}{2})\lambda \end{array}$$

แหล่งกำเนิดเฟสตรงข้าม



$$\left. \begin{array}{l} |S_1P - S_2P| \\ d \sin \theta \\ \text{ประมาณ } d \frac{x}{L} \end{array} \right\} = \begin{array}{l} \text{N ลงครึ่ง} \rightarrow (n - \frac{1}{2})\lambda \\ \text{A ลงตัว} \rightarrow n\lambda \end{array}$$



คำถาม
ยอดฮิต

: เกิดแนวปฏิบัติ (A) หรือ แนวบัพ (N) ทั้งหมดกี่แนว

$$\text{ให้คำนวณจาก } d \sin 90^\circ = \boxed{\lambda}$$

เวลาตอบให้ระวัง!! ต้องคิดปฏิบัติ/บัพทั้งซ้าย&ขวา + ตรงกลางอีก 1 (ถ้ามี)

D การเลี้ยวเบน

คือ การเคลื่อนที่อ้อมสิ่งกีดขวาง

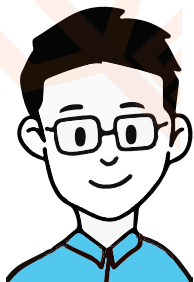
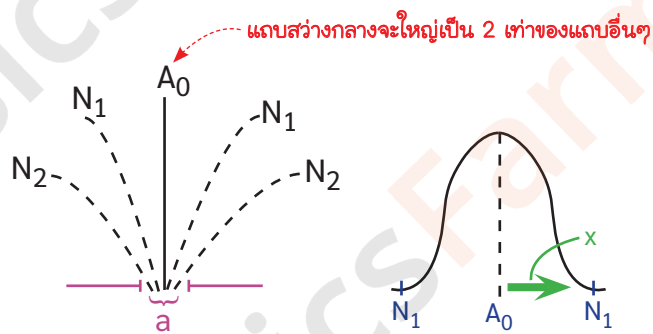
อธิบายด้วย “หลักการของฮอยเกนส์” → ทุกๆ จุดบนหน้าคลื่น จะเป็นแหล่งกำเนิดของคลื่นใหม่ ทำให้เกิดคลื่นวงกลม เฟสเดิมทิศทางเดิม

สมบัติ

- อาจเปลี่ยนทิศ
- เกิดการสูญเสียพลังงาน → Amplitude ของคลื่นที่เลี้ยวเบนแล้วลดลง
- v, f, λ → คงที่
- การเลี้ยวเบนผ่านช่องเดี่ยว


 $a < \lambda$: เลี้ยวเบนโดยไม่แทรกสอด → เหมือนเป็นแหล่งกำเนิดแบบจุด
 $a = \lambda$: เลี้ยวเบนได้ดีที่สุด
 $a > \lambda$: เลี้ยวเบนไปแทรกสอดได้

$$\left. \begin{matrix} d \sin \theta \\ d \frac{x}{L} \end{matrix} \right\} = n\lambda \text{ สำหรับ Node}$$



คำถาม
ยอดฮิต

: แถบสว่างกลางมีความกว้างเท่าใด

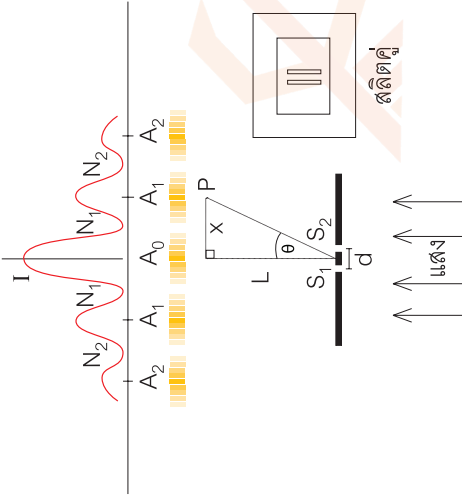
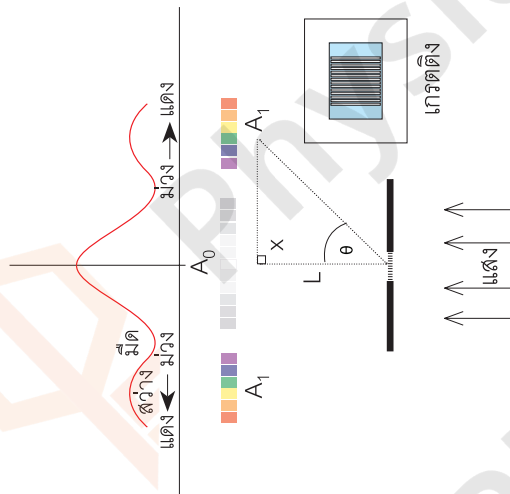
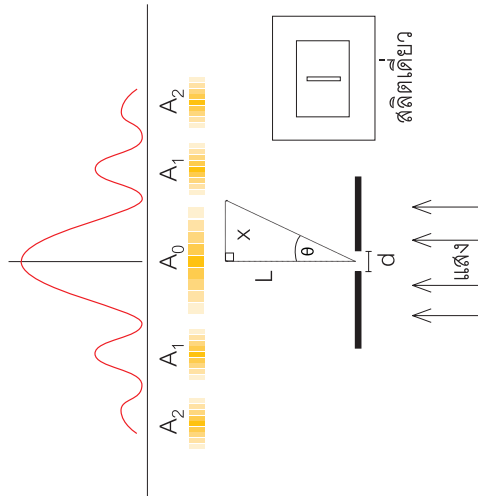
วิธีหา

→ หา N_1 ด้วย $a \frac{x}{L} = n\lambda$ → ได้ x มาแล้วคูณสอง → ความกว้างแถบสว่างกลาง

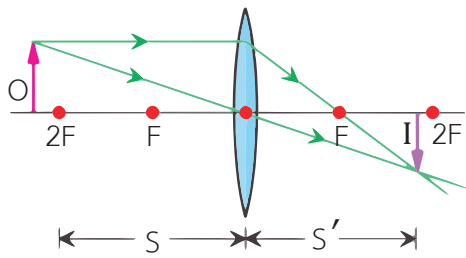


Note

การแทรกสอด/เลี้ยวเบน

ช่องคู่	เกรตติง	ช่องเดี่ยว
 สลิตคู่	 เกรตติง	 สลิตเดี่ยว
$ S_1P - S_2P $ $d \sin \theta = \begin{cases} n\lambda ; n = 0, 1, 2, \dots \\ (n - \frac{1}{2})\lambda ; n = 1, 2, 3, \dots \end{cases}$ สำหรับแถบสว่าง (A) สำหรับแถบมืด (N)	$d = \frac{1}{N}$	$d \sin \theta = \begin{cases} n\lambda ; n = 0, 1, 2, \dots \\ (n - \frac{1}{2})\lambda ; n = 1, 2, 3, \dots \end{cases}$ สำหรับแถบมืด (N) สำหรับแถบสว่าง (A)
ระยะระหว่างแถบสว่าง (หรือแถบมืด) ที่ติดกัน (x) = $\frac{\lambda L}{d}$	ถ้า N = จำนวนช่องต่อความยาว	ความกว้างแถบสว่างกลาง (A₀) จะเป็น สองเท่าของแถบสว่างอื่น ($= 2 \frac{\lambda L}{d}$)

เลนส์บาง

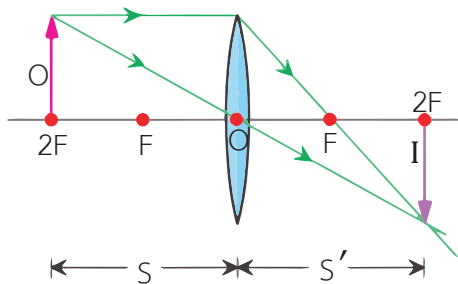


$$S > 2f$$

$$S' \in (f, 2f)$$

ภ.จริง
หัวกลับ

SMALLER

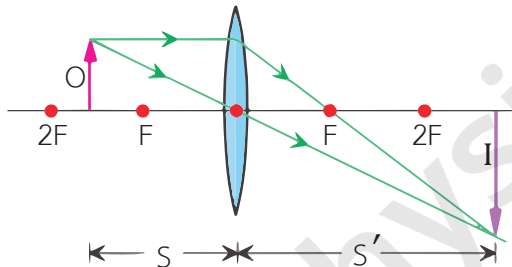


$$S > 2f$$

$$S' = 2f$$

ภ.จริง
หัวกลับ

SAME SIZE

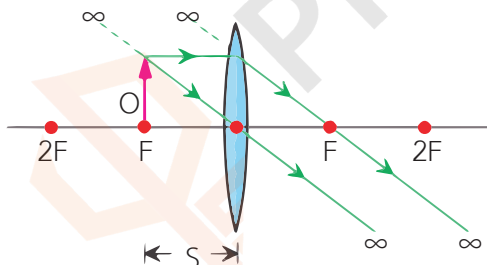


$$S \in (f, 2f)$$

$$S' > 2f$$

ภ.จริง
หัวกลับ

BIGGER

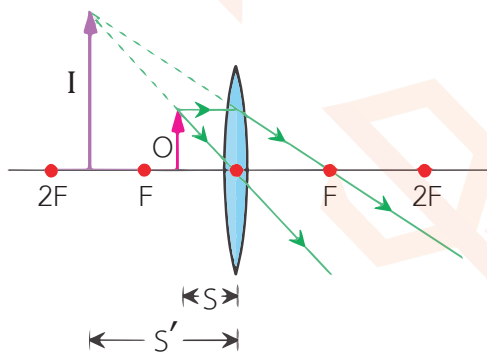


$$S = f$$

$$S' = \infty$$

ภ.เกิด
ที่อนันต์

∞

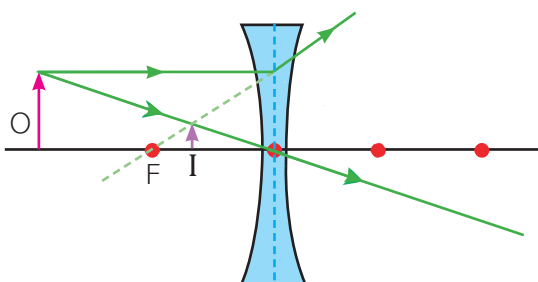


$$S < f$$

$$S' \in (0, \infty)$$

ภ.เสมือน
หัวตั้ง

BIGGER



$$S \text{ ใดๆ}$$

$$S \leq f$$

ภ.เสมือน
หัวตั้ง

SMALLER

สูตรคำนวณ

$$\textcircled{1} \frac{1}{f} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'}$$

$$\textcircled{2} S = \frac{S'f}{S' - f}$$

$$\textcircled{3} S' = \frac{Sf}{S - f}$$

$$m = \frac{I}{O} = \frac{S'}{S}$$

$$= \frac{S' - f}{f}$$

$$= \frac{f}{S - f}$$

จริง (+) เสมือน (-)

NOTE : ถ้าเจอภาพจริง หรือ ภาพขยาย ต้องเป็นเลนส์ _____ แน่ๆ

**PHYXERCISE คลื่น**

- 1) คลื่นผิวน้ำขบวนหนึ่งมีความยาวคลื่น 80 เมตร เคลื่อนที่จากน้ำลึกเข้าสู่น้ำตื้น โดยหน้าคลื่นทำมุม 60 องศา กับแนวรอยต่อระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้น พบว่าหน้าคลื่นในบริเวณน้ำตื้นทำมุม 30 องศา กับแนวรอยต่อ

คำถาม ความยาวคลื่นในบริเวณน้ำตื้นมีค่ากี่เมตร (A-Level 68)

1. $\frac{40}{\sqrt{3}}$
2. $\frac{60}{\sqrt{3}}$
3. $\frac{80}{\sqrt{3}}$
4. $40\sqrt{3}$
5. $80\sqrt{3}$

- 2) เมื่อฉายแสงเลเซอร์จากตัวกลางโปร่งแสงไปยังอากาศ พบว่าหากลำแสงเลเซอร์ทำมุมตกกระทบ 60° แนวรังสีของแสงเลเซอร์จะเบนขนานกับเส้นแนวรอยต่อพอดี ต่อมาทดลองฉายแสงเลเซอร์จากตัวกลางโปร่งแสงไปยังอากาศด้วยมุมตกกระทบ 45° จงคำนวณหามุมที่รังสีหักเหกระทำกับแนวรอยต่อ

(A-Level 67)

1. $\sin^{-1}\left(\frac{1}{3}\right)$
2. $\sin^{-1}\left(\sqrt{\frac{2}{3}}\right)$
3. $90^\circ - \sin^{-1}\left(\frac{1}{3}\right)$
4. $90^\circ - \sin^{-1}\left(\sqrt{\frac{2}{3}}\right)$
5. ไม่เกิดการหักเหสู่อากาศ

3) ฉายแสงความยาวคลื่น 720 นาโนเมตร ลงบนเกรตติงที่มี 2500 ช่องต่อเซนติเมตร

คำถาม จะเกิดแถบสว่างบนฉากรับทั้งหมดกี่แถบ (A-Level 68)

1. 5
2. 7
3. 9
4. 10
5. 11

4) ฉายคลื่นแสงความยาวคลื่น 550 nm ผ่านเกรตติงที่มีจำนวน 4,000 ช่องต่อความยาว
จงหาลำดับของการเลี้ยวเบนที่มากที่สุดที่สังเกตได้

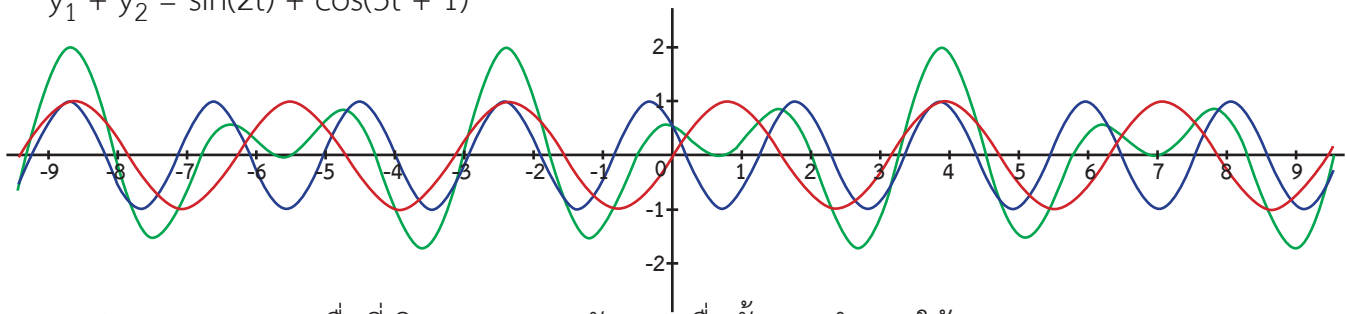
(A-Level 67)

1. ลำดับที่ 4
2. ลำดับที่ 5
3. ลำดับที่ 6
4. ลำดับที่ 8
5. ลำดับที่ 19

5) พิจารณาคลื่นสองคลื่นที่กำหนดให้ดังนี้

$$y_1 = \sin(2t) \text{ และ } y_2 = \cos(3t + 1)$$

$$y_1 + y_2 = \sin(2t) + \cos(3t + 1)$$



จงประมาณคาบของคลื่นที่เกิดจากการรวมกันของคลื่นทั้งสอง กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$ (TPAT3)

1. 2.09 s
2. 3.14 s
3. 4.18 s
4. 5.23 s
5. 6.28 s

6) เมื่อวางวัตถุที่ยาว 2.0 เซนติเมตร ในแนวตั้งฉากกับแกนमुखสำคัญของเลนส์เว้า ที่ระยะห่าง 20.0 เซนติเมตร จากเลนส์เว้า จะสังเกตเห็นภาพเสมือนของวัตถุมีความยาว 1.5 เซนติเมตร

คำถาม ความยาวโฟกัสของเลนส์เว้าเป็นกี่เซนติเมตร (A-Level 68)

- 7) วางดินสอซึ่งมีความยาว 5 cm ให้วางตัวขนานกับแกนमुखสำคัญ ดังภาพ โดยหัวของดินสออยู่ห่างจากเลนส์ 15 cm หากกำหนดให้เลนส์นูนมีความยาวโฟกัส 10 cm จงคำนวณว่าภาพของดินสอที่ได้จะมีความยาวเท่าใด (ตอบในหน่วย cm) (A-Level 67)

