มัธยมศึกษาปีที่ 5

ฟิสิกส์ 3

คลื่น แสง เสียง

(เล่มเฉลย)

โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย

อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสงขลา สตูล

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

การจัดการเรียนรู้ทั้งรูปแบบออนไลน์กับรูปแบบก่อนเรียน โดยจัดการเรียนการสอนนักเรียนเพื่อการแก้ปัญหาโจทย์วิชาฟิสิกส์โดยใช้ขั้นตอน KDRALการขาดทักษะการแก้ปัญหาโจทย์ฟิสิกส์นั้นเป็นปัญหาที่เป็นอุปสรรคการเรียนรู้ของผู้เรียนตลอดมา จึงจำเป็นที่ผู้สอนจะต้องหาแนวทางให้ผู้เรียนมีทักษะ เพื่อแก้ปัญหานี้ และส่งผลให้ผู้เรียนมีความสุขต่อการเรียนรู้ต่อไป

ที่มาของการแก้ปัญหาโจทย์วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย โดยใช้การจัดการเรียนการสอนนักเรียนเพื่อการแก้ปัญหาโจทย์วิชาฟิสิกส์โดยใช้ขั้นตอน KDRAL มาจากแรงบันดาลใจจากอาจารย์ที่สอนในโรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย ที่ว่า การที่คนหนึ่งจะเก่งได้นั้น ต้องมาจากการมีทักษะการคิดที่ดี และเชื่อได้ว่าการเรียนการสอนแบบนี้ด้วยทักษะที่กำหนดขึ้นสามารถทำให้ผู้เรียนทุกคนเกิดการเรียนรู้ต่อไป

สุวัฒน์ โรจน์สุวรรณ

สารบัญ

ที่	เรื่อง	หน้า
1	**ธรรมชาติของคลื่นกล**	
	ใบงานก่อนเรียน	1
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	6
	ใบงานหลังเรียน	13
2	**เฟสคลื่น**	
	ใบงานก่อนเรียน	17
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	20
	ใบงานหลังเรียน	26
3	**อัตราเร็วของคลื่นในตัวกลาง**	
	ใบงานก่อนเรียน	29
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	31
	ใบงานหลังเรียน	35
4	**การซ้อนทับของคลื่น**	
	ใบงานก่อนเรียน	37
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	40
	ใบงานหลังเรียน	43
5	**การสะท้อนของคลื่น**	
	ใบงานก่อนเรียน	45
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	47
	ใบงานหลังเรียน	49
6	**การหักเหของคลื่น**	
	ใบงานก่อนเรียน	50
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	54
	ใบงานหลังเรียน	59
7	**การแทรกสอดของคลื่น**	
	ใบงานก่อนเรียน	62
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	67
	ใบงานหลังเรียน	74

ที่	เรื่อง	หน้า
8	**การเลี้ยวเบนของคลื่น**	
	ใบงานก่อนเรียน	77
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	81
	ใบงานหลังเรียน	88
9	**การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่**	
	ใบงานก่อนเรียน	90
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	93
	ใบงานหลังเรียน	100
10	**การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว**	
	ใบงานก่อนเรียน	104
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	106
	ใบงานหลังเรียน	112
11	**การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านเกรตติง**	
	ใบงานก่อนเรียน	115
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	118
	ใบงานหลังเรียน	123
12	**อัตราเร็วของแสงและภาพจากกระจกเงาราบ**	
	ใบงานก่อนเรียน	126
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	129
	ใบงานหลังเรียน	137
13	**การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม**	
	ใบงานก่อนเรียน	140
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	143
	ใบงานหลังเรียน	150
14	**การหักเหของแสง**	
	ใบงานก่อนเรียน	154
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	158
	ใบงานหลังเรียน	165

ที่	เรื่อง	หน้า
15	**การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง**	
	ใบงานก่อนเรียน	169
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	176
	ใบงานหลังเรียน	180
16	**การเห็นสี**	
	ใบงานก่อนเรียน	186
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	188
	ใบงานหลังเรียน	189
17	**กล้องโทรทรรศน์กล้องจุลทรรศน์**	
	ใบงานก่อนเรียน	190
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	192
	ใบงานหลังเรียน	197
18	**ธรรมชาติของเสียง**	
	ใบงานก่อนเรียน	202
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	205
	ใบงานหลังเรียน	210
19	**พฤติกรรมของเสียง 1 (การสะท้อนและการหักเหของเสียง)**	
	ใบงานก่อนเรียน	213
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	216
	ใบงานหลังเรียน	222
20	**พฤติกรรมของเสียง 2 (การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของเสียง)**	
	ใบงานก่อนเรียน	226
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	230
	ใบงานหลังเรียน	235
21	**ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง**	
	ใบงานก่อนเรียน	238
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	241
	ใบงานหลังเรียน	248

ที่	เรื่อง	หน้า
22	**บีตและคลื่นนิ่ง**	
	ใบงานก่อนเรียน	252
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	255
	ใบงานหลังเรียน	261
23	**การสั่นพ้องของเสียง**	
	ใบงานก่อนเรียน	266
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	269
	ใบงานหลังเรียน	274
24	**ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์**	
	ใบงานก่อนเรียน	278
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	283
	ใบงานหลังเรียน	289
25	**คลื่นกระแทก**	
	ใบงานก่อนเรียน	292
	ตัวอย่างระหว่างเรียน	294
	ใบงานหลังเรียน	299
	บรรณานุกรม	301

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 1

ธรรมชาติของคลื่นกล

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. จงบอกการจำแนกชนิดของคลื่น

1.1. ลักษณะการอาศัยตัวกลาง **(2 คะแนน)**

1.1.1. .....คลื่นกล.....เช่น.....คลื่นเสียง คลื่นในเส้นเชือก.....

1.1.2. .....คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....เช่น.....คลื่นวิทยุ คลื่นไมโครเวฟ คลื่นแสง.....

1.2. ลักษณะการเคลื่อนที่ **(2 คะแนน)**

1.2.1. .....คลื่นตามขวาง.....เช่น.....คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นน้ำ คลื่นในเส้น.....

1.2.2. .....คลื่นตามยาว.....เช่น.....คลื่นเสียง คลื่นที่สั่นในสปริง.....

1.3. ลักษณะการเกิด **(2 คะแนน)**

1.3.1. .....คลื่นดล.....เช่น.....การสะบัดเชือก เพื่อให้เกิดคลื่นในเส้นเชือกเพียงครั้งหรือ 2 ครั้ง

1.3.2. .....คลื่นต่อเนื่อง.....เช่น.....การสะบัดเชือกอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดคลื่นในเชือกอย่างต่อเนื่อง

2. แหล่งกำเนิดคลื่นให้คลื่นความถี่ 200 เฮิรตซ์ ความยาวคลื่น 15 เซนติเมตร จงหาอัตราเร็ว และระยะทาง 400 เมตร คลื่นนี้จะใช้เวลาเคลื่อนที่เท่าไร

ก. อัตราเร็ว

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f = 200 Hz , λ = 15 cm = 0.15 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็ว (v) ของคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = f\lambda$

$= (200\ Hz)(0.15m)$

$= 30\ m/s$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีอัตราเร็ว 30 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ข. เวลา

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

S = 400 m , v = 30 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาเวลา (t) เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 400 เมตร

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$30\ m/s = \frac{400\ m}{t}$$

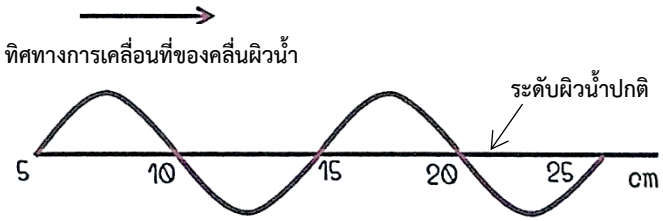
t = 13.33 s

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นใช้เวลาในการเคลื่อนที่ 13.33 วินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. ตัวกำเนิดคลื่นมีค่าความถี่ของการสั่น 8 เฮิรตซ์ ทำให้เกิดคลื่นผิวน้ำ ดังแสดงในรูป รูปแสดงคลื่นผิวน้ำที่เคลื่อนที่ได้ในระยะเวลาหนึ่ง จงหาความเร็วของคลื่นนี้ในหน่วย เมตร/วินาที



ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=4deD_fKR4JA&list=PLSdxlgp7CC2TqYjLKs7lbCT

λ= 10 cm

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f = 8 Hz , λ = 10 cm = 0.1 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความเร็ว (v) ของคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$v = f\lambda$$

$$= (8\,Hz)(0.1m)$$

$$= 0.8\,m/s$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ**(1 คะแนน)**

คลื่นมีความเร็ว 0.8 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. คลื่นผิวน้ำมีความถี่ *12* เฮิรตซ์ และมีความยาวคลื่น *3* เมตร จงหาอัตราเร็วของคลื่นนี้

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f = 12 Hz , λ = 3 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็ว (v) ของคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$v = f\lambda$$
$$= (12\,Hz)(3\,m)$$
$$= 36\,m/s$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีอัตราเร็ว 36 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 1

ธรรมชาติของคลื่นกล

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. เมื่อสังเกตคลื่นเคลื่อนที่ไปบนผิวน้ำกระเพื่อมขึ้นลง 600 รอบใน 1 นาที และระยะระหว่างสันคลื่นที่ถัดกันวัดได้ 20 เซนติเมตร จงหาว่าเมื่อสังเกตคลื่นลูกหนึ่งเคลื่อนที่ไปใน 1 นาที จะได้ระยะกี่เมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

600 รอบ ใน 1 นาที หา $f = \frac{\text{รอบ}}{\text{เวลา}} = \frac{600}{60(s)} = 10\ Hz$

ระยะระหว่างสันคลื่นที่ถัดกัน = $\lambda = 20\ cm$

เวลาที่คลื่น 1 ลูกเคลื่อนที่ t = 1 นาที = 60 วินาที

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ ใน 1 นาที

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

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

$$(10\ Hz)(20\ x\ 10^{-2}\ m) = \frac{s}{60(s)}$$

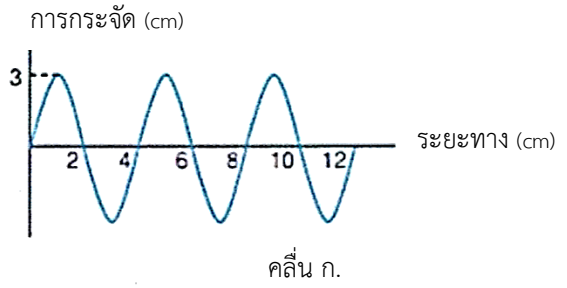
$$S = 120\ m$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

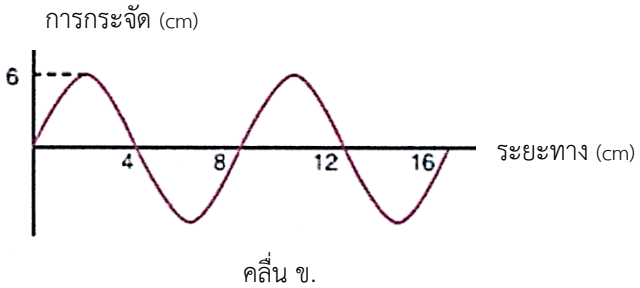
ในเวลา 1 นาที คลื่นเคลื่อนที่ได้ 120 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. จากภาพแสดงการเกิดคลื่น ก. และคลื่น ข. ที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันในเวลา 10 วินาที



คลื่น ก.



คลื่น ข.

a. แอมพลิจูดของคลื่น ก เท่ากับ 3 cm แอมพลิจูดของคลื่น ข เท่ากับ 6 cm **(1 คะแนน)**

b. ความยาวของคลื่น ก เท่ากับ 4 cm ความยาวของคลื่น ข เท่ากับ 8 cm **(1 คะแนน)**

c. ในเวลา 10 วินาที คลื่น ก เกิดคลื่นจำนวน 3 ลูกคลื่น **(1 คะแนน)**

ในเวลา 10 วินาที คลื่น ก เกิดคลื่นจำนวน 2 ลูกคลื่น

d. ความถี่ของคลื่น ก เท่ากับ $f = \frac{\text{ลูกคลื่น}}{\text{เวลา}} = \frac{3}{10} = 0.3\ Hz$ **(1 คะแนน)**

ความถี่ของคลื่น ข เท่ากับ $f = \frac{\text{ลูกคลื่น}}{\text{เวลา}} = \frac{2}{10} = 0.2\ Hz$

e. คาบของคลื่น ก เท่ากับ $T = \frac{\text{เวลา}}{\text{ลูกคลื่น}} = \frac{10}{3} = 3.33\ s$ **(1 คะแนน)**

คาบของคลื่น ข เท่ากับ $T = \frac{\text{เวลา}}{\text{ลูกคลื่น}} = \frac{10}{2} = 5\ s$

f. อัตราเร็วของคลื่น ก เท่ากับ $V = f\lambda = (0.3)(4) = 1.2\ m/s$ **(1 คะแนน)**

อัตราเร็วของคลื่น ข เท่ากับ $V = f\lambda = (0.2)(8) = 1.6\ m/s$

3. แหล่งกำเนิดคลื่นหนึ่งสั่นด้วยความถี่ 300 ครั้ง/นาที คลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดคลื่นนี้จะมีความถี่และคาบของคลื่นเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

แหล่งกำเนิดคลื่นสั่นด้วยความถี่ 300 ครั้งต่อนาที เปลี่ยน นาที ให้เป็น วินาที

ดังนั้น แหล่งกำเนิดคลื่นสั่นด้วยความถี่ 300 ครั้งต่อ 60 วินาที

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ (f) และคาบ (T) ของคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$f = \frac{\text{จำนวนลูกคลื่น}}{\text{เวลา}}$$

$$= \frac{300}{60}$$

$$f = 5\ Hz$$

$$T = \frac{\text{เวลา}}{\text{จำนวนลูกคลื่น}}$$

$$= \frac{60}{300}$$

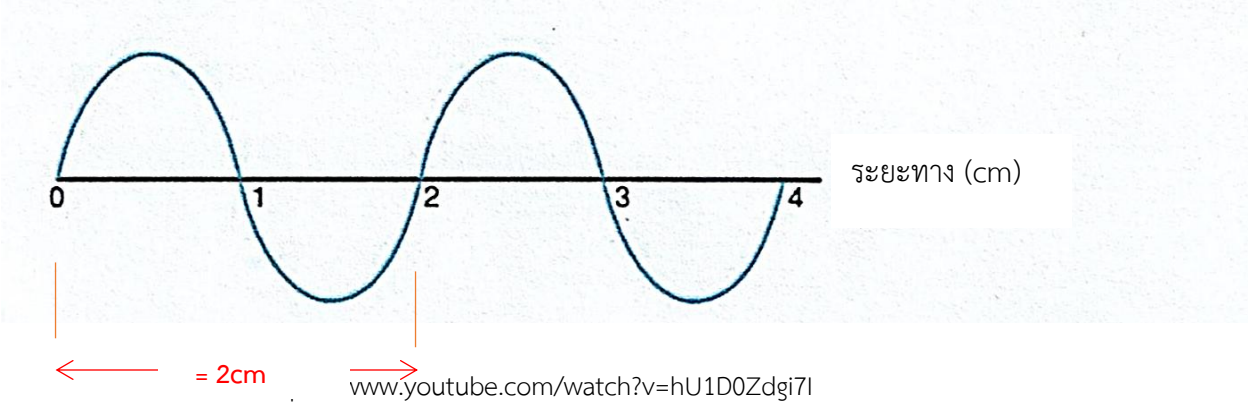
$$= 0.2\ s$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีความถี่ 5 เฮิรตซ์ และมีคาบ 0.2 วินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. สะบัดเชือกเส้นหนึ่ง พบว่าหลังจากสะบัดเชือกไป 5 วินาที เกิดคลื่นดังภาพ จงหาอัตราเร็วของคลื่นในเส้นเชือกนี้



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$t = 5\ s$, $\lambda = 2\ cm$

จำนวนลูกคลื่น = 2 ลูกคลื่น

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็วของคลื่น (v)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$f = \frac{\text{จำนวนลูกคลื่น}}{\text{เวลา}}$$

$$= \frac{2}{5}$$

$$= 0.4\ Hz$$

$$v = f\lambda$$

$$= (0.4\ s^{-1})\ (2\ cm)$$

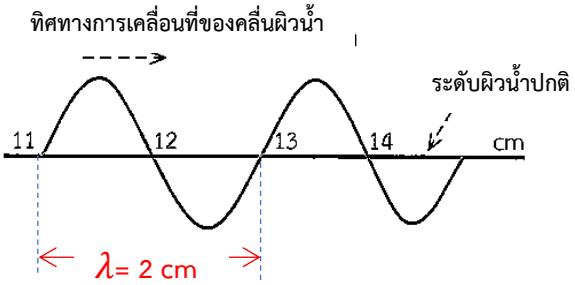
$$= 0.8\ cm/s$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีอัตราเร็ว 0.8 เซนติเมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. ตัวกำเนิดคลื่นมีค่าความถี่ของการสั่น 8 เฮิรตซ์ ทำให้เกิดคลื่นผิวน้ำดังรูป ความเร็วของคลื่นนี้มีค่าเท่าใด



ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563, หน้า 55)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f = 8$ Hz , $\lambda = 2$ cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความเร็ว (v) ของคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2คะแนน)**

$$v = f\lambda$$

$$= (8\,Hz)(2\,cm)$$

$$= 16\,cm/s$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีความเร็ว 16 เซนติเมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

6. ในการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ของคลื่น โดยใช้ถาดคลื่นน้ำกับตัวกำเนิดคลื่นซึ่งเป็นมอเตอร์ที่หมุน 4 รอบต่อวินาที ถ้าคลื่นมีความยาวคลื่น 3 เซนติเมตร จงหาอัตราเร็วของคลื่นที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f = 4$ Hz , $\lambda = 3$ cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็ว (v) ของคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2คะแนน)**

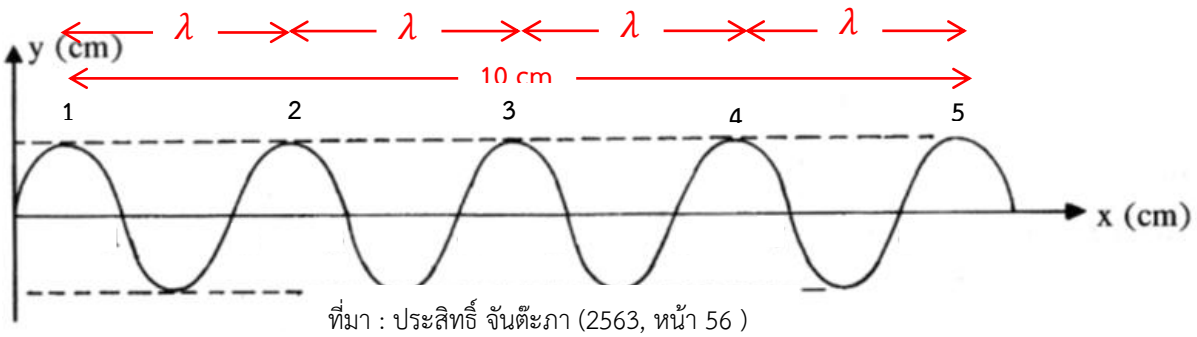
$$v = f\lambda$$
$$= (4\ Hz)(3\ cm)$$
$$= 12\ cm/s$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีความเร็ว 12 เซนติเมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

7. คลื่นในถาดคลื่นที่มีน้ำลึกสม่ำเสมอ วัดระยะห่างระหว่างสันคลื่น 5 สันที่อยู่ถัดกันได้ระยะทาง 10 เซนติเมตร ถ้าคลื่นผิวน้ำมีอัตราเร็ว 20 เซนติเมตร/วินาที ความถี่ของคลื่นนี้จะมีค่าเท่าใด



ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563, หน้า 56)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

v = 20 cm/s , 4λ = 10 cm , λ = 2.5 cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ (f) ของคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = f\lambda$

$\left(20\ \frac{cm}{s}\right) = f(2.5\ cm)$

$f = \frac{20}{2.5}\ s^{-1}$

$= 8\ s^{-1}$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีความถี่ 8 เฮิรตซ์

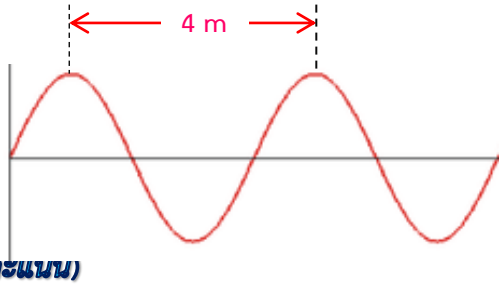
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 1

ธรรมชาติของคลื่นกล

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

1. คลื่นขบวนหนึ่งมีระยะห่างระหว่างสันคลื่น 4 เมตร เคลื่อนที่ด้วยความถี่ 30 เฮิรตซ์ จงหาอัตราเร็วของคลื่นขบวนนี้



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

ระยะระหว่างสันคลื่นที่ถัดกัน = λ = 4 m

f = 30 Hz

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็ว (v) ของคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = f\lambda$

$= (30\ Hz)(4\ m)$

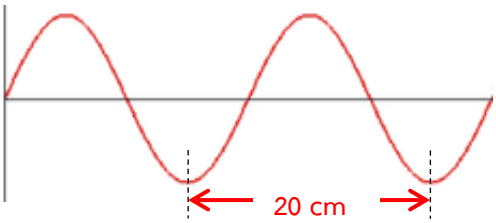
$= 120\ m/s$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีความเร็ว 120 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. แหล่งกำเนิดคลื่นชนิดหนึ่งสั่นด้วยความถี่ 6000 รอบต่อนาที ท้องคลื่นแต่ละลูกห่างกันเป็นระยะทาง 20 เซนติเมตร จงหาอัตราเร็วของคลื่นมีค่ากี่เมตร/วินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

ระยะระหว่างท้องคลื่นที่ถัดกัน = λ = 20 cm = 0.2 m

f = 6000 รอบต่อนาที = 6000 รอบต่อ 60 วินาที = $\frac{6000}{60\ (s)}$ = 100 Hz

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็ว (v) ของคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = f\lambda$

$= (100\ Hz)(0.2\ m)$

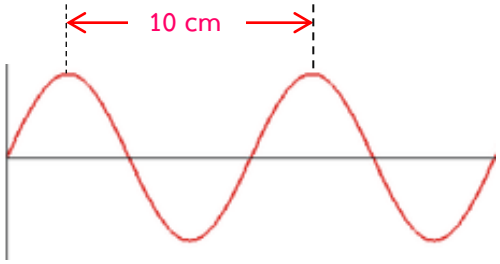
$= 20\ m/s$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีอัตราเร็ว 20 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. คลื่นผิวน้ำเคลื่อนกระทบฝั่งมีระยะห่างระหว่างสันคลื่นที่อยู่ถัดกัน 10 เซนติเมตร และคลื่นมีอัตราเร็ว 5 เซนติเมตร/วินาที อยากทราบว่าคลื่นขบวนนี้จะเคลื่อนกระทบฝั่งนาทีละกี่ลูก



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

v = 5 เซนติเมตร/วินาที , t = 1 นาที = 60 วินาที

ระยะระหว่างสันคลื่นที่ถัดกัน = λ = 10 cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาจำนวนลูกคลื่นที่ตกกระทบฝั่งใน 1 นาที

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = f\lambda$

$5\frac{cm}{s} = f\,(10\text{ cm})$

$f = 0.5$ Hz

$f = \frac{\text{จำนวนลูกคลื่น}}{\text{เวลา}}$

$0.5\text{ Hz} = \frac{\text{จำนวนลูกคลื่น}}{60}$

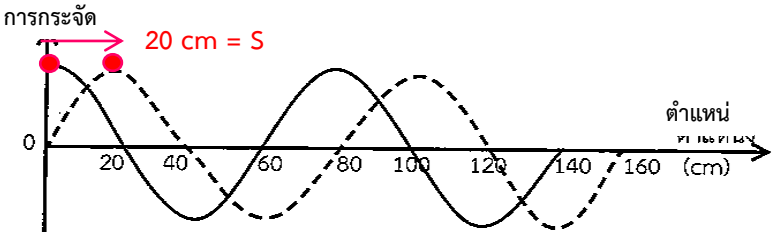
จำนวนลูกคลื่น = 30 ลูก

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ใน 1 นาที มีคลื่นกระทบฝั่งจำนวน 30 ลูก

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. จากรูปคลื่นขบวนหนึ่งเมื่อเวลา t=0 วินาที แสดงด้วยเส้นทึบ และเมื่อเวลาผ่านไป t=0.2 วินาที แสดงด้วยเส้นประ จงหาอัตราเร็วคลื่นในหน่วยเมตร/วินาที



ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563, หน้า 56)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

จากรูปในตอนแรกคลื่นเป็นเส้นทึบ ต่อมาคลื่นเคลื่อนที่ไปทางขวาแล้วเป็นดังเส้นประ พิจารณาจุดทึบตรงสันคลื่นในรูป จะพบว่าจุดนี้เคลื่อนที่ไปได้ระยะทาง (S) = 20 cm = 0.2 m โดยใช้เวลา (t) = 0.2 วินาที

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็ว (v) ของคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$= \frac{0.2\ m}{0.2\ s}$$

$$= 1\ m/s$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีอัตราเร็ว 1 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 2

เฟสคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. คลื่นความถี่ 500 เฮิรตซ์ มีความเร็ว 300 เมตร/วินาที จุดที่มีเฟสต่างกัน 36° อยู่ห่างกันกี่เมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f = 500 Hz , v = 300 m/s , $\Delta\emptyset$ = 36°

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างจุดสองจุด (ΔX) ที่มีเฟสต่างกัน 36°

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา λ จาก $v = f\lambda$

$300\ m/s = (500\ Hz)\lambda$

$\lambda = \frac{300\ m/s}{500\ Hz}$

$= 0.6\ m$

หา λ จาก $\Delta\emptyset = 2\pi(\frac{\Delta X}{\lambda})$

$36° = 2(180)\left(\frac{\Delta X}{0.6}\right)$

$\Delta X = 0.06\ m$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ระยะห่างระหว่างจุดสองจุด เท่ากับ 0.06 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. คลื่นขบวนหนึ่งเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 20 เมตร ในเวลา 4 วินาที ถ้าพบว่าจุด 2 จุดบนคลื่นห่างกัน 0.2 เมตร มีเฟสต่างกัน 120^0 จงหาค่าถี่ของคลื่นนี้

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$S = 20\ m$, $t = 4\ s$, $\Delta\emptyset = 120^{\circ}$, $\Delta x = 0.2\ m$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ (f) ของคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

เฟสต่างกัน 120° ห่างกัน $= 0.2\ m$

ถ้าเฟสต่างกัน 360° ห่างกัน $= \dfrac{(360^{\circ})(0.2\ m)}{120^{\circ}}$

$= 0.6\ m$

ดังนั้น $\lambda = 0.6\ m$

หา f จาก $v = f\lambda$ และ $v = \dfrac{S}{t}$

$f\lambda = \dfrac{S}{t}$

$f(0.6\ m) = \dfrac{20\ m}{4\ s}$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)** $f = 8.33\ Hz$

คลื่นมีความถี่ 8.33 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. คลื่นขบวนหนึ่งมีความยาวคลื่น 0.5 เมตร 2 จุด บนคลื่นที่ห่างกัน 0.2 เมตร จะมีเฟสที่ต่างกันกี่องศา

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda = 0.5$ m , $\Delta x = 0.2$ m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาเฟสที่ต่างกัน ($\Delta\phi$)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

คลื่นห่างกัน 0.5 m เฟสต่างกัน = $360°$

ถ้าคลื่นห่างกัน 0.2 m เฟสต่างกัน = $\frac{(360°)(0.2\text{ m})}{0.5\text{ m}}$

$= 144°$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีเฟสที่ต่างกัน $144°$

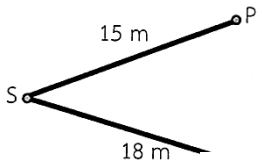
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 2

เฟสคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. จากรูป S เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นซึ่งมีความถี่ 100 เฮิรตซ์ จุด P และ Q อยู่ห่างจาก S เป็นระยะทาง 15 เมตร และ 18 เมตร ตามลำดับ ถ้าคลื่นที่มาถึงจุด P และ Q มีเฟสต่างกัน $\frac{3\pi}{2}$ เรเดียน จงหาอัตราเร็วของคลื่นในหน่วย เมตร/วินาที



ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563, หน้า 59)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f = 100 Hz , $\Delta\emptyset = \frac{3\pi}{2}$ rad , X_1 = 15 m , X_2 = 18 m , $\Delta X = X_2 - X_1 = 18 - 15 = 3$ m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็ว (v) ของคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา λ , $\Delta\emptyset = (\frac{\Delta X}{\lambda})$

$\frac{3\pi}{2} = 2\pi\left(\frac{X_2 - X_1}{\lambda}\right)$

$\frac{3}{2} = 2\left(\frac{18-15}{\lambda}\right)$

$\lambda = 4\ m$

หา v , $v = f\lambda$

= (100 Hz)(4 m)

= 400 m/s

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีอัตราเร็ว 400 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. คลื่นขบวนหนึ่งเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 20 เมตร ในเวลา 4 วินาที ถ้าพบว่าจุด 2 จุด บนคลื่นที่ห่างกัน 0.2 เมตร มีเฟสต่างกัน 120° จงหาค่าความถี่ของคลื่นนี้

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

S = 20 m , t = 4 s , $\Delta\emptyset$ = 120° , ΔX = 0.2 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ *(f)* ของคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา λ จาก $\Delta\emptyset = 2\pi(\frac{\Delta X}{\lambda})$

$120 = 2(180)(\frac{0.2}{\lambda})$

$\lambda = (\frac{72}{120})$

$= 0.6$ m

หา v จาก $v = \frac{S}{t}$

$v = \frac{20\ m}{4\ s}$

$v = 5$ m/s

หา f จาก $v = f\lambda$

5 m/s $= f(0.6$ m$)$

$f = 8.33$ Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีความถี่ 8.33 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. คลื่นขบวนหนึ่งมีความยาวคลื่น 0.5 เมตร จุด 2 จุด บนคลื่นที่ห่างกัน 0.4 เมตร จะมีเฟสต่างกันกี่องศา

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

λ = 0.5 m , Δx = 0.4 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาเฟสที่ต่างกัน ($\Delta\phi$)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\Delta\phi = 2\pi\left(\frac{\Delta x}{\lambda}\right)$

$\Delta\phi = 360^\circ\left(\frac{0.4\ \text{m}}{0.5\ \text{m}}\right)$

$\Delta\phi = 288^\circ$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีเฟสที่ต่างกัน 288°

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. เชือกเส้นหนึ่งขึงตึง โดยปลายเชือกข้างหนึ่งตรึงอยู่กับที่ อีกปลายหนึ่งติดอยู่กับเครื่องสั่นสะเทือน ณ ที่ จุดหนึ่งบนเชือกที่เฟสเปลี่ยนไป 240 องศา ทุก ๆ ช่วง 3 วินาที จงหาว่าเครื่องสั่นสะเทือนนี้มีความถี่ในการสั่นเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\Delta\emptyset = 240^\circ$, $\Delta t = 3$ s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ (f) ของเครื่องสั่นสะเทือน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\Delta\emptyset = 360^\circ f \Delta t$

$240^\circ = 360^\circ f(3\text{ s})$

$f = 0.22$ Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เครื่องสั่นสะเทือนมีความถี่ 0.22 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. คลื่นผิวน้ำมีอัตราเร็ว 20 เซนติเมตร/วินาที กระจายออกจากแหล่งกำเนิดคลื่น ซึ่งมีความถี่ 5 เฮิรตซ์ จุดที่อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิด 30 เซนติเมตร และ 48 เซนติเมตร จะมีเฟสต่างกันเท่ากับเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

v = 20 cm/s = 0.2 m/s , f = 5 Hz

Δx = ระยะทางที่แตกต่างกัน = 48 – 30 = 18 cm = 0.18 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาเฟสที่ต่างกัน ($\Delta \emptyset$)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\Delta \emptyset = \frac{360° f \Delta x}{v}$$

$$= \frac{(360°)(5\ Hz)(0.18\ m)}{(0.2\ m/s)}$$

$$= 1620°$$

เนื่องจากเฟส 1620° จะตรงกับเฟส 1620° - 360° = 1260° (เพราะห่างกัน 360° หรือ 1λ)

เฟส 1260° จะตรงกับเฟส 1260° - 360° = 900°

เฟส 900° จะตรงกับเฟส 900° - 360° = 540°

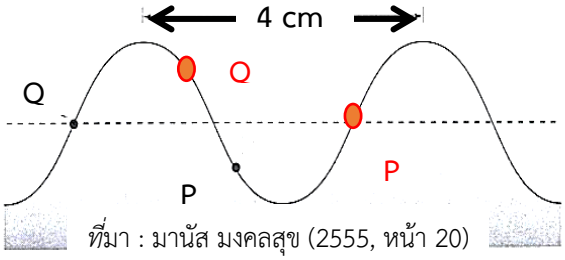
เฟส 540° จะตรงกับเฟส 540° - 360° = 180°

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีเฟสต่างกัน 180°

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

6. คลื่นน้ำมีความยาวคลื่น 4 เซนติเมตร เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องด้วยความเร็วเฟส 2 เซนติเมตร/วินาที ดังรูป ถ้า P และ Q มีเฟสเท่ากับ 0° และ 225° ตามลำดับ อยากทราบว่าเร็วที่สุดกี่วินาทีจุด P จึงจะมีความเร็วในแนวดิ่งสูงสุด



ที่มา : มานัส มงคลสุข (2555, หน้า 20)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์ กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

สมมุติว่าเวลา t วินาที จุด P เคลื่อนที่มาอยู่ที่ระดับสมดุล แสดงว่าเป็นตำแหน่งที่มีความเร็วแนวดิ่งสูงสุด ดังนั้นตั้งต้น P มีเฟส 225° พอมีความเร็วแนวดิ่งสูงสุดมีเฟสเป็น 360° เฟสต่างกัน 360°-225°=135°

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาเวลาที่ทำให้จุด P จึงจะมีความเร็วในแนวดิ่งสูงสุด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\Delta\emptyset = \frac{2\pi x}{\lambda}$

$x = \frac{\emptyset\lambda}{2\pi}$

$x = \frac{(135°)(4)}{360°}$

$x = 1.5\ cm$

$v = \frac{s}{t}$

$t = \frac{s}{v}$

$t = \frac{1.5}{2}$

$t = 0.75\ s$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ใช้เวลา 0.75 วินาที จุด P จึงจะมีความเร็วในแนวดิ่งสูงสุด

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 2

เฟสคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. คลื่นความถี่ 500 เฮิรตซ์ มีความเร็ว 300 เมตร/วินาที จุด 2 จุดซึ่งอยู่ห่างกัน 0.06 เมตร จะมีเฟสต่างกันเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f = 500 Hz , v = 300 m/s , Δx = 0.06 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความต่างเฟส ($\Delta\emptyset$)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\Delta\emptyset = \frac{360°f\Delta x}{v}$$

$$= \frac{(360°)(500\ Hz)(0.06\ m)}{(300\ m/s)}$$

$$= 36°$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความต่างเฟสเท่ากับ 36°

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. คลื่นขบวนหนึ่งมีความถี่ 150 เฮิรตซ์ มีความเร็ว 300 เมตร/วินาที จุดสองจุดบนคลื่นที่มีเฟสต่างกัน 90 องศา จะอยู่ห่างกันกี่เมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f = 150 Hz , v = 300 m/s , $\Delta\phi$ = 90°

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างจุดสองจุดบนคลื่น (Δx)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\Delta\phi = \frac{360°f\Delta x}{v}$$

$$90° = \frac{360°(150\ \text{Hz})\Delta x}{(300\ \text{m/s})}$$

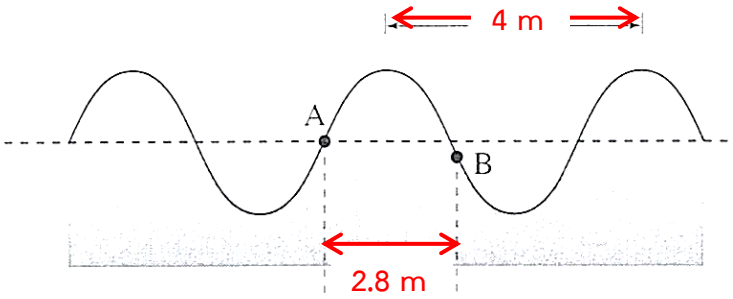
$$\Delta x = 0.5\ \text{m}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

จุดสองจุดบนคลื่น อยู่ห่างกัน 0.5 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. จากคลื่นน้ำที่กำหนดให้ในรูป ถ้าจุด A มีเฟสเท่ากับ 0 แล้วจุด B จะมีเฟสเท่าใด



ที่มา : มานัส มงคลสุข (2555, หน้า 20)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

λ = 4 m , Δx = 2.8 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาเฟสที่ตำแหน่ง B

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\Delta\emptyset = 360^\circ\left(\frac{\Delta X}{\lambda}\right)$

$= 360^\circ\left(\frac{2.8\ m}{4\ m}\right)$

$= 252^\circ$

เนื่องจากตำแหน่ง A และ B มีเฟสต่างกัน 252° ถ้าตำแหน่ง A มีเฟสเท่ากับ 0° ตำแหน่ง B จะมีเฟส 252°

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ตำแหน่ง B จะมีเฟส 252°

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

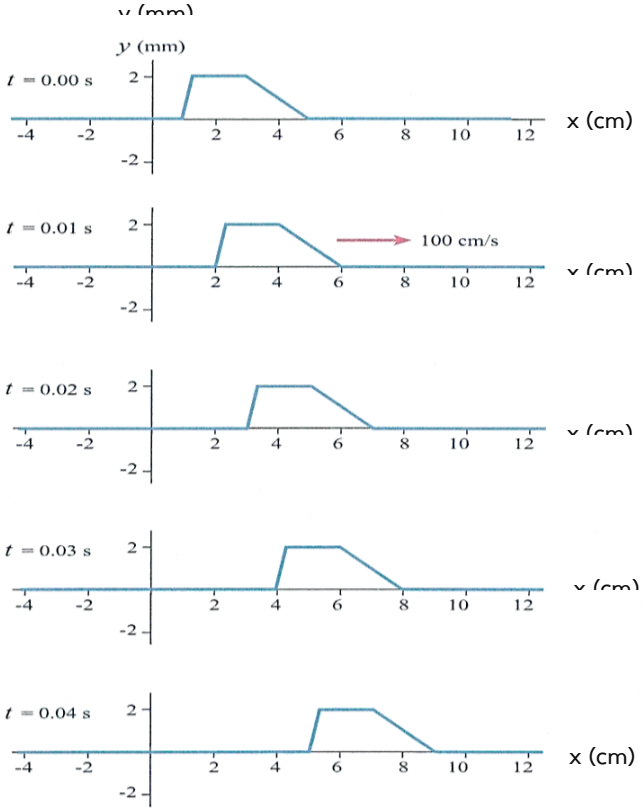
ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 3

อัตราเร็วของคลื่นในตัวกลาง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

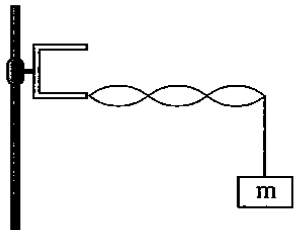
1. ด้านล่างแสดงรูปร่างคลื่นดลในเส้นเชือกที่กำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยอัตราเร็ว 100 เซนติเมตร/วินาที โดยในรูปแสดงเฉพาะรูปร่างคลื่นที่เวลา t=0.01 วินาทีเท่านั้น ให้นักเรียนวาดรูปคลื่นที่เวลา t=0.00 วินาที, t=0.02 วินาที, t=0.03 วินาที, t=0.04 วินาที **(4 คะแนน)**

เนื่องจากคลื่นมีอัตราเร็ว 100 เมตรต่อวินาที เวลาผ่านไป 0.01 วินาทีจึงเคลื่อนที่ได้ทางเท่ากับ 100 x 0.01 = 1 เซนติเมตร ดังนั้นรูปที่วาดทุกรูปลูกคลื่นเหมือนเดิมแต่รูปที่เวลา 0.00 วินาที ให้วาดคลื่นนั้นทั้งขบวนขยับมาทางซ้ายจากรูปเริ่มต้นเป็นระยะ 1 เซนติเมตร และที่เวลา 0.02 วินาที , 0.03 วินาที และ 0.04 วินาที ให้วาดคลื่นทั้งขบวนขยับมาทางด้านขวาจากรูปเริ่มต้น เป็นระยะ 1 2 และ 3 เซนติเมตร ตามลำดับ



ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). ครูมือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 78)

เส้นดายปลายด้านหนึ่งผูกติดกับปลายส้อมเสียงที่สั่นด้วยความถี่ 250 เฮิรตซ์ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งผ่านรอกลื่นและมีมวลถ่วงให้เส้นด้ายตึง เมื่อส้อมเสียงสั่นปรากฏเกิดคลื่นนิ่งดังรูป แสดงว่าอัตราเร็วคลื่นในเส้นดายมีค่าเท่าไร



ที่มา : มานัส มงคลสุข (2555, หน้า 32)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์ กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f = 250 Hz

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็วของคลื่นในเส้นเชือก (v)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา λ จากรูป $\lambda + \frac{\lambda}{2}$ = 0.6 cm

λ = 0.4 cm

$v = f\lambda$

= (250 Hz)(0.4 cm)

= 100 cm/s

= 1 m/s

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

อัตราเร็วของคลื่นในเส้นเชือก เท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 3

อัตราเร็วของคลื่นในตัวกลาง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. เชือกเส้นหนึ่งมวล 0.5 กิโลกรัมต่อความยาว 5 เมตร เมื่อออกแรงดึง 0.4 นิวตัน แล้วสะบัดด้วยความถี่ค่าหนึ่ง จะเกิดคลื่นในเส้นเชือกที่มีความเร็วคลื่นเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

มวลของเชือก = 0.5 kg , ความยาวเชือก = 5 m , T = 0.4 N

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความเร็วของคลื่นในเส้นเชือก (v)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา μ จาก $\mu = \frac{\text{มวลของเชือก}}{\text{ความยาวของเชือก}} = \frac{0.5\ kg}{5\ m} = 0.1$ kg/m

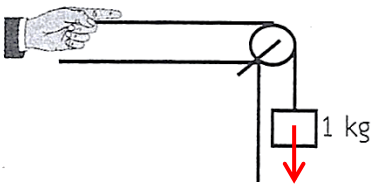
หา v จาก $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{0.4}{0.1}} = \sqrt{4} = 2$ m/s

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความเร็วคลื่นที่เกิดขึ้นในเส้นเชือกเท่ากับ 2 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. เชือกเส้นหนึ่งมีความยาว 2 เมตร มีมวล 0.2 กิโลกรัม เมื่อนำไปแขวนมวล 1 กิโลกรัม แล้วคล้องผ่านรอกดังรูป จากนั้นทำการสะบัดด้วยความถี่ค่าหนึ่ง จงหาว่าความเร็วคลื่นที่เกิดขึ้นในเส้นเชือกนี้จะมีค่าเท่าใด



T = mg = (1)(10) = 10 นิวตัน

ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563, หน้า 83)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

ความยาวเชือก = 2 m , มวลของเชือก = 0.2 kg , T = 10 N

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความเร็วคลื่น (v) ที่เกิดขึ้นในเส้นเชือก

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา μ จาก $\mu = \frac{\text{มวลของเชือก}}{\text{ความยาวของเชือก}} = \frac{0.2\ kg}{2\ m} = 0.1$ kg/m

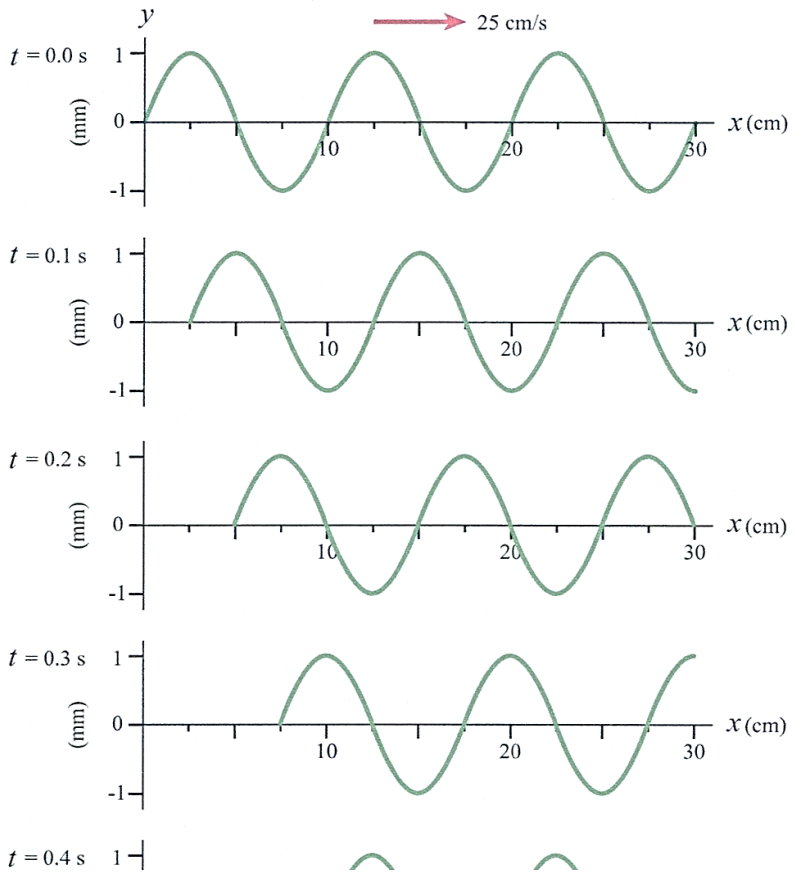
หา v จาก $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{10}{0.1}} = \sqrt{100} = 10$ m/s

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความเร็วคลื่นที่เกิดขึ้นในเส้นเชือกเท่ากับ 10 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. พิจารณาคลื่นรูปไซน์ด้านล่างนี้ โดยเป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยอัตราเร็ว 25 เซนติเมตร/วินาที จงวาดรูปคลื่นไซน์นี้ที่เวลาอื่น ๆ ตามที่ระบุในรูป **(4 คะแนน)**



ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). ครูมือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 82)

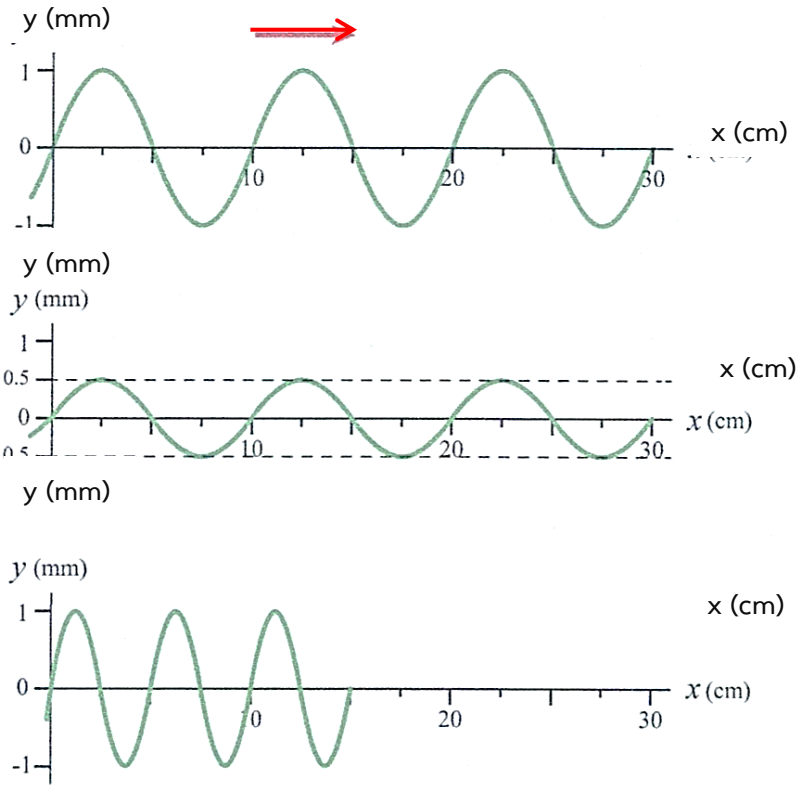
คลื่นมีอัตราเร็ว 25 เซนติเมตรต่อวินาที

ดังนั้นเวลา 0.1 วินาทีเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่ากับ 25 x 0.1 = 2.5 เซนติเมตร

พิจารณารูปสเกลตามแกน x ขนาด 1 ช่องเท่ากับ 2.5 เซนติเมตร

ลูกคลื่นที่วาดจึงเลื่อนไปทางขวา 1 ช่องทุกเวลาที่เพิ่มขึ้น 0.1 วินาที

4. พิจารณาคลื่นรูปไซน์ข้างล่างนี้ จงวาดรูปของคลื่นไซน์อีก 2 คลื่น โดยคลื่นแรกมีความยาวคลื่นเท่ากันกับคลื่นด้านบนสุดแต่มีแอมพลิจูดเป็นครึ่งหนึ่ง และคลื่นที่สองมีแอมพลิจูดเท่ากันกับคลื่นบนสุดแต่มีความยาวคลื่นเป็นครึ่งหนึ่ง **(4 คะแนน)**



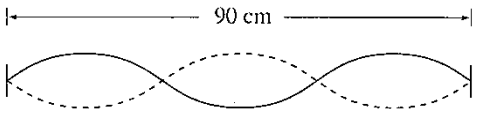
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
ครูมือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 84)

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 3

อัตราเร็วของคลื่นในตัวกลาง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. จากรูปเป็นคลื่นนิ่งในเส้นเชือกที่มีปลายทั้งสองยึดแน่นไว้ ถ้าเส้นเชือกยาว 90 เซนติเมตร และความเร็วคลื่นในเส้นเชือกขณะนั้นเท่ากับ 2.4×10^2 เมตร/วินาที จงหาความถี่ของคลื่น



ที่มา : *มานัส มงคลสุข (2555, หน้า 32)*

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

ความยาวเชือก = 90 cm = 0.9 m , v = 2.4×10^2 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ของคลื่น (f)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ**(2 คะแนน)**

หา λ จากรูป $\lambda + \frac{\lambda}{2}$ = 0.9 m

= 0.6 m

หา f จาก $v = f\lambda$

2.4×10^2 m/s = f(0.6 m)

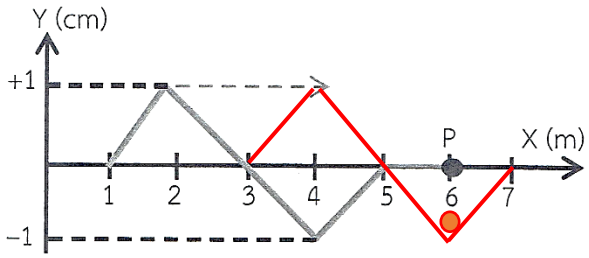
f = 400 Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่ของคลื่น เท่ากับ 400 Hz

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. คลื่นชนิดหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาดังรูป ด้วยอัตราเร็ว 0.5 เมตร/วินาที อยากทราบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 4 วินาที จุด P ซึ่งเป็นจุดหนึ่งบนตัวกลางจะเคลื่อนที่ได้การกระจัดกี่เซนติเมตร



ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563, หน้า 89)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

v = 0.5 m/s , t = 4 s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาการกระจัด (S)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

S = vt = (0.5 m/s)(4 s) = 2 m

ดังนั้น เมื่อเวลาผ่านไป 4 วินาที คลื่นเคลื่อนที่ไปทางขวาได้ระยะ 2 เมตร

จุด P จะกระเพื่อมลงตามคลื่นลงไปอยู่ที่ท้องคลื่น

นั่นคือ การกระจัดแนวดิ่งของจุด P เคลื่อนที่ได้มีขนาดเท่ากับ -1 เซนติเมตร

(มีค่าเป็นลบเพราะอยู่ต่ำกว่า)

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

การกระจัดเท่ากับ -1 เซนติเมตร

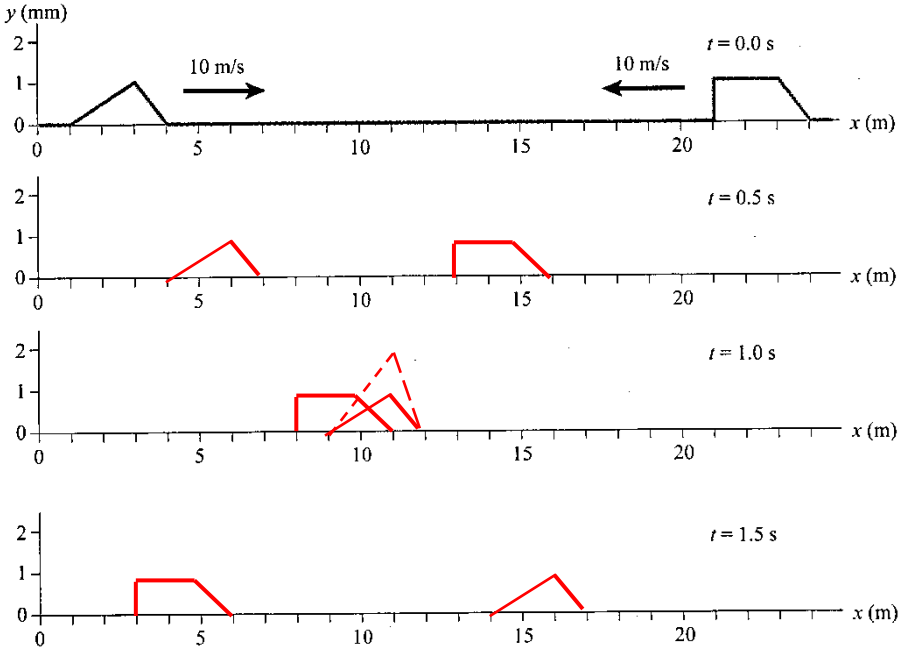
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 4

การซ้อนทับของคลื่น

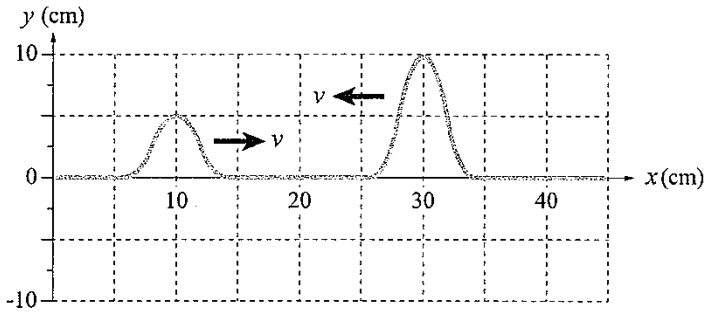
ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. คลื่นดล 2 คลื่นมีรูปร่างต่างกัน เคลื่อนที่เข้าหากันด้วยอัตราเร็ว 10 เมตร/วินาที ดังรูป จงวาดรูปร่างคลื่นรวมที่เวลาถัดมา ตามที่ระบุในรูป **(5 คะแนน)**



จากรูปที่ t=0 คลื่นทั้งสองห่างกัน 17 เมตร สามารถคำนวณหาระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้จาก s = v x t จะได้ว่า ที่ t= 0.5 วินาที คลื่นเคลื่อนที่ได้ระยะระยะทาง 5.0 เมตร โดยคลื่นดลทั้งสองจะเคลื่อนที่เข้าหากัน เมื่อเวลา t=1.0 วินาที คลื่นเคลื่อนที่ได้ 10.0 เมตร เมื่อเวลา t=1.5 วินาที คลื่นเคลื่อนที่ได้ 15.0 เมตร จากจุดเริ่มต้น ซึ่งสามารถวาดรูปร่างคลื่นได้ตามลำดับ

2. ที่เวลา t=0 คลื่นเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยความเร็ว 1.0 เมตร/วินาที ดังรูป



ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 104)

ก. อีกนานเท่าไรคลื่นทั้งสองจึงจะซ้อนทับกันพอดี

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

v = 1.0 m/s , เริ่มต้น ณ เวลาที่ t = 0 คลื่นทั้งสองอยู่ห่างกัน 20 cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาเวลา (t) ที่คลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ซ้อนทับกันพอดี

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

ให้เวลา t วินาที คลื่นจึงซ้อนทับกัน และระยะทางที่คลื่นทั้งสองเคลื่อนที่รวมกันได้ 20 เซนติเมตร

ระยะทางที่คลื่นแต่ละลูกเคลื่อนที่ได้ เท่ากับ 100 t

$$100t + 100t = 20$$

$$t = \frac{20}{200}$$

$$t = 0.1 \text{ s}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

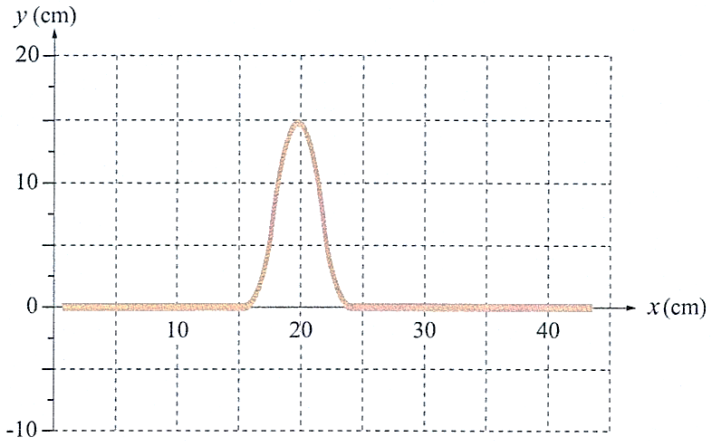
เมื่อเวลาผ่านไป 0.1 วินาที คลื่นทั้งสองจึงจะซ้อนทับกันพอดี

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

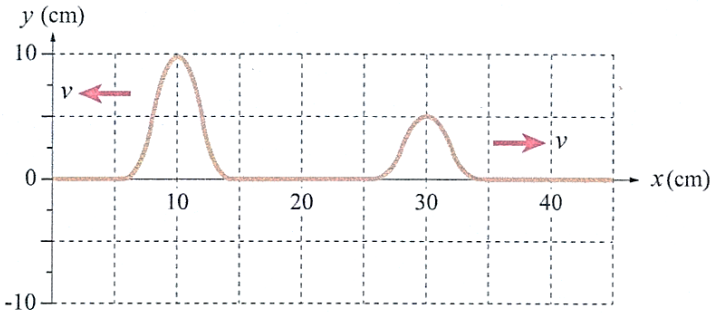
ข. จงวาดภาพการรวมกันของคลื่นทั้งสองที่เวลา *t=0.1 s* และ *t=0.2 s* **(4 คะแนน)**

ที่เวลา t = 0.1 วินาที คลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ได้ระยะทาง เท่ากับ 100 x 0.1 = 10 เซนติเมตร และซ้อนทับกันพอดีที่ตำแหน่ง 20 เซนติเมตร ดังนั้น ภาพที่ได้เป็นลูกคลื่นยอดคลื่นอยู่ที่ตำแหน่ง 20 เซนติเมตร และมีความสูงของคลื่นเท่ากับผลรวมของแอมพลิจูดของคลื่นทั้งสอง

ที่เวลา t = 0.2 วินาที คลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ได้ระยะทาง เท่ากับ 100 x 0.2 = 20 เซนติเมตร ดังนั้น ภาพที่ได้จะเป็นลูกคลื่นตำแหน่งเดียวกับตอนเริ่มต้นแต่สลับลูกคลื่น



ที่เวลา t = 0.1 s



ที่เวลา t = 0.2 s

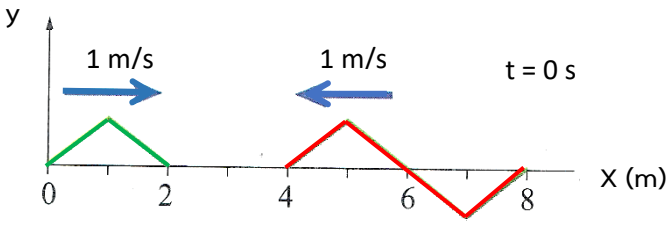
คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 111)

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 4

การซ้อนทับของคลื่น

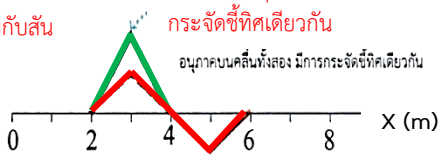
ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. มีคลื่นดล 2 คลื่น เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางเดียวกันในทิศทางตรงกันข้าม โดยอัตราเร็วของคลื่นมีค่าเท่ากับ 1.0 เมตร/วินาที และมีรูปร่างดังแสดงในรูปข้างล่าง จงใช้หลักการซ้อนทับ วาดรูปร่างของคลื่นรวมเมื่อเวลาผ่านไป 2 วินาที 3 วินาที และ 4 วินาที **(5 คะแนน)**



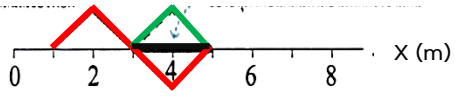
หลังจากที่ผ่านไปแล้ว 2 วินาที คลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกันเป็นระยะ 2 เมตร ทำให้สันคลื่นสีแดงซ้อนทับกับสันคลื่นสีเขียวพอดี

สันคลื่นรวม (สีดำ) เกิดจากการที่สันคลื่นสีแดงรวมกับสันคลื่นสีเขียวแบบเสริมกัน เนื่องจากอนุภาคบนคลื่นทั้งสอง มีการกระจัดชี้ทิศเดียวกัน

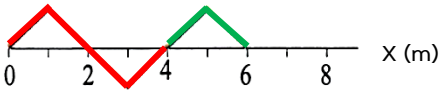


วินาที ที่ 3 คลื่นทั้งสองเคลื่อนที่เพิ่มอีก 1 เมตร ทำให้ส่วนของท้องคลื่นสีแดงซ้อนทับกับสันคลื่นสีเขียวพอดี

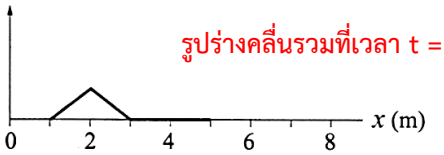
คลื่นรวมที่เกิดขึ้นจากผลรวมของสันคลื่นสีเขียวกับท้องคลื่นสีแดงแบบหักล้างกัน เนื่องจากการกระจัดของอนุภาคบนคลื่นทั้งสองมีทิศตรงข้าม



หลังจากผ่านไป 4 วินาที ไม่มีส่วนใดของคลื่นทั้งสองซ้อนทับกันอีกแล้ว



รูปร่างคลื่นรวมที่เวลา t = 2 s



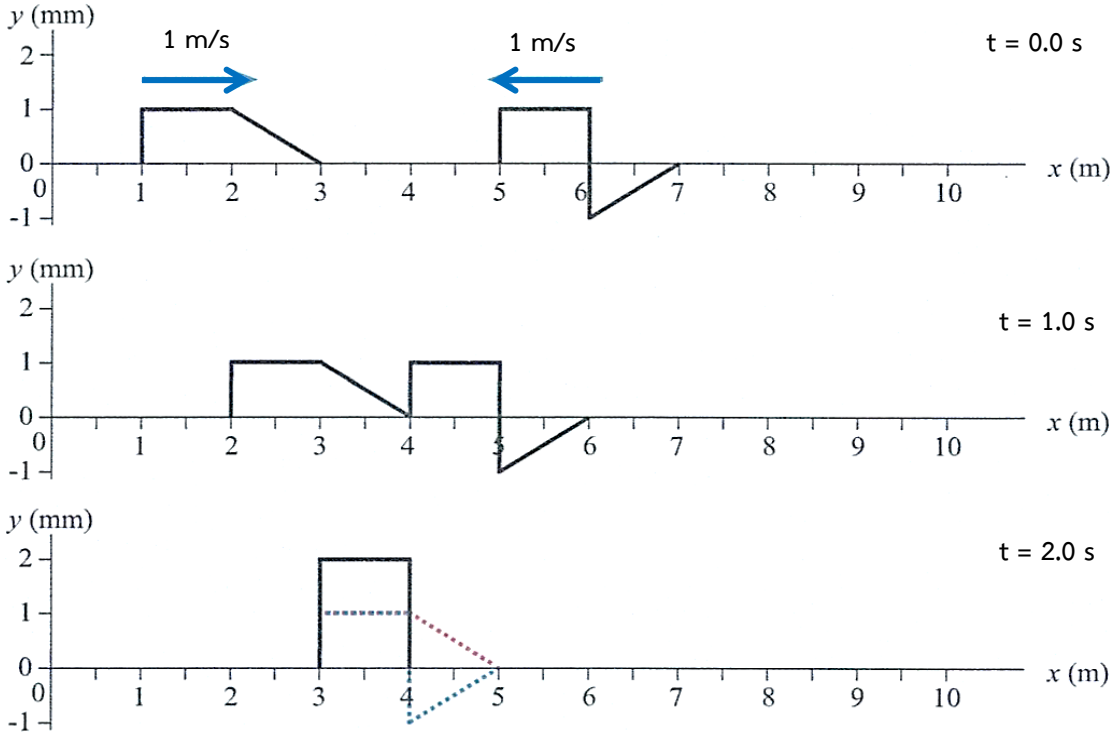
รูปร่างคลื่นรวมที่เวลา t = 3 s

รูปร่างคลื่นรวมที่เวลา t = 4 s

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 75)

รูปร่างคลื่นรวมเมื่อเวลาผ่านไป 2 วินาที 3 วินาที และ 4 วินาที

2. คลื่นดล 2 คลื่น มีรูปร่างต่างกัน เคลื่อนที่เข้าหากันด้วยอัตราเร็ว 1 เมตรต่อวินาที ดังรูป จงวาดรูปร่างคลื่นรวมที่เวลาถัดมา ตามที่ระบุในรูป **(5 คะแนน)**



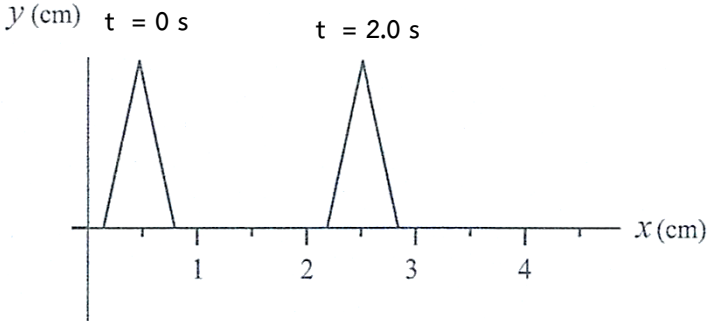
ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
ครูมือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 91)

จากรูป ที่เวลา t = 0 คลื่นทั้งสองอยู่ห่างกัน 2 เมตร สามารถคำนวณหาระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้จาก $S = vt$ จะได้ว่า

เมื่อเวลา t = 1.0 วินาที , คลื่นเคลื่อนที่ได้ = (1.0 m/s)(1.0 s) = 1.0 m โดยคลื่นตลทั้งสองจะเคลื่อนที่เข้าหากัน

เมื่อเวลา t = 2.0 วินาที , คลื่นเคลื่อนที่ได้ = (1.0 m/s)(2.0 s) = 2.0 m จากจุดเริ่มต้น ซึ่งสามารถวาดรูปร่างคลื่นได้ตามลำดับ

3. ภาพแสดงคลื่นดลผ่านตัวกลางชนิดหนึ่ง คลื่นดลนี้มีความเร็วเท่าไร และเมื่อเวลา t=3 วินาที คลื่นดลนี้จะอยู่ที่ตำแหน่งใด



ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). ครูมือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 109)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

S = 2 cm , t = 2 s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความเร็วคลื่น (v) และตำแหน่งของคลื่นเมื่อเวลาผ่านไป 3 วินาที

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = \frac{2\ cm}{} = 1\ cm/s$

เมื่อเวลาผ่านไป 3 วินาที คลื่นจะเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 3 เซนติเมตร ห่างจากจุดเริ่มต้น

จากรูปคลื่นเริ่มต้นที่ระยะ 0.5 เซนติเมตร

ดังนั้น วินาทีที่ 3 คลื่นจะอยู่ที่ตำแหน่ง 3.5 เซนติเมตร

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีความเร็วคลื่น 1 เมตรต่อวินาที

และเมื่อเวลาผ่านไป 3 วินาที คลื่นอยู่ที่ตำแหน่ง 3.5 เซนติเมตร

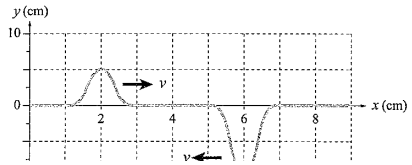
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 4

การซ้อนทับของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. ที่เวลา t=0 s คลื่นดลเคลื่อนที่เข้าหากัน ดังรูป



ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
ครูมือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 112)

ก. ที่เวลา t = 1 s คลื่นทั้งสองซ้อนทับกันเฟพอดี ความเร็วของคลื่นเป็นเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

ที่เวลา t = 0 คลื่นทั้งสองอยู่ห่างกัน 4 cm , t = 1 s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความเร็วคลื่น (v)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

ที่เวลา t = 0 คลื่นทั้งสองอยู่ห่างกัน 4 cm

เวลาผ่านไป 1 วินาที คลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ได้ระยะ $v \times 1$ เซนติเมตร

ดังนั้น $v + v = 4$

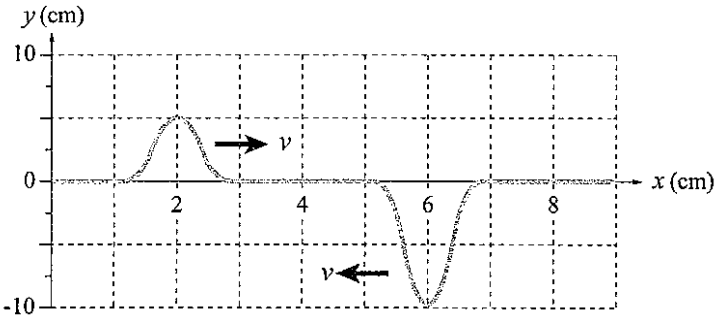
$v = 2$ cm/s

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีความเร็ว 2 เซนติเมตรต่อวินาที

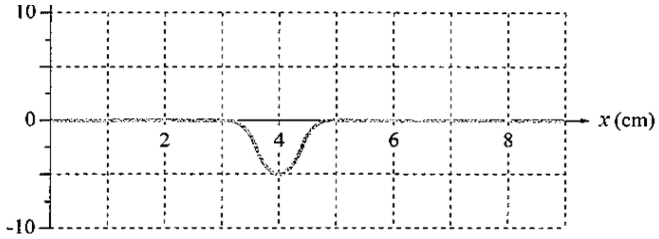
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ข. จงวาดภาพการรวมกันของคลื่นทั้งสองที่เวลา *t=1 s* และ *t=2 s* **(5 คะแนน)**

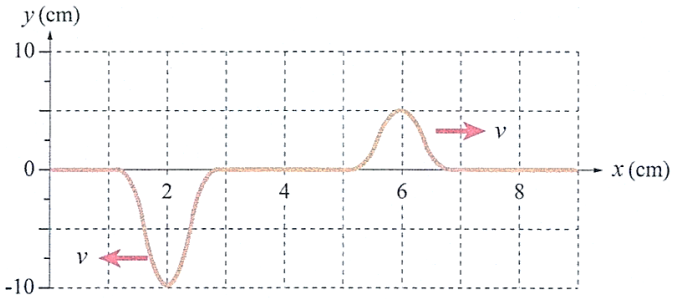


ที่เวลา t = 1 วินาที คลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ได้ระยะทาง เท่ากับ 2 x 1 = 2 cm และซ้อนทับกันพอดีที่ตำแหน่ง 4 cm ดังนั้นภาพที่ได้เป็นลูกคลื่นยอดคลื่นอยู่ที่ตำแหน่ง 4 cm และมีความสูงของคลื่นเท่ากับผลต่างของแอมพลิจูดของคลื่นทั้งสอง

ที่เวลา t = 2 วินาที คลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ได้ระยะทาง เท่ากับ 2 x 2 = 4 cm ดังนั้น ภาพที่ได้จะเป็นลูกคลื่นตำแหน่งเดียวกับตอนเริ่มต้นแต่สลับลูกคลื่นกัน



ที่เวลา t = 1 s



ที่เวลา t = 2 s

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). ครูมือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 112-113)

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 5

การสะท้อนของคลื่น

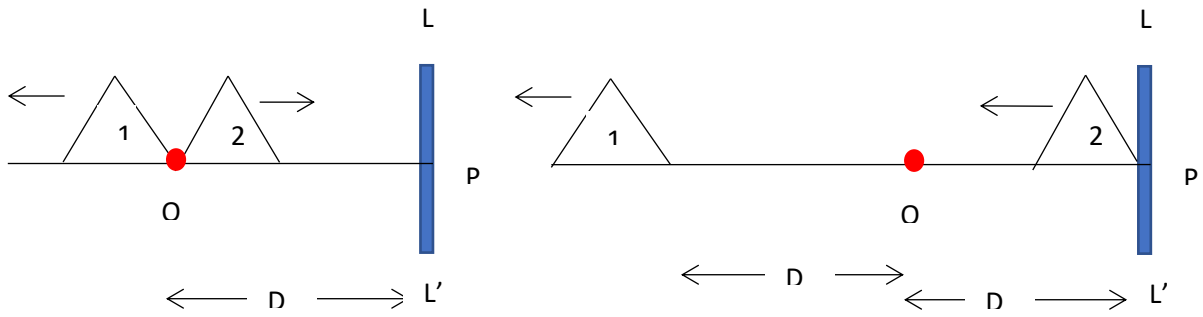
ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. เชือกเส้นหนึ่งมีปลายข้างหนึ่งผูกแน่นติดกับเสา เมื่อสร้างคลื่นจากปลายข้างหนึ่งเข้ามาตกกระทบจะเกิดคลื่นสะท้อนขึ้น คลื่นสะท้อนนี้ จะมีเฟสเปลี่ยนไปกี่องศา **(2 คะแนน)**

.....จุดสะท้อนตรึงแน่นคลื่นสะท้อน จะมีเฟสตรงข้ามกับคลื่นตกกระทบ โดยเฟสเปลี่ยน 180°.....

.....

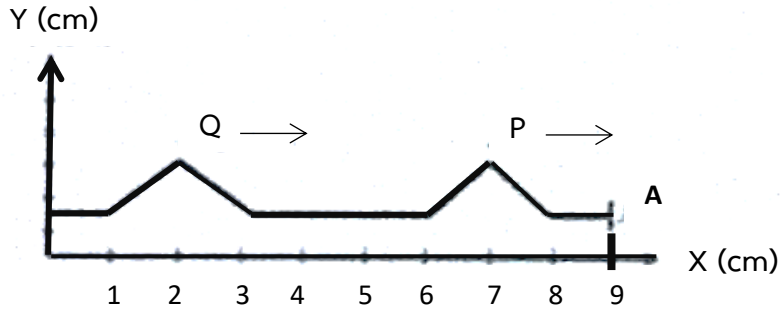
2. คลื่นดลลูกหนึ่งถูกทำให้เกิดขึ้นที่จุด O คลื่นดลลูกนี้แผ่ออกไปชนกับกำแพงราบ LL' ซึ่งอยู่ห่างจากจุด O เป็นระยะทางตั้งฉากเท่ากับ D ในที่สุดจะปรากฏมีคลื่นวิ่งตามกันไปในแนว PO อยากทราบว่า คลื่นทั้งสองวิ่งตามกันด้วยระยะห่างกันเท่าใด **(5 คะแนน)**



จุด O เป็นแหล่งกำเนิดคลื่น จะทำให้เกิดคลื่น ไปทางด้านซ้าย(1) และด้านขวา(2)
ถ้าคลื่น (1) เคลื่อนที่ไปทางด้านซ้ายได้ระยะทาง D คลื่น (2) ก็จะเคลื่อนที่ไปทางด้านขวาได้ระยะ D เช่นเดียวกัน

เมื่อคลื่น (2) ชนกำแพงจะสะท้อนออกมา โดยคลื่นสะท้อนมีเฟสตรงกับคลื่นตกกระทบ และเคลื่อนที่ไปทางด้านซ้ายตามคลื่น (1) จึงทำให้คลื่นทั้งสองอยู่ห่างกัน เป็นระยะ 2D

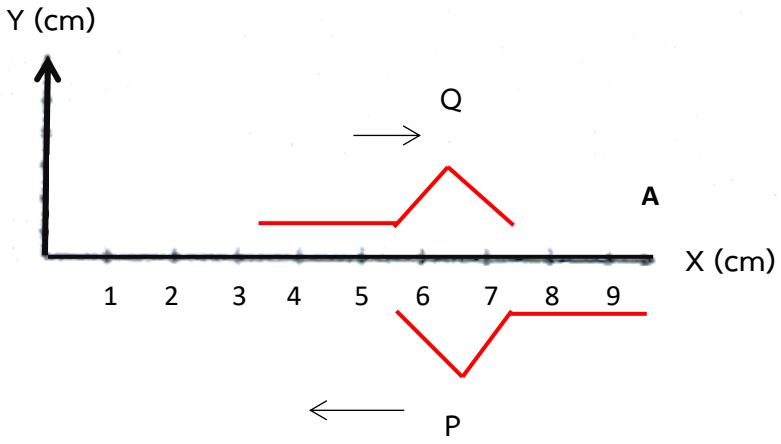
3. ทำให้เกิดคลื่นเดียวกัน 2 ครั้ง บนเส้นเชือกที่ขึงตึงเส้นหนึ่ง ด้วยเวลาห่างกัน 1 วินาที คลื่นทั้งสองวิ่งไปทางขวาเข้าหาจุดตรึง A ดังรูป เวลาผ่านไปเท่าไร เส้นเชือกจึงจะเรียบเป็นเส้นตรง **(5 คะแนน)**



ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=FwJElsyZ4D4

ใน 1 วินาที คลื่น P และ Q เคลื่อนที่ได้ระยะทางห่างกัน 5 cm

หาอัตราเร็วของคลื่น จาก $v = \frac{s}{t}$ จะได้ v = 5 cm/s



คลื่น P ตกกระทบจุด A ที่เป็นจุดขึงเชือก ทำให้คลื่น P สะท้อนออกมา โดยคลื่นสะท้อนมีเฟสตรงข้ามกับคลื่นตกกระทบ

เมื่อคลื่น Q เคลื่อนที่ อีก 4.5 cm ก็จะมาอยู่ที่ตำแหน่ง 6.5 cm คลื่น P จะเคลื่อนที่ได้ 4.5 cm และอยู่ที่ตำแหน่ง 6.5 cm ดังรูป ที่ตำแหน่งนี้จะทำให้คลื่นทั้งสองหักล้างกัน เส้นเชือกจึงเรียบเป็นเส้นตรง

แสดงว่าคลื่นทั้ง 2 ลูกต้องเคลื่อนที่ต่อไปอีก 4.5 cm จึงจะพบกันและหักล้างกัน จึงหาเวลาที่เกิดการหักล้างจาก $v = \frac{s}{t}$ จะได้ $t = \frac{s}{v} = \frac{4.5}{5} = 0.9$ วินาที

ใบความรู้ออนไซต์เรื่องที่ 5

การสะท้อนของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

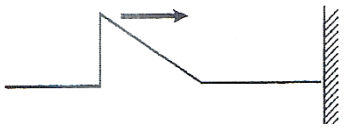
1. คลื่นดลดังรูป เคลื่อนที่ตกกระทบผิวสะท้อนอิสระ คลื่นสะท้อนจะมีรูปร่างอย่างไร **(3 คะแนน)**

การสะท้อนของคลื่นเมื่อผิวสะท้อนอิสระ คลื่นสะท้อน จะมีเฟสตรงกันกับคลื่นตกกระทบ ดังรูป

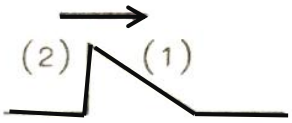
คลื่นตกกระทบ

คลื่นสะท้อน

2. จากรูปแสดงถึงคลื่นตกกระทบในเส้นเชือก ซึ่งปลายข้างหนึ่งของเชือกผูกติดอยู่กับกำแพง เมื่อคลื่นตกกระทบกับกำแพงแล้วจะเกิดคลื่นสะท้อนขึ้นดังรูปใด **(3 คะแนน)**



การสะท้อนของคลื่นเมื่อผิวสะท้อนตรึงแน่น คลื่นสะท้อนจะมีเฟสตรงข้ามกันกับคลื่นตกกระทบ ดังรูป



คลื่นตกกระทบ

คลื่นสะท้อน

ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 90)

3. คลื่นน้ำหน้าตรงเคลื่อนที่เข้ากระทบผิวสะท้อนราบเรียบจะเกิดการสะท้อนขึ้น คลื่นน้ำที่สะท้อนออกมามีเฟสเปลี่ยนไปกี่องศา **(1 คะแนน)**

การสะท้อนของคลื่นผิวน้ำเหมือนกับการสะท้อนคลื่นที่มีจุดสะท้อนอิสระ คลื่นสะท้อนจะมีเฟสตรงกับคลื่นตกกระทบหรือเฟสไม่เปลี่ยน

4. เชือกเส้นหนึ่งมีปลายข้างหนึ่งผูกติดกับเสา เมื่อสร้างคลื่นดลจากปลายข้างหนึ่งเข้ามาตกกระทบ จะเกิดคลื่นสะท้อนขึ้น คลื่นสะท้อนนี้มีเฟสเปลี่ยนไปกี่องศา **(1 คะแนน)**

จุดสะท้อนตรึงแน่นคลื่นสะท้อน จะมีเฟสตรงข้ามกับคลื่นตกกระทบ โดยเฟสเปลี่ยน 180°

5. เมื่อมีจุดกำเนิดคลื่นอยู่ที่จุดโฟกัสของผิวสะท้อนรูปพาราโบลา ให้คลื่นไปกระทบผิวสะท้อน คลื่นสะท้อนจะมีลักษณะอย่างไร **(1 คะแนน)**

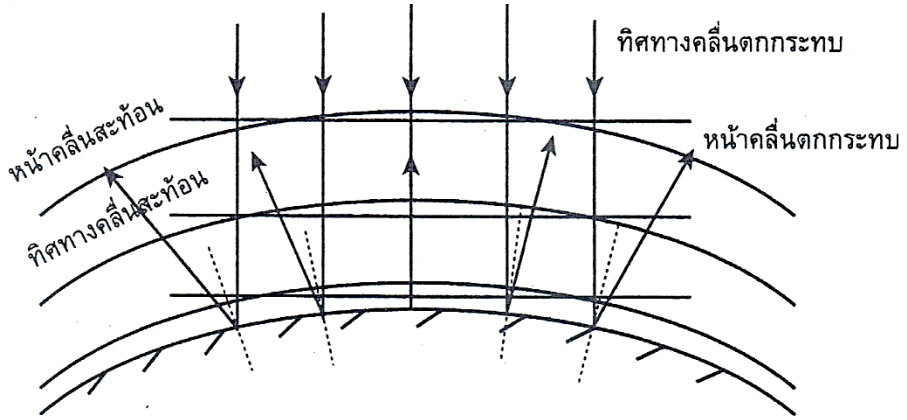
จุดกำเนิดคลื่นที่จุดโฟกัสของผิวสะท้อนรูปพาราโบลาคลื่นสะท้อนจะได้คลื่นหน้าตรง

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 5

การสะท้อนของคลื่น

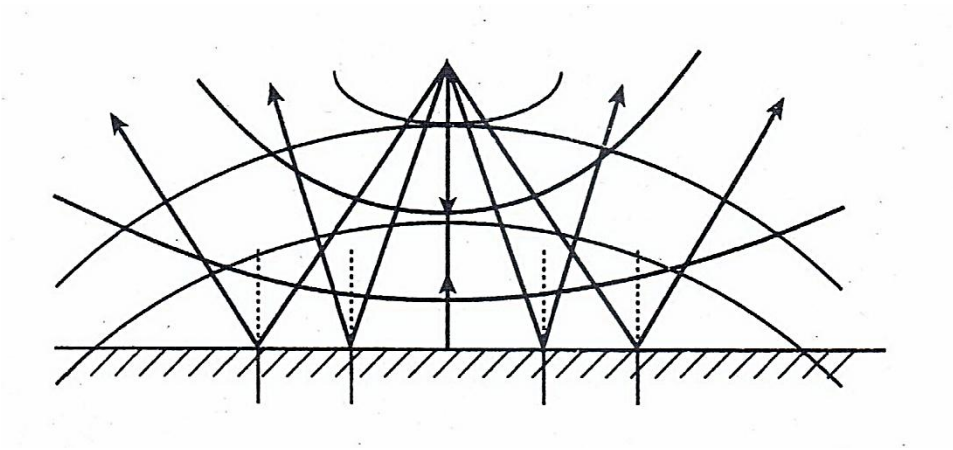
ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. จงเขียนหน้าคลื่นสะท้อนที่เกิดจากคลื่นหน้าตรงสะท้อนจากผิวสะท้อนโค้ง **(2 คะแนน)**



ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 40)

2. จงเขียนหน้าคลื่นสะท้อนที่เกิดจากคลื่นวงกลมสะท้อนจากผิวสะท้อนเรียบตรง **(2 คะแนน)**



ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 40)

ใบงานออนไลน์เรื่องที่ 6

การหักเหของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. คลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกเข้าสู่บริเวณน้ำตื้น อัตราเร็วเปลี่ยนจาก 10 เมตร/วินาที เป็น 8 เมตร/วินาที ถ้าคลื่นน้ำตื้นมีความยาวคลื่น 1 เมตร ความยาวคลื่นของน้ำลึกจะเป็นเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$v_1 = v_{ลึก} = 10$ m/s , $v_2 = v_{ตื้น} = 8$ m/s , $\lambda_2 = \lambda_{ตื้น} = 1$ m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่นของน้ำลึก (λ_1)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$\frac{10\ m/s}{8\ m/s} = \frac{\lambda_1}{1\ m}$$

$$\lambda_1 = 1.25\ \text{m}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความยาวคลื่นของน้ำลึก เท่ากับ 1.25

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. คลื่นน้ำเคลื่อนที่จากเขตน้ำลึกเข้าไปยังเขตน้ำตื้น โดยมีรอยต่อของเขตทั้งสองเป็นเส้นตรง ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบทำมุมกับแนวรอยต่อ 30 องศา ทำให้ความยาวคลื่นในเขตน้ำตื้นเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นในเขตน้ำลึก อยากทราบว่าหน้าคลื่นหักเหทำมุมกับเขตรอยต่อเป็นมุมเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\theta_1 = \theta_{\text{น้ำลึก}} = 30°$, $\lambda_1 = \lambda_{\text{น้ำลึก}}$, $\lambda_2 = \lambda_{\text{น้ำตื้น}} = \frac{1}{2}\lambda_1$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หามุมที่เกิดจากหน้าคลื่นหักเหทำกับรอยต่อ (θ_2)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{sin\theta_1}{sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ | $sin\theta_2 = \frac{1}{4}$

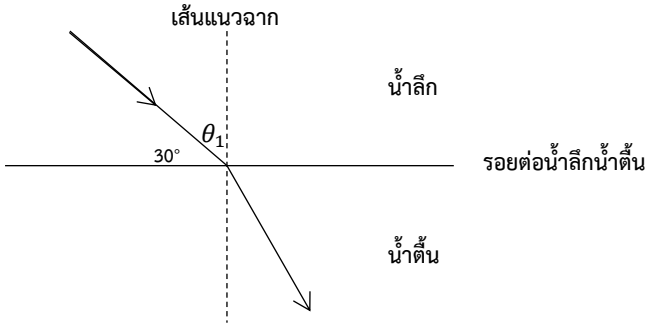
$\frac{\sin 30°}{sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\frac{1}{2}\lambda_1}$ | $\theta_2 = sin^{-1}(\frac{1}{4})$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

มุมที่เกิดจากหน้าคลื่นหักเหทำกับรอยต่อ เท่ากับ $sin^{-1}(\frac{1}{4})$

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. คลื่นน้ำแบบต่อเนื่องที่มีหน้าคลื่นตรง เคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้นแล้วทำให้เกิดคลื่นหักเหหน้าคลื่นตรง ถ้าแนวทางเดินของคลื่นตกกระทบทำมุมกับรอยต่อระหว่างตัวกลางเท่ากับ 30 องศา จงหามุมหักเห ถ้าความยาวคลื่นในน้ำตื้นลดลงเป็น 1/3 ของความยาวคลื่นในน้ำลึก



ที่มา : มานัส มงคลสุข (2555, หน้า 28 ในหนังสือไม่มีรูป)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\theta_1 = \theta_{\text{น้ำลึก}} = 60°$, $\lambda_1 = \lambda_{\text{น้ำลึก}}$, $\lambda_2 = \lambda_{\text{น้ำตื้น}} = \frac{1}{\sqrt{3}}\lambda_1$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หามุมหักเห (θ_2)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{sin\theta_1}{sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ | $\frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\frac{1}{\sqrt{3}}\lambda_1}$

$\frac{\sin 60°}{sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\frac{1}{\sqrt{3}}\lambda_1}$ | $sin\theta_2 = \frac{1}{2}$

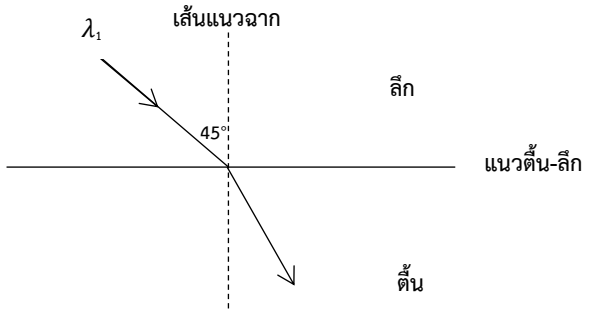
$\theta_2 = 30°$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

มุมหักเห เท่ากับ 30°

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. คลื่นน้ำเคลื่อนที่เข้าหาแนวลึก-ตื้น มุมตกกระทบ 45 องศา และมีความยาวคลื่น 4 เซนติเมตร เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ในน้ำตื้นมีมุมเปลี่ยนไป 15 องศา คลื่นน้ำตื้นจะมีอัตราเร็วเท่าไร ถ้าคลื่นมีความถี่ 10 เฮิรตซ์



ที่มา : มานัส มงคลสุข (2555, หน้า 29)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda_1 = 4$ cm , $f = 10$ Hz , $\theta_1 = 45°$

มุมหักเหในน้ำตื้นเปลี่ยนไป 15° แสดงว่า $\theta_2 = 45° - 15° = 30°$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็วคลื่นในน้ำตื้น (v_2)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา v_1 จาก $v = f\lambda$

$= (10\text{ Hz})(4\text{cm})$

$= 40$ cm/s

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

$\frac{\sin 45°}{\sin 30°} = \frac{v_1}{v_2}$

$\frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{40\text{ cm/s}}{v_2}$

$v_2 = 20\sqrt{2}$ cm/s

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

อัตราเร็วคลื่นในน้ำตื้นเท่ากับ $20\sqrt{2}$ เซนติเมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 6

การหักเหของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. คลื่นเคลื่อนที่จากตัวกลาง x ไปยังตัวกลาง y ถ้าความเร็วคลื่นในตัวกลาง x เป็น 8 เมตร/วินาที และความยาวคลื่นมีขนาดเท่ากับ 4 เมตร เมื่อผ่านเข้าไปในตัวกลาง y ความเร็วคลื่นเปลี่ยนเป็น 10 เมตร/วินาที ความยาวคลื่นในตัวกลาง y จะมีค่าเป็นกี่เมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$v_1 = v_x = 8$ m/s , $\lambda_1 = \lambda_x = 4$ m , $v_2 = v_y = 10$ m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่นในตัวกลาง y (λ_y)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$\frac{8\ m/s}{10\ m/s} = \frac{4\ m}{\lambda_y}$$

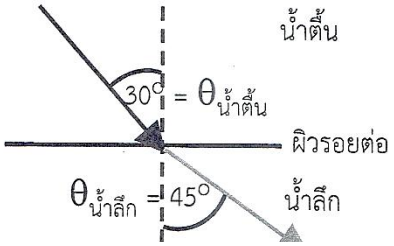
$\lambda_y = 5$ m

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความยาวคลื่นในตัวกลาง y เท่ากับ 5 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. คลื่นน้ำเคลื่อนที่จากน้ำตื้นไปยังน้ำลึก ถ้ามุมตกกระทบและมุมหักเหเท่ากับ 30^0 และ 45^0 ตามลำดับ และความเร็วในน้ำตื้นเท่ากับ 10 เซนติเมตร/วินาที จงหาความเร็วคลื่นในน้ำลึกในหน่วย เซนติเมตร/วินาที



ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563, หน้า 67)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\theta_1 = \theta_{น้ำตื้น} = 30°$, $\theta_2 = \theta_{น้ำลึก} = 45°$, $v_1 = v_{น้ำตื้น} = 10$ cm/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความเร็วคลื่นในน้ำลึก ($v_{น้ำลึก}$)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$\frac{\sin 30°}{\sin 45°} = \frac{10}{v_{น้ำลึก}}$

$\frac{(\frac{1}{2})}{(\frac{\sqrt{2}}{2})} = \frac{10\ cm/s}{v_{น้ำลึก}}$

$v_{น้ำลึก} = 10\sqrt{2}$ cm/s

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความเร็วคลื่นในน้ำลึกเท่ากับ $10\sqrt{2}$ เซนติเมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. ถ้าคลื่นเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำตื้นมีความยาวคลื่น 45 เซนติเมตร ไปสู่น้ำลึกความยาวคลื่นเปลี่ยนเป็น 60 เซนติเมตร จงหาดรรชนีหักเหของตัวกลางน้ำลึกเทียบกับตัวกลางน้ำตื้น

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda_1 = \lambda_{น้ำตื้น} = 45$ cm , $\lambda_2 = \lambda_{น้ำลึก} = 60$ cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาดรรชนีหักเหน้ำลึกเทียบกับน้ำตื้น ($n_{น้ำลึก\ น้ำตื้น}$)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$n_{21} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

$n_{น้ำลึก,น้ำตื้น} = \frac{\lambda_{น้ำตื้น}}{\lambda_{น้ำลึก}}$

$n_{น้ำลึก,น้ำตื้น} = \frac{45\ cm}{60\ cm}$

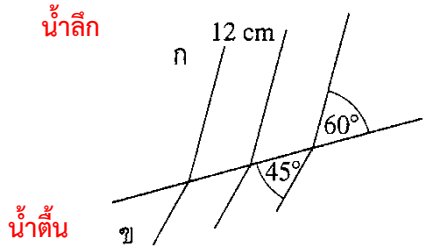
$n_{น้ำลึก,น้ำตื้น} = 0.75$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ดรรชนีหักเหน้ำลึกเทียบกับน้ำตื้น ($n_{น้ำลึก\ น้ำตื้น}$) เท่ากับ 0.75

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. คลื่นน้ำเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีความลึกต่างกันเกิดปรากฏการณ์ดังรูป ในบริเวณ ก หน้าคลื่นอยู่ห่างกัน 12 เซนติเมตร ในบริเวณ ข คลื่นมีความเร็ว 6√2 เซนติเมตร/วินาที ถ้าต้นกำเนิดคลื่นมาจากบริเวณ ก ความถี่ของต้นกำเนิดคลื่นมีค่าเท่าไร



ที่มา : มานัส มงคลสุข (2555, หน้า 27)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\theta_1 = \theta_{\text{น้ำลึก}} = 60°$, $\theta_2 = \theta_{\text{น้ำตื้น}} = 45°$, $v_2 = v_{\text{น้ำตื้น}} = 6\sqrt{2}$ cm/s , $\lambda_1 = \lambda_{\text{น้ำลึก}} = 12$ cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่คลื่นในตัวกลาง ก (f_1)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$ | $\frac{(\frac{\sqrt{3}}{2})}{(\frac{\sqrt{2}}{2})} = \frac{v_1}{6\sqrt{2}}$ | หา f_1 จาก $v_1 = f_1\lambda_1$

$6\sqrt{3} = f_1(12\text{ cm})$

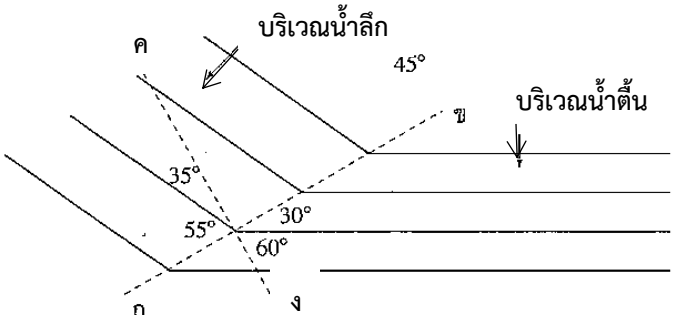
$\frac{\sin 60°}{\sin 45°} = \frac{v_1}{6\sqrt{2}}$ | $v_1 = 6\sqrt{3}$ cm/s | $f_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}$ Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่คลื่นในตัวกลาง ก เท่ากับ $\frac{\sqrt{3}}{2}$ Hz

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. จากรูป แสดงหน้าคลื่นตกกระทบและหน้าคลื่นหักเหของคลื่นผิวน้ำที่เคลื่อนที่จากเขตน้ำลึกไปยังน้ำตื้นเมื่อ กข คือเส้นรอยต่อระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้น จงหาอัตราส่วนความเร็วของคลื่นในน้ำลึกต่อความเร็วของคลื่นในน้ำตื้น



ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563, หน้า 95)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์ กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\theta_1 = 55°$, $\theta_2 = 30°$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตราส่วนอัตราเร็วของคลื่นในน้ำลึกต่ออัตราเร็วของคลื่นในน้ำตื้น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin 55°}{\sin 30°}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

อัตราส่วนอัตราเร็วของคลื่นในน้ำลึกต่ออัตราเร็วของคลื่นในน้ำตื้น เท่ากับ $\frac{sin\ 55°}{sin\ 30°}$

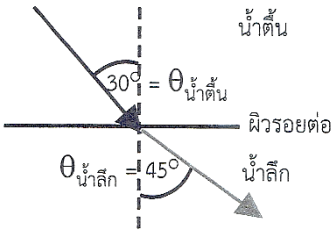
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 6

การหักเหของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. คลื่นน้ำเคลื่อนที่จากน้ำตื้นไปยังน้ำลึก ถ้ามุมตกกระทบและมุมหักเหเท่ากับ 30^0 และ 45^0 ตามลำดับ และความยาวคลื่นในน้ำตื้นเท่ากับ 5 เซนติเมตร จงหาความยาวคลื่นในน้ำลึก(เซนติเมตร)



ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563, หน้า 67)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\theta_1 = \theta_{น้ำตื้น} = 30°$, $\theta_2 = \theta_{น้ำลึก} = 45°$, $\lambda_1 = \lambda_{น้ำตื้น} = 5$ cm , $\lambda_2 = \lambda_{น้ำลึก}$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่นในน้ำลึก ($\lambda_{น้ำลึก}$)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{sin\theta_1}{sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \qquad \frac{\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{5\ cm}{\lambda_2}$$

$$\frac{\sin 30°}{\sin 45°} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \qquad \lambda_2 = 7 \text{ cm}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความยาวคลื่นในน้ำลึก เท่ากับ 7 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. ถ้าอัตราเร็วในตัวกลาง x เป็น 8 เมตร/วินาที เมื่อผ่านไปในตัวกลาง y อัตราเร็วคลื่นเปลี่ยนเป็น 10 เมตร/วินาที ดรรชนีหักเหของตัวกลาง y เทียบกับตัวกลาง x เป็นเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$v_1 = v_x = 8$ m/s , $v_2 = v_y = 10$ m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาดรรชนีหักเหของตัวกลาง y เทียบกับตัวกลาง x ($n_{y\,x}$)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$ $n_{yx} = \frac{8\ m/s}{10\ m/s}$

$n_{yx} = \frac{v_x}{v_y}$ $n_{yx} = 0.8$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ดรรชนีหักเหของตัวกลาง y เทียบกับตัวกลาง x เท่ากับ 0.8

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. คลื่นน้ำวิ่งเข้าหาแนวลึก-ตื้นทำมุมตกกระทบ 53° คลื่นเคลื่อนที่ในน้ำลึกด้วยอัตราเร็ว 10 เซนติเมตรต่อวินาที เมื่อเข้าสู่บริเวณน้ำตื้นแล้วมีอัตราเร็ว 9 เซนติเมตรต่อวินาที อยากทราบว่ามุมหักเหจะมีค่าเป็นเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\theta_1 = \theta_{\text{น้ำลึก}} = 53°$, $v_1 = v_{\text{น้ำลึก}} = 10$ cm/s , $v_2 = v_{\text{น้ำตื้น}} = 9$ cm/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หามุมที่เกิดจากหน้าคลื่นหักเหทำกับรอยต่อ (θ_2)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$\frac{sin\,53°}{sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$sin\theta_2 = \left(\frac{9\ cm/s}{10\ cm/s}\right)\left(\frac{4}{5}\right)$$

$$sin\theta_2 = 0.75$$

$$\theta_2 = sin^{-1}(0.75)$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

มุมที่เกิดจากหน้าคลื่นหักเหทำกับรอยต่อ (θ_2) $sin^{-1}(0.75)$

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 7

การแทรกสอดของคลื่น

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

1. แหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ 2 แหล่งห่างกัน 8 เซนติเมตร ให้คลื่นที่มีความยาวคลื่นเท่ากัน 2.5 เซนติเมตร เฟสตรงกัน จงหาว่าตำแหน่งต่อไปนี้อยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าไร

   ก. จุด A อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นระยะ 12 เซนติเมตร และ 17 เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

d = 8 cm , λ = 2.5 cm , $|S_1P - S_2P| = |12 - 17|$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาว่าตำแหน่งที่กำหนดให้อยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าไร

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$|S_1P - S_2P| = n\lambda$

$|12 - 17| = n(2.5\ cm)$

$n = \frac{5}{2.5}$

$n = 2$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ตำแหน่งที่กำหนดให้อยู่บนแนวปฏิบัพที่ 2 (A_2)

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ข. จุด B อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นระยะ 14.5 เซนติเมตร และ 15.75 เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

d = 8 cm , λ = 2.5 cm , $|S_1P - S_2P| = |14.5 - 15.75|$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาว่าตำแหน่งที่กำหนดให้อยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าไร

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$|S_1P - S_2P| = n\lambda$

$|14.5 - 15.75| = n(2.5\ \text{cm})$

$n = \frac{1.25}{2.5}$

$n = 0.5$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ตำแหน่งที่กำหนดให้อยู่บนแนวบัพที่ 1 (N_1)

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. แหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ 2 แหล่งเฟสตรงกัน ห่างกัน 12 เซนติเมตร ความถี่เท่ากัน 100 เฮิรตซ์ และเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 40 เซนติเมตร/วินาที จงหา

   ก. จุด x อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นระยะ 19 และ 25 เซนติเมตร ตามลำดับ จุด x จะอยู่บนแนวเสริมหรือแนวหักล้างที่เท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

d = 12 cm , f = 100 Hz , v = 40 cm/s , $|S_1P - S_2P| = |19 - 25|$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาตำแหน่งที่กำหนดให้อยู่บนแนวเสริมหรือแนวหักล้างที่เท่าไร

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา λ จาก $v = f\lambda$

$40\ cm/s = (100\ Hz)\lambda$

$\lambda = 0.4\ cm$

$|S_1P - S_2P| = n\lambda$

$|19 - 25| = n(0.4\ cm)$

$n = \frac{6}{0.4}$

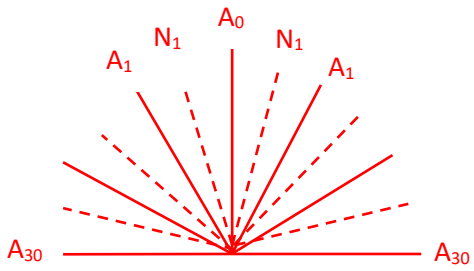
$n = 15$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ตำแหน่งที่กำหนดให้อยู่บนแนวเสริมที่ 15 (A_{15})

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ข. จำนวนบัพและปฏิบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

d = 12 cm , หาแนวที่อยู่ไกลที่สุด $\theta = 90°$, $\lambda = 0.4$ cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาจำนวนบัพและปฏิบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d \sin\theta = n\lambda$

$(12\text{ cm}) \sin 90° = n(0.4\text{ cm})$

$n = \frac{12}{0.4}$

$n = 30$

∴ แนวไกลสุด A_{30}

แนวปฏิบัพทั้งหมด

(30 x 2) + 1 = 61 แนว

แนวบัพทั้งหมด

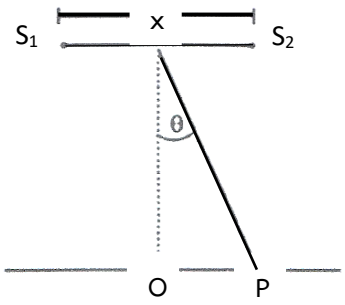
(30 x 2) = 60 แนว

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แนวปฏิบัพทั้งหมด 61 แนว และแนวบัพทั้งหมด 60 แนว

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. จากรูป ถ้าจุด P เป็นจุดที่เกิดการแทรกสอดแบบเสริมกัน จุดที่ 2 จากแนวกลาง อยากทราบว่ามุมที่เบนจากแนวกลางมีค่าเท่าใด



ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 58)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

d = x , n = 2 , มุมที่เบนจากแนวกลาง = θ

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หามุมที่เบนจากแนวกลาง θ

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d \sin\theta = n\lambda$

$x \sin\theta = 2\lambda$

$\sin\theta = \frac{2\lambda}{x}$

$\theta = \sin^{-1}(\frac{2\lambda}{x})$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

มุมที่เบนจากแนวกลาง $\theta = \sin^{-1}(\frac{2\lambda}{x})$

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 7

การแทรกสอดของคลื่น

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

1. ถ้า S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นซึ่งมีความถี่เท่ากัน และเฟสตรงกันและอยู่ห่างกัน 8 เซนติเมตร ถ้าความยาวคลื่นเท่ากับ 4 เซนติเมตร จะมีแนวปฏิบัพกี่แนวบนเส้นตรง S_1,S_2

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 8\ cm\ ,\ \lambda = 4\ cm\ ,\ \theta = 90^\circ$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาจำนวนแนวปฏิบัพบนเส้นตรง S_1,S_2

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d \sin\theta = n\lambda$

$(8\ cm)\sin 90^\circ = n(4\ cm)$

$n = \frac{8}{4}$

$n = 2$

หาจำนวนแนวปฏิบัพบนเส้นตรง $S_1,S_2 = (2 \times 2) + 1 = 5$ แนว

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แนวปฏิบัพบนเส้นตรง S_1,S_2 เท่ากับ 5 แนว

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. แหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์เฟสตรงกัน 2 อัน วางห่างกัน 6 เซนติเมตร ความเร็วคลื่น 40 เซนติเมตร/วินาที ขณะนั้นคลื่นมีความถี่ 40 เฮิรตซ์ จงหาว่าแนวปฏิบัพที่ 3 จะเบนออกจากแนวกลางเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 6$ cm , $v = 40$ cm/s , $f = 40$ Hz , $n = 3$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

มุมที่เบนออกจากแนวกลาง (θ)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา λ จาก $v = f\lambda$

$40 \text{ cm/s} = (40 \text{ Hz})\lambda$

$\lambda = 1$ cm

$d \sin\theta = n\lambda$

$(6 \text{ cm}) \sin\theta = 3(1 \text{ cm})$

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

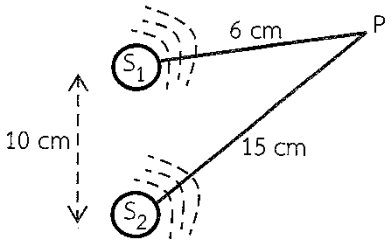
$\theta = 30^\circ$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

มุมที่เบนออกจากแนวกลาง 30°

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. แหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ให้หน้าคลื่นวงกลมสองแหล่งอยู่ห่างกัน 10 เซนติเมตร มีความยาวคลื่น 2 เซนติเมตร ที่ตำแหน่งหนึ่งห่างจากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองเป็นระยะ 6 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตร ตามลำดับ จะอยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าใดนับจากแนวกลาง



ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563, หน้า 73)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

d = 10 cm , λ = 2 cm , S_1P = 6 cm , S_2P = 15 cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาว่า จุด P อยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าไร

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ**(2 คะแนน)**

$|S_1P - S_2P| = n\lambda$

$|6 - 15| = n(2\ cm)$

$n = \frac{9}{2}$

$n = 4.5$

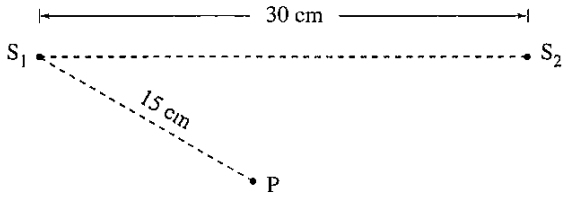
n = 4.5 แสดงว่า จุด P อยู่บนแนวบัพ ที่ 5

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ**(1 คะแนน)**

จุด P อยู่บนแนวบัพที่ 5 (N_5)

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. จากรูป S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์บนผิวน้ำซึ่งมีเฟสตรงกัน มีความยาวคลื่น 3 เซนติเมตร ทำให้เกิดคลื่นนิ่งบนผิวน้ำ จุด P เป็นจุดใด ๆ บนผิวน้ำห่างจาก S_1 เป็นระยะ 15 เซนติเมตรคงตัว จุด P จะต้องอยู่ห่างจาก S_2 เป็นระยะเท่าไร จึงจะมีแนวปฏิบัพ A_3 ผ่านพอดี



ที่มา : มานัส มงคลสข (2555. หน้า 34)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

d = 30 cm , λ = 3 cm , S_1P = 15 cm n = 3

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะระหว่าง P กับ จุด S_2

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$|S_2P - S_1P| = n\lambda$

S_2P - 15 = (3)(3 cm)

S_2P = 9 + 15

S_2P = 24 cm

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

จุด P อยู่ห่างจาก S_2 เป็นระยะ 24 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. จากข้อ 4 จุด P จะต้องอยู่ห่างจาก S_1 เป็นระยะเท่าไร จึงจะมีแนวบัพ N_2 ผ่านพอดี

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

d = 30 cm , λ = 3 cm , S_1P = 15 cm , n = 2

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะระหว่าง P กับ จุด S_2

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$S_2P - 15 = (2 + \frac{1}{2})(3\ cm)$

$S_2P = 22.5\ cm$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

จุด P อยู่ห่างจาก S_2 เป็นระยะ 22.5 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

6. แหล่งกำเนิดคลื่นน้ำอาพันธ์ให้หน้าคลื่นวงกลมสองแหล่งอยู่ห่างกัน 10 เซนติเมตร มีความยาวคลื่น 2 เซนติเมตร ที่ตำแหน่งหนึ่งห่างจากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองเป็นระยะ 10 เซนติเมตร และ 19 เซนติเมตร ตามลำดับ จะอยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าไรนับจากแนวกลาง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

d = 10 cm , λ = 2 cm , S_1P = 10 cm , S_2P = 19 cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาว่าตำแหน่งที่กำหนดให้อยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าไร

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$|S_2P - S_1P| = n\lambda$

$|19 - 10| = n(2\ cm)$

$n = \frac{9}{2}$

$n = 4.5$

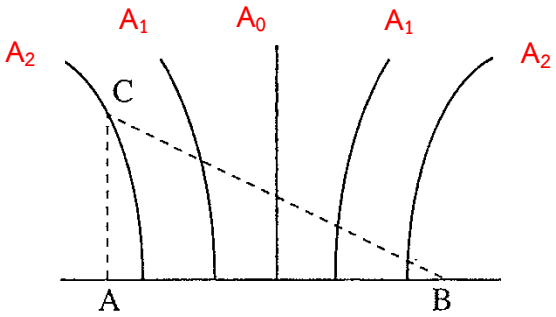
n = 4.5 แสดงว่า อยู่บนแนวบัพ ที่ 5

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ตำแหน่งที่กำหนดให้อยู่บนแนวบัพที่ 5 (N_5)

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

7. แหล่งกำเนิดคลื่นน้ำสร้างคลื่นสองตำแหน่ง A และ B มีความยาวคลื่น 1.5 เซนติเมตร และได้แนวของเส้นปฏิบัติดังแสดงในรูป อยากทราบว่า AC และ BC มีความยาวต่างกันเท่าไร **(3 คะแนน)**



ที่มา : มานัส มงคลสุข (2555, หน้า 34)

ถือว่าแหล่งกำเนิดคลื่น A และ B มีเฟสตรงกัน ดังนั้น A_0 จะอยู่ตรงกลางระหว่าง AC และ BC

ถ้า C อยู่บนแนว A_0 แนว AC และ AB จะยาวต่างกัน $0 \times \lambda$ cm

ถ้า C อยู่บนแนว A_1 แนว AC และ AB จะยาวต่างกัน $1 \times \lambda$ cm

ถ้า C อยู่บนแนว A_2 แนว AC และ AB จะยาวต่างกัน $2 \times \lambda$ cm

กรณีนี้ จุด C อยู่บน A_2 แสดงว่า แนว AC และ AB จะยาวต่างกัน $2 \times 1.5 = 3$ cm

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 7

การแทรกสอดของคลื่น

ชื่อ..... .....เลขที่.....ห้อง.....

1. แหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ 2 แหล่งห่างกัน 10 เซนติเมตร ให้คลื่นที่มีความยาวคลื่นเท่ากัน 2 เซนติเมตร เฟสตรงกัน จงหาว่าจุด A อยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าไร ถ้าจุด A อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นระยะ 15 เซนติเมตร และ 9 เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 10\ cm\ ,\ \lambda = 2\ cm\ ,\ |S_1P - S_2P| = |15 - 9|$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาว่าจุด A อยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าไร

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$|S_1P - S_2P| = n\lambda$

$|15 - 9| = n(2\ cm)$

$n = \frac{6}{2}$

$n = 3$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

จุด A อยู่บนแนวปฏิบัพที่ 3 (A_3)

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. ถ้า S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นซึ่งมีความถี่เท่ากัน และเฟสตรงกันอยู่ห่างกัน 10 เซนติเมตร ถ้าความยาวคลื่นเท่ากับ 4 เซนติเมตรจะเกิดจุดบัพกี่จุดบนเส้นตรง S_1S_2

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 10\ cm\ ,\ \lambda = 4\ cm\ ,\ \theta = 90^\circ$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาจำนวนแนวบัพบนเส้นตรง S_1S_2

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d \sin\theta = n\lambda$

$(10\ cm) \sin 90^\circ = n(4\ cm)$

$n = \frac{10}{4}$

$n = 2.5$

ดังนั้น แนวบัพบนเส้นตรง S_1S_2 เท่ากับ $3 \times 2 = 6$ แนว

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แนวบัพบนเส้นตรง S_1S_2 เท่ากับ 6 แนว

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์บนผิวน้ำเฟสตรงกัน ให้คลื่นผิวน้ำที่มีความยาวคลื่น 3 เซนติเมตรถ้า S_1 และ S_2 ห่างกัน 9 เซนติเมตร คลื่นนิ่งที่เกิดขึ้นระหว่าง S_1 และ S_2 จะมีแนวบัพและปฏิบัพที่แนวตามลำดับ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 9$ cm , $\lambda = 3$ cm , $\theta = 90°$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาจำนวนแนวบัพและแนวปฏิบัพทั้งหมด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d \sin\theta = n\lambda$

$(9 \text{ cm})\sin 90° = n(3 \text{ cm})$

$n = \frac{9}{3}$

$n = 3$

แนวปฏิบัพทั้งหมด

$3 \times 2 + 1 = 7$ แนว

แนวบัพทั้งหมด

$3 \times 2 = 6$ แนว

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แนวปฏิบัพทั้งหมด 7 แนว และแนวบัพทั้งหมด 6 แนว

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 8

การเลี้ยวเบนของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. ช่องเปิดเดี่ยวกว้าง 6 เซนติเมตร ให้หน้าคลื่นตรงมีความยาวคลื่น 2 เซนติเมตร คลื่นเคลื่อนที่ผ่านจงหาแนวบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 6\ cm\ ,\ \lambda = 2\ cm\ ,\ \theta = 90°$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาจำนวนแนวบัพที่เกิดขึ้น (N)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d \sin\theta = n\lambda$

$(6\ cm)\sin 90° = n(2\ cm)$

$n = \frac{6}{2}$

$n = 3$

จำนวนแนวบัพสดท้าย N_3

แนวบัพทั้งหมด 3 x 2 = 6 แนว

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แนวบัพทั้งหมด 6 แนว

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. คลื่นน้ำหน้าตรงมีความยาวคลื่น 2.5 เซนติเมตร ผ่านอย่างตั้งฉากกับช่องเปิดเดี่ยวซึ่งกว้าง 8 เซนติเมตร จงหา

ก. แนวบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 8\ cm\ ,\ \lambda = 2.5\ cm\ ,\ \theta = 90^\circ$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาจำนวนแนวบัพทั้งหมด (N)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d \sin\theta = n\lambda$

$(8\ cm) \sin 90^\circ = n(2.5\ cm)$

$n = \frac{8}{2.5}$

$n = 3.2$

จำนวนแนวบัพสุดท้าย N_3

แนวบัพทั้งหมด 3 x 2 = 6 แนว

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แนวบัพทั้งหมด 6 แนว

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ข. แนวบัพที่ 2 เบนจากแนวกลางเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 8\ cm\ ,\ \lambda = 2.5\ cm\ ,\ n = 2$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หามุมที่แนวบัพที่ 2 เบนจากแนวกลาง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d \sin\theta = n\lambda$

$(8\ cm) \sin\theta = (2)(2.5\ cm)$

$\sin\theta = \frac{5}{8}$

$\theta = \sin^{-1}(0.625)$

$= 38.7°$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แนวบัพที่ 2 เบนจากแนวกลาง 38.7°

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ค. แนวปฏิบัพแรกเบนจากแนวกลางเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 8\ cm\ ,\ \lambda = 2.5\ cm\ ,\ n = 1$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หามุมที่แนวปฏิบัพแรก เบนจากแนวกลาง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$(8\ cm)\sin\theta = (1 + \frac{1}{2})(2.5\ cm)$$

$$\sin\theta = \frac{(1.5)(2.5)}{8}$$

$$\sin\theta = 0.46875$$

$$\theta \approx 28^\circ$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แนวปฏิบัพแรก เบนจากแนวกลาง ประมาณ 28°

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 8

การเลี้ยวเบนของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. ช่องเปิดเดี่ยวกว้าง 12 เซนติเมตร ให้คลื่นหน้าตรงมีความยาวคลื่น 2 เซนติเมตร เคลื่อนที่ผ่าน จงหาแนวบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 12\ cm$, $\lambda = 2\ cm$, $\theta = 90^\circ$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาจำนวนแนวบัพที่เกิดขึ้น (N)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d \sin\theta = n\lambda$

$(12\ cm) \sin 90^\circ = n(2\ cm)$

$n = \frac{12}{2}$

$n = 6$

จำนวนแนวบัพสุดท้าย N_ℓ

แนวบัพทั้งหมด $6 \times 2 = 12$ แนว

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แนวบัพทั้งหมด 12 แนว

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. คลื่นน้ำหน้าตรงมีความยาวคลื่น 2 เซนติเมตร ผ่านอย่างตั้งฉากกับช่องเปิดเดี่ยวซึ่งกว้าง 10 เซนติเมตร จงหา

ก. แนวบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 10\ cm\ ,\ \lambda = 2\ cm\ ,\ \theta = 90°$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาจำนวนแนวบัพทั้งหมด (N)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d \sin\theta = n\lambda$

$(10\ cm) \sin 90° = n(2\ cm)$

$n = \frac{10}{2}$

$n = 5$

แนวบัพทั้งหมด 10 แนว

จำนวนแนวบัพสุดท้าย N_5

แนวบัพทั้งหมด 5 x 2 = 10 แนว

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แนวบัพทั้งหมด 5 x 2 = 10 แนว

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ข. แนวบัพที่ 2 เบนจากแนวกลางเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 10$ cm , $\lambda = 2$ cm , $n = 2$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หามุมที่แนวบัพที่ 2 เบนจากแนวกลาง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d \sin\theta = n\lambda$

$(10 \text{ cm}) \sin\theta = (2)(2 \text{ cm})$

$\sin\theta = \frac{4}{10}$

$\theta = \sin^{-1}(0.4)$

$\approx 24^\circ$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แนวบัพที่ 2 เบนจากแนวกลาง ประมาณ 24°

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ค. แนวปฏิบัพแรกเบนจากแนวกลางเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 10\ cm\ ,\ \lambda = 2\ cm\ ,\ n = 1$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หามุมที่แนวปฏิบัพแรก เบนจากแนวกลาง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$(10\ cm)\sin\theta = (1 + \frac{1}{2})(2\ cm)$

$\sin\theta = \frac{(1.5)(2)}{10}$

$\sin\theta = 0.3$

$\theta \approx 17°$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แนวปฏิบัพแรก เบนจากแนวกลาง ประมาณ 17°

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. ช่องแคบเดี่ยวจะต้องกว้างเท่าไร จึงจะทำให้คลื่นที่มีความยาวคลื่น 3 เซนติเมตร ผ่านแล้วเกิดแนวบัพทั้งหมด 6 แนว

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

λ = 3 cm , n = 6 , แนวบัพทั้งหมดใช้ θ = 90°

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความกว้างของช่องแคบเดี่ยว (d)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d \sin\theta = n\lambda$

$d \sin 90° = (6)(3\ cm)$

$d = 18\ cm$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ช่องแคบเดี่ยวกว้าง 18 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. ช่องแคบคู่อยู่ห่างกัน 8 เซนติเมตร ในถาดคลื่น ถ้าทำให้เกิดคลื่นหน้าตรงผ่านช่องแคบคู่นั้นในแนวตั้งฉาก ทำให้เกิดการแทรกสอดขึ้น ถ้าจุด A อยู่ในแนวปฏิบัพที่ 2 ซึ่งอยู่ห่างจากช่องแคบทั้งสองเป็นระยะ 10 เซนติเมตร และ 14 เซนติเมตร ตามลำดับ จงหา

ก. ความยาวคลื่นน้ำ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 *คะแนน*)**

$d = 8\ cm\ ,\ n = 2\ ,\ |S_1P - S_2P| = |10 - 14|$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 *คะแนน*)**

หาความยาวคลื่น (λ)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 *คะแนน*)**

$|S_1P - S_2P| = n\lambda$

$|10 - 14| = 2\lambda$

$\lambda = \frac{4}{2}$

$\lambda = 2\ cm$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 *คะแนน*)**

ความยาวคลื่นเท่ากับ 2 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ข. แนวบัพและปฏิบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 8\ cm$, $\lambda = 2\ cm$, แนวบัพและปฏิบัพทั้งหมด $\theta = 90^\circ$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาจำนวนแนวบัพและปฏิบัพทั้งหมด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d \sin\theta = n\lambda$

$(8\ cm)\sin 90^\circ = n(2\ cm)$

$n = \frac{8}{2}$

$n = 4$

หาแนวปฏิบัพทั้งหมด

$(4 \times 2) + 1 = 9$ แนว

หาแนวบัพทั้งหมด

$(4 \times 2) = 8$ แนว

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แนวปฏิบัพทั้งหมด 9 แนว และบัพทั้งหมด 8 แนว

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 8

การเลี้ยวเบนของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. คลื่นหน้าตรงมีความยาวคลื่น 4 เซนติเมตร ผ่านช่องเปิดเดี่ยวกว้าง 8 เซนติเมตร คลื่นเคลื่อนที่ผ่านจงหา
   ก. แนวบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 8\ cm\ ,\ \lambda = 4\ cm\ ,\ \theta = 90°$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาจำนวนแนวบัพที่เกิดขึ้น (N)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d \sin\theta = n\lambda$

$(8\ cm)\sin 90° = n(4\ cm)$

$n = \frac{8}{4}$

$n = 2$

จำนวนแนวบัพสุดท้าย N_2

แนวบัพทั้งหมด 2 x 2 = 4 แนว

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แนวบัพทั้งหมด 4 แนว

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ข. แนวบัพที่ 1 เบนจากแนวกลางเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 8$ cm , $\lambda = 4$ cm , $n = 1$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หามุมที่แนวบัพที่ 1 เบนจากแนวกลาง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d \sin\theta = n\lambda$

$(8\text{ cm}) \sin\theta = (1)(4\text{ cm})$

$\sin\theta = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$

$\theta = \sin^{-1}(0.5)$

$= 30°$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แนวบัพที่ 1 เบนจากแนวกลาง 30°

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 9

การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. สลิตคู่ห่างกัน 1 ไมโครเมตร มีแสงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ผ่านในแนวตั้งฉาก จงหามุมที่แถบมืดแรกเบนออกจากแนวกลาง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$n = 1$, $d = 1 \times 10^{-6}$m , $\lambda = 550 \times 10^{-9}$m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หามุมที่แถบมืดแรกเบนออกจากแนวกลาง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d\sin\theta_n = (n - \frac{1}{2})\lambda$

$\sin\theta_n = (1 - \frac{1}{2})(\frac{550 \times 10^{-9}}{1 \times 10^{-6}})$

$\sin\theta_n = \frac{1}{2}(550 \times 10^{-3})$

$\sin\theta_n = 0.275$

$\theta_n = \sin^{-1}(0.275)$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

มุมที่แถบมืดแรกเบนออกจากแนวกลางเท่ากับ $\sin^{-1}(0.275)$

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. แหล่งกำเนิดอาพันธ์สองแหล่ง S_1 และ S_2 ให้แสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร กระทบฉากที่จุด P จงหาความต่างเฟสระหว่างแสงจากแหล่งกำเนิดทั้งสอง ที่ระยะ S_1P เท่ากับ 65.00 เซนติเมตร และ S_2P เท่ากับ 65.60 เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda = 600 \times 10^{-9}$m , $S_1P = 65.00$ cm , $S_2P = 65.60$ cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความต่างเฟสระหว่างแสงจากแหล่งกำเนิดทั้งสอง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\Delta r = |S_1P - S_2P|$

$\Delta r = |65.00 - 65.60|$

$\Delta r = 0.6$ cm

$\Delta \phi = \Delta r \times \frac{2\pi}{\lambda}$

$\Delta \phi = (0.60 \times 10^{-2}m) \times \frac{2\pi}{(600 \times 10^{-9}m)}$

$\Delta \phi = (6.0 \times 10^{-3}m) \times \frac{2\pi}{(6.00 \times 10^{-7}m)}$

$\Delta \phi = 2\pi \times 10^4$ rad

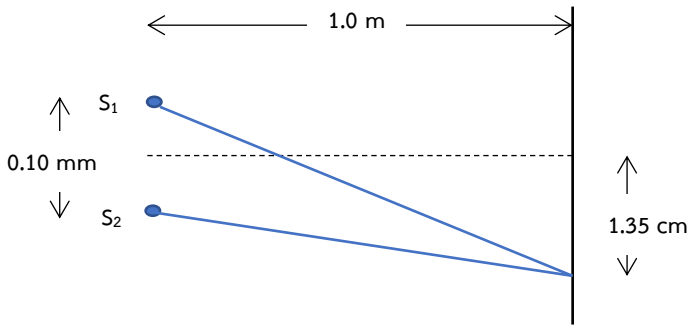
เนื่องจากทุก ๆ ระยะทาง 1λ เฟสจะเปลี่ยนไป 2π เรเดียน หรือ *360* องศา โดยในช่วง 1λ ความต่างเฟสมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 2π เรเดียน หรือ 360 องศา ถัดไปเฟสจะกลับมาซ้ำเดิมอีก ดังนั้นเมื่อความต่างเฟสเป็นจำนวนเต็มเท่าของ 2π จะตอบว่ามีความต่างเฟสเป็น 2π เรเดียน

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความต่างเฟสระหว่างแสงจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเมื่อไปจุด P เท่ากับ 2π เรเดียน

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. จงพิจารณาว่า ณ ตำแหน่งบนฉากซึ่งห่างจากแนวสว่างกลาง 1.35 เซนติเมตร เป็นแถบสว่างหรือแถบมืดอันดับที่เท่าใด เมื่อกำหนดให้ความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 540 นาโนเมตร ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงเท่ากับ 0.10 มิลลิเมตร และระยะห่างระหว่างแนวแหล่งกำเนิดแสงกับฉากเท่ากับ 1.0 เมตร



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda = 540 \times 10^{-9}$m , X = 1.35×10^{-2}m , d = 0.10×10^{-3}m , L = 1.0 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ตำแหน่งที่กำหนดเป็นแถบมืดหรือแถบสว่างที่เท่าไร

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d\frac{x}{L} = n\lambda$

$n = \frac{(0.1 \times 10^{-3}\text{m})(1.35 \times 10^{-2}\text{m})}{(540 \times 10^{-9})(1.0\text{m})}$

n = 2.5

n = 2.5 แสดงว่าเป็นแถบมืดอันดับที่ 3

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เป็นตำแหน่งของแถบมืดอันดับที่ 3

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 9

การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. เมื่อฉายแสงที่มีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ตกตั้งฉากบนช่องแคบคู่หนึ่งซึ่งห่างกัน 0.2 มิลลิเมตร จงหาว่าแถบสว่างอันดับที่ 10 ทั้งสองด้านจะทำมุมกันกี่องศา

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda = 700 \times 10^{-9}$ m , d = 0.2×10^{-3} m , n = 10

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หามุมที่แถบสว่างอันดับที่ 10 ทั้งสองด้านทำมุมต่อกัน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$(0.2 \times 10^{-3}\text{m}) \sin\theta = (10)()700 \times 10^{-9}\text{m})$$

$$\sin\theta = 0.035$$

$$\theta = \sin^{-1}(0.035)$$

$$\theta = 2^\circ$$

ดังนั้น (A_{10}) ด้านซ้ายและด้านขวา จะเอียงทำมุมรวม 4°

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

(A_{10}) ด้านซ้ายและด้านขวา จะเอียงทำมุมรวม 4 องศา

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. สลิตคู่ห่างกัน 0.03 มิลลิเมตร วางห่างจากฉาก 2 เมตร เมื่อฉายแสงผ่านสลิตพบว่าแถบสว่างลำดับที่ 5 อยู่ห่างจากแถบสว่างกลาง 14 เซนติเมตร ความยาวคลื่นของแสงเป็นกี่นาโนเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 0.03 \times 10^{-3}$ m , $n = 5$, $L = 2$ m , $x = 14 \times 10^{-2}$ m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่นของแสง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

$$\lambda = \frac{(0.03 \times 10^{-3}\text{m})(14 \times 10^{-2}m)}{(5)(2\text{m})}$$

$$= 4.20 \times 10^{-7}\text{m}$$

$$= 420 \times 10^{-9}\text{m}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นของแสงมีความยาวคลื่นเท่ากับ 420 นาโนเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. เมื่อใช้แสงที่มีความยาวคลื่น 5.0 x 10^{-7} เมตร ตกตั้งฉากกับสลิตคู่เกิดภาพการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1 เมตร ถ้าระยะห่างระหว่างสลิตคู่เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร แถบสว่าง 2 แถบที่อยู่ติดกันอยู่ห่างกันกี่มิลลิเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda = 5 \times 10^{-7}$ m , d = 0.1×10^{-3} m , n = 1 , L = 1 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างแถบสว่าง 2 แถบที่อยู่ติดกัน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

$$5 \times 10^{-7}\text{m} = \frac{(0.1 \times 10^{-3}\text{m})x}{(1)(1\text{m})}$$

$$x = \frac{(5 \times 10^{-7}\text{m})(1)(1\text{m})}{(0.1 \times 10^{-3}\text{m})}$$

$$x = 5 \times 10^{-3}\text{m}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ระยะห่างระหว่างแถบสว่าง 2 แถบที่อยู่ติดกันเท่ากับ 5×10^{-3} เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. ฉายแสงสองค่าความถี่ผ่านตกตั้งฉากกับสลิตคู่ไปยังฉาก ปรากฏว่าแถบสว่างลำดับที่ 2 ของแสงที่มีความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร ซ้อนอยู่กับแถบสว่างลำดับที่ 3 ของแสงอีกสี แล้วแสงสีนั้นจะมีความยาวคลื่นกี่นาโนเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

แสงสีแรก $n_1 = 2$, $\lambda_1 = 750$ nm , แสงสีที่สอง $n_2 = 3$

แสงทั้งสองผ่านสลิตอันเดียวกัน $d_{แรก} = d_{หลัง}$, แถบสว่างของสีซ้อนทับกัน แสดงว่าว่าเอียงทำมุมเท่ากัน

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่นของแสง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

แสงสีแรก $d\sin\theta = n\lambda$

$d\sin\theta = (2)(750\ \text{nm})$ ——— 1

แสงสีที่สอง $d\sin\theta = (3)\lambda_2$ แทน $d\sin\theta = (3)\lambda_2$ ในสมการที่ 1

จะได้ $(3)\lambda_2 = (2)(750\ nm)$

$\lambda_2 = 500\ nm$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความยาวคลื่นของแสงที่สองเท่ากับ 500 นาโนเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. เมื่อให้ลำแสงขนานแสงสีเดียวความยาวคลื่น λ ตกตั้งฉากกับสลิตคู่ซึ่งมีระยะห่างระหว่างช่องสลิตเป็น d แล้วจะเกิดภาพการแทรกสอดขึ้นบนฉากซึ่งอยู่ห่างจากสลิตเป็นระยะ L แถบมืดที่สี่จะอยู่ห่างจากแถบสว่างกลางเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

, d , L , n = 4

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะระหว่างแถบมืดที่สี่กับแถบสว่างกลาง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$x = \frac{\left(n-\frac{1}{2}\right)\lambda L}{d}$$

$$x = \frac{\left(4-\frac{1}{2}\right)\lambda L}{d}$$

$$x = \frac{7\lambda L}{2d}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แถบมืดที่ 4 จะอยู่ห่างจากแถบสว่างกลางเท่ากับ $\frac{7\lambda L}{2d}$

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

6. เมื่อฉายแสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ตกตั้งฉากบนช่องแคบคู่หนึ่งซึ่งห่างกัน 0.1 มิลลิเมตร ทำให้เกิดภาพการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1 เมตร จงหาว่าจุดซึ่งอยู่ห่างจากแถบสว่างกลาง 2.7 เซนติเมตร จะเป็นแถบสว่างหรือแถบมืดลำดับที่เท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

λ = 600 x 10^{-9} m , d = 0.1 x 10^{-3} m , x = 2.7 x 10^{-2} m , L = 1 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาว่าจุดซึ่งอยู่ห่างจากแถบสว่างกลาง 2.7 เซนติเมตร จะเป็นแถบสว่างหรือแถบมืดลำดับที่เท่าใด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

$$(600 \times 10^{-2} m) = \frac{(0.1 \times 10^{-3} m)(2.7 \times 10^{-2})}{n(1m)}$$

$$n = \frac{(0.1 \times 10^{-3} m)(2.7 \times 10^{-2})}{(600 \times 10^{-2} m)(1m)}$$

n = 4.5

แถบสว่าง 4.5 ไม่มีอยู่จริง แสดงว่าเป็นแถบมืดที่ 5

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

จุดซึ่งอยู่ห่างจากแถบสว่างกลาง 2.7 เซนติเมตร จะเป็นแถบมืดลำดับที่ 5

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

7. แหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์สองแหล่ง S_1 และ S_2 ให้แสงความยาวคลื่น λ ไปตกกระทบฉากที่จุด P ถ้าระยะ S_1P เท่ากับ 121.5 และ S_2P เท่ากับ 120 ความต่างเฟสของคลื่นสองขบวนนี้ที่จุด P มีค่าเท่ากับเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$S_1P = 121.5$, $S_2P = 120$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความต่างเฟสของคลื่นสองขบวนนี้ที่จุด P

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\Delta x = |S_1P - S_2P|$$

$$= |121.5\lambda - 120\lambda|$$

$$= 1.5\lambda$$

$$\Delta\phi = \frac{360°\Delta x}{\lambda}$$

$$= \frac{360°(1.5\lambda)}{\lambda}$$

$$\Delta\phi = 540°$$

เนื่องจากเฟส 540° เป็นเฟสที่ตรงกับเฟส 540° - 360° = 180° = π

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ**(1 คะแนน)**

ความต่างเฟสของคลื่นสองขบวนนี้ที่จุด P เท่ากับ 180 องศา

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 9

การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. ช่องแคบคู่หนึ่งห่างกัน 0.1 มิลลิเมตร เมื่อฉายแสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ตกตั้งฉากบนช่องแคบ แถบสว่างลำดับที่ 5 บนฉากที่ห่างออกไป 1 เมตร จะอยู่ห่างจากแนวกลางกี่เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 0.1 \times 10^{-3}\ m$, $\lambda = 600 \times 10^{-9} m$, $n = 5$, $L = 1\ m$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างแถบสว่างลำดับที่ 5 กับแนวกลาง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

$$(600 \times 10^{-9} m) = \frac{(0.1 \times 10^{-3} m)x}{(5)(1\ m)}$$

$$X = \frac{(600 \times 10^{-9} m)(5)(1\ m)}{(0.1 \times 10^{-3} m)}$$

$$X = 3.00 \times 10^{-2} m$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ระยะห่างระหว่างแถบสว่างลำดับที่ 5 กับแนวกลางเท่ากับ 3.00 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. แสงสีเหลืองความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร ตกตั้งฉากผ่านสลิตคู่อันหนึ่ง พบว่าบนฉากที่ห่างออกไป 1.5 เมตร แถบสว่างลำดับที่ 3 และลำดับที่ 7 อยู่ห่างกัน 6 มิลลิเมตร สลิตคู่นี้อยู่ห่างกันกี่ไมโครเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

ระยะห่างจาก A_3 ถึง A_7 จะอยู่ห่างกัน 4 ช่วง เท่ากับระยะห่างจาก A_0 ถึง A_4

$x = 6 \times 10^{-3}\text{m}$, $\lambda = 630 \times 10^{-9}\text{m}$, $n = 4$, $L = 1.5\ \text{m}$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างสลิตคู่นี้

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

$$(630 \times 10^{-9}\text{m}) = \frac{d(6 \times 10^{-3}\text{m})}{(4)(1.5\ \text{m})}$$

$$d = \frac{(630 \times 10^{-9}\text{m})(4)(1.5\text{m})}{(6 \times 10^{-3}\text{m})}$$

$$d = 630 \times 10^{-6}\text{m}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ระยะห่างระหว่างสลิตเท่ากับ 630 ไมโครเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. สลิตคู่มีระยะห่างช่องสลิตเท่ากับ 0.4 มิลลิเมตร เมื่อส่องด้วยแสงสีเดียวและเป็นแสงอาพันธ์ในแนวตั้งฉากปรากฏริ้วการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิต 3.50 เมตร วัดระยะระหว่างแถบสว่างลำดับถัดกันได้เท่ากับ 3.50 มิลลิเมตร แสงนี้มีความยาวคลื่นกี่นาโนเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 0.4 \times 10^{-3}$ m , $n = 1$, $L = 3.50$ m , $x = 3.5 \times 10^{-3}$m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวของคลื่นแสง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

$$\lambda = \frac{(0.4 \times 10^{-3}\text{m})(3.50 \times 10^{-3}\text{m})}{(1)(3.5\text{ m})}$$

$$= 400 \times 10^{-9}\text{m}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความยาวของคลื่นแสงเท่ากับ 400 นาโนเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. สลิตคู่ห่างกัน 1 ไมโครเมตร มีแสงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ผ่านในแนวตั้งฉาก จงหามุมที่แถบมืดแรกเบนออกจากแนวกลาง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda = 550 \times 10^{-9}\text{m}$, $d = 1 \times 10^{-6}\text{ m}$, $n = 1$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หามุมที่แถบมืดแรกเบนออกจากแนวกลาง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$d\sin\theta = (n - \frac{1}{2})\lambda$$

$$(1 \times 10^{-6}\text{m})\sin\theta = (1 - \frac{1}{2})(550 \times 10^{-9}m)$$

$$\sin\theta = 0.275$$

$$\theta = \sin^{-1}(0.275)$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

มุมที่แถบมืดแรกเบนออกจากแนวกลางเท่ากับ $\sin^{-1}(0.275)$

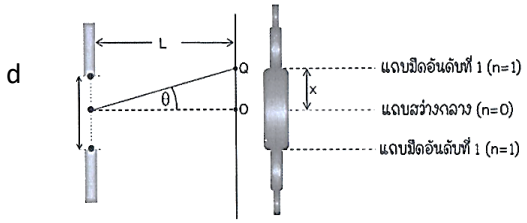
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 10

การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านสลิตเดี่ยว

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. แสงมีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ตกกระทบสลิตเดี่ยวที่มีความกว้างของช่อง 150 ไมโครเมตรในแนวตั้งฉาก ภาพการเลี้ยวเบนจะปรากฏบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1.30 เมตร จงหาขนาดของมุมที่แถบมืดอันดับที่ 1 เบนจากเส้นแนวกลาง



ที่มา :https://www.youtube.com/watch?v=e48Vnhqygx0

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda = 500 \times 10^{-9}$ m , d = 150×10^{-6}m , L = 1.30 m , n = 1

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาขนาดของมุมที่แถบมืดอันดับที่ 1 เบนจากเส้นแนวกลาง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d\sin\theta_n = n\lambda$

$(150 \times 10^{-6}\ m)\sin\theta_1 = (1)(500 \times 10^{-9} m)$

$\sin\theta_1 = \frac{(500 \times 10^{-9} m)}{(150 \times 10^{-6} m)}$

$\sin\theta_1 = 3.33 \times 10^{-3}$

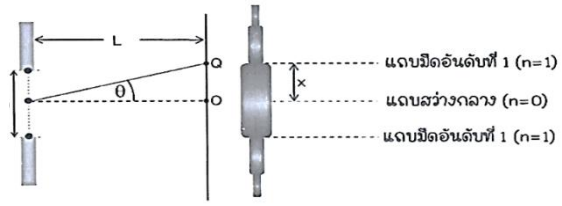
$\theta_1 = 0.191°$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

มุมที่แถบมืดอันดับที่ 1 เบนจากเส้นแนวกลางเท่ากับ 0.191 องศา

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. แสงมีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ตกกระทบสลิตเดี่ยวที่มีความกว้างของช่อง 150 ไมโครเมตรในแนวตั้งฉาก ภาพการเลี้ยวเบนจะปรากฏบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1.30 เมตร จงหาความกว้างแถบสว่างกลาง



ที่มา :https://www.youtube.com/watch?v=e48Vnhqygx0

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda = 500 \times 10^{-9}$ m , d = 150×10^{-6}m , n = 1 , L = 1.30 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

จงหาความกว้างของแถบสว่างกลาง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$d\frac{x}{L} = n\lambda$$

$$(150 \times 10^{-6}\ \text{m})\left(\frac{x}{1.30\ \text{m}}\right) = (1)(500\ x10^{-9}m)$$

$$x = \frac{(500\ x\ 10^{-9}m)}{(150\ x\ 10^{-6}m)}\ (1.30\ m)$$

$$x = 4.33\ x\ 10^{-3}\ m$$

ดังนั้นแถบสว่างกว้าง $2X = 2(4.33\ x\ 10^{-3}\ \text{m}) = 8.66 \times 10^{-3}$m

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แถบสว่างกว้าง 8.66×10^{-3} เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 10

การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านสลิตเดี่ยว

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. ฉายแสงความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ผ่านสลิตเดี่ยวทำให้เกิดการเลี้ยวเบน โดยแนวมืดแถบแรกเบนไปจากแนวกลางเป็นมุม 30^0 จงหาความกว้างของช่องสลิตในหน่วยไมโครเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda = 650 \times 10^{-9}$ m , $\theta = 30^\circ$, $n = 1$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความกว้างของช่องสลิต

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$d\sin 30^\circ = (1)(650 \times 10^{-9}\text{m})$$

$$d = \frac{(1)(650 \times 10^{-9}\text{m})}{(0.5)}$$

$$d = 1.3 \times 10^{-6}\text{m}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ช่องสลิตกว้าง 1.3 ไมโครเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. ใช้แสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยว ที่มีความกว้างของช่องเท่ากับ 50 ไมโครเมตร จากการสังเกตภาพเลี้ยวเบนบนฉากพบว่าแถบมืดแถบแรกอยู่ห่างจากกึ่งกลางแถบสว่างกลาง 6.0 มิลลิเมตร ระยะระหว่างสลิตเดี่ยวกับฉากเป็นเท่าใดในหน่วยเซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda = 600 \times 10^{-9}\ \text{m}\ ,\ d = 50 \times 10^{-6}\text{m}\ ,\ n = 1\ ,\ x = 6 \times 10^{-3}\text{m}$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะระหว่างสลิตเดี่ยวกับฉาก

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

$$600 \times 10^{-9}\text{m} = \frac{(50 \times 10^{-6}m)(6 \times 10^{-3}m)}{(1)L}$$

$$L = \frac{(50 \times 10^{-6}m)(6 \times 10^{-3}m)}{(1)(600 \times 10^{-9}\text{m})}$$

$$L = 50 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

สลิตเดี่ยวกับฉากห่างกัน 50 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. แสงความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ตกตั้งฉากบนสลิตเดี่ยวกว้าง 50 ไมโครเมตร เกิดภาพการแทรกสอดบนฉากห่าง 0.6 เมตร แถบมืดที่สองอยู่ห่างจากแถบมืดที่สี่กี่เมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda = 500 \times 10^{-9}$ m , d = 50 x 10^{-6}m , L = 0.6 m

ระยะจาก N_2 ถึง N_4 ห่างกันเท่ากับ 2 ช่วง เท่ากับระยะจากแนวกลางไปถึง N_2 ดังนั้น n = 2

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างแถบมืดที่ 2 กับแถบมืดที่ 4

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

$$500 \times 10^{-9} m = \frac{(50 \times 10^{-6} m)x}{(2)(0.6\ m)}$$

$$x = \frac{(500 \times 10^{-9} m)(2)(0.6\ m)}{(50 \times 10^{-6} \text{m})}$$

$$x = 1.20 \times 10^{-2} \text{m}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ระยะห่างระหว่างแถบมืดที่ 2 กับแถบมืดที่ 4 เท่ากับ $1.20 \times 10^{-2} m$

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. แสงมีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ตกตั้งฉากสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง 2 ไมโครเมตร ปรากฏภาพการเลี้ยวเบนที่ระยะห่างออกไป 10 เซนติเมตร จงหาความสว่างตรงกลางที่เกิดขึ้นในหน่วยเซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda = 500 \times 10^{-9}$ m , $d = 2 \times 10^{-6}$m , L = 0.1 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความกว้างของแถบสว่างกลาง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

$$x = \frac{(500 \times 10^{-9} m)(1)(0.1\ m)}{(2\ x\ 10^{-6}\ m)}$$

$$x = 0.025 \text{ m}$$

เนื่องจาก x คือระยะจากแนวกลางไปถึงแนวมืดด้านใดด้านหนึ่ง

ดังนั้น ความกว้างแถบสว่างกลาง = 2x = 2(0.025) = 0.050 m = 5 cm

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แถบสว่างกลางกว้าง 5 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. แสงความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง 0.01 เซนติเมตร จงหาระยะห่างระหว่างแถบมืดลำดับที่ 1 ซึ่งอยู่สองข้างของแถบสว่างที่ปรากฏบนฉากซึ่งอยู่ห่างออกไป 1.5 เมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

λ = 500 x 10^{-9} m , d = 0.01 x 10^{-2}m , L = 1.5 m , n = 1

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างแถบมืดลำดับที่ 1 ซึ่งอยู่สองข้างของแถบสว่าง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

$$x = \frac{(500 \times 10^{-9} m)(1)(1.5\ m)}{(0.01\ x\ 10^{-2}\ m)}$$

$x = 7.5 \times 10^{-3}$ m

เนื่องจาก x คือระยะจากแนวกลางไปถึงแนวมืดด้านใดด้านหนึ่ง

ดังนั้น ระยะห่างแนวมืดซ้ายขวา = 2x = $2(7.5 \times 10^{-3} m) = 1.5 \times 10^{-2}$ m

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แถบมืดลำดับที่ 1 ด้านซ้ายและด้านขวาห่างกัน 1.5×10^{-2} เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

6. ใช้แสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ฉายผ่านสลิตเดี่ยวเกิดแถบมืด-แถบสว่าง บนฉากห่างออกไป 3 เมตร ระยะห่างระหว่างจุดที่มืดที่สุดสองข้างของแถบสว่างที่กว้างที่สุดเป็น 1.5 เซนติเมตร สลิตนั้นกว้างเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda = 600 \times 10^{-9}$ m , L = 3 m , n = 1 , ระยะจาก N_1 ซ้ายถึง N_1 ขวา = 1.5 cm

ดังนั้น ระยะจากกึ่งกลางถึง N_1 ขวา = 0.75 cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความกว้างของช่องสลิต

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

$$d = \frac{(600 \times 10^{-9}\text{m})(1)(3\ m)}{(0.75 \times 10^{-2} m)}$$

$$d = 2.40 \times 10^{-4} m$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ช่องสลิตกว้าง 2.40×10^{-4} เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 10

การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านสลิตเดี่ยว

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. สลิตเดี่ยววางห่างจากฉาก 0.6 เมตร ใช้แสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ทำให้เกิดแถบการเลี้ยวเบนขึ้นที่ฉากวัดความกว้างแถบสว่างอันกลางได้ 0.6 เซนติเมตร จงหาความกว้างช่องสลิตนี้ในหน่วยเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

λ = 600 x 10^{-9} m , L = 0.6 m , n = 1 , ระยะจากกึ่งกลางถึง N_1 ขวา(x) = 0.3 X 10^{-2}m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความกว้างของช่องสลิต

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

$$d = \frac{(600 \times 10^{-9}\text{m})(1)(0.6\ m)}{(0.3 \times 10^{-2} m)}$$

$$d = 1.20 \times 10^{-4} m$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ช่องสลิตกว้าง 1.20 x 10^{-4} เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. แสงสีเหลืองความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร เป็นลำขนานฉายผ่านสลิตเดี่ยวกว้าง 250 ไมโครเมตร แสงที่ตกบนฉากหลังสลิตที่ระยะ 0.50 เมตรความกว้างของแถบสว่างกลางมีขนาดเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

λ = 500 x 10^{-9} m , d = 250 x 10^{-6}m , L = 0.5 m , n = 1

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความกว้างของแถบสว่างกลาง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

$$x = \frac{(500 \times 10^{-9} m)(1)(0.5\ m)}{(250\ x\ 10^{-6}\ m)}$$

$$x = 1.0 \times 10^{-3}\ \text{m}$$

เนื่องจาก x คือระยะจากแนวกลางไปถึงแนวมืดด้านใดด้านหนึ่ง

ดังนั้น ระยะห่างแนวมืดซ้ายขวา = 2x = $2(1.0 \times 10^{-3} m) = 2 \times 10^{-3}$ m

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แถบสว่างกลางกว้าง 2.0 มิลลิเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. ถ้าต้องการให้ตำแหน่งมืดแรกของการเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวเกิดตรงกับตำแหน่งมืดที่สามของริ้วจากการแทรกสอดของสลิตคู่ อยากทราบว่าจะต้องใช้ระยะห่างระหว่างช่องสลิตคู่เป็นกี่เท่าของความกว้างของสลิตเดี่ยว

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

มุม θ เท่ากัน , มืดแรกของการเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวตรงกับมืดที่สามจากการแทรกสอดผ่านสลิตคู่

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ระยะห่างระหว่างช่องสลิตคู่เป็นกี่เท่าของความกว้างของสลิต

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

แถบมืดแรกของการเลี้ยวเบน

$d_1 \sin\theta = n\lambda$

$d_1 \sin\theta = (1)\lambda$

แถบมืดที่ 3ของการแทรกสอด

$d_2 \sin\theta = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$

$d_2 \sin\theta = \left(3 - \frac{1}{2}\right)\lambda$

แทน $\lambda = d_1 \sin\theta$

$d_2 \sin\theta = \left(3 - \frac{1}{2}\right) d_1 \sin\theta$

$d_2 = 2.5 d_1$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ระยะห่างระหว่างช่องสลิตคู่ มีค่าเป็น 2.5 เท่าของช่องสลิตเดี่ยว

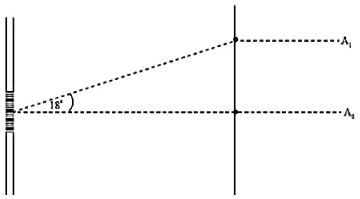
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 11

การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านเกรตติง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. เกรตติงอันหนึ่งมีจำนวนช่อง 500 ช่อง/มิลลิเมตร เมื่อใช้ทดลองหาค่าความยาวคลื่นของแสงสีหนึ่ง พบว่าแถบสว่างอันดับที่หนึ่งทั้งสองข้างของแถบสว่างกลางทำมุม 18° เทียบกับเส้นแนวกลาง จงหาความยาวคลื่นของแสงนี้เป็นกี่นาโนเมตร



ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 143)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

จำนวนช่องของเกรตติง 500 ช่อง/มิลลิเมตร , $\theta = 18°$, $n = 1$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างช่อง

$$d = \frac{\text{ความกว้างของเกรตติง}}{\text{จำนวนเส้นของเกรตติง}}$$

$$d = \frac{1 \times 10^{-3}}{500} = 2.00 \times 10^{-6}\ \text{m}$$

$$d\sin\theta_n = n\lambda$$

$$(2.00 \times 10^{-6}\ \text{m})\sin 18° = (1)\lambda$$

$$(2.00 \times 10^{-6}\ \text{m})(0.3090) = \lambda$$

$$= 6.18 \times 10^{-7}\text{m}$$

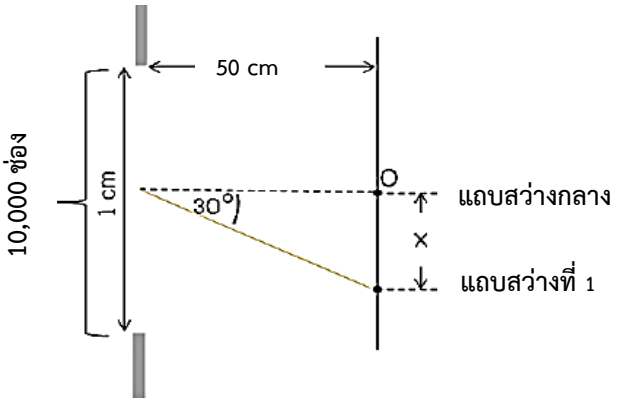
$$= 618 \times 10^{-9}\text{m}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความยาวคลื่นเท่ากับ 618 นาโนเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. ฉายแสงความยาวคลื่นเดียวตกกระทบในแนวตั้งฉากกับเกรตติงที่มีจำนวนช่อง 10000 ช่อง/เซนติเมตร เกิดแถบสว่างที่หนึ่ง ทำมุม 30 องศากับแนวกลาง ถ้าเกรตติงอยู่ห่างจากฉาก 50 เซนติเมตร จงหา แถบสว่างที่หนึ่งอยู่ห่างจากแนวกลางเป็นระยะเท่าใดในหน่วยเซนติเมตร



ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=SCKsuFWxjBQ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\theta = 30^\circ$, $n = 1$, $L = 50$ cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะที่แถบสว่างที่ 1 ห่างจากแนวกลาง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\sin\theta = \frac{x}{L}$$

$$\sin 30^\circ = \frac{x}{50\ \text{cm}}$$

$$0.5 = \frac{x}{50\ \text{cm}}$$

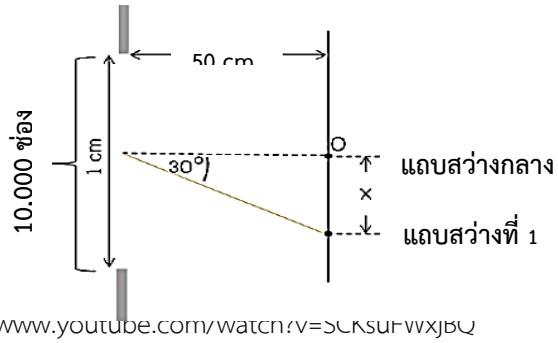
$$x = 25\ \text{cm}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แถบสว่างที่ 1 ห่างจากแนวกลาง 25 ซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. ฉายแสงความยาวคลื่นเดียวตกกระทบในแนวตั้งฉากกับเกรตติงที่มีจำนวนช่อง 10000 ช่อง/เซนติเมตร เกิดแถบสว่างที่หนึ่ง ทำมุม 30 องศากับแนวกลาง ถ้าเกรตติงอยู่ห่างจากฉาก 50 เซนติเมตร จงหาความยาวคลื่นของแสงนี้มีค่าเท่าใดในหน่วยนาโนเมตร



ที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=5CRsuFWxJBQ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\theta = 30°$, $n = 1$, $L = 50$ cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่นในหน่วยนาโนเมตร

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$d = \frac{\text{ความกว้างของเกรตติง}}{\text{จำนวนเส้นของเกรตติง}}$$

$$d = \frac{1\ x\ 10^{-2}}{10000} = 1\ x\ 10^{-6}\ \text{m}$$

$$d\sin\theta_n = n\lambda$$

$$(1 \times 10^{-6}\ \text{m})\sin 30° = (1)\lambda$$

$$(1 \times 10^{-6}\ \text{m})(0.5) = \lambda$$

$$= 0.5 \times 10^{-6}$$

$$= 500 \times 10^{-9}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความยาวคลื่นเท่ากับ 500 นาโนเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 11

การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านเกรตติง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. เกรตติงมีจำนวน 2000 ช่อง/เซนติเมตร ถ้าฉายแสงความยาวคลื่นขนาดหนึ่งไปยังเกรตติงนี้ แถบสว่างที่เกิดขึ้นแถบแรกบนจอจะอยู่ห่างจากแนวกลางเป็นมุม 30^0 แสงนั้นมีความยาวคลื่นเท่าใดในหน่วยนาโนเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

เกรตติงมี 2000 ช่องต่อ 1 เซนติเมตร , n = 1 , $\theta = 30°$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่นของคลื่นแสง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d = \frac{\text{ความยาว}}{\text{จำนวนเส้นเกรตติง}}$

$d = \frac{1\ cm}{2000}$

$d = 5 \times 10^{-4} cm$

$d = 5 \times 10^{-6} m$

$d\sin\theta = n\lambda$

$(5 \times 10^{-6} m)\sin 30° = (1)\lambda$

$(5 \times 10^{-6} m)(0.5) = (1)\lambda$

$= 2500 \times 10^{-9}$ m

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นแสงมีความยาวคลื่น 2500 นาโนเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. แสงสีขาวที่ผ่านเกรตติงที่มีจำนวนช่อง 120 ช่องต่อความยาว 1 เซนติเมตร ถ้าต้องการแถบสว่างแถบแรกของแสงความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร อยู่ห่างจากแถบสีขาว 0.6 เซนติเมตร จะต้องวางฉากให้ห่างจากเกรตติงอย่างน้อยเป็นระยะทางกี่เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

เกรตติงมี 120 ช่องต่อ 1 เซนติเมตร , n = 1 , x = 0.6×10^{-2}m , $\lambda = 500 \times 10^{-9}$m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะที่ฉากห่างจากเกรตติง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d = \frac{\text{ความยาว}}{\text{จำนวนเส้นเกรตติง}}$

$d = \frac{1 \times 10^{-2} m}{120}$

$\lambda = \frac{dx}{nL}$

$(500 \times 10^{-9} m) = \frac{(1 \times 10^{-2} m)(0.6 \times 10^{-2} m)}{(120)(1)L}$

$L = \frac{(1 \times 10^{-2} m)(0.6 \times 10^{-2} m)}{(120)(1)(500 \times 10^{-9} m)}$

$L = 1$ m

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ฉากห่างจากเกรตติง 100 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. แสงความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร พุ่งผ่านเกรตติงพบว่าแถบสว่างอันดับที่ 4 ทำมุมกับแนวแถบสว่างกลางเท่ากับ 30° จงหาจำนวนเส้นสลิตต่อเซนติเมตรของเกรตติงนี้

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

ความยาวเกรตติง = $1 \times 10^{-2} m$, n = 4 , x = 0.6×10^{-2}m , $\lambda = 500 \times 10^{-9}$m

$\theta = 30°$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาจำนวนเส้นสลิตต่อเซนติเมตรของเกรตติง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d\sin\theta = n\lambda$

$d\sin 30° = (4)(500 \times 10^{-9} m)$

$d(0.5) = (4)(500 \times 10^{-9} m)$

$d = 4000 \times 10^{-9} m$

$d = \frac{\text{ความยาว}}{\text{จำนวนเส้นเกรตติง}}$

$4000 \times 10^{-9}\text{m} = \frac{(1 \times 10^{-2} m)}{\text{จำนวนเส้นเกรตติง}}$

จำนวนเส้นเกรตติง = 2500

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

จำนวนเส้นสลิตเกรตติง เท่ากับ 2500 เส้นต่อเซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. เกรตติงมี 10000 ช่อง/เซนติเมตร ถ้าฉายแสงความยาวคลื่น λ ตกตั้งฉากกับเกรตติง แถบสว่างที่เกิดขึ้นแถบแรกบนจอจะอยู่ห่างจากแนวกลางเป็นมุม 30° ค่า λ มีค่าเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

เกรตติงมี 10000 ช่องต่อ 1 cm , n = 1 , θ = 30°

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

d = $\frac{\text{ความยาว}}{\text{จำนวนเส้นเกรตติง}}$

d = $\frac{(1\ x\ 10^{-2} m)}{10000}$

d = $1 \times 10^{-6} m$

$d sin\theta = n\lambda$

$(1\ x\ 10^{-6}\ m) sin30° = (1)\lambda$

$(1\ x\ 10^{-6}\ m)(0.5) = (1)\lambda$

$\lambda = 500\ x\ 10^{-9} m$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความยาวคลื่น เท่ากับ 500 นาโนเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. ใช้แสงที่มีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ส่องผ่านเกรตติงอันหนึ่งทำให้ แถบสว่างที่สอง เบนไปเป็นมุม 30^0 จากแนวกลาง จงหาจำนวนช่อง/เซนติเมตรของเกรตติงนี้

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

ความยาวเกรตติง = $1 \times 10^{-2} m$, n = 2 , x = 0.6×10^{-2}m , $\lambda = 500 \times 10^{-9}$m

$\theta = 30°$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาจำนวนเส้นสลิตต่อเซนติเมตรของเกรตติง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d\sin\theta = n\lambda$

$d\sin 30° = (2)(500 \times 10^{-9} m)$

$d(0.5) = (2)(500 \times 10^{-9} m)$

$d = 2000 \times 10^{-9} m$

$d = \frac{\text{ความยาว}}{\text{จำนวนเส้นเกรตติง}}$

$2000 \times 10^{-9}\text{m} = \frac{(1 \times 10^{-2} m)}{\text{จำนวนเส้นเกรตติง}}$

จำนวนเส้นเกรตติง = 5000

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

จำนวนเส้นสลิตเกรตติง เท่ากับ 5000

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 11

การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านเกรตติง

ชื่อ..... .....เลขที่.....ห้อง.....

1. จากการทดลองสเปกตรัมของแก๊สไฮโดรเจน โดยใช้เกรตติงซึ่งมีจำนวนช่อง/เซนติเมตร เท่ากับ 3000 พบว่าเมื่อระยะจากเกรตติงถึงฉากรับเท่ากับ 1 เมตร จะมีแถบสว่างสีเดียวกันบนไม้เมตรห่างจากแถบสว่างกลางเท่ากับ 0.3 เมตร จงหาว่าแถบสว่างนั้นมีความยาวคลื่นประมาณกี่นาโนเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

เกรตติงมี 3000 ช่องต่อ 1 เซนติเมตร , L = 1 m , n = 1 , x = 0.3 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่นของคลื่นแสง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$d = \frac{\text{ความยาว}}{\text{จำนวนช่องเกรตติง}}$$

$$d = \frac{1\ cm}{3000}$$

$$d = \frac{1\ x\ 10^{-2} m}{3000}$$

$$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

$$\lambda = \frac{(1\ x\ 10^{-2} m)(0.3m)}{(3000)(1)(1)}$$

$$\lambda = 1\ x\ 10^{-6} m$$

$$\lambda = 1000\ x\ 10^{-9} m$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความยาวคลื่นเท่ากับ 1000 นาโนเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. ในการทดลองเพื่อหาความยาวคลื่นของแสงโดยใช้เกรตติง เมื่อใช้แสงสีเดียวส่องผ่านเกรตติง จะสังเกตเห็นแถบสว่างอันดับที่ 1 อยู่ ณ ตำแหน่ง 10 และ 90 เซนติเมตร บนไม้เมตร แถบสว่างทั้งสองนี้ต่างก็อยู่ห่างจากเกรตติงเป็นระยะทาง 1 เมตร ถ้าเกรตติงที่ใช้มีจำนวน 10^4 ช่อง/ความยาว 1 เมตร จงหาความยาวคลื่นของแสง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

เกรตติงมี 10^4 ช่องต่อ 1 เซนติเมตร , L = 1 M , n = 1

แถบสว่างอันดับที่ 1 ซ้ายและขวาอยู่ห่างกัน = 90 – 10 = 80 cm

ดังนั้นแถบสว่างที่ ห่างจากแถบสว่างกลาง (x) = 40 cm = 0.4 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่นของคลื่นแสง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$d = \frac{\text{ความยาว}}{\text{จำนวนช่องเกรตติง}}$$

$$d = \frac{1\ cm}{10^4}$$

$$d = 1 \times 10^{-4} cm$$

$$d = 1 \times 10^{-6} m$$

$$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

$$\lambda = \frac{(10^{-6} m)(0.40 m)}{(1)(1)}$$

$$\lambda = 400 \times 10^{-9} m$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นแสงมีความยาวคลื่นเท่ากับ 400 นาโนเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. ฉายลำแสงเลเซอร์ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร ผ่านเกรตติงในแนวตั้งฉากเพื่อต้องการให้จุดสว่างอันดับที่หนึ่งเบนจากแนวกลางประมาณ 30^0 จะต้องเลือกใช้เกรตติงซึ่งมีจำนวนกี่ช่อง/มิลลิเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

ความยาวเกรตติง = $1 \times 10^{-3} m$, n = 1 , λ = 625×10^{-9}m , θ = 30°

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาจำนวนช่องสลิตต่อมิลลิเมตร

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d\sin\theta = n\lambda$

$d\sin 30^\circ = (1)(625 \times 10^{-9} m)$

$d(0.5) = (1)(625 \times 10^{-9} m)$

$d = 1250 \times 10^{-9} m$

$$d = \frac{\text{ความยาว}}{\text{จำนวนเส้นเกรตติง}}$$

$$1250 \times 10^{-9}\text{m} = \frac{(1 \times 10^{-3} m)}{\text{จำนวนเส้นเกรตติง}}$$

จำนวนเส้นเกรตติง = 800

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

จำนวนเส้นสลิตเกรตติง เท่ากับ 800 ช่องต่อมิลลิเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 12

อัตราเร็วของแสงและภาพจากกระจกเงาราบ

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ ด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.94x10^{11} เมตร จงหาว่าแสงเดินทางมาถึงโลกใช้เวลานานเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$v = 3 \times 10^{8}$ m/s , $s = \frac{2.94 \times 10^{11}}{2} = 1.47 \times 10^{11}$ m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาเวลาที่แสงใช้ในการเดินทางมาถึงโลก

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = \frac{s}{t}$

$3 \times 10^{8}\ \text{m/s} = \frac{1.47 \times 10^{11} m}{t}$

$t = 490\ \text{s}$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แสงเดินทางมาถึงโลกใช้เวลาเท่ากับ 490 วินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. ดาวพร็อกซิมา เซนทอรี่ เป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด (ไม่นับดวงอาทิตย์) ซึ่งอยู่ห่างจากโลก 4.3 ปีแสง ถ้ายานอวกาศเดินทางไปยังดาวฤกษ์ดวงนี้ ด้วยอัตรา 50 กิโลเมตร/วินาที ยานอวกาศนี้จะใช้เวลาเดินทางนานกี่ปี

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$v = 50$ km/s , $s = 4.3$ ปีแสง , เปลี่ยนจากวินาทีเป็นปี โดยการคูณ ด้วย

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาเวลาที่ยานอวกาศใช้ในการเดินทางไปยังดาวพร็อกซิมา

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = \frac{s}{t}$ (เปลี่ยนวินาที ให้เป็น ปี โดยการนำเวลาที่เป็นวินาทีคูณด้วย 60 x 60 x 24 x 365)

$50\ x\ 10^3 = \frac{4.3\ x\ 3\ x\ 10^8 x\ 365\ \ x\ 24\ x\ 60\ x\ 60}{t(60\ x\ 60\ x\ 24\ x\ 365)}$

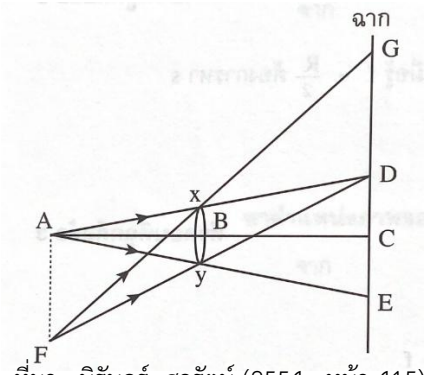
$t =$ 25,800 ปี

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ยานอวกาศใช้เวลาเดินทางเท่ากับ 25,800 ปี

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. วัตถุกลมแบนทึบแสง B มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2a วางอยู่กึ่งกลางระหว่างต้นกำเนิดแสง A และฉาก C ปรากฏเงามืดของ B บนฉากโดยไม่มีเงามัว ถ้ามีต้นกำเนิดแสงอีกอันหนึ่ง F เหมือน A ทุกประการมาวางโดยที่แนว AF ขนานกับฉาก C AF จะมีค่าเท่าใด เงาของ B อันเกิดจาก A จะต่อกับเงาของ B อันเกิดจาก F พอดี



ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554 , หน้า 415)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

AE = 2x , DE = x , BD = 2a

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะ AF

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

ใช้สามเหลี่ยมคล้าย

$$\frac{AF}{2a} = \frac{2x}{x}$$

$$AF = 4a$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

หาระยะ AF เท่ากับ 4a

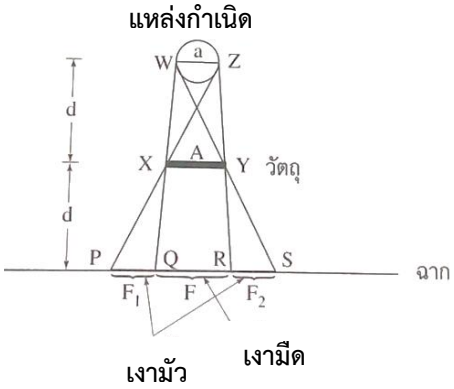
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 12

อัตราเร็วของแสงและภาพจากกระจกเงาราบ

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. แหล่งกำเนิดแสงทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร วางห่างจากฉากออกมาระยะหนึ่ง เมื่อนำวัตถุแบนทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร วางไว้ที่กึ่งกลางระหว่างแหล่งกำเนิดกับฉาก โดยให้ระนาบ ของวัตถุขนานกับฉาก จงหาขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเงามืดที่ปรากฏบนฉาก



ที่มา :มานัส มงคลสุข (2555, หน้า 258)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

จากรูปพิจารณา ΔXYW และ ΔQSW จะเห็นว่าคล้ายกัน

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หา F คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเงามืด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{QS}{XY} = \frac{2d}{d} = 2$$

$$QS = 2XY$$

$$F + F_2 = 2A \quad \text{——— (1)}$$

ในทำนองเดียวกันถ้าพิจารณา ΔXYZ และ ΔPRZ จะเห็นว่าคล้ายกัน ซึ่งจะได้ว่า

$$F + F_2 = 2A \quad \text{——— (2)}$$

พิจารณา ΔXZW กับ ΔPOX จะเห็นว่าคล้ายกัน

ดังนั้นได้ $\frac{F_1}{a} = \frac{d}{d}$

$F_1 = a$ ——— (3)

หรือคิดทำนองเดียวกันจะได้

$F_2 = a$ ——— (4)

ดังนั้น จากสมการ (1) กับ (4) หรือ (2) กับ (3) จะได้

$F = 2A - a$

$= 2(15) - (5)$

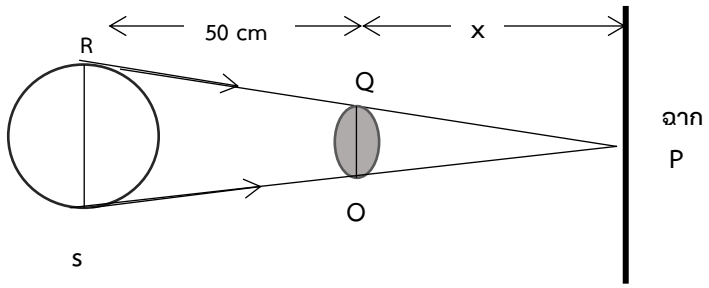
$= 25\ cm$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เส้นผ่านศูนย์กลางของเงามืดเท่ากับ 25 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. ตามรูป S เป็นแหล่งกำเนิดแสงทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร O เป็นจุดทึบแสงแผ่นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ฉากจะต้องอยู่ห่างจากวัตถุอย่างน้อยที่สุดเท่าไร จึงจะเกิดเฉพาะเงามัวบนฉาก



ที่มา : มานัส มงคลสุข (2555, หน้า 259)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

ฉากอยู่ห่างจากวัตถุเป็นระยะ x ทำให้เกิดเฉพาะเงามัวเท่านั้น กรณีนี้จะเกิดเงามัวอย่างเดียวบน

คือ กรณีที่แหล่งกำเนิดแสงโตกว่าวัตถุ รังสีแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดเดินทางผ่านขอบวัตถุแล้ว

ตัดกันที่จุด P ตามรูปนี้จะเกิดเฉพาะเงามัว

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ฉากจะต้องอยู่ห่างจากวัตถุอย่างน้อยเท่าไรจึงจะเกิดเฉพาะเงามัวบนฉาก

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\Delta PQO \approx \Delta PSR$ จึงได้ $\frac{QO}{RS} = \frac{x}{50+x}$

$\frac{10cm}{20cm} = \frac{x}{50+x}$

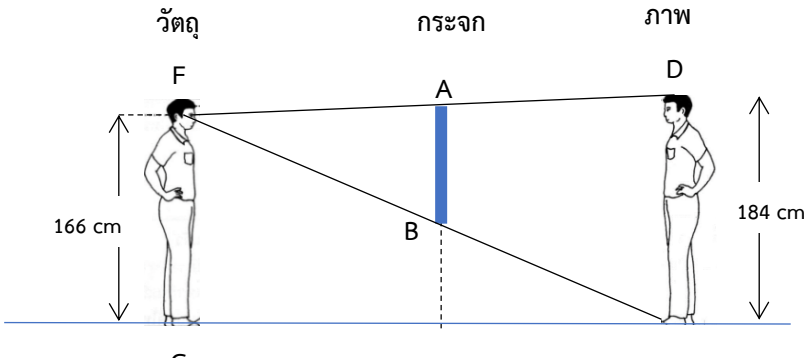
$x = 50\ cm$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ฉากจะต้องอยู่ห่างจากวัตถุอย่างน้อย 50 เซนติเมตร จึงจะเกิดเฉพาะเงามัวบนฉาก

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. ชายคนหนึ่งสูง 184 เซนติเมตรยืนมองดูภาพตัวเองในกระจกราบซึ่งติดที่ฝาผนัง ถามว่ากระจกต้องมีความสูงอย่างน้อยที่สุดเท่าไร ชายคนนั้นจึงจะสามารถเห็นภาพของเขาทั้งตัวในกระจกเงานี้ เมื่อตาของเขาอยู่สูงจากพื้น 166 เซนติเมตร



ที่มา : มานัส มงคลสุข (2555, หน้า 266)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

จากรูปชายคนนั้นจะมองเห็นตัวเองเต็มตัวเมื่อกระจกสูง AB เนื่องจาก ΔFDE คล้าย ΔABF

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความสูงของกระจก

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{AB}{DE} = \frac{1}{2}$

$AB = \frac{1}{2}DE$

$AB = \frac{1}{2}(184)$

$AB = 92\ cm$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

กระจกจะต้องสูงอย่างน้อย 92 เซนติเมตร ชายคนนี้จึงจะมองเห็นภาพเขาทั้งตัวในกระจกเงานี้

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. จากข้อ 3 จะต้องแขวนกระจกให้อยู่สูงจากพื้นเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

จากข้อ 3 จะต้องแขวนกระจกให้สูงจากพื้นเป็นระยะ BC เนื่องจาก $\Delta BCE \approx \Delta GEF$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

จะต้องแขวนกระจกให้อยู่สูงจากพื้นเท่าไร

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{BC}{FG} = \frac{1}{2}$$

$$BC = \frac{1}{2}FG$$

$$BC = \frac{1}{2}(166)$$

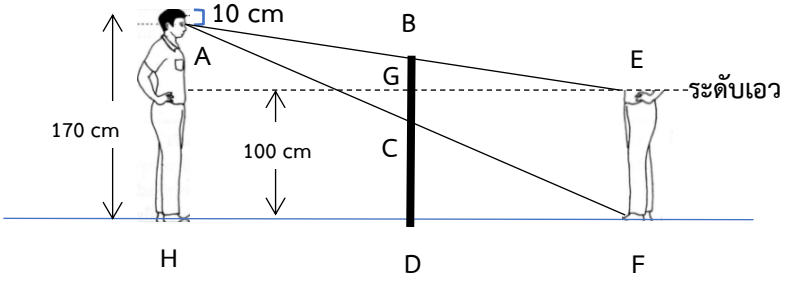
$$BC = 83 \text{ cm}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ต้องแขวนกระจกให้อยู่สูงจากพื้น 83 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. ถ้าชายคนนี้สูง 170 เซนติเมตร และตาเขาอยู่ต่ำจากส่วนที่สูงที่สุดในร่างกายเป็นระยะ 10 เซนติเมตร มีกระจกราบตั้งอยู่บนพื้นในแนวดิ่ง ขอบบนของกระจกต้องอยู่สูงจากพื้นเท่าใดจึงจะทำให้เขามองเห็นเอว ซึ่งอยู่สูงจากพื้น 100 เซนติเมตร



ที่มา : มานัส มงคลสุข (2555, หน้า 267)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

จากรูป BD คือกระจกราบตั้งบนพื้น เนื่องจากระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ขอบบนของกระจกต้องอยู่สูงจากพื้นเท่าใดจึงจะทำให้เขามองเห็นเอว

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\triangle ABC \approx \triangle AEF$ จึงได้ $BC = \frac{EF}{2} = \frac{100}{2} = 50\ cm$

$\triangle FCD \approx \triangle FAH$ จึงได้ $CD = \frac{AH}{2} = \frac{160}{2} = 80\ cm$

ดังนั้น $BC = BC + CD$

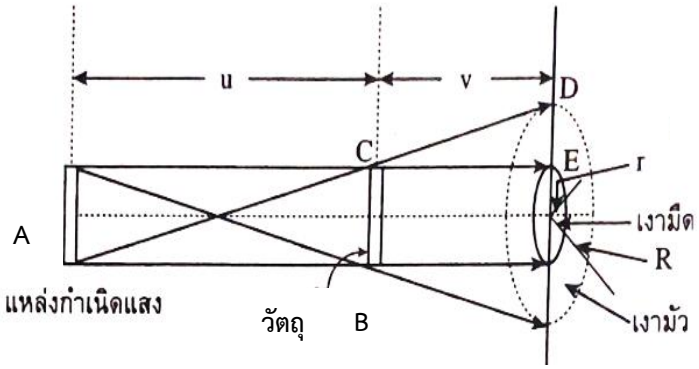
$= 50 + 80 = 130\ cm$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ขอบบนของกระจกต้องอยู่สูงจากพื้น 130 เซนติเมตร จึงจะทำให้เขามองเห็นเอว

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

6. ถ้าท่านต้องการให้เงามืด และเงามัวมีพื้นที่เท่ากันพอดี สำหรับแหล่งกำเนิดแสงทรงกลมที่มีขนาดเท่ากับขนาดวัตถุทรงกลมที่ทำให้เกิดเงาบนฉาก ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดแสงกับวัตถุ และระยะห่างระหว่างวัตถุกับฉากจะต้องมีค่าเท่ากับเท่าใด



ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 380)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

r = รัศมีของเงามืด , R = รัศมีของเงามัว , ΔABC คล้ายกับ ΔEDC

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างวัตถุกับฉาก

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

จาก A (เงามัว) = A (เงามืด)

$\pi R^2 - \pi r^2 = \pi r^2$

$R^2 = 2r^2$

$R = \sqrt{2}\, r$

และ ΔABC คล้ายกับ ΔEDC

$\frac{AC}{AB} = \frac{CE}{ED}$

$$\frac{u}{2r} = \frac{v}{R-r} = \frac{v}{\sqrt{2}\,r-r}$$

$$\frac{u}{v} = \frac{2r}{(\sqrt{2}-1)r}$$

$$u = 5v$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ระยะห่างระหว่างวัตถุกับฉากเท่ากับ $5v$

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 12

อัตราเร็วของแสงและภาพจากกระจกเงาราบ

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. เด็กชายคนหนึ่งสูง 170 เซนติเมตร ต้องการเห็นภาพเต็มตัวของเขาในกระจกเงาระนาบ ซึ่งตั้งอยู่ในแนวดิ่งห่างจากตัวเขา 250 เซนติเมตร ตาของเขาอยู่สูงจากพื้นห้อง 160 เซนติเมตร จงคำนวณหาว่าต้องใช้กระจกสั้นที่สุดเท่าใด และต้องวางปลายล่างของกระจกสูงจากพื้นเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

ถ้าต้องการส่องเห็นภาพตนเอง ในกระจกเต็มตัวโดยใช้กระจกอย่างประหยัด ต้องใช้กระจกยาวเป็นครึ่งหนึ่งของความสูงของคนและติดขอบล่างสูงจากพื้นเป็นครึ่งหนึ่งของความสูงจากลูกนัยต์ตา

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาขนาดกระจกที่สั้นที่สุด และต้องวางปลายล่างของกระจกสูงจากพื้นเท่าใด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\text{ความยาวกระจกที่ใช้} = \frac{\text{ความสูงคน}}{2} = \frac{170}{2} = 85\ cm$$

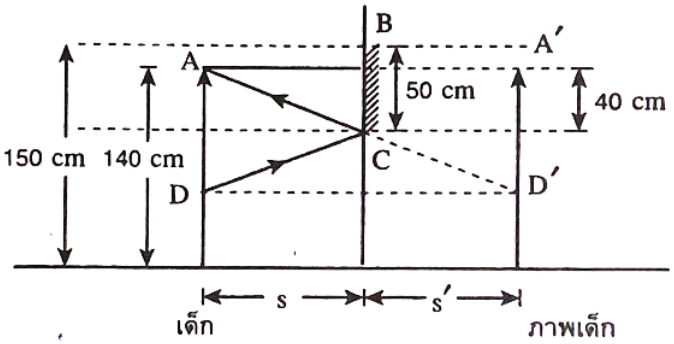
$$\text{ขอบล่างกระจกสูงจากพื้น} = \frac{\text{ความสูงลูกตา}}{2} = \frac{160}{2} = 80\ cm$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

กระจกยาว 85 เซนติเมตร และต้องวางปลายล่างของกระจกสูงจากพื้น 80 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. เด็กชายคนหนึ่งสูง 140 เซนติเมตร ยืนอยู่ห่างจากกระจกระนาบ 90 เซนติเมตร กระจกยาว 50 เซนติเมตร ขอบบนของกระจกอยู่สูงจากพื้น 150 เซนติเมตร ระดับตาของเด็กอยู่สูงจากพื้น 128 เซนติเมตร จงหาความสูงของภาพเด็กในกระจกนั้น



ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 381)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\Delta AA'D'$ คล้ายกับ ΔABC

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ความสูงของภาพเด็กในกระจก

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{A'D'}{BC} = \frac{AA'}{AB}$$

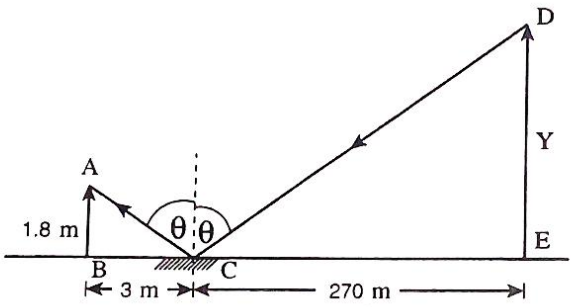
$A'D' = 2 \times 40 = 80$ cm

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เห็นภาพเด็กในกระจกสูง 80 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. ชายคนหนึ่งสูง 1.8 เมตร สามารถมองเห็นปลายเสาส่งวิทยุได้พอดี โดยการสะท้อนจากกระจกเงาราบ ซึ่งวางไว้ที่พื้นห่างจากตัวเขา 3 เมตร และกระจกห่างจากฐานเสาส่งวิทยุ 270 เมตร จงหาว่าเสาส่งวิทยุนี้สูงเท่าใด



ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 381)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

ΔDEC คล้ายกับ ΔABC

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ความสูงของเสาส่งวิทยุ

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{DE}{AB} = \frac{EC}{BC}$$

$$\frac{Y}{1.8} = \frac{270}{3}$$

$$Y = 162 \text{ m}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เสาส่งวิทยุสูง 162 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 13

การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. วางวัตถุหน้ากระจกโค้งนูนที่มีรัศมีความโค้ง 24 เซนติเมตร ให้ห่างจากกระจกนูน 20 เซนติเมตร จงหาระยะภาพ ชนิดของภาพ และกำลังขยาย

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$s = 20\ \text{cm}$, $R = 24\ \text{cm}$, $f = -12\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะของภาพ ชนิดของภาพ และกำลังขยาย

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{(-12\text{cm})} = \frac{1}{(20\text{cm})} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{-1}{(12\text{cm})} - \frac{1}{(20\text{cm})}$$

$$s' = -7.5\ cm$$

$$m = -\frac{s'}{s}$$

$$m = -\frac{-7.5}{20}$$

$$m = 0.38$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ระยะภาพเท่ากับ 7.5 เซนติเมตร อยู่ด้านหลังกระจก เป็นภาพเสมือนหัวตั้ง กำลังขยาย 0.38 (ขนาดเล็กกว่าวัตถุ)

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. เทียนไขสูง 4 เซนติเมตร ตั้งอยู่บนเส้นแกนมุขสำคัญของกระจกโค้งเว้าที่มีความยาวโฟกัส 10 เซนติเมตร ทำให้เกิดภาพหน้ากระจกโค้งห่างจากกระจกโค้งเว้า 15 เซนติเมตร เทียนไขอยู่ห่างจากกระจกโค้งเว้ากี่เซนติเมตร และภาพเทียนไขสูงกี่เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f = 10\ cm$, $s' = 15\ \text{cm}$, $y = 4\ \text{cm}$ $f =$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะที่เทียนไขห่างจากกระจก และความสูงของภาพ

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{(10\text{cm})} = \frac{1}{s} + \frac{1}{(15\ \text{cm})}$$

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{(10\text{cm})} - \frac{1}{(15\text{cm})}$$

$$s = 30\ cm$$

$$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$$

$$\frac{y'}{(4\ \text{cm})} = \frac{(15\ cm)}{(30\ \text{cm})}$$

$$y' = 2\ \text{cm}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เทียนไขห่างจากกระจก 30 เซนติเมตร และภาพเทียนไขสูง 2 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. วางวัตถุหน้ากระจกโค้งเว้าที่มีรัศมีความโค้ง 24 เซนติเมตร ให้ห่างจากกระจกเว้า 20 เซนติเมตร จงหาระยะภาพ ชนิดของภาพ และกำลังขยาย

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$s = 20\ \text{cm}$, $R = 24\ \text{cm}$, $f = 12\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะของภาพ ชนิดของภาพ และกำลังขยาย

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{(12\text{cm})} = \frac{1}{(20\text{cm})} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{(12\text{cm})} - \frac{1}{(20\text{cm})}$$

$$s' = 30\ cm$$

$$m = \frac{s'}{s}$$

$$m = \frac{30}{20}$$

$$m = 1.5$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ระยะภาพเท่ากับ 30 เซนติเมตร อยู่ด้านหน้ากระจก เป็นภาพจริงหัวกลับ กำลังขยาย 1.5 (ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ)

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 13

การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. วางวัตถุไว้หน้ากระจกเว้ามีความยาวโฟกัส 5 เซนติเมตร ปรากฏว่าเกิดภาพจริงขึ้นที่ระยะห่างจากกระจก 10 เซนติเมตร จงหาว่าวัตถุอยู่ห่างจากกระจกกี่เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f = 5\ cm$, $S' =$ 10 cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างวัตถุกับกระจก

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$\frac{1}{(5\ cm)} = \frac{1}{S} + \frac{1}{(10\ cm)}$$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{(5\ cm)} - \frac{1}{(10\ cm)}$$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{(10\ cm)}$$

$$S = 10\ cm$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

วางวัตถุห่างจากกระจก 10 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. วางวัตถุไว้หน้ากระจกนูนความยาวโฟกัส 10 เซนติเมตร ปรากฏว่าเกิดภาพขึ้นที่ระยะห่างจากกระจก 5 เซนติเมตร จงหาว่าวัตถุอยู่ห่างจากกระจกกี่เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f = -10\ cm$, $S' =$ -5 cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างวัตถุกับกระจก

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$\frac{1}{(-10\ cm)} = \frac{1}{S} - \frac{1}{(5\ cm)}$$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{(5\ cm)} - \frac{1}{(10\ cm)}$$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{(10\ cm)}$$

$$S = 10\ cm$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

วางวัตถุห่างจากกระจก 10 เซนติเมตร

นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. เมื่อวางวัตถุหน้ากระจกโค้งห่าง 30 เซนติเมตร เกิดภาพจริงขนาด 2 เท่าของวัตถุบนฉาก จงหาความยาวโฟกัสของกระจกและชนิดของกระจก

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$S = 30\ cm\ ,\ m = 2$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวโฟกัสของกระจกและชนิดของกระจก

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$m = \frac{f}{s - f}$$

$$2 = \frac{f}{30 - f}$$

$$2(30 - f) = f$$

$$(60 - 2f) = f$$

$$60 = 3f$$

$$f = 20\ cm$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เป็นกระจกเว้า และมีความยาวโฟกัส 20 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. กระจกเว้ามีความยาวโฟกัส 40 เซนติเมตร จะต้องวางวัตถุบนแกนของกระจกห่างจากกระจกกี่เซนติเมตรจึงทำให้เกิดภาพหัวตั้งที่มีนาดเป็น 4 เท่าของขนาดวัตถุ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f = 40\ cm$, m = -4

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างวัตถุกับกระจก

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$m = \frac{f}{s - f}$$

$$(-4) = \frac{40}{s - 40}$$

$$-4(S - 40) = 40$$

$$S - 40 = -10$$

$$S = 30\ cm$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

วางวัตถุห่างจากกระจก 30 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. วัตถุสูง 5 เซนติเมตร อยู่ห่าง 10 เซนติเมตร จากกระจกเว้าซึ่งมีรัศมีความโค้ง 50 เซนติเมตร จงหาความสูงของภาพ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f = \frac{R}{2} = \frac{50}{2} = 25\ cm$, y = 5 cm , S = 10 cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความสูงของภาพ

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$m = \frac{f}{s-f}$ และ $m = \frac{y'}{y}$

จะได้ $\frac{y'}{y} = \frac{f}{s-f}$

$\frac{y'}{5} = \frac{25}{10-25}$

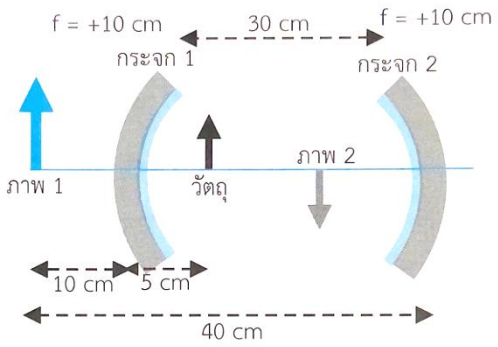
$y' = \frac{-25}{3}\ cm$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เป็นภาพเสมือนภาพสูง $\frac{25}{3}$ เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

6. กระจกเว้า 2 บาน ความยาวโฟกัสแผ่นละ 10 เซนติเมตร วางหันหน้าเข้าหากัน 30 เซนติเมตร นำวัตถุวางห่างกระจกบานหนึ่งระยะ 5 เซนติเมตร จงหาตำแหน่งและชนิดของภาพที่เกิดจากการสะท้อนแสงระหว่างกระจกทั้งสอง ให้สะท้อนจากบานใกล้วัตถุก่อน



ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563 , หน้า 255)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f_1 = 10\ cm\ ,\ S_1 = 5\ cm\ ,\ f_2 = 10\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาตำแหน่งและชนิดของภาพที่เกิดจากการสะท้อนแสงระหว่างกระจกทั้งสอง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$\frac{1}{(10\ cm)} = \frac{1}{(5\ cm)} + \frac{1}{S'}$

$S' = -10\ cm$

นั่นคือเกิดภาพเสมือนอยู่หลังกระจกบานแรก 10 เซนติเมตร

คิดจากกระจก 2

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

$\frac{1}{(10\ cm)} = \frac{1}{(40\ cm)} + \frac{1}{S'}$

$\frac{1}{S'} = \frac{4-1}{(40\ cm)}$

.....

.....

$S' = \frac{40}{3} cm$

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ภาพสุดท้ายเป็นภาพจริงหัวกลับหน้ากระจกบานที่ 2 ห่างจากกระจก $\frac{40}{3}$ เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 13

การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. วางวัตถุหน้ากระจกเว้าเป็นระยะ 10 เซนติเมตร เกิดภาพจริงหน้ากระจกที่ระยะ 15 เซนติเมตร กระจกมีรัศมีความโค้งยาวกี่เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$S = 10\ cm\ ,\ S' = 15\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หารัศมีความโค้งของกระจก

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{(10cm)} + \frac{1}{(15cm)}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{3+2}{(30cm)}$$

$$f = 6\ cm$$

$$f = \frac{R}{2}$$

$$6\ cm = \frac{R}{2}$$

$$R = 12\ cm$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

กระจกมีรัศมีความโค้ง 12 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. ถ้าวางวัตถุที่มีความสูง 10 เซนติเมตร ไว้หน้ากระจกห่างจากกระจก 100 เซนติเมตร ปรากฏว่าเกิดภาพเสมือนสูง 2 เซนติเมตร จงหาความยาวโฟกัสของกระจกและชนิดของกระจก

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$S = 100\ cm\ ,\ y = 10\ cm\ ,\ y' = -2\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวโฟกัสของกระจกและชนิดของกระจก

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$m = \frac{f}{s-f}$ และ $m = \frac{y'}{y}$

จะได้ $\frac{y'}{y} = \frac{f}{s-f}$

$\frac{-2}{10} = \frac{f}{100-f}$

$100 - f = -5f$

$5f - f = -100$

$4f = -100$

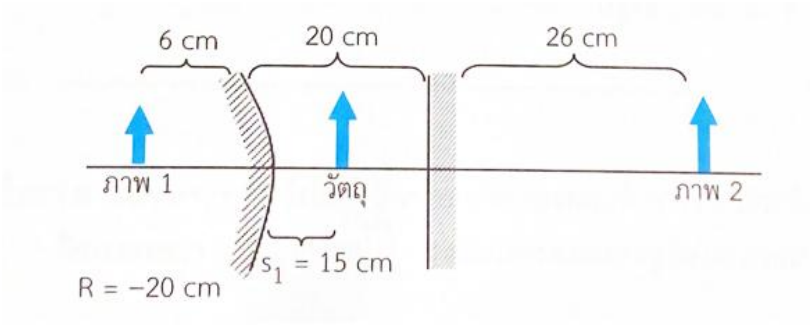
$f = -25\ cm$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เป็นกระจกนูน มีความยาวโฟกัส 25 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. วัตถุสูง 5 เซนติเมตร วางห่างจากกระจกนูน 15 เซนติเมตร กระจกนูนมีรัศมีความโค้ง 20 เซนติเมตร กระจกราบบานหนึ่งวางหันหน้าเข้าหากระจกนูนห่างจากกระจกนูน 20 เซนติเมตร จงหาตำแหน่งของภาพซึ่งเกิดจากรังสีของแสงซึ่งสะท้อนที่กระจกนูนก่อนจากนั้นสะท้อนที่กระจกราบ



ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563 , หน้า 293)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$S = 15\ cm\ ,\ f = \frac{R}{2} = \frac{-20}{2} = -10\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาตำแหน่งของภาพซึ่งเกิดจากรังสีของแสงซึ่งสะท้อนที่กระจกนูนก่อนจากนั้นสะท้อนที่กระจกราบ

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$-\frac{1}{(10cm)} = \frac{1}{(15cm)} + \frac{1}{S'}$$

$$-\frac{1}{(10cm)} - \frac{1}{(15cm)} = \frac{1}{S'}$$

$$\frac{-3-2}{(30cm)} = \frac{1}{S'}$$

$$S' = -6\ cm$$

ตอนแรกจะเกิดภาพเสมือนหลังกระจกนูน 6 cm ใช้ภาพที่เกิดขึ้นตอนแรกเป็นวัตถุช่วงตอนที่ 2

จะได้ว่า ระยะวัตถุ ของกระจกราบ = 20 + 6 = 26 cm ภาพที่เกิดจากกระจกราบ

จะเป็นภาพเสมือนอยู่หลังกระจกกราบ โดยระยะภาพจะเท่ากับระยะวัตถุ ดังนั้นภาพสุดท้าย

หลังกระจกกราบห่างออกไป 26 cm

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 *คะแนน*)**

ภาพสุดท้ายเป็นภาพเสมือนเกิดหลังกระจกกราบ 26 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 14

การหักเหของแสง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. แสงความยาวคลื่น 589 นาโนเมตร เดินทางจากสุญญากาศเข้าสู่ซิลิกา โดยมีอัตราเร็วของแสงในซิลิกาเป็น 2.0561×10^8 เมตรต่อวินาที ดรรชนีหักเหของซิลิกาเป็นเท่าใด กำหนดอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศเท่ากับ 2.9979×10^8 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda = 589 \times 10^{-9}$m , C = 2.9979×10^8 m/s , v = 2.0561×10^8 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาดรรชนีหักเหของซิลิกา

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$n = \frac{2.9979 \times 10^8 \, m/s}{2.0561 \times 10^8 \, m/s}$

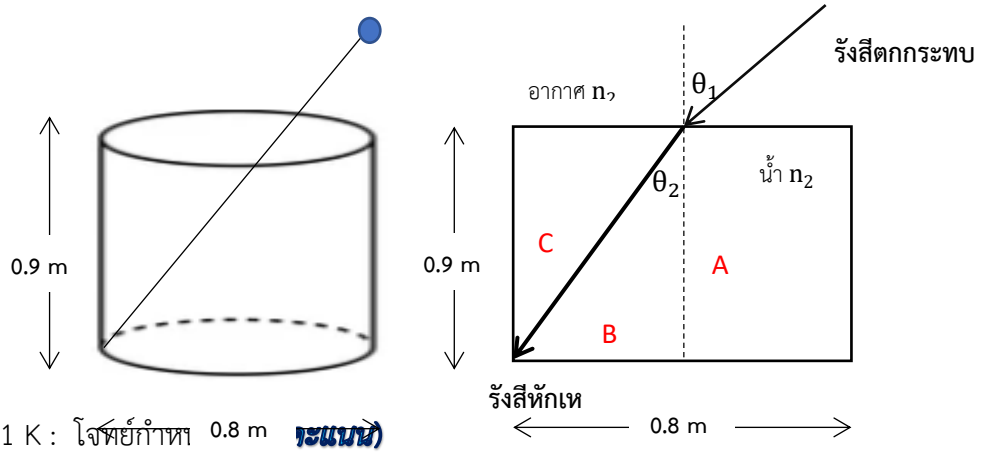
n = 1.4580

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ดรรชนีหักเหของซิลิกาเท่ากับ 1.46

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. ถังรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เมตร และสูง 0.9 เมตร บรรจุน้ำเต็มถัง ถ้าต้องการฉายแสงเลเซอร์ลงที่ผิวน้ำตรงกลางถังโดยให้แสงผ่านน้ำแตกกระทบที่ก้นถังตรงมุมของถังพอดี จะต้องฉายแสงเลเซอร์ด้วยมุมตกกระทบเท่าใด กำหนดให้ดรรชนีหักเหของน้ำเท่ากับ 1.33



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนด 0.8 m **(1 คะแนน)**

$B = \frac{0.8}{2} = 0.4\ m$, $A = 0.9\ m$, $n_1 = 1$, $n_2 = 1.33$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาขนาดของมุมที่ต้องฉายแสงเลเซอร์

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา $\sin\theta_2$ จากฟังก์ชันตรีโกณมิติ

$$\sin\theta_2 = \frac{B}{C} = \frac{0.4\ m}{\sqrt{(0.4\ m)^2+(0.9\ m)^2}} = 0.41$$

จากกฎของสเนลล์ $n_1\sin\theta_1 = n_2\sin\theta_2$

$(1)\ \sin\theta_1 = (1.33)(0.41)$

$\sin\theta_1 = 0.54$

$\theta_1 = \sin^{-1}0.54$

$\theta_1 = 32.7^\circ$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ต้องฉายแสงเลเซอร์ด้วยมุมตกกระทบ 32.7 องศา

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. เมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีดรรชนีหักเห n_1 ไปยังตัวกลางที่มีดรรชนีหักเห n_2 โดยที่ $n_1 > n_2$ จะสามารถคำนวณหามุมวิกฤตได้อย่างไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$n_1 > n_2$, มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่มีมุมหักเห 90 องศา

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

คำนวณหามุมวิกฤตได้อย่างไร

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

จากกฎของสเนลล์

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$n_1 \sin\theta_c = n_2 \sin 90^\circ$$

$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คำนวณหามุมวิกฤตได้จาก $\theta_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. จงหามุมวิกฤตสำหรับการสะท้อนกลับหมดในแก้วที่รอยต่อระหว่างแก้วกับอากาศ กำหนดให้ดรรชนีหักเหของแก้วเท่ากับ 1.50 และดรรชนีหักเหของอากาศเท่ากับ 1.00

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$n_1 = 1.50$, $n_2 = 1.00$, มุมวิกฤตเป็นมุมตกกระทบที่มีมุมหักเห 90

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หามุมวิกฤตที่ทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมดมีค่าเป็น 41.8 °

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

จากกฎของสเนลล์

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$n_1 \sin\theta_c = n_2 \sin 90°$$

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

$$\theta_c = \sin^{-1} \left(\frac{1.00}{1.50}\right)$$

$$\theta_c = 41.8°$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

มุมวิกฤตสำหรับการสะท้อนกลับหมดมีค่าเป็น 41.8 องศา หากมุมตกกระทบมีค่ามากกว่า 41.8 องศา จะทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมด

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 14

การหักเหของแสง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. แสงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร มีความเร็ว $3x10^8$ เมตร/วินาที ในอากาศ เมื่อยิงแสงทะลุลงไปในของเหลวชนิดหนึ่งปรากฏว่าความยาวคลื่นเปลี่ยนเป็น 300 นาโนเมตร ความเร็วแสงในของเหลวชนิดนี้มีค่าเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda_1 = \lambda_{อากาศ} = 450$ nm , $\lambda_2 = \lambda_{ของเหลว} = 300$ nm , $v_1 = v_{อากาศ} = 3 \times 10^8$ m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความเร็วแสงในของเหลว

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$\frac{450\ nm}{300\ nm} = \frac{3\ x\ 10^8 m/s}{v_{ของเหลว}}$$

$v_{ของเหลว} = 2 \times 10^8$ m/s

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความเร็วแสงในของเหลวเท่ากับ 2×10^8 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. ดรรชนีหักเหของตัวกลาง A = 3 และดรรชนีตัวกลาง B=6 หากแสงเดินทางจากตัวกลาง A ไปยังตัวกลาง B เมื่อแสงในตัวกลาง B มีความเร็วเท่ากับ 1.2×10^8 เมตร/วินาที แล้วความเร็วแสงในตัวกลาง A จะมีค่าเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$n_1 = n_A = 3$, $n_2 = n_B = 6$, $v_2 = v_B = 1.2 \times 10^8$ m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความเร็วแสงในในตัวกลาง A

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{v_A}{1.2 \times 10^8 \ m/s} = \frac{6}{3}$$

$$v_A = 2.4 \times 10^8 \text{ m/s}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความเร็วแสงในตัวกลาง A เท่ากับ 2.4×10^8 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. แสงความยาวคลื่นในอากาศ 390 นาโนเมตร เมื่อเคลื่อนที่ผ่านไปในแก้วที่มีดรรชนีหักเห 1.3 จงหาความยาวคลื่นแสงในแก้วในหน่วยนาโนเมตร (ดรรชนีหักเหของแสงในอากาศ =1)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\lambda_1 = \lambda_{อากาศ} = 390$ nm , $n_1 = n_{อากาศ} = 1$, $n_2 = n_{แก้ว} = 1.3$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่นแสงในแก้ว

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$\frac{390\ nm}{\lambda_{แก้ว}} = \frac{1.3}{1}$$

$$\lambda_{แก้ว} = 300 \text{ nm}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความยาวคลื่นแสงในแก้วเท่ากับ 300 นาโนเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. ดรรชนีหักเหของแสงในตัวกลางหนึ่งมีค่า 1.5 ดังนั้นอัตราเร็วของแสงในตัวกลางนั้นมีค่าเท่าไร (ให้ดรรชนีหักเหของแสงในอากาศ =1.0 ,อัตราเร็วแสงในอากาศ = $3x10^8$ เมตร/วินาที)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$v_2 = v_{อากาศ} = 3 \times 10^8$ m/s , $n_1 = n_{ตัวกลาง} = 1.5$, $n_2 = n_{อากาศ} = 1.0$

...ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็วของแสงในตัวกลาง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{v_{ตัวกลาง}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}} = \frac{1.0}{1.5}$$

$$v_{ตัวกลาง} = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

อัตราเร็วของแสงในตัวกลางเท่ากับ 2×10^8 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. แสงเคลื่อนที่ผ่านของเหลวหนึ่งด้วยอัตราเร็ว 1.50×10^8 เมตร/วินาที อยากทราบว่าของเหลวนี้มีค่าดรรชนีหักเหเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

โจทย์ไม่ได้บอกว่าแสงเคลื่อนที่จากไหนไปไหน จึงสมมุติว่าแสงเคลื่อนที่จากของเหลวไปอากาศ

$v_1 = v_{\text{ของเหลว}} = 1.50 \times 10^8$ m/s , $v_2 = v_{\text{อากาศ}} = 3.00 \times 10^8$ m/s , $n_2 = n_{\text{อากาศ}} = 1$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาดรรชนีหักเหของของเหลว

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{1.50 \times 10^8 \text{m/s}}{3 \times 10^8 \text{m/s}} = \frac{1}{n_{\text{ของเหลว}}}$$

$$n_{\text{ของเหลว}} = 2.00$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ดรรชนีหักเหของของเหลวเท่ากับ 2.00

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

6. แสงสีหนึ่งในอากาศมีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ถ้าดรรชนีหักเหของแก้วเป็น 3/2 ความยาวคลื่นแสงนี้ในแก้วมีค่าเท่ากับข้อใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

โจทย์ไม่ได้บอกว่าแสงเคลื่อนที่จากไหนไปไหน จึงสมมุติว่าแสงเคลื่อนที่จากแก้วไปอากาศ

$n_1 = n_{แก้ว} = \frac{3}{2}$, $n_2 = n_{อากาศ} = 1$, $\lambda_2 = \lambda_{อากาศ} = 600$ nm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวของคลื่นแสงในแก้ว

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$\frac{\lambda_{แก้ว}}{600\ \text{nm}} = \frac{1}{\frac{3}{2}}$$

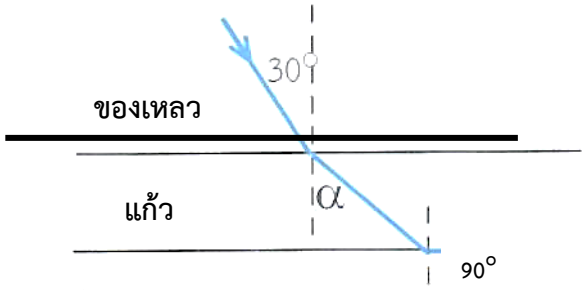
$$\lambda_{แก้ว} = 400\ \text{nm}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความยาวของคลื่นแสงในแก้วเท่ากับ 400 นาโนเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

7. แสงเคลื่อนจากของเหลวผ่านแท่งแก้วไปสู่อากาศดังรูป จงหาดรรชนีหักเหของของเหลว



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$n_2 = n_{อากาศ} = 1$, $\theta_1 = \theta_{ของเหลว} = 30°$ $\theta_2 = \theta_{อากาศ} = 90°$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาดรรชนีหักเหของของเหลว

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{\sin 30°}{\sin 90°} = \frac{1}{n_{ของเหลว}}$$

$$\frac{0.5}{1} = \frac{1}{n_{ของเหลว}}$$

$$n_{ของเหลว} = 2$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ดรรชนีหักเหของของเหลวเท่ากับ 2

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 14

การหักเหของแสง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. แสงเคลื่อนที่จากตัวกลาง x ซึ่งมีดรรชนีหักเห 3/2 ไปยังตัวกลาง y ซึ่งมีดรรชนีหักเห 6/5 ด้วยมุมตกกระทบ 30° จงหามุมหักเหในตัวกลาง y

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\theta_1 = 30°$, $n_1 = \frac{3}{2}$, $n_2 = \frac{6}{5}$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หามุมหักเหในตัวกลาง y

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$

$\frac{\sin 30°}{\sin\theta_2} = \frac{6}{5} \times \frac{2}{3}$

$\frac{1}{(2)(\sin\theta_2)} = \frac{4}{5}$

$\sin\theta_2 = \frac{5}{8}$

$\theta_2 = \sin^{-1}(\frac{5}{8})$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

มุมหักเหในตัวกลาง y เท่ากับ $\sin^{-1}(\frac{5}{8})$

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. แสงความถี่ $2.0x10^{14}$ เฮิรตซ์ ในเส้นใยนำแสงมีความยาวคลื่น $4.5x10^{-7}$ เมตร จงหาค่าดรรชนีหักเหของเนื้อเส้นใยนำแสงนี้

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

สมมุติว่าแสงเคลื่อนที่ออกจากตัวกลาง(เส้นใย) ไปหาอากาศ

$f_{\text{ในเส้นใย}} = 2x10^{14}Hz$, $\lambda_{\text{ในเส้นใย}} = 4.5x10^{-7}m$

$v_1 = v_{\text{ในเส้นใย}}$, $n_1 = n_{\text{ในเส้นใย}}$, $v_2 = v_{\text{อากาศ}} = 3x10^8 m/s$, $n_2 = n_{\text{อากาศ}} = 1.0$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาดรรชนีหักเหของเส้นใยนำแสง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v_{\text{ในเส้นใย}} = f_{\text{ในเส้นใย}}\lambda_{\text{ในเส้นใย}}$

$v_{\text{ในเส้นใย}} = (2x10^{14}Hz)(4.5x10^{-7}m)$

$v_{\text{ในเส้นใย}} = 9x10^7 m/s$

$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$

$\frac{9x10^7}{3x10^8} = \frac{1}{n_{\text{ในเส้นใย}}}$

$n_{\text{ในเส้นใย}} = 3.3$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ดรรชนีหักเหของเส้นใยนำแสงเท่ากับ 3.3

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. แสงเคลื่อนที่จากตัวกลาง A ไปยังตัวกลาง B มีมุมตกกระทบ 30^0 มีมุมหักเหเป็น 37^0 จงหาดรรชนีหักเหของตัวกลาง B เทียบกับตัวกลาง A

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\theta_A = 30° , \theta_B = 37°$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาดรรชนีหักเหของตัวกลาง B เทียบกับตัวกลาง A

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$n_{BA} = \frac{sin\theta_A}{sin\theta_B}$$

$$n_{BA} = \frac{\frac{5}{6}}{sin37°}$$

$$n_{BA} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{3}{5}}$$

$$n_{BA} = \frac{1}{2} x \frac{5}{3}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ดรรชนีหักเหของตัวกลาง B เทียบกับตัวกลาง A เท่ากับ $\frac{5}{6}$

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. ถ้าดรรชนีหักเหของน้ำและแก้วเป็น 4/3 และ 3/2 ตามลำดับ จงหาดรรชนีหักเหของแก้วเทียบกับน้ำมีค่าเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$n_{น้ำ} = \frac{4}{3}$, $n_{แก้ว} = \frac{3}{2}$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาดรรชนีหักเหของแก้วเทียบกับน้ำ

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$n_{แก้ว-น้ำ} = \frac{n_{แก้ว}}{n_{น้ำ}}$$

$$n_{แก้ว-น้ำ} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{4}{3}}$$

$$n_{แก้ว-น้ำ} = \frac{3}{2} x \frac{3}{4}$$

$$n_{แก้ว-น้ำ} = \frac{9}{8}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ดรรชนีหักเหของแก้วเทียบกับน้ำเท่ากับ $\frac{9}{8}$

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 15

การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. จงเติมข้อความลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

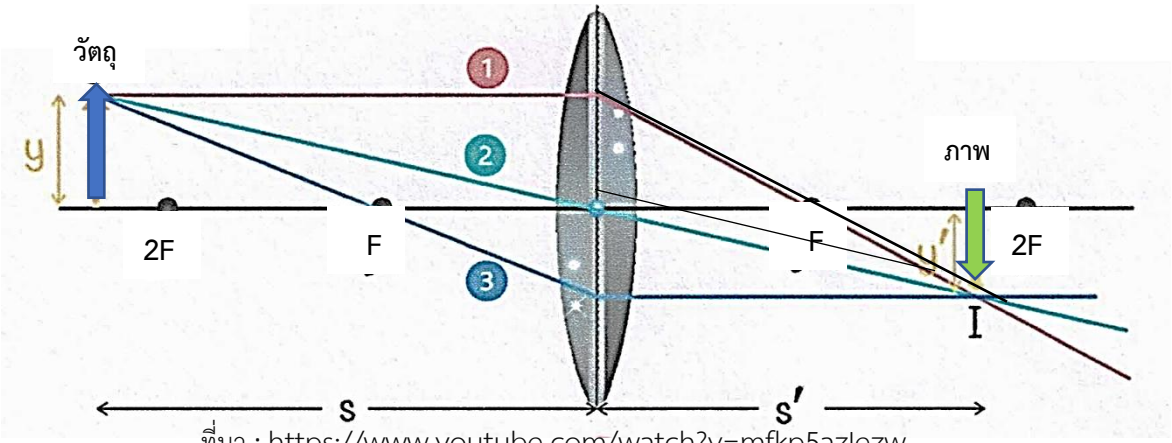
ก. สรุปภาพจากเลนส์นูน **(5 คะแนน)**

ที่	ตำแหน่งวัตถุ	ตำแหน่งภาพ	ชนิดของภาพ	ขนาดของภาพ
1	$s > 2f$	หลังเลนส์	ภาพจริง	เล็กกว่าวัตถุ
2	$s = 2f$	หลังเลนส์	ภาพจริง	เท่ากับวัตถุ
3	$2f > s > f$	หลังเลนส์	ภาพจริง	โตกว่าวัตถุ
4	$s = f$	หลังเลนส์	ภาพจริง	ระยะอนันต์
5	$s < f$	หน้าเลนส์	ภาพเสมือน	โตกว่าวัตถุ

ข. สรุปภาพจากเลนส์เว้า **(5 คะแนน)**

ที่	ตำแหน่งวัตถุ	ตำแหน่งภาพ	ชนิดของภาพ	ขนาดของภาพ
1	$s > 2f$	หน้าเลนส์	ภาพเสมือน	เล็กกว่าวัตถุ
2	$s = 2f$	หน้าเลนส์	ภาพเสมือน	เล็กกว่าวัตถุ
3	$2f > s > f$	หน้าเลนส์	ภาพเสมือน	เล็กกว่าวัตถุ
4	$s = f$	หน้าเลนส์	ภาพเสมือน	เล็กกว่าวัตถุ
5	$s < f$	หน้าเลนส์	ภาพเสมือน	เล็กกว่าวัตถุ

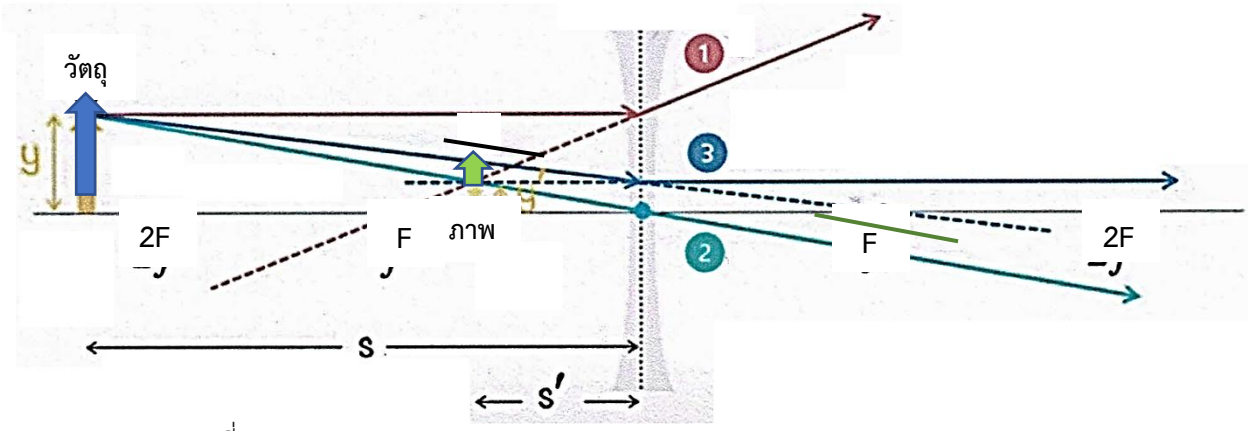
2. จงเขียนภาพรังสีจากเลนส์นูน **(3 คะแนน)**



ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=mfkp5azlezw

ผลจากการเขียนรังสี .....เกิดภาพจริง หัวกลับ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ.....

3. จงเขียนภาพรังสีจากเลนส์เว้า **(3 คะแนน)**

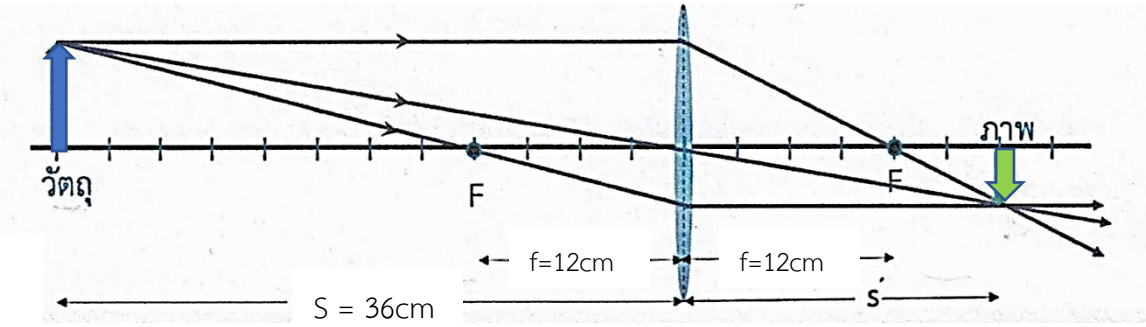


ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=mfkp5azlezw

ผลจากการเขียนรังสี .....เกิดภาพเสมือน หัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ.....

4. จงเขียนแผนภาพและคำนวณภาพรังสีของแสง เพื่อหาระยะภาพที่เกิดจากเลนส์นูนซึ่งมีความยาวโฟกัส 12 เซนติเมตร เมื่อวางวัตถุสูง 6 เซนติเมตร ที่ระยะห่างจากเลนส์นูน 36 เซนติเมตร

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสง



ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=3UIM0GP4f9w

ข การคำนวณ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f = 12\ cm\ ,\ y = 6\ cm\ ,\ s = 36\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ภาพเกิดที่ตำแหน่งใด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ | $\frac{1}{12} - \frac{1}{36} = \frac{1}{s'}$

$\frac{1}{12} = \frac{1}{36} + \frac{1}{s'}$ | $s' = 18\ cm$

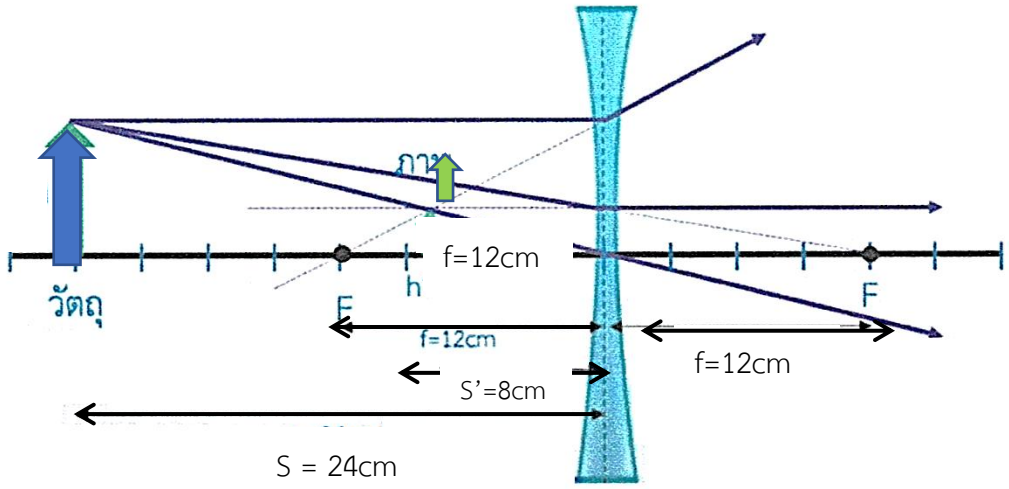
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพจริง เกิดหลังเลนส์ ห่างจากเลนส์ 18 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. จงเขียนแผนภาพและคำนวณภาพรังสีรังสีของแสง เพื่อหาระยะภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าซึ่งมีความยาวโฟกัส 12 เซนติเมตร เมื่อวางวัตถุสูง 6 เซนติเมตร ที่ระยะห่างจากเลนส์นูน 24 เซนติเมตร

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสง



ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=3UIM0GP4f9w

ข การคำนวณ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f = 12\ cm\ , y = 6\ cm\ , s = 24\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ภาพเกิดที่ตำแหน่งใด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ | $\frac{1}{-12} - \frac{1}{24} = \frac{1}{s'}$

$\frac{1}{-12} = \frac{1}{24} + \frac{1}{s'}$ | $s' = -8\ cm$

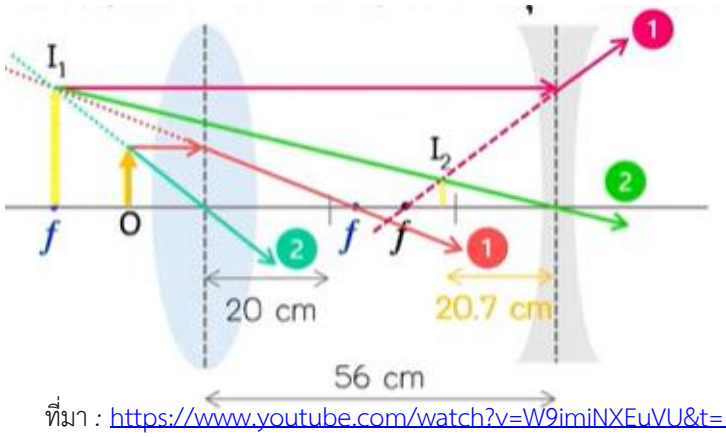
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพเสมือน เกิดหน้าเลนส์ ห่างจากเลนส์ 8 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

6. โดยเลนส์ทั้งสองวางห่างกัน 56 เซนติเมตร และมีเส้นมุมสำคัญร่วมกัน ถ้าวางวัตถุทางซ้ายมือของเลนส์นูน 12 เซนติเมตร จงหาตำแหน่งของภาพสุดท้ายเทียบกับเลนส์เว้า

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสงครั้งที่ *1*



ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=W9imiNXEuVU&t=168s

ข การคำนวณครั้งที่ 1

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f_1 = 24\ cm\ ,\ s_1 = 12\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ภาพแรกเกิดที่จากเลนส์นูนตำแหน่งใด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

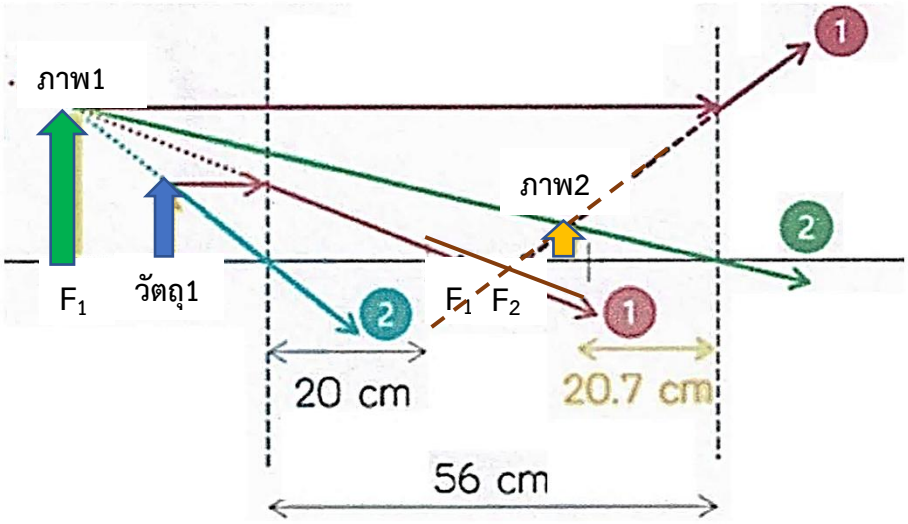
$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_1'}$ | $\frac{1}{24} - \frac{1}{12} = \frac{1}{s_1'}$

$\frac{1}{24} = \frac{1}{12} + \frac{1}{s_1'}$ | $s_1' = -24\ cm$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ภาพแรกที่เกิดขึ้นจากเลนส์นูนเป็นภาพเสมือน เกิดหน้าเลนส์ ห่างจากเลนส์ 24 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้



ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=W9imiNXEuVU&t=168s

ข การคำนวณครั้งที่ 2

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f_2 = -28\ cm\ ,\ s_2 = 24 + 56 = 80\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ภาพสุดท้ายที่เกิดจากเลนส์เว้าเกิดที่ตำแหน่งใด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{s_2} + \frac{1}{s_2'} \qquad \frac{1}{-28} - \frac{1}{80} = \frac{1}{s_2'}$$

$$\frac{1}{-28} = \frac{1}{80} + \frac{1}{s_2'} \qquad s_2' = -20.7\ cm$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ภาพสุดท้ายที่เกิดขึ้นจากเลนส์เว้าเป็นภาพเสมือน เกิดหน้าเลนส์เว้า ห่างจากเลนส์ 20.7 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

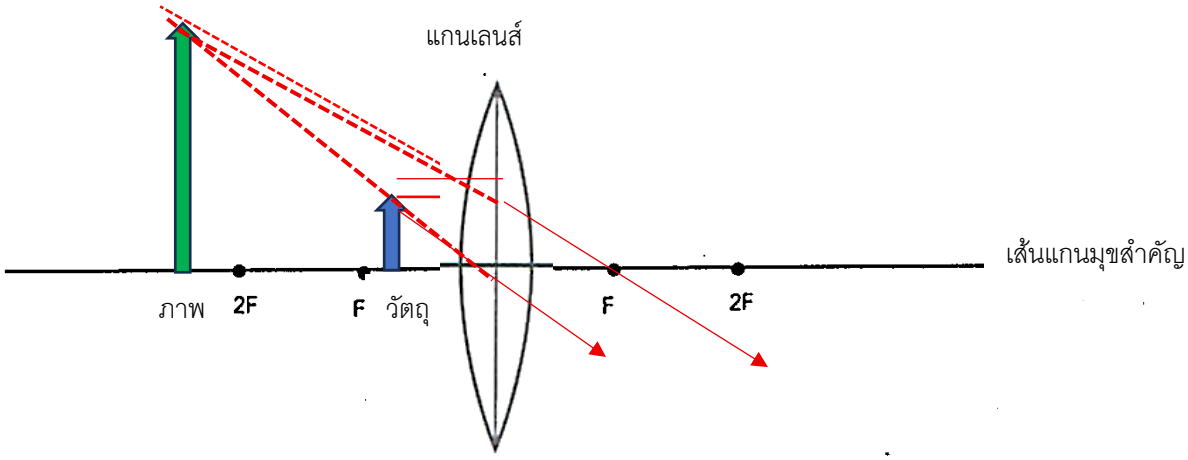
ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 15

การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. จงเขียนแผนภาพรังสีของแสง เพื่อหาระยะภาพและชนิดของภาพที่เกิดจากเลนส์นูนซึ่งมีความยาวโฟกัส 10 เซนติเมตร เมื่อวางวัตถุสูง 3 เซนติเมตร ไว้ที่ระยะห่างจากเลนส์นูน 8 เซนติเมตร

   ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสง



$f = 10\ cm\ ,\ y = 3\ cm\ ,\ s = 8\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะภาพ (s') มีค่าเท่าใด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$	$\frac{8-10}{80} = \frac{1}{s'}$	$s' = -40\ cm$
$\frac{1}{10} = \frac{1}{8} + \frac{1}{s'}$	$\frac{-2}{80} = \frac{1}{s'}$	

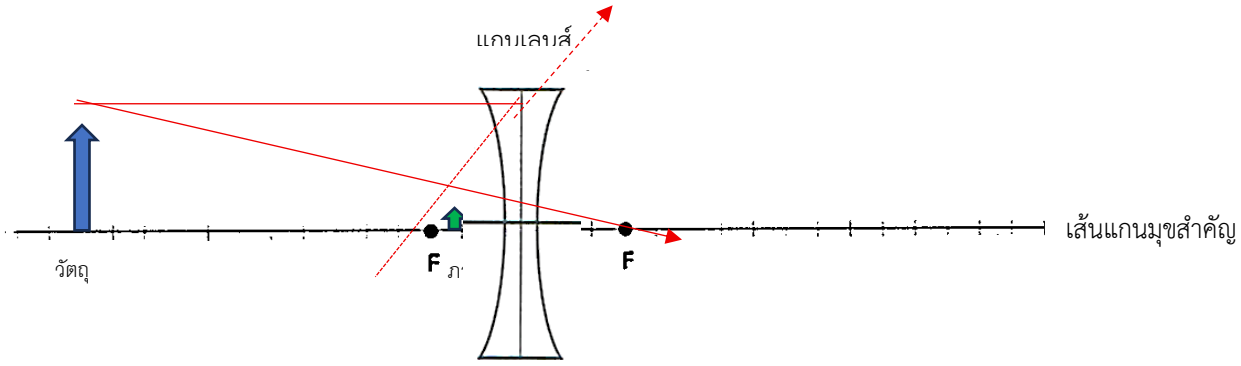
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เกิดภาพเสมือน หัวตั้ง หน้าเลนส์นูน และห่างจากเลนส์ 40 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. จงเขียนแผนภาพรังสีของแสง เพื่อแสดงภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าที่มีความยาวโฟกัส 8 เซนติเมตร เมื่อวางวัตถุสูง 3 เซนติเมตร ไว้ที่ระยะห่างจากเลนส์เว้า 20 เซนติเมตร

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสง



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f = 8\ cm\ ,y = 3\ cm\ ,s = 20\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะภาพ (s') มีค่าเท่าใด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ | $\frac{-5-2}{40} = \frac{1}{s'}$ | $s' = -5.7\ cm$

$\frac{1}{-8} = \frac{1}{20} + \frac{1}{s'}$ | $\frac{-7}{40} = \frac{1}{s'}$ |

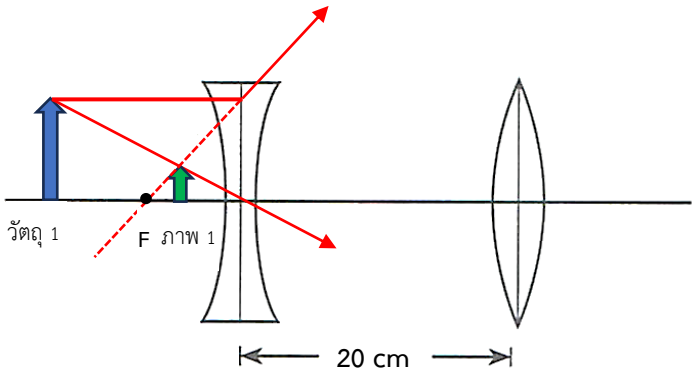
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เกิดภาพเสมือน หัวตั้ง หน้าเลนส์เว้า และห่างจากเลนส์ 5.7 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. เลนส์เว้าความยาวโฟกัส 10 เซนติเมตร อยู่ทางด้านซ้ายของเลนส์นูนความยาวโฟกัส 30 เซนติเมตร เป็นระยะ 20 เซนติเมตร วัตถุสูง 3 เซนติเมตร อยู่ทางซ้ายของเลนส์เว้าที่โฟกัส จงหาระยะภาพสุดท้ายเทียบกับเลนส์นูน และความสูงของภาพสุดท้าย

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสงครั้งที่ 1



ข. การคำนวณ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f_1 = -10\ cm\ , s_1 = 10\ cm\ , y_1 = 3\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ภาพแรก (ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า)จะเกิดที่ตำแหน่งใด และมีความสูงเท่าใด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

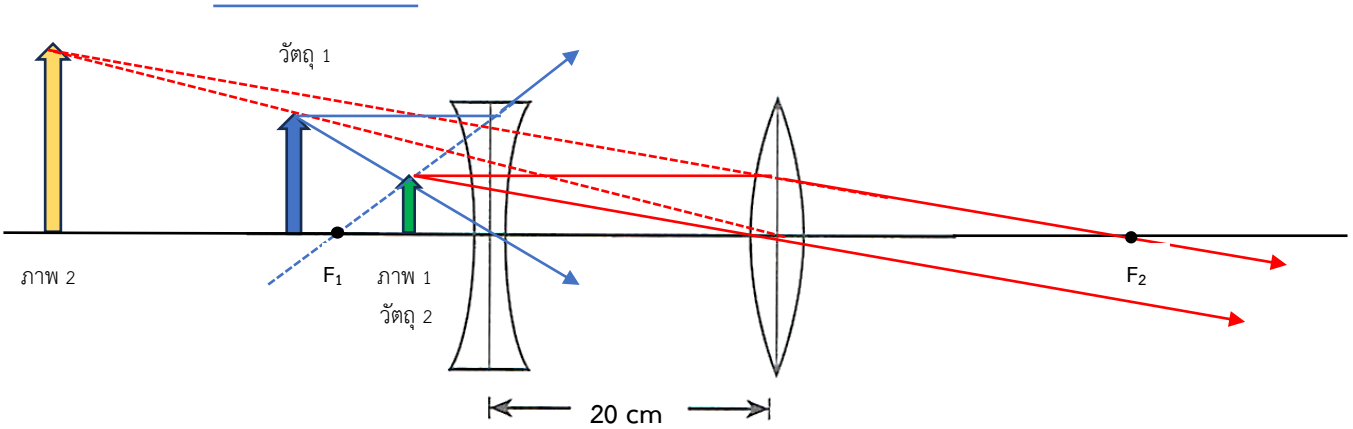
$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$	$\frac{1}{-10} - \frac{1}{10} = \frac{1}{s'}$	$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$	$y_1' = -1.5\ cm$
$\frac{1}{-10} = \frac{1}{10} + \frac{1}{s'}$	$s_1' = -5\ cm$	$\frac{y'}{3} = \frac{-5}{10}$	

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ภาพแรกเป็นภาพเสมือน หัวตั้ง เกิดหน้าเลนส์เว้า ห่างจากเลนส์ 5 เซนติเมตร และภาพมีความสูง 1.5 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสงครั้งที่ 2



ข. การคำนวณครั้งที่ 2

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$s_2 = 5 + 20 = 25\ cm\ ,f_2 = 30\ cm\ ,y_2 = 1.5\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ภาพสุดท้าย (เกิดจากเลนส์นูน) จะเกิดที่ตำแหน่งใด และมีความสูงเท่าใด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$

$\frac{1}{30} = \frac{1}{25} = \frac{1}{s'}$

$\frac{1}{30} - \frac{1}{25} = \frac{1}{s'}$

$s' = -150\ cm$

$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$

$\frac{y'}{1.5} = \frac{-150}{25}$

$y' = -9\ cm$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ภาพสุดท้ายเป็นภาพเสมือน หัวตั้ง เกิดหน้าเลนส์ ห่างจากเลนส์นูน 150 เซนติเมตร และภาพมีความสูง 9 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

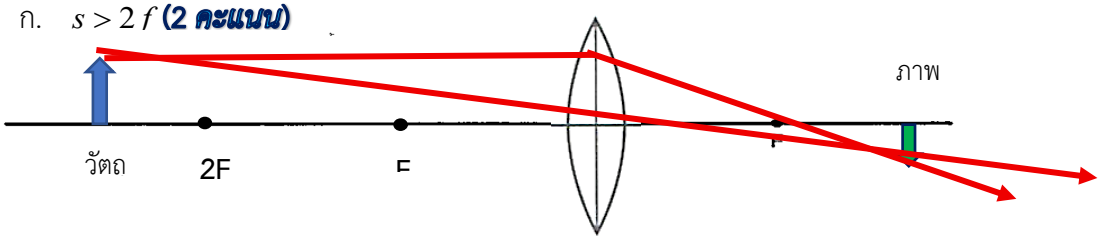
ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 15

การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

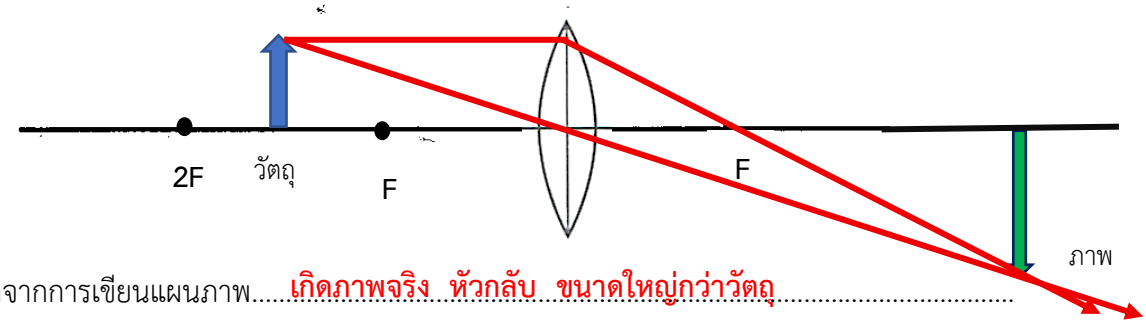
1. จงเขียนแผนภาพแสดงการเกิดภาพ และระบุชนิดภาพที่เกิดขึ้นว่าเป็นจริงหรือภาพเสมือนในกรณีวัตถุอยู่หน้าเลนส์นูน โดยวัตถุวางตั้งฉากกับแกนมุขสำคัญของเลนส์ และวัตถุอยู่ห่างจากเลนส์ทั้งสองเป็นระยะต่าง ๆ กันดังนี้

ก. $s > 2f$ **(2 คะแนน)**



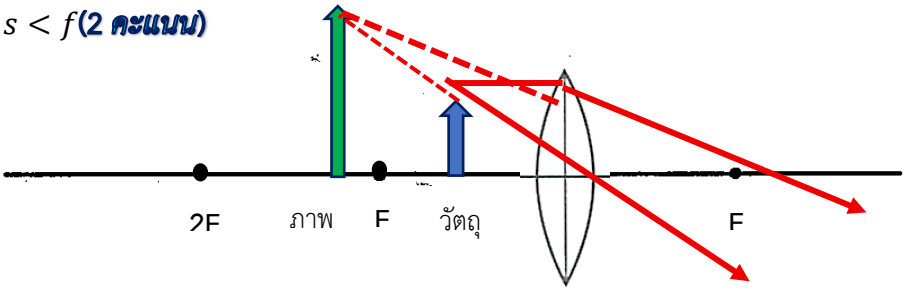
ผลจากการเขียนแผนภาพ.....เกิดภาพจริง หัวกลับ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ.....

ข. $2f > s > f$ **(2 คะแนน)**



ผลจากการเขียนแผนภาพ.....เกิดภาพจริง หัวกลับ ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ.....

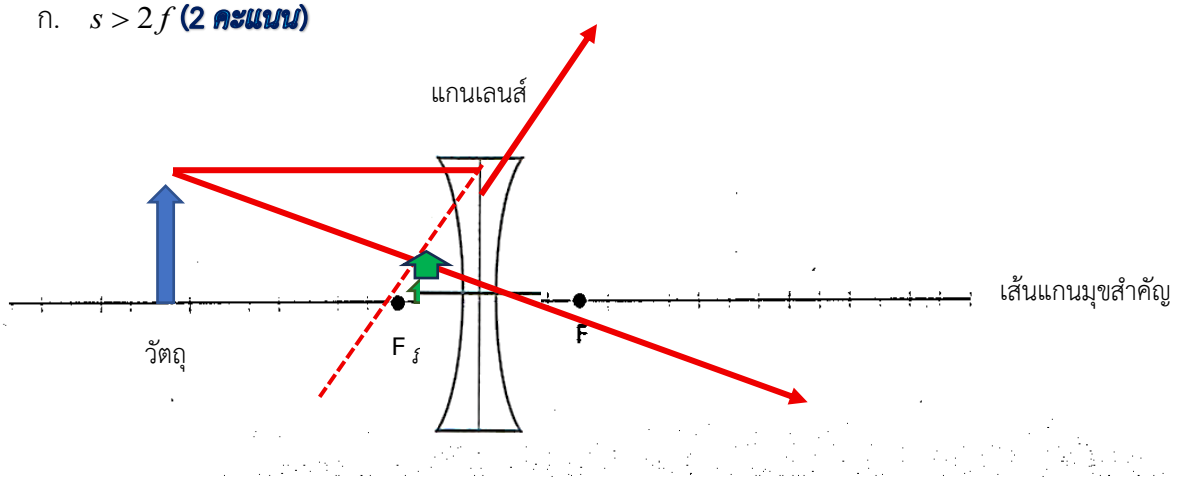
ค. $s < f$ **(2 คะแนน)**



ผลจากการเขียนแผนภาพ.....เกิดภาพเสมือน หัวตั้ง ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ.....

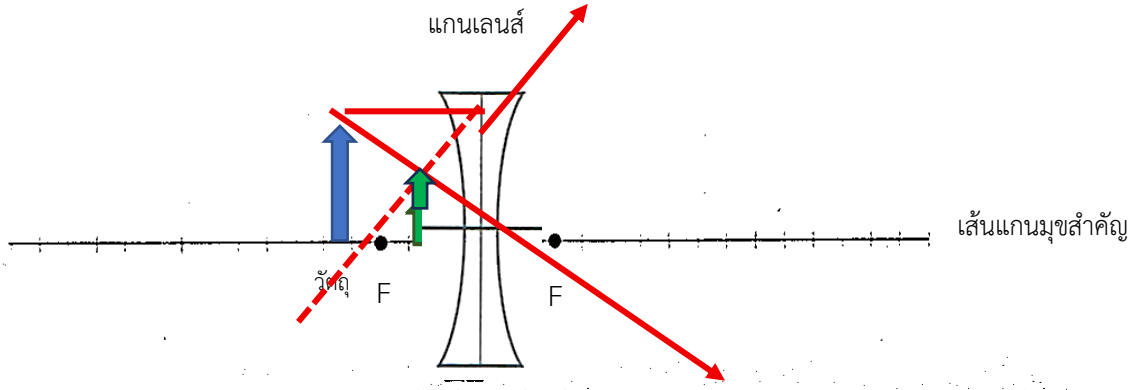
2. จงเขียนแผนภาพแสดงการเกิดภาพ และระบุชนิดภาพที่เกิดขึ้นว่าเป็นภาพจริงหรือภาพเสมือนในกรณีวัตถุอยู่หน้าเลนส์เว้า โดยวัตถุวางตั้งฉากกับแกนมุขสำคัญของเลนส์ และวัตถุอยู่ห่างจากเลนส์เป็นระยะต่าง ๆ กันดังนี้

ก. $s > 2f$ **(2 คะแนน)**



ผลจากการเขียนแผนภาพ.....เกิดภาพเสมือน หัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ.....

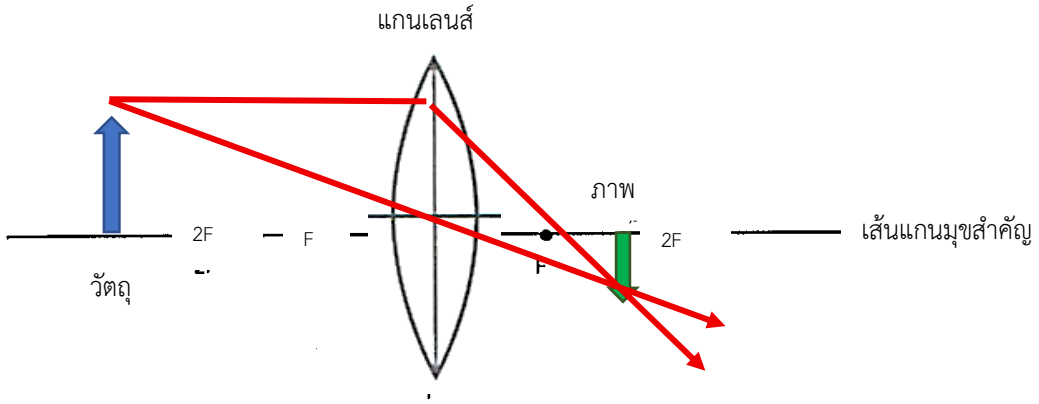
ข. $2f > s > f$ **(2 คะแนน)**



ผลจากการเขียนแผนภาพ.....เกิดภาพเสมือน หัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ.....

3. วางวัตถุไว้หน้าเลนส์นูนที่มีความยาวโฟกัส 10 เซนติเมตร ให้ห่างจากเลนส์นูน 30 เซนติเมตร จงหาระยะภาพ ชนิดของภาพ และกำลังขยาย

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสง



ข. การค์

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f = 10\ cm\ ,\ s = 30\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร**(1 คะแนน)**

ภาพเกิดที่ตำแหน่งใด และภาพที่เกิดขึ้นมีกำลังขยายเท่าใด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$	$\frac{1}{10} - \frac{1}{30} = \frac{1}{s'}$	$m = \frac{s'}{s}$	$m = 0.5$
$\frac{1}{10} = \frac{1}{30} + \frac{1}{s'}$	$s' = 15\ cm$	$m = \frac{15}{30}$	

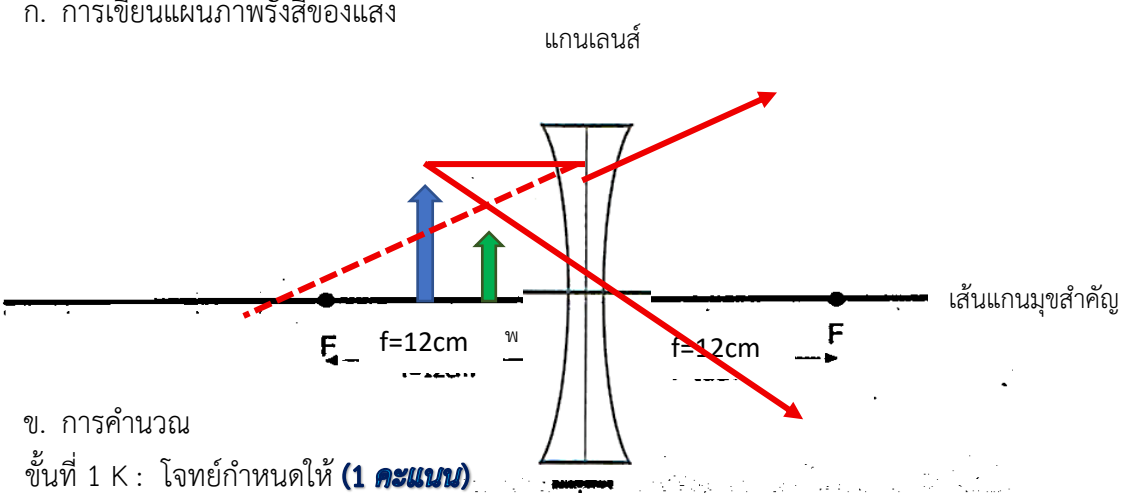
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพจริง เกิดหลังเลนส์นูน ห่างจากเลนส์ 15 เซนติเมตร และมีกำลังขยาย 0.5 เท่าของวัตถุ

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. จงเขียนรังสีของแสง เพื่อแสดงภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าที่มีความยาวโฟกัส 12 เซนติเมตร เมื่อวางวัตถุสูง 6 เซนติเมตร ไว้ที่ระยะห่างจากเลนส์เว้า 8 เซนติเมตร เกิดภาพอย่างไร และมีขนาดเท่าไร

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสง



ข. การคำนวณ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f = -12\ cm\ ,y = 6\ cm\ ,s = 30\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ภาพเกิดที่ตำแหน่งใด และภาพที่เกิดขึ้นมีกำลังขยายเท่าใด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$	$\frac{1}{-12} - \frac{1}{8} = \frac{1}{s'}$	$m = \frac{s'}{s}$	$m = -0.6$
$\frac{1}{-12} = \frac{1}{8} + \frac{1}{s'}$	$s' = -4.8\ cm$	$m = \frac{-48}{8}$	

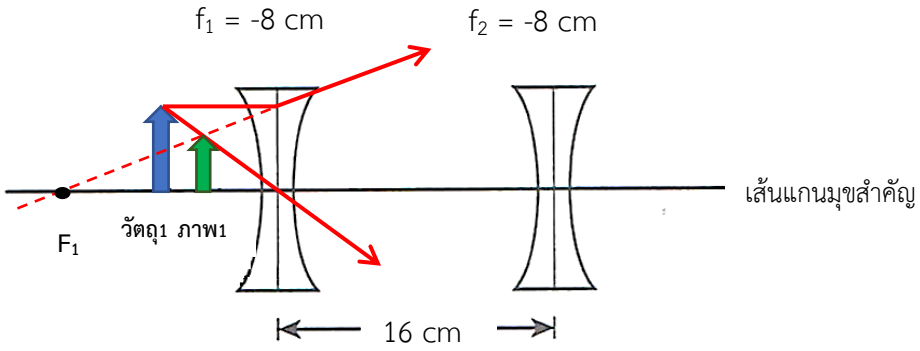
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพเสมือน เกิดหน้าเลนส์เว้า ห่างจากเลนส์ 4.8 เซนติเมตร และมีกำลังขยาย 0.6 เท่าของวัตถุ

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. เลนส์เว้าเหมือนกันสองอันวางห่างกัน 16.0 เซนติเมตร ความยาวโฟกัสของแต่ละเลนส์เท่ากับ 8 เซนติเมตร วางวัตถุทางซ้ายห่างจากเลนส์ที่อยู่ทางซ้าย 4 เซนติเมตร จงหาระยะภาพของภาพสุดท้ายกับเลนส์ที่อยู่ทางขวา

การเขียนแผนภาพรังสีของแสงครั้งที่ 1



ก. การคำนวณครั้งที่ 1

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f_1 = -8\ cm, s_1 = 4\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ภาพแรกเกิดที่ตำแหน่งใด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ | $\frac{1}{-8} = \frac{1}{4} + \frac{1}{s_1'}$ | $s_1' = -2.67\ cm$

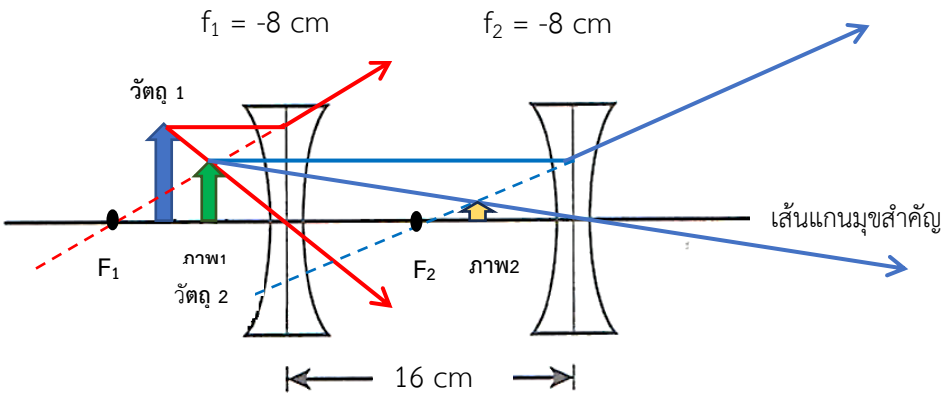
$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_1'}$ | $\frac{1}{-8} - \frac{1}{4} = \frac{1}{s_1'}$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ภาพแรกที่เกิดขึ้นจากเลนส์เว้าเป็นภาพเสมือน เกิดหน้าเลนส์เว้า ห่างจากเลนส์ 2.67 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ข. การเขียนแผนภาพรังสีของแสงครั้งที่ 2



ค. การคำนวณครั้งที่ 2

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f_2 = -8\ cm\ , s_2 = 16 + 2.67 = 18.67\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ภาพสุดท้ายเกิดที่ตำแหน่งใด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{s_2} + \frac{1}{s_2'}$

$\frac{1}{-8} = \frac{1}{18.67} + \frac{1}{s_2'}$

$\frac{1}{-8} - \frac{1}{18.67} = \frac{1}{s_2'}$

$s_2' = -5.6\ cm$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ภาพสุดท้ายที่เกิดขึ้นจากเลนส์เว้าเป็นภาพเสมือน เกิดหน้าเลนส์เว้า ห่างจากเลนส์ 5.6 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 16

การเห็นสี

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. จงอธิบายสีที่เกิดจากการผสมสารสีน้ำเงินเขียว และสารสีแดงม่วง โดยอาศัยความรู้เรื่องการดูดกลืนและการสะท้อนแสงสีของสารสี **(2 คะแนน)**

สารสีน้ำเงินเขียวจะดูดกลืนแสงสีแดง ส่วนสารสีแดงม่วงจะดูดกลืนแสงสีเขียว เมื่อนำมาผสมกันทำให้สารสีดังกล่าวกลืนทั้งแสงสีแดงและแสงสีเขียว สะท้อนเพียงแค่แสงสีน้ำเงินเท่านั้น ทำให้สารสีที่ผสมระหว่างสีน้ำเงินเขียวกับสีแดงม่วง

2. เหตุใดหมึกของเครื่องพิมพ์เอกสารส่วนใหญ่จึงมี 4 สี คือสีน้ำเงินเขียว(Cyan) สีเหลือง(yellow)สีแดงม่วง (Magenta)และสีดำ(Black) **(2 คะแนน)**

เนื่องจากสีที่สามารถผสมกันแล้วได้ครบทุกสีต้องเป็นสารสีปฐมภูมิ ซึ่งได้แก่ สีเหลือง สีน้ำเงินเขียว และสีแดงม่วง และถึงแม้ว่าการผสมสารสีปฐมภูมิทั้งสามสีจะได้สีดำ เครื่องพิมพ์มักมีหมึกสีดำ เพิ่มมาด้วยเพื่อการประหยัดสารสีปฐมภูมินั่นเอง

3. เมื่อฉายแสงจากแหล่งกำเนิดแสงสีน้ำเงินไปบนวัตถุสีแดง เราจะมองเห็นวัตถุนั้นเป็นสีอะไร เพราะเหตุใด**(2 คะแนน)**

เราจะเห็นวัตถุเป็นสีดำ เนื่องจากในแสงขาววัตถุสีแดงจะสะท้อนแสงสีแดง และดูดกลืนแสงสีอื่นไว้ แต่เมื่อฉายแสงสีน้ำเงินลงบนวัตถุสีแดง วัตถุจะดูดกลืนแสงสีน้ำเงินทำให้ไม่มีแสงสีใดสะท้อนออกมา

4. แสงสีปฐมภูมิได้แก่สีอะไรบ้าง **(2 คะแนน)**

แดง เขียว น้ำเงิน

5. สารสี(Pigment)หมายถึง **(2 คะแนน)**

สารในวัตถุใด ๆ ที่ทำหน้าที่ดูดกลืนแสงบางความยาวคลื่นหรือดูดกลืนบางแสงสีและสะท้อนแสงส่วนที่เหลือจากการดูดกลืนออกมา

6. จงเติมข้อความการดูดกลืนและการสะท้อนแสงสีของสารสีปฐมภูมิ ในตารางให้ถูกต้อง

สารสีปฐมภูมิ	แสงสีปฐมภูมิที่ดูดกลืน	แสงสีปฐมภูมิที่สะท้อน
สารสีเหลือง **(2 คะแนน)**	แสงสีน้ำเงิน	แสงสีแดงและเขียว
สารสีน้ำเงินเขียว**(2 คะแนน)**	แสงสีแดง	แสงสีน้ำเงินและเขียว
สารสีแดงม่วง**(2 คะแนน)**	แสงสีเขียว	แสงสีน้ำเงินและแดง

7. เซลล์รูปกรวยมี 3 ชนิด ประกอบด้วย

ก. ชนิด S (Short wavelength) ช่วงความยาวคลื่น **(1 คะแนน)**
400-560 นาโนเมตร

ข. ชนิด M (Medium wavelength) ช่วงความยาวคลื่น**(1 คะแนน)**
430-650 นาโนเมตร

ค. ชนิด L (Long wavelength) ช่วงความยาวคลื่น **(1 คะแนน)**
500-700 นาโนเมตร

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 16

การเห็นสี

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. เมื่อฉายแสงสีเขียวและสีแดงม่วงลงบนจอภาพสีขาวพร้อมกัน ด้วยความเข้มแสงที่เท่า ๆ กัน แสงที่ปรากฏบนจอภาพจะเป็นสีอะไร **(1 คะแนน)**

   .....สีขาว.....

2. จงเลือกแสงสีคู่ใดที่เป็นสีเติมเต็มของกันและกัน **(1 คะแนน)**

   .....แสงสีเหลืองจะประกอบได้ด้วยแสงสีแดง+สีเขียว เมื่อเพิ่มแสงสีน้ำเงินเข้าไปจะทำให้มีแสงสีปฐมภูมิครบ 3 สี แล้วรวมกันได้แสงสีขาวพอดี ลักษณะเช่นนี้อาจเรียกได้ว่าแสงสีน้ำเงินเป็นสีเติมเต็มของแสงสีเหลือง.....

3. ถ้าตาของเรามองดูแสงสีเขียวเป็นเวลานาน ๆ แล้วเปลี่ยนมาดูแสงสีขาวทันที ท่านจะมองเห็นเป็นแสงสีในข้อใด **(1 คะแนน)**

   .....หากมองแสงสีเขียวนาน ๆ เซลล์รับแสงสีเขียวในตาจะล้า และมองไม่เห็นแสงสีเขียวชั่วคราว เมื่อมองสีขาวทันทีจะเห็นแต่แสงสีแดงและน้ำเงินรวมกันจึงเป็นแสงสีแดง.....

4. วัตถุหนึ่งมีสีแดงม่วงภายใต้แสงอาทิตย์ ถ้านำวัตถุมาไว้ในห้องที่มีแต่สีเขียว จะปรากฏเป็นสีอะไร**(1 คะแนน)**

   .....วัตถุสีม่วงแดงจะสะท้อนได้เฉพาะแสงสีแดงและสีน้ำเงินเท่านั้น ไม่สะท้อนแสงสีเขียว ดังนั้นเมื่อฉายแสงสีเขียวเข้าไป จึงไม่มีแสงสะท้อนออกมาเราจะเห็นวัตถุนั้นมืดดำนั่นเอง.....

5. ฉายแสงสีขาวกระทบวัตถุ ก และวัตถุ ข ซึ่งวางอยู่ด้วยกัน มองเห็นวัตถุ ก เป็นสีเหลืองส่วนวัตถุ ข เห็นเป็นสีขาว หากฉายแสงสีเขียวแทนแสงสีขาวจะมองเห็นเป็นอย่างไร**(1 คะแนน)**

   .....เมื่อฉายแสงสีขาวตกกระทบวัตถุ ก แล้วมองเห็นเป็นสีเหลือง แสดงว่าวัตถุ ก สะท้อนแสงสีแดงและสีเขียวออกมาได้ ดังนั้นเมื่อฉายแสงสีเขียวลงไปวัตถุ ก แสงสีเขียวจะสะท้อนออกมาได้ จึงมองเห็นวัตถุ ก เป็นสีเขียว.....เมื่อฉายแสงสีขาวตกกระทบวัตถุ ข แล้วมองเห็นเป็นสีขาว แสดงว่าวัตถุ ข สะท้อนแสงได้ทั้งสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ดังนั้นเมื่อฉายแสงสีเขียวลงไปวัตถุ ข แสงสีเขียวจะสะท้อนออกมาได้ จึงมองเห็นวัตถุ ข เป็นสีเขียวด้วย.....

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 16

การเห็นสี

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. เมื่อฉายแสงสีเหลืองและแสงสีน้ำเงินลงบนจอภาพสีขาวพร้อมกัน ด้วยความเข้มแสงที่เท่า ๆ กัน แสงที่ปรากฏบนจอภาพจะเป็นสีอะไร**(1 คะแนน)**

.....แสงสีเหลืองจะประกอบไปด้วยแสงสีแดง+สีเขียว เมื่อเพิ่มแสงสีน้ำเงินเข้าไปจะทำให้มีแสงสีปฐมภูมิ.....
...ครบ 3 สี แล้วรวมกันจำได้สีขาวพอดี ลักษณะเช่นนี้อาจเรียกได้ว่า แสงสีน้ำเงินเป็นสีเติมเต็มของแสงสีเหลือง.

2. แสงสีคู่ใดที่เป็นสีเติมเต็มของกันและกัน (รวมกันได้แสงขาว) **(1 คะแนน)**

.....แสงสีแดงม่วงจะประกอบไปด้วยแสงสีแดง+สีน้ำเงิน เมื่อเพิ่มแสงสีเขียวจะรวมกันได้แสงสีขาวพอดี.....
จึงเรียกได้ว่าแสงสีเขียวเป็นสีเติมเต็มของแสงสีแดงม่วง.....

3. ถ้าตาของเรามองดูแสงสีน้ำเงินเป็นเวลานาน ๆ แล้วเปลี่ยนมาดูแสงสีขาวทันที ท่านจะมองเห็นเป็นแสงสีใด **(1 คะแนน)**

หากมองสีน้ำเงินนานเซลล์รับสีน้ำเงินในตาจะล้า และมองไม่เห็นสีน้ำเงินชั่วคราว เมื่อมองสีขาว.....
ทันทีจะเห็นแต่แสงสีแดงและสีเขียวรวมกันจึงเป็นสีเหลือง.....

4. วัตถุหนึ่งเป็นสีเหลืองภายใต้แสงอาทิตย์ ถ้านำวัตถุนี้มาไว้ในห้องที่มีแต่แสงสีน้ำเงิน จะปรากฏเป็นสีอะไร

.....วัตถุสีเหลืองจะสะท้อนได้เฉพาะแสงสีเขียวและแสงแดงเท่านั้น ไม่สะท้อนแสงสีน้ำเงิน ดังนั้น.....
...เมื่อฉายแสงสีน้ำเงินเข้าไปจึงไม่มีแสงทะท้อนออกมาเราจะเห็นวัตถุนั้นมืดดำนั้นเอง.....

5. นาย ก สวมหมวกสีเขียว เสื้อสีขาว กางเกงสีแดง เมื่อฉายแสงสีเขียวตกกระทบ นาย ก จะเห็นเขาแต่งตัวอย่างไร

เมื่อฉายแสงสีเขียวเข้าไปตกกระทบหมวกสีเขียว หมวกนี้จะสะท้อนแสงสีเขียวออกมาได้เราจึง.....
มองเห็น หมวกเป็นสีเขียว.....

.....เสื้อสีขาวสะท้อนได้ทั้งแสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน เมื่อฉายแสงสีเขียวเข้าไปตกกระทบแสงสีเขียว.....
จะสะท้อนออกมาได้ ทำให้เรามองเห็น เสื้อเป็นสีเขียว.....

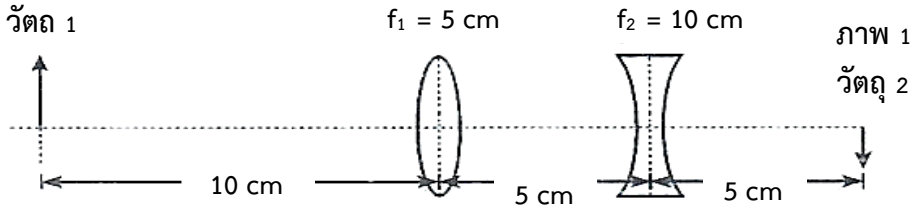
กางเกงสีแดงสามารถสะท้อนได้แต่แสงสีแดงเท่านั้น เมื่อฉายแสงสีเขียวไปตกกระทบแสงสีเขียวจะ.....
สะท้อนออกมาไม่ได้ เราจึงมองเห็นกางเกงเป็นสีดำ เพราะไม่มีแสงสะท้อนออกมานั่นเอง.....

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 17

กล้องโทรทรรศน์กล้องจุลทรรศน์

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. วัตถุอยู่ทางซ้ายมือของเลนส์นูน (ความยาวโฟกัส 5 เซนติเมตร) ระยะทาง 10 เซนติเมตร และมีเลนส์เว้า (ความยาวโฟกัส 10 เซนติเมตร) ทางขวามือของเลนส์นูนนั้นระยะทาง 5 เซนติเมตร ภาพที่เกิดเป็น



ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 427)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_1 = 5 cm , f_2 = 10 cm , s = 10 cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร**(1 คะแนน)**

หาชนิดของภาพและตำแหน่งที่เกิดภาพ

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หักเหครั้งที่ 1 : เลนส์นูน $\frac{1}{f}=\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}$

$\frac{1}{5}=\frac{1}{10}+\frac{1}{s_1'}$

$s_1' = 10$ cm

หักเหครั้งที่ 2 : เลนส์เว้า $\frac{1}{f}=\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}$

เมื่อ s_2 = 5 cm

$\frac{-1}{10}=\frac{-1}{5}+\frac{1}{s_2'}$

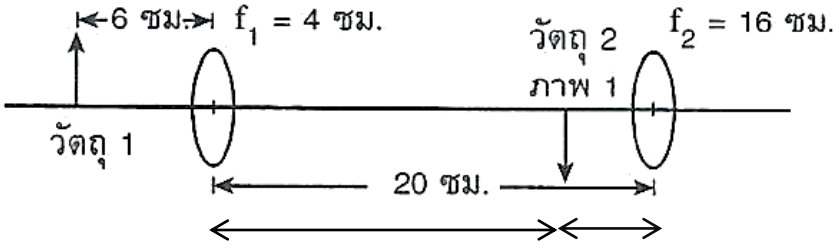
$s_2' = 10$ cm

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เกิดภาพจริง หลังเลนส์เว้า ห่างจากเลนส์เว้า 10 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. เลนส์นูน 2 อัน ความยาวโฟกัส 4 และ 16 เซนติเมตร ตามลำดับ วางห่างกัน 20 เซนติเมตร มีวัตถุวางอยู่ห่างจากเลนส์อันแรก (ไม่ใช่อยู่ระหว่างเลนส์ทั้งสอง) ที่ระยะ 6 เซนติเมตร ตำแหน่งและลักษณะของภาพสุดท้ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากเลนส์ทั้งสอง



ทมา : นรนด' 12 cm 2554, หนา 8 cm

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_1 = 4 cm , f_2 = 16 cm , s = 6 cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาตำแหน่งและลักษณะภาพสุดท้ายที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หักเหครั้งที่ 1 , $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$

$\frac{1}{4} = \frac{1}{6} + \frac{1}{s_1'}$

$s_1' = 12$ cm

หักเหครั้งที่ 2 , $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$

เมื่อ $s_2 = 8$ cm

$\frac{1}{16} = \frac{1}{8} + \frac{1}{s_2'}$

$s_2' = -16$ cm

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เกิดภาพเสมือน ห่างจากเลนส์นูนอันที่ 2 เป็นระยะ 16 เซนติเมตร

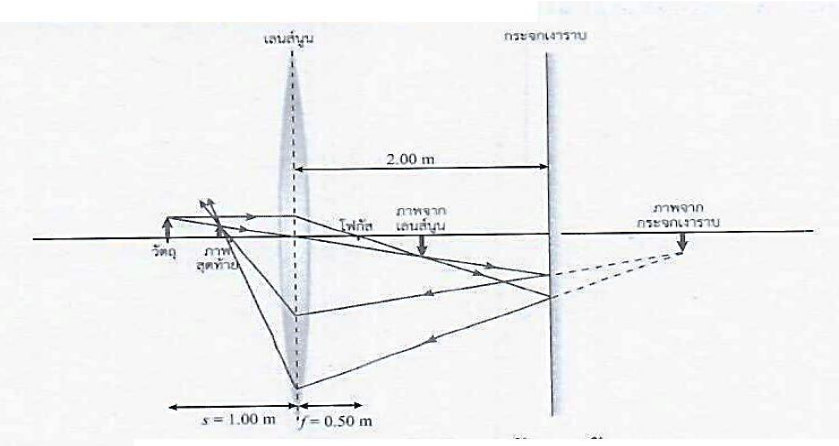
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 17

กล้องโทรทรรศน์กล้องจุลทรรศน์

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. วางวัตถุอยู่หน้าเลนส์นูนแลห่างจากเลนส์นูน 1.00 เมตร ถ้าเลนส์นูนมีความยาวโฟกัส 0.5 เมตร และอยู่หน้ากระจกเงาราบ โดยเลนส์นูนและกระจกเงาราบอยู่ห่างกัน 2.00 เมตร เมื่อมองผ่านเลนส์นูนตรงไปที่กระจกเงาราบ จงหาระยะภาพสุดท้ายเทียบกับเลนส์นูน



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f = 0.5 m , s = 1.00 m , เลนส์นูนและกระจกเงาราบห่างกัน 2.00 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะภาพสุดท้ายเทียบกับเลนส์นูน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

ภาพที่เกิดจากเลนส์นูน $\frac{1}{f}=\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}$

$\frac{1}{0.}\ \frac{1}{S'}\ =\ \frac{1}{1.00\ m}$

∴ เกิดภาพจริงหัวกลับ หลังเลนส์นูน ห่างจากเลนส์นูน 1.00 m แต่อยู่หน้ากระจกเงาราบ 1.00 m ซึ่งทำให้เกิดภาพจากกระจกเงาราบเป็นภาพเสมือนขนาดเท่ากับวัตถุอยู่ด้านหลังกระจกเงาราบ 1.00 m

ซึ่งอยู่ห่างจากเลนส์นูนเป็น 2.00 + 1.00 = 3.00 m

พิจารณาภาพที่เกิดจากเลนส์นูนโดยใช้ภาพจากกระจกเงาราบเป็นวัตถุ

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{0.50} = \frac{1}{3.00} + \frac{1}{s'}$$

$$S' = 0.60\text{m}$$

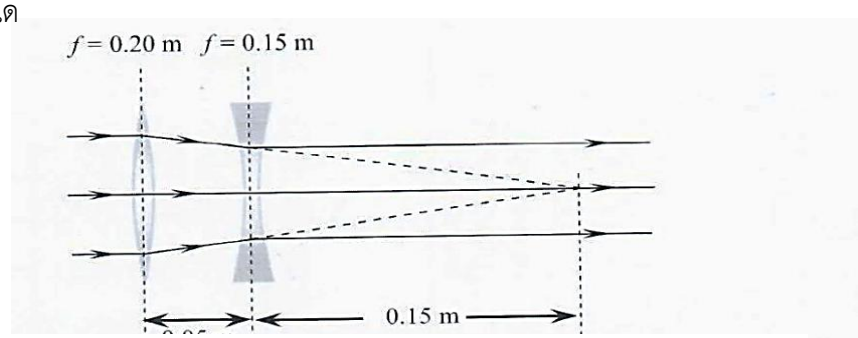
ดังนั้น ภาพสุดท้ายเป็นภาพจริงอยู่ห่างจากเลนส์นูน 0.06 เมตร

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 *คะแนน*)**

ภาพสุดท้ายเป็นภาพจริงอยู่ห่างจากเลนส์นูน 0.06 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. เลนส์นูนมีความยาวโฟกัส 0.20 เมตร และเลนส์เว้ามีความยาวโฟกัส 0.15 เมตร วางอยู่โดยมีเส้นแกนมุขสำคัญร่วมกัน เมื่อให้แสงขนานตกกระทบเลนส์นูนดังรูป ถ้าต้องการให้แสงที่ผ่านเลนส์เว้าออกมาเป็นแสงขนานอีกครั้ง เลนส์ทั้งสองจะต้องอยู่ห่างกันเท่าใด



ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 285)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_1 = 0.20 m , f_2 = 0.15 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างเลนส์ทั้งสอง ที่ทำให้แสงที่ผ่านเลนส์เว้าออกมาเป็นแสงขนาน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

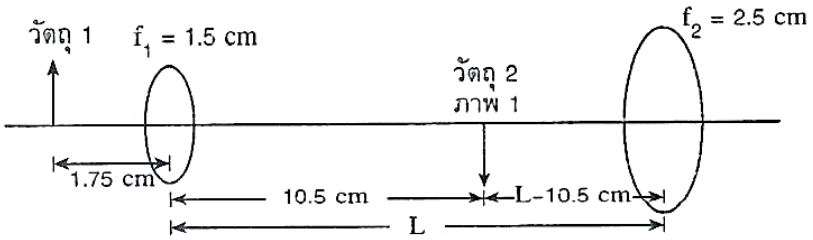
เมื่อแสงขนานที่เข้ามาตกกระทบเลนส์นูน แสงที่ผ่านเลนส์นูนจะไปพบกันที่ตำแหน่งโฟกัสของเลนส์นูน และถ้าต้องการให้แสงดังกล่าวที่ผ่านเลนส์เว้าออกมาเป็นแสงขนาน แสงที่ผ่านเลนส์เว้าจะต้องเสมือนไปพบกันที่ตำแหน่งโฟกัสของเลนส์เว้าพอดี ดังนั้นตำแหน่งโฟกัสของเลนส์นูนต้องเป็นตำแหน่งโฟกัสของเลนส์เว้าด้วย ระยะระหว่างเลนส์จึงเท่ากับ 0.20 m – 0.15 m เท่ากับ 0.05 m

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เลนส์ทั้งสองอยู่ห่างกันเท่ากับ 0.05 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. ความยาวโฟกัสของเลนส์ออฟเจคตีฟของกล้องจุลทรรศน์มีค่า 1.50 เซนติเมตร และของเลนส์อายพีช 2.50 เซนติเมตร ถ้าวัตถุที่จะมองอยู่ห่างจากเลนส์ออฟเจคตีฟ 1.75 เซนติเมตร และต้องการให้ภาพขยายที่มองผ่านกล้อง อยู่ห่างจากเลนส์อายพีช 25.0 เซนติเมตร ระยะระหว่างเลนส์ออฟเจคตีฟกับเลนส์อายพีช จะต้องมีค่ากี่เซนติเมตร



ที่มา : นิรันดร์ สวรัตน์ (2554, หน้า 427)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_1 = 1.5 cm , f_2 = 2.5 cm , S_1 = 1.75 cm , S_2' = -25cm (เป็นภาพเสมือนเพราะตามองเห็น)

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างเลนส์ออฟเจคตีฟกับเลนส์อายพีช

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

ภาพที่เกิดจากเลนส์ออฟเจคตีฟ	ภาพที่เกิดจากเลนส์อายพีช เมื่อ $S_2 = L - 10.5$
$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_1'}$	$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_2'}$
$\frac{1}{1.5} = \frac{1}{1.75} + \frac{1}{S_1'}$	$\frac{1}{2.5} = \frac{1}{S_2} + \frac{1}{(-25)}$
$\frac{1}{S_1'} = \frac{1}{1.5} - \frac{1}{1.75}$	$\frac{1}{S_2} = \frac{1}{2.5} - \frac{1}{(-25)}$
$S_1' = 10.5\ cm$	$S_2 = \frac{25}{11} = 2.27\ cm$
	จาก $S_2 = L - 10.5$
	ดังนั้น $L = 2.27 + 10.5 = 12.77\ cm$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ระยะห่างระหว่างเลนส์ออฟเจคตีฟและเลนส์อายพีช เท่ากับ 12.77 เซนติเมตร

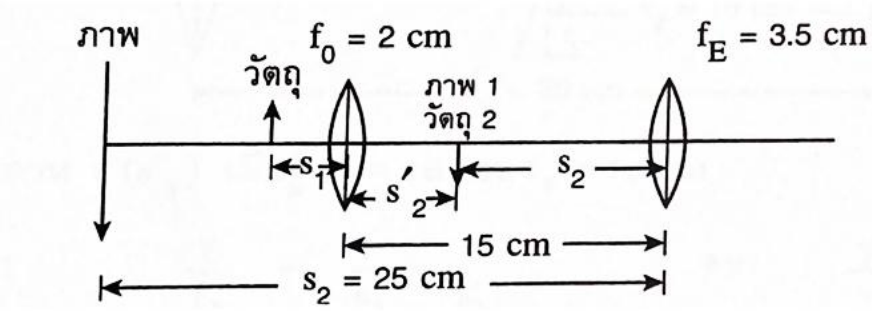
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 17

กล้องโทรทรรศน์กล้องจุลทรรศน์

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. กล้องจุลทรรศน์อันหนึ่งประกอบด้วยเลนส์ 2 อัน ความยาวโฟกัส 3.5 เซนติเมตร และ 2 เซนติเมตร วางห่างกัน 15 เซนติเมตร กล้องต้องอยู่ห่างจากวัตถุเท่าไรจึงจะเห็นภาพชัดเจน



ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554 , หน้า 397)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f_E = 3.5\ cm \quad , \quad f_0 = 2\ cm \quad , \quad S' = 25\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างวัตถุกับกล้อง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา S_2 $\quad \frac{1}{f_E} = \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S'_2}$

$\frac{1}{3.5} = \frac{1}{S_2} - \frac{1}{25}$

$\frac{1}{3.5} + \frac{1}{25} = \frac{1}{S_2}$

$S_2 = 3\ cm$

ดังนั้น $S'_1 = 15 - 3 = 12\ cm$

หา S_1 $\quad \frac{1}{f_0} = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S'_1}$

$\frac{1}{2} = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{12}$

$\frac{1}{S_1} = \frac{1}{2} + \frac{1}{12}$

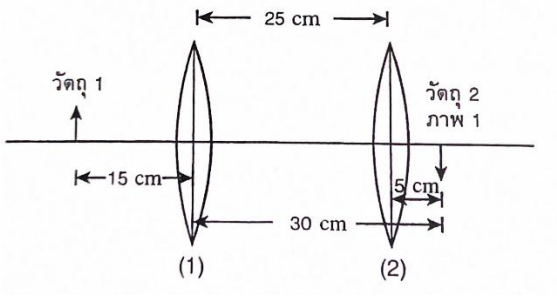
$S_1 = 2.4\ cm$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ต้องวัตถุห่างจากกล้อง 2.4 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. เลนส์นูน 2 อัน ความยาวโฟกัสอันละ 10 เซนติเมตร วางห่างกัน 25 เซนติเมตร อยู่บนเส้นแกนมุขสำคัญเดียวกัน นำวัตถุสูง 3 เซนติเมตร วางอยู่หน้าเลนส์ทั้งสอง และห่างจากเลนส์อันใกล้ 15 เซนติเมตร จงหาตำแหน่ง ชนิดของภาพสุดท้ายที่เกิดจากแสงหักเหผ่านเลนส์ทั้งสอง



ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 398)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f_1 = 10\ cm\ \ , y = 3\ cm\ , f_2 = 10\ cm\ \ , S_2 = -5\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาตำแหน่ง ชนิดของภาพสุดท้ายที่เกิดจากแสงหักเหผ่านเลนส์ทั้งสอง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$\frac{1}{10} = \frac{1}{15} - \frac{1}{S'}$

$\frac{1}{S'} = \frac{1}{10} - \frac{1}{15}$

$S' = 30\ cm$

หาภาพ 2 $\frac{1}{f} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'}$

$\frac{1}{10} = \frac{1}{-5} + \frac{1}{S'}$

$\frac{1}{S'} = \frac{1}{10} + \frac{1}{5}$

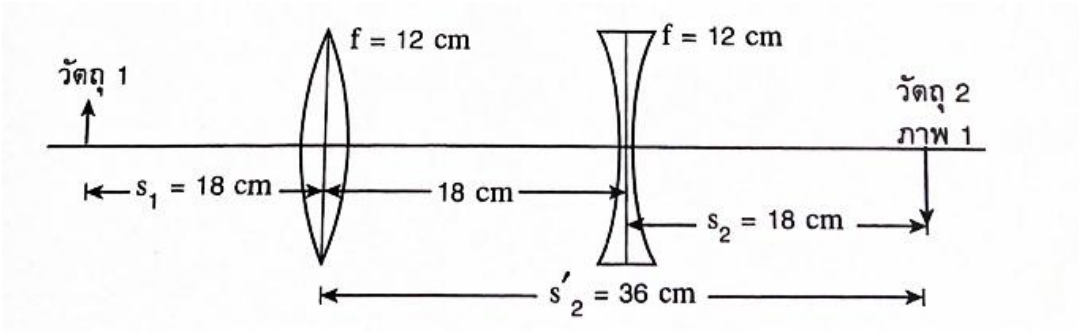
$S' = 3.33\ cm$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เกิดภาพจริง ห่างจากเลนส์อันที่ 2 เป็นระยะ 3.33 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. เลนส์นูนและเลนส์เว้ามีความยาวโฟกัส 12 เซนติเมตรเท่ากัน วางห่างกัน 18 เซนติเมตร บนแกนมุขสำคัญเดียวกัน นำวัตถุสูง 4 เซนติเมตรไปวางหน้าเลนส์ทั้งสองใกล้เลนส์นูน ห่างจากเลนส์นูน 18 เซนติเมตร ตำแหน่งของภาพเกิดที่ใด บอกชนิดและขนาดของภาพที่เกิดขึ้น



ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 398)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f_1 = 12\ cm\ \ , S_1 = 18\ cm\ , f_2 = -12\ cm\ \ , S_2 = -18\ cm$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาตำแหน่ง ชนิดและขนาดของภาพ

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หาภาพ 1

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

$$\frac{1}{12} = \frac{1}{18} + \frac{1}{S'}$$

$$\frac{1}{S'} = \frac{1}{12} - \frac{1}{18}$$

$$S' = 36\ cm$$

หาภาพ 2

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

$$\frac{1}{-12} = \frac{1}{-18} + \frac{1}{S'}$$

$$\frac{1}{S'} = -\frac{1}{12} + 18$$

$$S' = -36\ cm$$

หากำลังขยาย

$$\frac{y'}{y} = \frac{S'}{S}$$

$$\frac{y'}{8} = \frac{36}{18}$$

$$y' = 16\ cm$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เกิดภาพเสมือน สูง 16 เซนติเมตร ที่ตำแหน่งเดียวกับวัตถุ

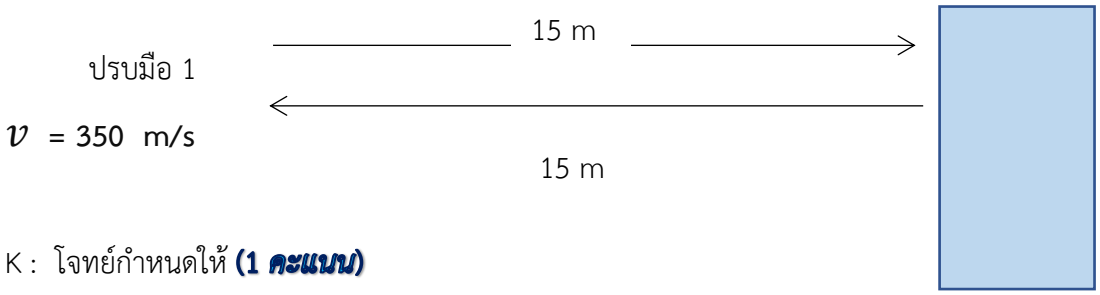
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 18

ธรรมชาติของเสียง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

5. ปรบมือ 1 ครั้ง หน้าผนังตึกซึ่งอยู่ห่างออกไป 15 เมตร จะได้ยินเสียงสะท้อนจากการปรบมือหรือไม่ เพราะเหตุใด กำหนดให้ อัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 350 เมตรต่อวินาที และแยกเสียงได้ถ้าช่วงเวลาห่างกันมากกว่า 0.1 วินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

S = 15 m , v = 350 m/s , แยกเสียงได้ถ้าช่วงเวลาห่างกันมากกว่า 0.1

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาเวลาที่เสียงสะท้อนจะเดินทางกลับมา

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = \frac{s}{t}$ | $t = \frac{30}{350}$

$350\ \text{m/s} = \frac{(2)15\ \text{m}}{t}$ | $t = 0.086\ \text{s}$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ไม่ได้ยินเสียงสะท้อน เพราะเวลาของเสียงสะท้อนน้อยกว่าช่วงเวลาที่สามารถแยกเสียงได้

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

6. นาย ก กดแตรในที่โล่ง หลังจากนั้นนาน 1.5 วินาที นาย ข ซึ่งอยู่ห่างออกไป ได้ยินเสียงแตร นาย ข อยู่ห่างจากนาย ก เป็นระยะทางเท่าใด กำหนด อุณหภูมิของอากาศขณะนั้นเป็น 20 องศาเซลเซียส

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

t = 1.5 s , อุณหภูมิ = 20°C

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะทางที่นาย ข อยู่ห่างจากนาย ก

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

จาก $v = \frac{s}{t}$ และ $v = 331 + 0.6t$

ดังนั้น $\frac{s}{t} = 331 + 0.6t$

$\frac{s}{1.5} = 331 + 0.6(20°C)$

$s = 514.5$ m

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

นาย ข อยู่ห่างจากนาย ก 514.5 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

7. แหล่งกำเนิดเสียงอันหนึ่งสั่นด้วยความถี่ 692 เฮิรตซ์ วางไว้ในอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อยากทราบว่า คลื่นเสียงที่ออกจากแหล่งกำเนิดนี้มีจะมีความยาวคลื่นกี่เมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f = 692 Hz , t = 25°C

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่น (λ)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = 331 + 0.6t$

$v = 331 + 0.6(25°C)$

$v = 346$ m/s

$v = f\lambda$

$346 \text{ m/s} = (692 \text{ Hz})\lambda$

$\lambda = 0.5$ m

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความยาวคลื่น 0.5 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 18

ธรรมชาติของเสียง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงที่ให้เสียงที่มีความยาวคลื่น 0.70 เมตร ถ้าอุณหภูมิของอากาศขณะนั้นเป็น 40 องศาเซลเซียส ความถี่ของเสียงมีค่าเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

λ = 0.70 m , t = 40°C

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ของคลื่น (f)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

จาก $v = f\lambda$ และ $v = 331 + 0.6t$

ดังนั้น $f\lambda = 331 + 0.6t$

$f(0.70\ \text{m}) = 331 + 0.6(40°\text{C})$

$f = 507.14\ \text{Hz}$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นเสียงมีความถี่ 507.14 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

...

2. ส่วนอัดและส่วนอัดที่อยู่ติดกันของคลื่นเสียงในอากาศวัดได้ 0.5 เมตร ขณะที่แหล่งกำเนิดเสียงมีความถี่ 680 เฮิรตซ์ อยากทราบว่าอุณหภูมิของอากาศบริเวณนั้นเป็นเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

λ = 0.5 m , f = 680 Hz

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอุณหภูมิของอากาศ

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

จาก $v = f\lambda$ $v = 331 + 0.6t$

v = (680 Hz)(0.5 m) $340 = 331 + 0.6t$

v = 340 m/s $t = 15°C$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

อากาศมีอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. คลื่นเสียงความถี่ 170 เฮิรตซ์ มีอัตราเร็วในอากาศ 340 เมตรต่อวินาที จงหาระยะห่างระหว่างส่วนอัดกับส่วนขยายที่อยู่ใกล้กันที่สุดมีค่าเท่ากับกี่เมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f = 170 Hz , v = 340 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะระหว่างส่วนอัดกับส่วนขยายที่อยู่กันกันที่สุด $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = f\lambda$

340 m/s = (170 Hz)λ

$\lambda = \frac{340 \text{ m/s}}{170 \text{ Hz}}$

= 2 m

ระยะระหว่างส่วนอัดกับส่วนขยายที่อยู่กันกันที่สุด $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$

$\frac{\lambda}{2}$ = 1 m

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ระยะระหว่างส่วนอัดกับส่วนขยายที่อยู่กันกันที่สุด เท่ากับ 1 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. เมื่อเคาะเหล็กยาว 1 ครั้งที่ปลายข้างหนึ่ง ปรากฏว่าผู้ฟังซึ่งอยู่ที่ปลายอีกข้างหนึ่งของท่อเหล็กจะได้ยินเสียงเคาะ 2 ครั้ง หลังจากเคาะแล้วเป็นเวลา 0.2 วินาที และ 3 วินาที ตามลำดับ ถ้าขณะเคาะท่อเหล็ก อากาศมีอุณหภูมิ 25°C จงหาอัตราเร็วของเสียงในท่อเหล็กขณะนั้นในหน่วยเมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

เคาะเหล็ก 1 ครั้ง ปรากฏว่าผู้ฟังซึ่งอยู่ที่ปลายอีกข้างหนึ่งของท่อเหล็กได้ยินเสียงเคาะ 2 ครั้ง แสดงว่าเสียงเดินทางผ่านตัวกลาง 2 ชนิด เสียงเดินทางผ่านเหล็กใช้เวลาน้อยกว่าเดินทางผ่านอากาศ

อุณหภูมิ ($t_{อากาศ} = 25°C$) , เวลา($t_{เหล็ก} = 0.2\ s$) , เวลา ($t_{อากาศ} = 3\ s$)

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็วของเสียงในท่อเหล็ก($v_{เหล็ก}$)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หาอัตราเร็วของเสียงในอากาศ	หาความยาวของท่อ	หาอัตราเร็วของเสียงในท่อ
$v = 331 + 0.6t_{อากาศ}$	$v = \frac{S}{t}$	$v = \frac{S}{t}$
$v = 331 + 0.6(25°C)$		
$v = 346\ m/s$	$346\ m/s = \frac{S}{3\ s}$	$= \frac{1{,}038\ m}{0.2\ s}$
	$S = 1{,}038\ m$	$= 5{,}190\ m/s$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

อัตราเร็วของเสียงในท่อเหล็ก เท่ากับ 5,190 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. เมื่อเคาะอะลูมิเนียมที่ปลายข้างหนึ่ง ปรากฏว่าเสียงเดินทางผ่านอากาศมาถึงปลายอีกข้างหนึ่งช้ากว่าเสียงที่เดินทาในอะลูมิเนียม 0.01 วินาที ถ้าเสียงเดินทางในอากาศมีความเร็ว 346 เมตรต่อวินาที และเดินทางในอะลูมิเนียมมีความเร็ว 5,000 เมตรต่อวินาที จงหาว่าแท่งอะลูมิเนียมนี้ยาวกี่เมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$t_{อากาศ} - t_{อะลูมิเนียม} = 0.01$ s , $v_{อากาศ} = 346$ m/s , $v_{อะลูมิเนียม} = 5{,}000$ m/s

$S_{อากาศ} = S_{อะลูมิเนียม} = S$

ขั้นที 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวของแท่งอะลูมิเนียม

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$t_{อากาศ} - t_{อะลูมิเนียม} = 0.01$

$$\frac{S}{v_{อากาศ}} - \frac{S}{v_{อะลูมิเนียม}} = 0.01$$

$$\frac{S}{346} - \frac{S}{5{,}000} = 0.01$$

$S = 3.75$ m

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แท่งอะลูมิเนียมยาว 3.75 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 18

ธรรมชาติของเสียง

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

1. จากการทดลองพบว่า อัตราเร็วของเสียงในบรรยากาศที่อุณหภูมิ 20 และ 30 องศาเซลเซียสเป็น 343 และ 352 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ถ้าอุณหภูมิเป็น 0 องศาเซลเซียส จงหาอัตราเร็วของเสียง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 *คะแนน*)**

$t_1 = 20°C$, $t_2 = 30°C$, $v_1 = 343$ m/s , $v_2 = 352$ m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 *คะแนน*)**

หาอัตราเร็วของเสียงที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2*คะแนน*)**

$v_t = v_0 + 0.6t$ หรือ $v_t = v_0 + 0.6t$

$343 = v_0 + 0.6(20°C)$ $352 = v_0 + 0.6(30°C)$

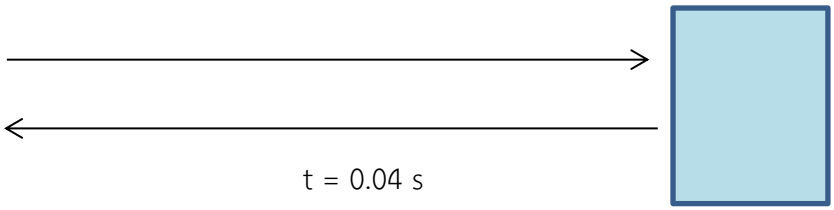
$v_0 = 331$ m/s $v_0 = 331$ m/s

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 *คะแนน*)**

คลื่นมีความเร็ว 120 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. ถ้าอุณหภูมิของอากาศในขณะนั้นมีค่าเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส ชายคนหนึ่งตะโกนคำว่า “ร้อน” หน้าผนังตึกเมื่อเวลาผ่านไป 0.04 วินาที เขาจึง ได้ยินเสียงสะท้อน จงหาระยะห่างระหว่างชายคนนี้กับผนังตึก



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$t = 40°C$, $t_{ไป\text{-}กลับ} = 0.04\ s$, $t_{ไป} = 0.02\ s$, $S_{ไป} = S_{กลับ}$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างชายคนนี้กับผนังตึก

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = 331 + 0.6t$

$v = 331 + 0.6(40)$

$v = 355\ m/s$

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

$355 = \frac{S}{0.02}$

$S = 7.1\ m$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ระยะห่างระหว่างชายคนนี้กับผนังตึกเท่ากับ 7.1 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. ส่วนอัดและส่วนอัดที่อยู่ติดกันของคลื่นเสียงในอากาศวัดได้ 1.0 เมตร ขณะที่แหล่งกำเนิดเสียงมีความถี่ 349 เฮิรตซ์ อยากทราบว่าอุณหภูมิของอากาศบริเวณนั้นเป็นเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

λ = 1.0 m , f = 349 Hz

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอุณหภูมิของอากาศ

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2คะแนน)**

จาก $v = f\lambda$

v = (349 Hz)(1.0 m)

v = 349 m/s

$v = 331 + 0.6t$

$349 = 331 + 0.6t$

$t = 30^{\circ}C$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

อุณหภูมิของอากาศเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส

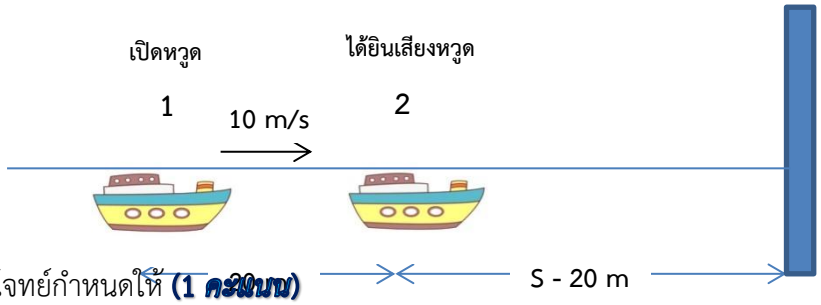
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 19

พฤติกรรมของคลื่น 1 (การสะท้อนและการหักเหของคลื่น)

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง..... ...

1. เรือลำหนึ่งวิ่งเข้าหาหน้าผาเรียบด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที เมื่อเปิดหวูดขึ้น คนในเรือได้ยินเสียงหวูดสะท้อนจากหน้าผา ในเวลา 2.0 วินาที ถ้าขณะนั้นความเร็วเสียงในอากาศเป็น 350 เมตรต่อวินาที ขณะเปิดหวูดเรือห่างจากหน้าผาเป็นระยะเท่าไร



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

t = 2.0 s , v = 10 m/s , เรือเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ 1 ไป ตำแหน่งที่ 2 ใช้เวลา 2.0 วินาที

แสดงว่าเรือเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ 1 ไปตำแหน่งที่ 2 ได้ระยะ 20 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาว่าขณะเปิดหวูดเรืออยู่ห่างจากหน้าผาเป็นระยะเท่าไร

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$350 \text{ m/s} = \frac{2(S-20)+20}{2}$ | $350 = \frac{2S - 20}{2}$ | $S = 360 \text{ m}$

$350 = S - 10$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ขณะเปิดหวูดเรืออยู่ห่างจากหน้าผา 360 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. คลื่นเสียงที่มีความถี่ 1000 เฮิรตซ์ และมีอัตราเร็ว 320 เมตรต่อวินาที วัตถุที่มีขนาดอย่างน้อยเท่าไรจึงจะสะท้อนเสียงได้

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f= 1000 Hz , v = 320 m/s

คลื่นเสียงจะสะท้อนได้ เมื่อตกกระทบวัตถุที่มีขนาดอย่างน้อยเท่ากับความยาวคลื่น

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาขนาดของวัตถุที่คลื่นเสียงไปตกกระทบ(ความยาวคลื่น)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = f\lambda$

$320\ m/s = (1000\ Hz)\lambda$

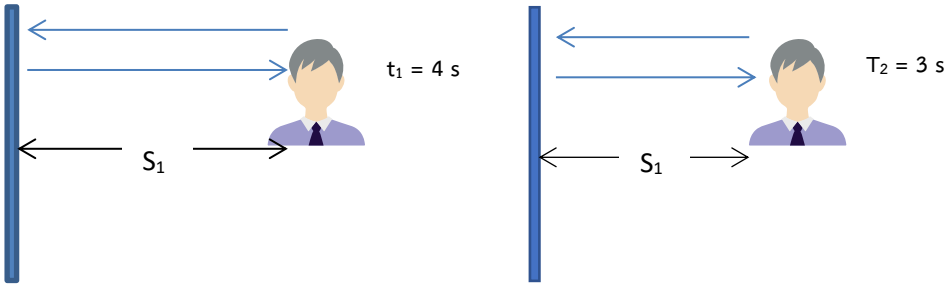
$\lambda = 0.32\ m$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

วัตถุมีต้องมีขนาดอย่างน้อย 0.32 m

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. ชายคนหนึ่งยืนห่างจากหน้าผาได้ยิงปืนขึ้น 1 นัด ปรากฏว่าเขาได้ยินเสียงปืนสะท้อนกลับในเวลา 4 วินาที และเมื่อเขาเดิน เข้าไปอีกระยะหนึ่งและยิงปืนขึ้นอีก 1 นัด เขาได้ยินเสียงสะท้อนกลับมาภายใน 3 วินาที จงหาว่าเขาเดินเข้าไปหาหน้าผากี่เมตรถ้าในขณะนั้นอัตราเร็วของเสียงเป็น 343 เมตรต่อวินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

v = 343 m/s , t_1 = 4 s , t_2 = 3 s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาว่าชายคนนี้เดินเข้าไปหาหน้าผากี่เมตร ($S_1 - S_2$)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา S_1 จาก $v = \frac{S}{t}$

$343\ m/s = \frac{2S_1}{4\ s}$

S_1 = 686 m

หา S_2 จาก $v = \frac{S}{t}$

$343\ m/s = \frac{2S_{12}}{3\ s}$

S_2 = 514.5 m

ดังนั้น $S_1 - S_2$ = 686 - 514.5 = 171.5 m

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ชายคนนี้เดินเข้าหาหน้าผา 171.5 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 19

พฤติกรรมของเสียง 1 (การสะท้อนและการหักเหของเสียง)

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. ถ้าอุณหภูมิของอากาศขณะนั้นมีค่าเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส ชายคนหนึ่งจะได้ยินเสียงสะท้อนของเสียงที่เขาตะโกนออกไป เมื่อเขายืนห่างจากผนังตึกอย่างน้อยเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

t = 40°C , เวลาที่หูมนุษย์จะได้ยินเสียงสะท้อนสะท้อนได้เมื่อเสียงใช้เวลาเดินทางไป-กลับอย่างน้อยเท่ากับ 0.1 วินาที

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาว่าชายคนนี้ต้องยืนห่างจากผนังตึกอย่างน้อยเท่าไร จึงจะได้ยินเสียงสะท้อน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = 331 + 0.6t$

$= 331 + 0.6(40)$

$v = 355$ m/s

จาก $v = \frac{S}{t}$

$355 \text{ m/s} = \frac{S}{\quad}$

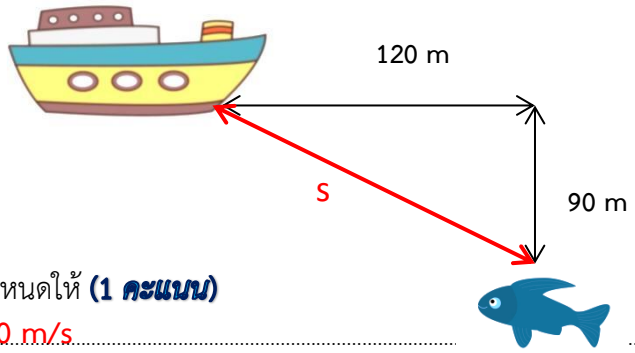
$S = 17.75$ m

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ชายคนนี้ต้องยืนห่างจากผนังตึกอย่างน้อย 17.75 เมตร จึงจะได้ยินเสียงสะท้อน

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. เรือหาปลาลำหนึ่งหาฝูงปลาด้วยโซนาร์ส่งคลื่นดลของเสียงความถี่สูงลงไปในน้ำ ทะเลถ้าฝูงปลาอยู่ห่างจากเครื่องกำเนิดคลื่นไปทางหัวเรือเป็นระยะทาง 120 เมตรและอยู่ลึก จากผิวน้ำเป็นระยะ 90 เมตร หลังจากส่งคลื่นดลจากโซนาร์ไปเป็นเวลาเท่าใด จึงจะได้รับคลื่นที่สะท้อนกลับมา กำหนด ความเร็วเสียงในน้ำทะเล = 1500 m/s



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

v = 1500 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาเวลาที่คลื่นเสียงใช้ในการเคลื่อนที่

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา S จาก $S = \sqrt{120^2 + 90^2}$

S = 150 m

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

$1500 \text{ m/s} = \frac{150 \text{ m}}{t}$

t = 0.1 s

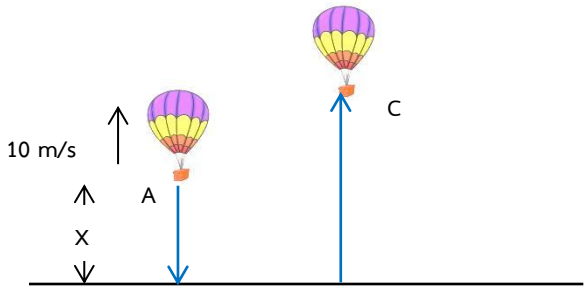
ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของเสียงทั้งไปและกลับ = 0.1 x 2 = 0.2 s

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

หลังจากส่งคลื่นเสียงไป 0.2 วินาที จึงจะได้รับคลื่นสะท้อนกลับมา

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. บอลลูนลูกหนึ่งเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร็วคงที่ 10 เมตรต่อวินาที ขณะที่อยู่สูงจากพื้นดินระยะหนึ่ง ส่งคลื่นเสียง ความถี่ 600 เฮิรตซ์ ลงมา และได้รับสัญญาณเสียงสะท้อนกลับในเวลา 3 วินาที ขณะเริ่มส่งคลื่นเสียงบอลลูนอยู่สูงจากพื้นเท่าใด เมื่ออัตราเร็วเสียงขณะนั้นเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$v_{บอลลูน} = 10\ m/s$, $v_{เสียง} = 340\ m/s$, $f = 600\ Hz$, $t = 3\ s$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความสูงของบอลลูนขณะเริ่มส่งคลื่นเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$S_{AC} = (10\ m/s)(3\ s)$

$S_{AC} = 30\ m$

หาระยะทางที่เสียงเคลื่อนที่ได้

$S = vt$

$AC + BC = (340\ m/s)(3\ s)$

$X + (X + 30) = 1020$

$2X + 30 = 1020$

$X = 495\ m$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ขณะเริ่มส่งคลื่นเสียงบอลลูนอยู่สูงจากพื้น 495 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. เสียงเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิ 27°C ไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิเท่าใด จงทำให้ความยาวคลื่น เป็น $\frac{3}{2}$ เท่าของความยาวคลื่นเดิม

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$T_1 = 27°C$ หรือ $300\ K$, $\lambda_2 = \frac{3}{2}\lambda_1$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอุณหภูมิบริเวณที่สอง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \qquad \frac{4}{9} = \frac{300}{T_2}$$

$$\frac{\lambda_1}{\frac{3}{2}\lambda_1} = \sqrt{\frac{300}{T_2}} \qquad T_2 = 675\ K \text{ หรือ } 402°C$$

$$\frac{2}{3} = \sqrt{\frac{300}{T_2}}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

บริเวณที่สองมีอุณหภูมิ 402 องศาเซลเซียส หรือ 675 เคลวิน

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. เสียงเคลื่อนที่จากบริเวณที่ 1 ไปยังบริเวณที่ 2 ซึ่งอัตราเร็วเพิ่มขึ้น $\sqrt{2}$ เท่าของเดิมจงหามุมวิกฤตระหว่างบริเวณทั้งสอง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

มุมวิกฤต คือ มุมตกกระทบ (θ_1) ที่ทำให้มุมหักเห (θ_2) มีขนาด 90°

$v_2 = \sqrt{2}\, v_1$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาขนาดมุมตกกระทบ (θ_1)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$\frac{sin\theta_1}{sin90°} = \frac{v_1}{\sqrt{2}v_1}$$

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

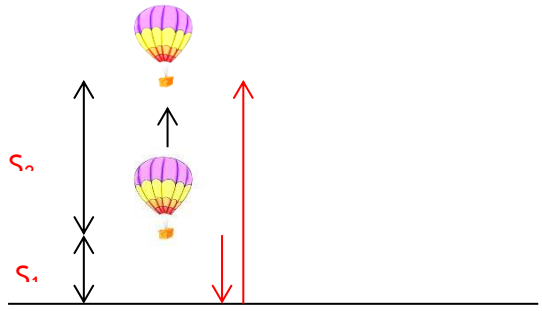
$$\theta_1 = 45°$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

มุมตกกระทบมีขนาด 45 องศา

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

6. บอลลูนลอยด้วยความเร็วสม่ำเสมอ 20 เมตรต่อวินาที ขณะที่อยู่สูงจากพื้นดินระยะหนึ่งได้ส่งคลื่นเสียงความถี่ 1,000 เฮิรตซ์ ลงมา และได้ส่งสัญญาณเสียงสะท้อนกลับเมื่อเวลา 4 วินาที จงหาว่า ขณะที่ส่งคลื่นเสียงบอลลูนอยู่สูงจากพื้นดินเป็นระยะเท่าไร ถ้าความเร็วเสียง 350 เมตรต่อวินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$v_{\text{บอลลูน}}$ = 20 m/s , $v_{\text{เสียง}}$ = 350 m/s , t = 4 s , f = 1,000 Hz

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความสูงของบอลลูนขณะที่ส่งคลื่นเสียง (S_1)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หาระยะทางที่บอลลูนเคลื่อนที่ขึ้นไปได้หลังจากส่งคลื่นเสียงแล้ว (S_2)

$v_{\text{บอลลูน}} = \frac{S}{t}$

$20\ \text{m/s} = \frac{S_2}{4\ \text{s}}$

$S_2 = 80\ \text{m}$

$v_{\text{เสียง}} = \frac{2S_1+S_2}{t}$

$350\ \text{m/s} = \frac{2S_1+80\ \text{m}}{4\ \text{s}}$

$S_1 = 660\ \text{m}$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ขณะที่ส่งคลื่นเสียงบอลลูนอยู่สูงจากพื้นดิน 660 เมตร

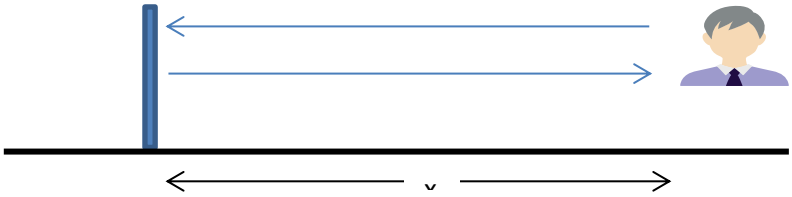
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 19

พฤติกรรมของเสียง 1 (การสะท้อนและการหักเหของคลื่น)

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

1. ชายคนหนึ่งอยู่หน้ากำแพง หันหน้าตะโกนเสียงเข้าหากำแพง ถ้าเขาต้องการให้เกิดเสียงก้องเขาต้องอยู่ห่างจากกำแพงอย่างน้อยเท่าใด กำหนดให้เสียงมีอัตราเร็วในอากาศ 340 เมตรต่อวินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

S = 2X , เวลาที่หูมนุษย์จะได้ยินเสียงสะท้อนสะท้อนได้เมื่อเสียงใช้เวลาเดินทางไป-กลับอย่างน้อยเท่ากับ 0.1 วินาที

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาว่าชายคนนี้ต้องยืนห่างจากกำแพงอย่างน้อยเท่าไร

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$340\ m/s = \frac{S}{0.1\ s}$$

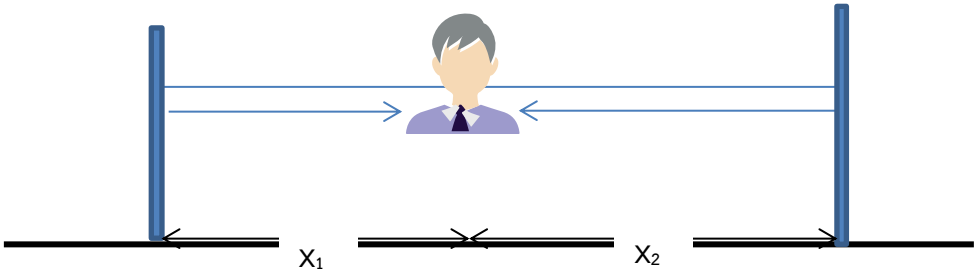
$$S = 17\ m$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ชายคนนี้ต้องยืนห่างจากกำแพงอย่างน้อย 17 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. ชายคนหนึ่งยืนอยู่ระหว่างหน้าผา 2 แห่ง แล้วยิงปืนออกไป เขาได้ยินเสียงครั้งแรก ครั้งที่สองและครั้งที่สามเมื่อเวลาผ่านไป 2 และ 3 วินาที นับจากเริ่มยิง จงหาระยะห่างระหว่างหน้าผาทั้งสอง ถ้าความเร็วในอากาศ 340 เมตรต่อวินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

S = $X_1 + X_2$, ยิงปืนออกไปแล้วได้ยินเสียง 3 ครั้ง อธิบายได้ว่าครั้งแรกได้ยินจากปืนโดยตรง ครั้งที่สองและสามได้ยินจากเสียงสะท้อนที่หน้าผาทั้งสอง

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างหน้าผาทั้งสอง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา X_1 จาก $v = \frac{S}{t}$

$340\ m/s = \frac{2X_1}{2\ s}$

$X_1 = 340\ m$

หา X_2 จาก $v = \frac{S}{t}$

$340\ m/s = \frac{2X_2}{3\ s}$

$X_2 = 510\ m$

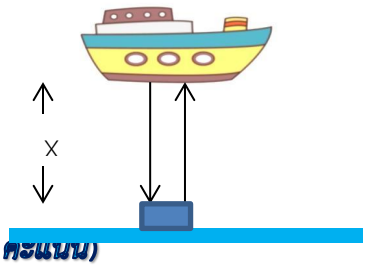
$X_1 + X_2 = 340 + 510 = 850\ m$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

หน้าผาทั้งสองอยู่ห่างกัน 850 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. เครื่องกำเนิดเสียง ปล่อยคลื่นเสียงที่มีความถี่ 4 กิโลเฮิรตซ์ พบว่าก้อนหินผิวเรียบพื้นที่ 0.4 x 0.4 ตารางเมตร ที่อยู่ใต้ทะเลสะท้อนคลื่นนี้พอดี และคลื่นสะท้อนมาถึงเครื่องรับหลังจากส่งสัญญาณออกไป 2.5 วินาที ถ้าถือว่าวัตถุจะสะท้อนคลื่นได้ต้องมีขนาดเท่าหรือโตกว่าความยาวคลื่นนั้น อยากทราบว่าก้อนหินอยู่ต่ำกว่าผิวน้ำกี่เมตร



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

λ = 0.4 m , f = 4000 Hz , t = 2.5 s , S = 2x

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะที่ก้อนหินอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำ

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา v จาก $v = f\lambda$

v = (4000 Hz)(0.4 m)

v = 1600 m/s

หา S จาก $v = \frac{S}{t}$

$1600 \text{ m/s} = \frac{2X}{2.5 \text{ s}}$

X = 2000 m

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ก้อนหินอยู่ต่ำกว่าผิวน้ำ 2000 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. ถ้าเสียงเดินทางจากตัวกลาง 1 ไปยังตัวกลาง 2 โดยความยาวคลื่นเสียงเพิ่มเป็น 2 เท่าของเดิม จงหามุมวิกฤต

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$v_2 = v_2$, มุมวิกฤตคือมุมตกกระทบ ที่ทำให้เกิดมุมหักเห(θ_2) โต$90°$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร**(1 คะแนน)**

หามุมวิกฤต

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$$\frac{sin\theta_1}{sin90°} = \frac{v_1}{2v_1}$$

$$\frac{sin\theta_1}{sin90°} = \frac{v_1}{2v_1}$$

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

$$\theta_1 = 30°$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

มุมวิกฤตเท่ากับ 30 องศา

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 20

พฤติกรรมของคลื่น 2 (การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของคลื่น)

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง..... ...

1. ถ้าอัตราเร็วของเสียงในอากาศขณะนี้เท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที เสียงแตรรถยนต์มีความถี่ 170 เฮิรตซ์ ก่อนที่รถยนต์จะออกจากซอยคนขับรถบีบแตรรถยนต์เพื่อให้สัญญาณทำให้คนซึ่งยืนบนทางเท้า ณ มุมตึกปากซอยได้ยินเสียงสัญญาณแตรได้ชัดเจน จงประมาณขนาดความกว้างของซอยมีค่ากี่เมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

v = 340 m/s , f = 170 Hz

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความกว้างของซอย

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = f\lambda$

340 m/s = (170 Hz)

λ = 2 m

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ซอยมีความกว้าง 2 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. คลื่นชนิดหนึ่งเมื่อเกิดการแทรกสอดแนวปฏิบัพที่ 2 เอียงทำมุมจากแนวกลาง 30° หากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองอยู่ห่างกัน 4 เมตร

   ก. ความยาวคลื่นนี้มีค่าเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$n = 2$, $d = 4$ m , $\theta = 30°$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d\sin\theta = n\lambda$

$(4\text{ m})\sin 30° = (2)\lambda$

$(4\text{ m})\frac{1}{2} = (2)\lambda$

$= 1$ m

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความยาวคลื่นเท่ากับ 1 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ข. หากคลื่นนี้มีความเร็ว 300 เมตรต่อวินาที จะมีความถี่เท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

v = 300 m/s , λ = 1 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ของคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = f\lambda$

300 m/s = f(1 m)

f = 300 Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นมีความถี่ 300 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. A และ B เป็นลำโพง 2 ตัววางห่างกัน 2 เมตร ในที่โล่ง P เป็นผู้ฟังห่างจาก A 4 เมตร ห่างจาก B 3 เมตร เสียงความถี่ต่ำสุดที่คลื่นหักล้างกันทำให้ได้ยินเสียงเบาที่สุดเป็นเท่าไร (กำหนดความเร็วเสียง = 340 เมตรต่อวินาที)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

d = 2 m , S_AP = 4 m , S_BP = 3 m , v = 340 m/s , n = 1

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ต่ำสุดที่คลื่นหักล้างกัน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$|S_AP - S_BP| = (n - \frac{1}{2})\lambda$

$|4 - 3| = (1 - \frac{1}{2})\lambda$

$\lambda = \frac{1}{0.5}$

$= 2$ m

$v = f\lambda$

340 m/s $= f$(2 m)

$f = 170$ Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่ต่ำสุดของคลื่นเท่ากับ 170 เมตร

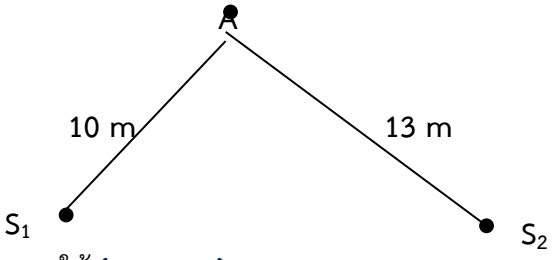
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 20

พฤติกรรมของเสียง 2 (การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของเสียง)

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. ลำโพง 2 ตัวหันหน้าไปทางเดียวกัน ให้คลื่นความถี่ 680 เฮิรตซ์ และเฟสตรงกัน A เป็นจุด ๆ หนึ่ง อยู่หน้าลำโพงทั้งสอง ห่างจากลำโพงเป็นระยะ 10 เมตร และ 13 เมตร ถ้าอัตราเร็วของเสียงในอากาศเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที อยากทราบว่าจุด A อยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าใด



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f = 680 Hz , S_1P = 10 m , S_2P = 13 m , v = 340 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาตำแหน่งของจุด A

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา λ จาก $v = f\lambda$

$340\ m/s = (680\ Hz)\lambda$

$\lambda = 0.5\ m$

$[S_1P - S_2P] = n\lambda$

$[10 - 13] = n(0.5)$

$n = 6$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

จุด A อยู่บนแนวปฏิบัพที่ 6

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. ลำโพงอาพันธ์ 2 ตัววางห่างกัน 4 เมตร ให้สัญญาณเสียงความถี่ 510 เฮิรตซ์ เฟสตรงกันเมื่ออัตราเร็วเสียงในอากาศขณะนั้นเป็น 340 เมตรต่อวินาที จงหาแนวบัพและปฏิบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$d = 4\ m$, $f = 510\ Hz$, $v = 340\ m/s$, $\theta = 90°$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาแนวบัพและปฏิบัพทั้งหมด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา λ จาก $v = f\lambda$

$340\ m/s = (510\ Hz)\lambda$

$\lambda = \frac{2}{3}\ m$

$d\sin\theta = n\lambda$

$(4\ m)\sin 90° = n(\frac{2}{3})$

$n = 6$

แนวปฏิบัพ = 6 x 2 +1 = 13

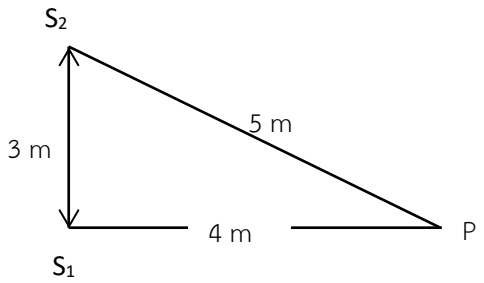
แนวบัพ = 6 x 2 = 12

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

แนวปฏิบัพทั้งหมด 13 แนว และแนวบัพทั้งหมด 12 แนว

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. S1 และ S2 เป็นลำโพงอาพันธ์สองตัว ซึ่งอยู่ห่างกัน 3 เมตร ให้คลื่นเสียงมีเฟสตรงกันความยาวคลื่น 0.5 เมตร ผู้ฟังอยู่ที่จุด P จะได้ยินเสียงดังชัดเจน อยากทราบว่า เมื่อเขาเดินเป็นเส้นตรงจาก P เข้าหา S2 ดังรูป ผู้ฟังจะรู้สึกว่าได้ยินเสียงจางหายไปกี่ครั้ง



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$S_1P = 5$ m , $S_2P = 4$ m , $d = 3$ m , $\lambda = 0.5$ m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

เมื่อเดินเป็นเส้นตรงจาก P เข้าหา S2 ผู้ฟังจะรู้สึกว่าได้ยินเสียงจางหายไปกี่ครั้ง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

ที่จุด P , $[S_1P - S_2P] = n\lambda$

$[5 - 4] = n(0.5)$

$n = 2$

P เป็นตำแหน่งดังที่ 2

ที่จุด S_2 , $d\sin\theta = n\lambda$

$(3\text{ m})\sin 90^\circ = n(0.5\text{ m})$

$n = 6$

S_2 เป็นตำแหน่งดังที่ 6

เดินจากดังที่ 2 ไปดังที่ 6 คิดเป็น 4 ช่วงดัง หรือมีเสียงค่อย 4 ครั้ง

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เมื่อเดินเป็นเส้นตรงจาก P เข้าหา S2 ผู้ฟังจะรู้สึกว่าได้ยินเสียงจางหายไป 4 ครั้ง

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. เสียงรถยนต์ซึ่งมีความยาวคลื่น 0.4 เมตร ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างกว้าง 1 เมตร ในแนวตั้งฉากจะได้ยินเสียงค่อยที่สุดกี่แนว

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

λ = 0.4 m , d = 1 m , θ = 90°

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาแนวบัพทั้งหมด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$d\sin\theta = n\lambda$

$(1\ m)\sin 90° = n(0.4\ m)$

$n = 2.5$

บัพสุดท้ายเป็นบัพที่ 2 แสดงว่ามีเสียงค่อยทั้งหมด

แนวบัพ = 2 x 2 = 4 แนว

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ได้ยินเสียงค่อยทั้งหมด 4 แนว

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. คลื่นเสียงหนึ่งผ่านเข้าทางช่องหน้าต่างกว้าง 0.8 เมตร ในแนวตั้งฉาก ผู้ฟังที่อยู่ข้างหน้าต่างจะได้ยินเสียงชัดเจน ถ้าขณะนั้นอุณหภูมิของอากาศ 25 ° จงหาความถี่ของเสียงนี้

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

d = λ = 0.8 m , t = 25°C

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไ ร**(1 คะแนน)**

หาความถี่ของเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = 331 + 0.6t$

$v = 331 + 0.6(25°C)$

$v = 346$ m/s

$v = f\lambda$

346 m/s $= f(0.8$ m$)$

$f = 432.5$ Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เสียงมีความถี่ 432.5 เฮิรตซ์

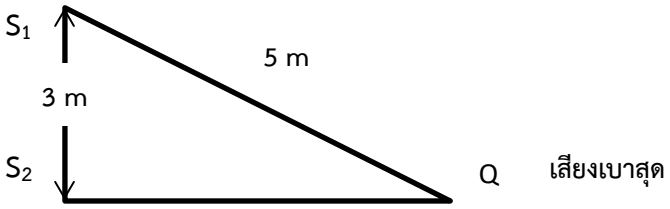
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 20

พฤติกรรมของเสียง 2 (การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของคลื่น)

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

1. S_1 และ S_2 เป็นลำโพงสองตัว วางห่างกัน 3 เมตร ในที่โล่ง Q เป็นผู้ฟังอยู่ห่างจาก S_1 5 เมตร และห่างจาก S_2 4 เมตร เสียงความถี่ต่ำสุดที่หักล้างกันทำให้ Q ได้ยินเสียงเบาที่สุดจะเป็นเท่าใด ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 340 เมตรต่อวินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

S_1P = 5 m , S_2P = 4 m , v = 340 m/s , d = 3 m , ความถี่ต่ำสุด n = 1

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่เสียงต่ำสุดที่หักล้างกันทำให้ Q ได้ยินเสียงเบาที่สุดจะเป็นเท่าใด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$[S_1P - S_2P] = (n - \frac{1}{2})$

$[5 - 4] = (1 - \frac{1}{2})$

$= 2$ m

$v = f\lambda$

$340 \text{ m/s} = f(2 \text{ m})$

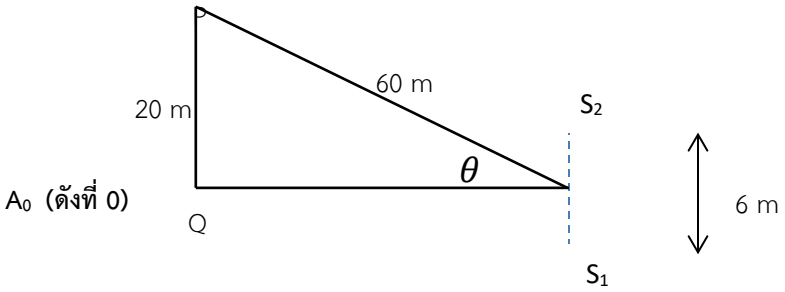
$f = 170$ Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่เสียงต่ำสุดที่ทำให้ Q ได้ยินเสียงเบาที่สุด คือ 170 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. S_1 และ S_2 เป็นลำโพงอาพันธ์สองตัว ซึ่งอยู่ห่างกัน 6 เมตร ให้เสียงมีเฟสตรงกัน ความถี่เท่ากัน 510 เฮิรตซ์ ปรากฏว่าผู้ที่ยืนอยู่ที่จุด P ได้ยินเสียงดังชัดเจน o เป็นจุดกึ่งกลางระหว่าง S_1 กับ S_2 โดย PQ = 20 เมตร และ PO = 60 เมตร ณ จุด P เดินตรงมายัง Q จะพบว่าเสียงจางหายไปกี่ครั้ง (อัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 340 เมตรต่อวินาที)



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

d = 6 m , $\sin\theta = \frac{20}{60}$, f = 510 Hz , v = 340 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

จากจุด P เดินตรงมายัง Q จะพบว่าเสียงจางหายไปกี่ครั้ง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หา λ จาก $v = f\lambda$

340 m/s = (510 Hz)λ

$\lambda = \frac{2}{3}$ m

$d\sin\theta = n\lambda$

$(6\text{ m})(\frac{20}{60}) = n(\frac{2}{3}\text{ m})$

n = 3

จุด P อยู่บนแนวปฏิบัพที่ 3 หรือดังที่ 3

ดังนั้นเมื่อเดินจากดังที่ 3 มาดังที่ 0 เสียงจะหายไป 3 ครั้ง

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เมื่อเดินจาก P มาที่ Q เสียงจะหายไป 3 ครั้ง

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. ถ้าอัตราเร็วของเสียงในอากาศขณะหนึ่งเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที เสียงแตรรถยนต์มีความถี่ 68 เฮิรตซ์ ก่อนที่รถยนต์จะออกจากซอยคนขับบีบแตรรถยนต์เพื่อส่งสัญญาณทำให้คนซึ่งยืนอยู่บนทางเท้า ณ มุมตึกปากซอยได้ยินเสียงสัญญาณแตรได้ชัดเจนจงประมาณขนาดความกว้างของซอย

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

v = 340 m/s , f = 68 Hz

คนที่อยู่ปากซอยได้ยินเสียงได้ยินเสียงสัญญาณชัดเจนแสดงว่าเสียงเลี้ยวเบนได้ดีที่สุด ความกว้างของปากซอยประมาณเท่ากับความยาวคลื่นเสียง

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาขนาดความกว้างของปากซอย (λ)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = f\lambda$

$340\ m/s = (68\ Hz)\lambda$

$= 5\ m$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ปากซอยมีความกว้าง 5 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 21

ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง..... ...

1. หวูดรถไฟมีกำลังเสียง 20 วัตต์ จงหาความเข้มของเสียงที่จุดห่างจากหวูด 150 เมตร ในหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$P = 20\ W\ , r = 150\ m$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความเข้มของเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(1 คะแนน)**

$$I = \frac{P}{A}$$

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$I = \frac{20\ W}{4(3.14)(150\ m)^2}$$

$$I = 7.07 \times 10^{-5}\ W/m^2$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความเข้มของเสียงเท่ากับ 7.07×10^{-5} วัตต์ต่อตารางเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. ชายคนหนึ่งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงอันหนึ่ง ได้ยินเสียงมีความเข้ม 10^{-8} วัตต์ต่อตารางเมตร เขาเดินทางห่างออกมาอีก จนได้ยินเสียงเข้ม 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร จึงหยุด อยากทราบว่าเขาจะอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็นกี่เท่าของระยะเดิม

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$I_1 = 10^{-8}\ \mathrm{W/m^2},\ I_2 = 10^{-12}\ \mathrm{W/m^2}$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

เขาจะอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็นกี่เท่าของระยะเดิม

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$\frac{10^{-8}}{10^{-12}} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$10^4 = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$\frac{r_2}{r_1} = 10^2 = 100$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เขาจะอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็น 100 เท่า ของระยะเดิม

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. เสียงที่มีความเข้มเสียง 4.0×10^{-7} วัตต์ต่อตารางเมตรจะมีระดับเสียงเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$I = 4.0 \times 10^{-7}\ W/m^2,\ I_0 = 10^{-12}\ W/m^2$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระดับเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\beta = 10log\left(\frac{I}{I_0}\right)$

$\beta = 10log\left(\frac{4.0 \times 10^{-7} w/m^2}{1.0 \times 10^{-12} w/m^2}\right)$

$\beta = 10\log(4.9 \times 10^5)$

$\beta = 10\log 4.9 + 10\log 10^5$

$\beta = 10(0.69) + 10(5)$

$\beta = 56.9\ dB$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ระดับเสียงเท่ากับ 56.9 เดซิเบล

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 21

ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. แหล่งกำเนิดเสียงส่งพลังงานด้วยอัตรา $\pi x 10^{-8}$ วัตต์ ผู้ฟังซึ่งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิด 10 เมตร จะได้ยินเสียงมีความเข้มเสียงเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$P = \pi \times 10^{-8}$ W , $r = 10$ m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความเข้มเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$I = \frac{P}{A}$ $I = \frac{\pi \times 10^{-8}\text{W}}{4\pi(10\ m)^2}$

$I = \frac{P}{4\pi r^2}$ $I = 2.5 \times 10^{-11}\ \text{W/m}^2$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความเข้มเสียงเท่ากับ 2.5×10^{-11} วัตต์ต่อตารางเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. เครื่องเสียงเครื่องหนึ่ง ในเวลา 5 วินาที ส่งพลังงานออกไป 750π จูล ที่ระยะห่าง จากเครื่อง 50 เมตร มีความเข้มเสียงเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$W = 750\pi$ Ws , $r = 50$ m , $t = 5$ s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความเข้มเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$I = \frac{P}{A}$$

$$I = \frac{W}{4\pi r^2 t}$$

$$I = \frac{750\pi \text{ Ws}}{4\pi(50)^2(5\text{ s})}$$

$$I = 0.015 \text{ W/m}^2$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความเข้มเสียงเท่ากับ 0.015 วัตต์ต่อตารางเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. แมลงตัวหนึ่งบินหนีในแนวเส้นตรงด้วยความเร็ว 0.1 เมตรต่อวินาที จากคนๆ หนึ่งซึ่งยืนนิ่งในที่โล่ง อยากทราบว่าคนนั้นจะได้ยินเสียงการบินของแมลงนั้นอยู่ได้นานกี่วินาที ถ้ากำหนดอัตราที่พลังงานเสียงที่แมลงนั้นส่งออกมาขณะบินมีค่าเท่ากับ $4\pi \ x \ 10^{-12}$ วัตต์ กำหนดให้เสียงที่เบาที่สุดที่มนุษย์ได้ยินได้มีความเข้ม 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$P = 4\pi \times 10^{-12}$ W , $I = 10^{-12}$ W/m^2 , $v = 0.1$ m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

คนจะได้ยินเสียงการบินของแมลงนั้นนานกี่วินาที

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$I = \frac{P}{A}$

$I = \frac{P}{4\pi r^2}$

$10^{-12} = \frac{4\pi \times 10^{-12}}{4\pi r^2}$

$r = 1$

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

$0.1 \text{ m/s} = \frac{1 \text{ m}}{t}$

$t = 10$ s

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คนจะได้ยินเสียงการบินของแมลงนาน 10 วินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. ณ ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 10 เมตร มีความเข้มเสียง 2×10^{-8} วัตต์ต่อตารางเมตร ถ้าอีกตำแหน่งหนึ่งห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเดียวกัน 5 เมตร จะมีความเข้มเสียงเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$I_1 = 2 \times 10^{-8}\ W/m^2$, $r_1 = 10\ m$, $r_2 = 5\ m$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความเข้มเสียงที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 5 เมตร

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$\frac{2 \times 10^{-8}}{I_2} = \left(\frac{5\ m}{10\ m}\right)^2$$

$$I_2 = 8 \times 10^{-8}\ W/m^2$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความเข้มเสียงที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 5 เมตร เท่ากับ 8×10^{-8} วัตต์ต่อตารางเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. แมลงตัวหนึ่งบินหนีในแนวเส้นตรงด้วยความเร็ว 0.5 เมตรต่อวินาที จากคน ๆ หนึ่งซึ่งยืนในที่โล่ง อยากทราบว่าคนนั้น จะได้ยินเสียงการบินของแมลงนั้นได้นานเท่าไร ถ้ากำหนดให้ว่าอัตราที่พลังงานเสียงซึ่งแมลงนั้นส่งมาในขณะที่บินมีค่า $4\pi\ x\ 10^{-10}$ วัตต์ ทั้งนี้กำหนดให้ว่าเสียงเบาที่สุดที่มนุษย์อาจได้ยินมีความเข้มเป็น 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$P = 4\pi \times 10^{-10}$ W , $I = 10^{-12}$ W/m^2 , $v = 0.5$ m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

คนจะได้ยินเสียงการบินของแมลงนั้นได้นานเท่าไร

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$I = \frac{P}{4\pi r^2}$

$10^{-12} = \frac{4\pi \times 10^{-10}}{4\pi r^2}$

$r = 10$ m

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

$0.5 \text{ m/s} = \frac{10 \text{ m}}{t}$

$t = 20$ s

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คนจะได้ยินเสียงการบินของแมลงนั้นได้นาน 20 วินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

6. ณ ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงอันหนึ่งวัดค่าความเข้มเสียงได้ 10^{-10} วัตต์ต่อตารางเมตร ณ ตำแหน่งนี้จะมีค่าระดับความเข้มเสียงเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$I = 10^{-10}\ W/m^2,\ I_0 = 10^{-12}\ W/m^2$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระดับเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\beta = 10log\left(\frac{I}{I_0}\right)$

$\beta = 10log\left(\frac{10^{-10}w/m^2}{10^{-12}w/m^2}\right)$

$\beta = 10\log 10^2$

$\beta = 20\log 10$

$\beta = 20\ dB$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ตำแหน่งนั้นเสียงมีระดับความเข้มเสียง 20 เดซิเบล

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

7. แหล่งกำเนิดเสียงหนึ่งส่งเสียงออกไปทุกทิศทางอย่างสม่ำเสมอ ณ ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 10 เมตร วัดระดับความเข้มเสียงได้ 60 เดซิเบล จงหาระดับความเข้มเสียง ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่าง จากแหล่งกำเนิดเสียง 100 เมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$r_1 = 10$ m , $r_2 = 100$ m , $\beta_1 = 60$ dB

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระดับความเข้มเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\beta_2 - \beta_1 = 10\log\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$

$\beta_2 - \beta_1 = 10\log\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$

$\beta_2 - 60 = 10\log\left(\frac{10}{100}\right)^2$

$\beta_2 - 60 = 10\log 10^{-2}$

$\beta_2 - 60 = -20$

$\beta_2 = 40$ dB

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ระดับความเข้มเสียงเท่ากับ 40 เดซิเบล

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 21

ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

1. แหล่งกำเนิดเสียงที่ให้กำลังสียง $\pi\, x\, 10^{-10}$ วัตต์ ผู้ฟังอยู่ไกลจากแหล่งกำเนิดเสียงมากที่สุดเท่าใดจึงพอจะได้ยินเสียง เมื่อความเข้มเสียงต่ำสุดที่ได้ยินเท่ากับ 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$P = \pi \times 10^{-10}$, $I_0 = 10^{-12}\ W/m^2$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ผู้ฟังอยู่ไกลจากแหล่งกำเนิดเสียงมากที่สุดเท่าใดจึงพอจะได้ยินเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$I = \frac{P}{A}$$

$$I = \frac{W}{4\pi r^2 t}$$

$$10^{-12} = \frac{\pi \times 10^{-10}}{4\pi r^2}$$

$$r = 5 \text{ m}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ผู้ฟังอยู่ไกลจากแหล่งกำเนิดเสียงมากที่สุด 5 เมตร จึงพอจะได้ยินเสียง

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. ผึ้งตัวหนึ่งกระพือปีกทำให้เกิดเสียงมีกำลัง $4\pi \times 10^{-11}$ วัตต์ ถ้าผึ้งตัวนี้เกาะอยู่ที่พื้นแล้วกระพือปีกและถือว่าพื้นสะท้อนเสียงได้ 100 % คนที่ยืนอยู่ห่างจากผึ้งอย่างน้อยเท่าใดจึงจะไม่ได้ยินเสียง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$P = 4\pi \times 10^{-11}$ W , $I = 10^{-12}$ W/m^2 , $A = 2\pi r^2$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะที่น้อยที่สุดเมื่อคนอยู่ห่างแหล่งกำเนิดเสียงแล้วเริ่มไม่ได้ยินเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$10^{-12} = \frac{4\pi \times 10^{-11}}{2\pi r^2}$$

$$r = 4.47 \text{ m}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คนอยู่ห่างน้อยที่สุด 4.47 เมตร จึงเริ่มไม่ได้ยินเสียง

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. นาย ก อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงอันหนึ่งได้ยินเสียงมีความเข้ม 10^{-6} วัตต์ต่อตารางเมตร เมื่อเขาเดินออกไปอีกจนได้ยินเสียงค่อยที่สุดจึงหยุด อยากทราบว่าตอนหลังเขาอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็นกี่เท่าของระยะเดิม

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$I_1 = 10^{-6}\ W/m^2$, $I_2 = 10^{-12}\ W/m^2$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

เขาอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็นกี่เท่าของระยะเดิม

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$\frac{10^{-6}}{10^{-12}} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$10^6 = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$\frac{r_2}{r_1} = 10^3$$

$$r_2 = 1000r_1$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เขาอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็น 1000 เท่าของระยะเดิม

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. ณ ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงแหล่งหนึ่งมีระดับความเข้มเสียง 60 เดซิเบล ณ จุดนั้นจะมีค่าความเข้มเสียงเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\beta = 60\ \text{dB}\ ,\ I_0 = 10^{-12}\ \text{W/m}^2$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความเข้มเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\beta = 10log\left(\frac{I}{I_0}\right)$

$60 = 10log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right)$

$6 = 1log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right)$

$10^6 = \left(\frac{I}{10^{-12}}\right)$

$I = 10^{-6}\ \text{W/m}^2$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ตำแหน่งนั้นมีความเข้มเสียง 10^{-6} วัตต์ต่อตารางเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 22

บีตและคลื่นนิ่ง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง..... ...

1. นักเรียนคนหนึ่งเล่นไวโอลินความถี่ 507 เฮิรตซ์ และนักดนตรีอีกคนหนึ่งเล่นกีตาร์ความถี่ 512 เฮิรตซ์ ถ้าทั้งสองคนเล่นพร้อมกัน จะเกิดปรากฏการณ์บีตที่ความถี่กี่เฮิรตซ์

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f_1 = 507$ Hz , $f_2 = 512$ Hz

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่บีต

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$f_B = |f_1 - f_2|$

$f_B = |507 - 512|$

$f_2 = 5$ Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่บีตเท่ากับ 5 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. คลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่ง เมื่อมาซ้อนทับกันแล้วเกิดบีต 5 ครั้งต่อวินาที คลื่นเสียงที่ทุ้มกว่ามีความถี่ 438 เฮิรตซ์ คลื่นเสียงคลื่นหนึ่งจะมีความถี่กี่เฮิรตซ์

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_1 = 438 Hz , f_B = 5 ครั้งต่อวินาที

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่เสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$f_B = |f_1 - f_2|$

$5 = |438 - f_2|$

$f_2 = 443$ Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่เสียงเท่ากับ 443 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. ลำโพงเสียงอันหนึ่งหันหน้าเข้าหากำแพงห่างจากกำแพงระยะหนึ่งให้สัญญาณเสียงซึ่งมีความถี่ 340 เฮิรตซ์ ชายคนหนึ่งอยู่ระหว่างกำแพงกับลำโพงเมื่อออกเดินเข้าหากำแพงอย่างช้า ๆ พบว่าจะได้ยินเสียงดังค่อยสลับกันไปจงหาระยะห่างของเสียงดังที่อยู่ใกล้กันที่สุด เมื่ออัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 340 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f = 340 Hz , v = 340 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างของเสียงดังที่อยู่ใกล้กันที่สุด ($\frac{\lambda}{2}$)

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = f\lambda$

340 m/s = (340 m)

λ = 1 m

$\frac{\lambda}{2}$ = 0.5 m

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เสียงดังที่อยู่ใกล้ที่สุดห่างกัน 0.5 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 22

บีตและคลื่นนิ่ง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. ถ้าต้องการให้เกิดเสียงดังเป็นจังหวะห่างกันทุก 0.25 วินาที จะต้องเคาะส้อมเสียงความถี่ 450 เฮิรตซ์ พร้อมกับส้อมเสียงที่มีความถี่กี่เฮิรตซ์

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_1 = 438 Hz , f_B = 4 ครั้งต่อวินาที

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่เสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$f_B = |f_1 - f_2|$

$5 = |438 - f_2|$

f_2 = 443 Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่เสียงเท่ากับ 443 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. คลื่น 2 ขบวน A และ B มีแอมพลิจูดเท่ากัน คลื่นละ 2 เซนติเมตร มีความถี่ 200 และ 204 เฮิรตซ์ ตามลำดับ ถ้าคลื่นทั้งสองเข้ารวมกันเป็นคลื่น C ความถี่ของคลื่น C และความถี่บีตของคลื่น C มีค่าเท่าใด ในหน่วยของเฮิรตซ์

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

A_A , A_B = 2 cm , f_A = 200 Hz , f_B = 204 Hz

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ของคลื่น C และความถี่บีตของคลื่น C

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$f_C = \frac{f_A + f_B}{2}$

$= \frac{200 + 204}{2}$

$= 202$ Hz

$f_{บีต} = |f_A - f_B|$

$= |200 - 204|$

$= 4$ Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่ของคลื่น C เท่ากับ 202 Hz และความถี่บีตของคลื่น C เท่ากับ 4 Hz

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. เมื่อเคาะส้อมเสียง 2 อันพร้อมกัน เกิดเสียงบีต มีความถี่ 6 เฮิรตซ์ โดยส้อมเสียงอันหนึ่ง รู้ค่าว่ามีความถี่ 470 เฮิรตซ์ เมื่อนำเทปกาวแผ่นเล็ก ๆ มาติดที่ส้อมเสียงอันนี้ แล้วเคาะพร้อมกันใหม่ปรากฏว่าความถี่บีตลดลงเหลือ 3 เฮิรตซ์ จงหาความถี่ของส้อมเสียงอีกอันหนึ่งว่า เป็นกี่เฮิตรซ์

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f_{บีต}$ = 6 Hz , f_1 = 470 Hz

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ของส้อมเสียงอันที่สอง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

f_1 = 470 Hz

↓ เกิดบีต *6 Hz*

f_2

464 Hz ← → 476 Hz

↓ (ถ้า f_1 ลดลง ผล $f_{บีต}$ ลดด้วย)

↓ (ถ้า f_1 ลดลง ผล $f_{บีต}$ จะเพิ่มขึ้น)

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่ของส้อมเสียงอันที่สองมีค่า 464 Hz

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. ในการปรับเทียบเสียงของเปียโนระดับเสียง C โดยเทียบกับส้อมเสียงความถี่ 256.0 Hz ถ้าได้ยินเสียงบีตความถี่ 3.0 ครั้ง/วินาที ความถี่ที่เป็นไปได้ของเปียโนมีค่าเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f_{บีต}$ = 3 Hz , f_1 = 256 Hz

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ของเปียโน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$f_{บีต} = |f_1 - f_2|$

$3 = |256 - f_2|$

$f_2 = 256 \pm 3$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่ของเปียโน เท่ากับ 253 หรือ 259 Hz

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. ในการทดลองส่งคลื่นเสียงความถี่ 3000 เฮิรตซ์ ให้ไปตกกระทบกำแพงในแนวตั้งฉาก ปรากฏว่าจุดที่มีเสียงเบาที่สุด 2 จุดที่ติดกันห่างกัน 6 เซนติเมตร จงหาอัตราเร็วของเสียงเป็นกี่เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f = 3000 Hz , จุด 2 จุดที่มีเสียงเบาที่สุดติดกันห่างกัน $\frac{\lambda}{2}$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็วของเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

จาก $\frac{\lambda}{2} = 6\ cm$

$\lambda = 12\text{cm}$

จาก $v = f\lambda$

$v = (3000Hz)(0.12m)$

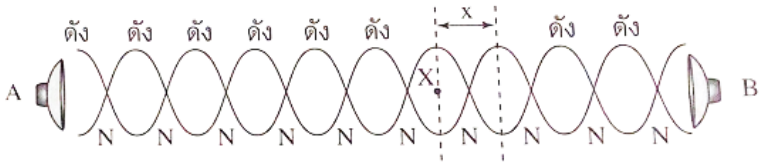
$v = 360\ m/s$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

อัตราเร็วของเสียงเท่ากับ 360 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

6. ลำโพง A และ B เป็นแหล่งกำเนิดเสียงอาพันธ์เฟสตรงกัน วางห่างกัน 50 เซนติเมตร เมื่อเปล่งเสียงแล้วจะเกิดคลื่นนิ่ง เมื่อเดินจาก A ไป B จะได้ยินเสียงหายไป 10 ครั้ง ถ้าจุด X เป็นจุดที่ได้ยินเสียงดังจะต้องเดินจาก X ไปทาง B อย่างน้อยกี่เซนติเมตรจึงจะได้ยินเสียงดังอีกครั้ง



ที่มา : มานัส มงคลสุข (2555 , หน้า 161)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

N = 3 ครั้ง , d = 50 cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

จะต้องเดินไปอีกอย่างน้อยอีกกี่เซนติเมตร จึงจะได้ยินเสียงดังอีกครั้ง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

$10 = \frac{2(50)}{\lambda}$ | $x = \frac{10}{2}$

$\lambda = 10\ cm$ | $x = 5\ cm$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

จะต้องเดินไปอีกอย่างน้อย 5 เซนติเมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 22

บีตและคลื่นนิ่ง

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

1. คลื่นเสียง 2 คลื่นมีความถี่ 248 เอิรตซ์ และ 252 เฮิรตซ์ เคลื่อนที่มาพบกันทำให้เกิดการรวมกันของคลื่นทั้งสอง จงหา

   ก. ความถี่ของเสียงที่ได้ยิน

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f_1 = 248$ Hz , $f_2 = 252$ Hz

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ของเสียงที่ได้ยิน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$f = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

$$= \frac{248 + 252}{2}$$

$$= 250 \text{ Hz}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่ของเสียงที่ได้ยินเท่ากับ 250 Hz

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ข. ความถี่บีต

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_1 = 248 Hz , f_2 = 252 Hz

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่บีต

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$f_{บีต} = |f_1 - f_2|$

$= |248 - 252|$

= 4 ครั้งต่อวินาที

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

หาความถี่บีตเท่ากับ 4 ครั้งต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. คลื่นเสียงสองคลื่นเคลื่อนที่มาพบกันวัดความถี่ของเสียงได้ 466 เฮิรตซ์ และให้เสียงบีต 4 ครั้งต่อวินาที จงหาความถี่ของคลื่นแต่ละคลื่น

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f = 466 Hz , f_B = 4 ครั้งต่อวินาที

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ของคลื่นแต่ละคลื่น

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$f = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

$$466 = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

$$932 = f_1 - f_2 \quad (1)$$

$$f_B = f_1 - f_2$$

$$4 = f_1 - f_2 \quad (2)$$

(1) + (2) , $936 = 2f_1$

$\therefore f_1 = 468$ Hz

แทนค่า f_1 ใน (1) , $f_2 = 932 - 468$

$\therefore f_2 = 464$ Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่ของคลื่นเสียงแต่ละคลื่นมีค่า 464 เฮิรตซ์ และ 468 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. หลอดเทียบเสียง A , B และ C ให้เสียงที่มีความถี่ต่างกันโดย B ให้เสียงที่มีความถี่สูงที่สุด และ A ให้เสียงที่มีความถี่ 440 เฮิรตซ์ เมื่อหลอด A และ B ให้เสียงพร้อมกันจะเกิดบีต 11 ครั้งใน 2 วินาที และเมื่อหลอด B และ C ให้เสียงพร้อมกัน จะเกิดบีต 7 ครั้งใน 2 วินาที หลอด C ให้เสียงที่มีความถี่กี่เฮิรตซ์

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_A = 440 Hz , f_B - f_A = $\frac{11}{2}$ Hz , f_B - f_C = $\frac{7}{2}$ Hz , $f_B > f_A$, $f_B > f_C$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ของหลอด C

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$f_B = f_1 - f_2$

$\frac{11}{2} = f_B - f_A$

$\frac{11}{2} = f_B - 440$

$f_B = 445.5$ Hz

$\frac{7}{2} = f_B - f_C$

$\frac{7}{2} = 445.5 - f_C$

$f_C = 442$ Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

หลอด C มีความถี่ 442 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. ลำโพง A และ B เป็นแหล่งกำเนิดเสียงอาพันธ์เฟสตรงกัน วางห่างกัน 80 เซนติเมตร โดยที่ลำโพงทั้งสองเปล่งเสียงความถี่ 865 เฮิรตซ์ ขณะนั้นอุณหภูมิในอากาศเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ถ้าเดินจาก A ไป B จะได้ยินเสียงหายไปกี่ครั้ง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

t = 25°C , d = 80 cm , $f = 865\ Hz$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ถ้าเดินจาก A ไป B จะได้ยินเสียงหายไปกี่ครั้ง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = 331 + 0.6t$

$v = 331 + 0.6(25)$

$v = 346\ m/s$

$v = f\lambda$

$346 = (865)\lambda$

$\lambda = 0.4\ m$

หาจำนวนบัพที่เกิดระหว่าง A และ B

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

$N = \frac{2(80)}{40}$

$N = 4$ บัพ

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เมื่อเดินทาง A ไป B เสียงจะหายไป 4 ครั้ง

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 23

การสั่นพ้องของเสียง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.... ....

1. หลอดปลายปิดและปลายเปิดยาว 1 เมตร ปล่อยคลื่นเสียงอัตราเร็ว 340 เมตรต่อวินาที จงหาความถี่ 3 ลำดับแรกที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในท่อทั้งสอง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

L = 1 m , v = 340 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ 3 ลำดับแรกที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หลอดปลายปิด	หลอดปลายเปิด
$f = \frac{(2n-1)v}{4L}$	$f = \frac{nv}{2L}$
$f = \frac{(2(1)-1)(340)}{4(1)}$	$f = \frac{(n)(340)}{2(1)}$
$f = 85\ \text{Hz}$	$f = 170\ \text{Hz}$
$f = 85 \times 3 = 255\ \text{Hz}$	$f = 170 \times 3 = 340\ \text{Hz}$
$f = 85 \times 5 = 425\ \text{Hz}$	$f = 170 \times 5 = 510\ \text{Hz}$

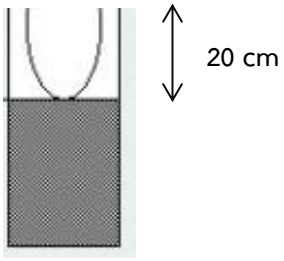
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่บีต 3ลำดับแรกของหลอดปลายปิด เท่ากับ 85 , 255 , 425 เฮิรตซ์

ความถี่บีต 3ลำดับแรกของหลอดปลายเปิด เท่ากับ 170 , 340 , 510 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. เติมน้ำลงไปในกระบอกตวงอันหนึ่งให้ผิวน้ำอยู่ต่ำกว่าปากหลอด 20 เซนติเมตร และขณะนั้น อากาศมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความถี่ที่ต่ำที่สุดที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในกระบอกตวงมีค่ากี่เฮิรตซ์



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

L = 0.2 m , n = 1 , t = 25°C

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ต่ำสุดที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในกระบอกตวง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = 331 + 0.6t$

$v = 331 + 0.6(25)$

$v = 340$ m/s

$$f = \frac{(2n-1)v}{4L}$$

$$f = \frac{(1)(340)}{4(0.2)}$$

$$f = \frac{340}{0.8}$$

$f = 425$ Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่ต่ำสุดที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในกระบอกตวงเท่ากับ 425 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. ท่อปลายเปิดอันหนึ่งมีความถี่มูลฐาน 100 Hz พบว่าโอเวอร์โทนที่ 1 ของท่อนี้มีความถี่เท่ากับโอเวอร์โทนที่ 2 ของท่อปลายปิดอันหนึ่ง จงหาความยาวของท่อปลายปิด (กำหนดให้อัตราเร็วเสียงในอากาศขณะนั้นเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

v = 340 m/s , ท่อปลายเปิด f_1 = 100 Hz , f_2 = 200 Hz

ท่อปลายปิด โอเวอร์โทนที่ 2 (f_3 = 200 Hz) , n = 3

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวของท่อปลายปิด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

หลอดปลายปิด

$$f = \frac{(2n-1)v}{4L}$$

$$200 = \frac{(2(3)-1)(340)}{4L}$$

$$L = \frac{17}{16} \text{ m}$$

หลอดปลายเปิด

$$f = \frac{nv}{2L}$$

$$f = \frac{(n)(340)}{2(1)}$$

$$f = 170 \text{ Hz}$$

$$f = 170 \text{ x } 3 = 340 \text{ Hz}$$

$$f = 170 \text{ x } 5 = 510 \text{ Hz}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความยาวของท่อปลายปิดเท่ากับ $\frac{17}{16}$ เมตร

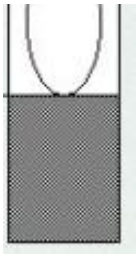
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 23

การสั่นพ้องของเสียง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. กระบอกตวงใบหนึ่ง เมื่อเติมน้ำโดยผิวน้ำต่ำจากปากกระบอกตวง 50 เซนติเมตร และขณะนั้นอากาศมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะต้องให้คลื่นเสียงที่มีความถี่ต่ำที่สุดเท่าไร เข้าไปในกระบอกตวง นี้แล้วเกิดการสั่นพ้องของเสียงได้



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

L = 0.5 m , t = 25°C

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ต่ำสุดที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในกระบอกตวง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{\lambda}{4}$ = 0.5

λ = 0.5 x 4

= 2 m

$v = 331 + 0.6t$

$v = 331 + 0.6(25)$

$v = 346$ m/s

$v = f\lambda$

$346\ m/s = f(2\text{m})$

f = 173 Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่ต่ำสุดที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในกระบอกตวงเท่ากับ 173 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. จากการทดลองการสั่นพ้องของเสียง ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงมีความถี่ 1000 เฮิรตซ์และทำการทดลองในขณะมีอุณหภูมิ 15 °C อยากทราบว่าตำแหน่งของลูกสูบ ที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียง 2 ครั้งต่อเนื่องกัน จะห่างกันเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f = 1000 Hz , t = 15°C

เมื่อเกิดการสั่นพ้องของเสียง 2 ครั้งต่อเนื่องกัน ตำแหน่งของลูกสูบจะอยู่ห่างกัน $\frac{\lambda}{2}$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

ตำแหน่งของลูกสูบที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียง 2 ครั้งต่อเนื่องกันจะห่างกันกี่เมตร

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$v = 331 + 0.6t$

$v = 331 + 0.6(15)$

$v = 340\ \text{m/s}$

$v = f\lambda$

$340\ \text{m/s} = 1000\lambda$

$\lambda = 0.34\ \text{m}$

$\frac{\lambda}{2} = \frac{0.34\ \text{m}}{2}$

$\frac{\lambda}{2} = 0.17\ \text{m}$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ตำแหน่งของลูกสูบที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียง 2 ครั้งต่อเนื่องกันจะห่างกัน 0.17 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. ส้อมเสียงอันหนึ่งทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในหลอดเรโซแนนซ์สองครั้งติดต่อกันโดยระยะลูกสูบห่างกัน 25 เซนติเมตร จงหาความยาวของหลอดเรโซแนนซ์ที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงได้ 5 ครั้ง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

n = 5 , เมื่อเกิดการสั่นพ้องของเสียง 2 ครั้งต่อเนื่องกัน ตำแหน่งของลูกสูบจะอยู่ห่างกัน $\frac{\lambda}{2}$ เท่ากับ 25 cm

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวของหลอดเรโซแนนซ์

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{\lambda}{2}$ = 0.25 m

λ = 0.5 m

$L_n = \frac{(2n-1)\lambda}{4}$

$L_n = \frac{(2(5)-1)0.5}{4}$

$L_n = 1.125\ m$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

หลอดเรโซแนนซ์มีความยาวเท่ากับ 1.125 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. คลื่นเสียงขบวนหนึ่งทำให้เกิดการสั่นพ้องลำดับที่ 1 ในกล่องไม้กลวงที่เปิดทุกด้านมีความยาว 0.5 เมตร ความถี่ธรรมชาติของกล่องไม้นี้เท่ากับกี่เฮิรตซ์ (กำหนดให้อัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 330 เมตรต่อวินาที)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

L = 0.5 m , n = 1 , v = 330 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ธรรมชาติของกล่องไม้

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$f = \frac{nv}{2L}$$

$$f = \frac{(1)(330\ m/s)}{2(0.5\ m)}$$

$$f = \frac{330}{1}$$

$$f = 330\ Hz$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

กล่องไม้มีความถี่ธรรมชาติ 330 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

5. หลอดปลายเปิดยาว 2 เมตร ปล่อยคลื่นเสียงอัตราเร็ว 340 เมตรต่อวินาที จงหาความถี่ 3 ลำดับแรกที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในท่อนี้

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

L = 2 m , v = 340 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ 3 ลำดับแรกที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$f = \frac{nv}{2L}$$

$$f = \frac{(1)(340)}{2(2)}$$

$$f = 85 \text{ Hz}$$

$$f = 85 \text{ x } 3 = 255 \text{ Hz}$$

$$f = 85 \text{ x } 5 = 425 \text{ Hz}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่บีต 3ลำดับแรก เท่ากับ 85 , 255 , 425 เฮิรตซ์

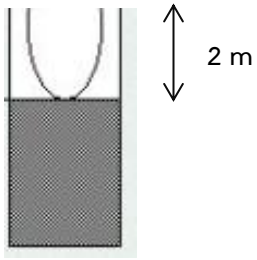
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 23

การสั่นพ้องของเสียง

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

1. ท่อทรงกระบอกปลายปิดข้างหนึ่งยาว 2 เมตร ความถี่ต่ำที่สุดของคลื่นเสียงที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องในท่อนี้จะเท่ากับกี่เฮิรตซ์ กำหนดความเร็วของเสียงในอากาศเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\frac{\lambda}{2}$ = 2 m , $v = 340\ m/s$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ต่ำที่สุดของคลื่นเสียงที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องในท่อนี้

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

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

λ = 8 m

$v = f\lambda$

$340\ \text{m/s} = f(8\text{m})$

f = 42.5 Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่ต่ำสุดของคลื่นเสียงที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องในท่อเท่ากับ 42.5 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. เมื่อกดคีย์ของเปียโนคีย์หนึ่งได้ยินเสียงความถี่ 256 เฮิรตซ์ อยากทราบว่าฮาร์มอนิกที่ 4 ของเสียงที่ได้ยินนั้นมีความถี่เท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_0 = 256 Hz , n = 4

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ของฮาร์มอนิกที่ 4

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$f_n = nf_0$

$f_n = 4(256\ \text{Hz})$

$f_n = 1{,}024\ \text{Hz}$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่ของฮาร์มอนิกที่ 4 เท่ากับ 1,024 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. ในการทดลองการสั่นพ้องของเสียงกับหลอดเรโซแนนซ์ ซึ่งยาว 1 เมตร พบว่าตำแหน่งลูกสูบที่ทำให้เกิดเสียงดังมากกว่าปกติ 2 ครั้ง ติดกันห่างกัน 30 เซนติเมตร อยากทราบว่า สามารถทำให้เกิดเสียงดังโดยการเลื่อนลูกสูบได้กี่ครั้ง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

L_n= 1 m , $\frac{\lambda}{2}$ = 0.3 m , λ = 0.6 m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาจำนวนครั้งในการเลื่อนลูกสูบที่ทำให้เกิดเสียงดัง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$L_n = \frac{(2n-1)\lambda}{4}$

$1 = \frac{(2n-1)(0.6)}{4}$

$n = 3.83$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เกิดเสียงดังโดยการเลื่อนลูกสูบได้ 3 ครั้ง

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. ท่อทรงกระบอกปลายปิดข้างหนึ่งยาว 2.40 เมตร ถ้าเสียงมีอัตราเร็ว 343 เมตรต่อวินาที เสียงจากท่อนี้จะมีความถี่ต่ำสุดเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

L = 2.40 m , n = 1 , v = 343 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ต่ำสุด

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$f = \frac{nv}{4L}$$

$$f = \frac{(1)(343\ m/s)}{4(2.40\ m)}$$

$$f = \frac{343}{9.6}$$

$$f = 35.72\ \text{Hz}$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่ต่ำสุดเท่ากับ 35.72 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 24

ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.... ....

1. รถไฟวิ่งด้วยความเร็ว 30 เมตรต่อวินาที ในอากาศนิ่งความถี่หวูดรถไฟมีค่า 500 เฮิรตซ์ ถ้าเสียงมีอัตราเร็ว 330 เมตรต่อวินาที จงหาความถี่เสียงที่ผู้ฟังได้ยินซึ่งกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 15 เมตรต่อวินาที เมื่อ

ก. ผู้ฟังวิ่งเข้าหารถไฟ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_s= 500 Hz , v_s = 30 m/s , v = 330 m/s , v_o = 15 m/s

ผู้ฟังเคลื่อนที่เข้าหารถไฟ v_o เป็นบวก , แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่เข้าหาผู้ฟัง v_s เป็นลบ

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่เสียงที่ผู้ฟังได้ยิน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$f_o = \left(\frac{v \pm v_o}{v \pm v_s}\right) f_s$$

$$f_o = \left(\frac{330+15}{330-30}\right)(500)$$

$$f_o = 575\ Hz$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่เสียงที่ผู้ฟังได้ยินเท่ากับ 575 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ข. ผู้ฟังและรถไฟวิ่งออกจากกัน

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_S= 500 Hz , v_s = 30 m/s , v = 330 m/s , v_o = 15 m/s

ผู้ฟังเคลื่อนที่ออกจากรถไฟ v_o เป็นลบ , แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ออกจากผู้ฟัง v_s เป็นบวก

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่เสียงที่ผู้ฟังได้ยิน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$f_o = \left(\frac{v \pm v_o}{v \pm v_s}\right) f_s$$

$$f_o = \left(\frac{330-15}{330+30}\right)(500)$$

$$f_o = 437.5\ Hz$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่เสียงที่ผู้ฟังได้ยินเท่ากับ 437.5 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. รถไฟวิ่งด้วยความเร็ว 30 เมตรต่อวินาที ในอากาศนิ่งความถี่หวูดรถไฟมีค่า 500 เฮิรตซ์ ถ้าเสียงมีอัตราเร็ว 330 เมตรต่อวินาที จงหาความยาวคลื่นเสียงที่ผู้สังเกตได้ยิน เมื่อ

ก. อยู่หน้ารถไฟ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_s = 500 Hz , v_s = 30 m/s , v = 330 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่นเสียงที่ผู้สังเกตได้ยิน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\lambda = \left(\frac{v+v_s}{f_s}\right)$$

$$\lambda = \left(\frac{330+30}{500}\right)$$

$$\lambda = 0.72\ m$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ผู้สังเกตได้ยินคลื่นเสียงมีความยาวคลื่น 0.72 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ข. อยู่หลังรถไฟ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_s = 500 Hz , v_s = 30 m/s , v = 330 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่นเสียงที่ผู้สังเกตได้ยิน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\lambda = \left(\frac{v - v_s}{f_s}\right)$$

$$\lambda = \left(\frac{330 - 30}{500}\right)$$

$$\lambda = 0.6\ m$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ผู้สังเกตได้ยินคลื่นเสียงที่มีความยาวคลื่น 0.6 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. ชายคนหนึ่งยืนที่ชานชลาสังเกตเห็นหวูดรถไฟ มีความถี่ต่ำลง 6/7 ขณะที่รถไฟผ่านชานชลา จงหาอัตราเร็วรถไฟ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$f_o = \frac{6}{7} f_s$, v_o = 0 m/s , v = 330 m/s , แหล่งกำเนิดวิ่งออกผู้สังเกต v_s เป็นบวก

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็วของรถไฟ

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$f_o = \left(\frac{v \pm v_o}{v \pm v_s}\right) f_s$$

$$\frac{6}{7} f_s = \left(\frac{330+0}{330+v_s}\right) f_s$$

$$6(330 + v_s) = 7(330)$$

$$v_s = 55\ m/s$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

รถไฟมีอัตราเร็ว 55 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 24

ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. รถพยาบาลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 20 เมตรต่อวินาที แล้วเปิดไซเรนซึ่งมีความถี่ 1000 เฮิรตซ์ ออกมาตลอดเวลา ถ้าขณะนั้นอัตราเร็วของเสียงในอากาศเป็น 340 เมตรต่อวินาที จงหาความยาวคลื่นเสียงบริเวณ ก. ด้านหน้า

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_s= 1000 Hz , v_s = 20 m/s , v = 340 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่นเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$\lambda = \left(\frac{v-v_s}{f_s}\right)$$

$$\lambda = \left(\frac{340-20}{1000}\right)$$

$$\lambda = 0.32\ m$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นเสียงมีความยาวคลื่น 0.32 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ข. ด้านหลัง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_S= 1000 Hz , v_s = 20 m/s , v = 340 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่นเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\lambda = \left(\frac{v+v_s}{f_s}\right)$

$\lambda = \left(\frac{340+20}{1000}\right)$

$\lambda = 0.36\ m$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นเสียงมีความยาวคลื่น 0.36 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ค. ด้านข้าง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_S = 1000 Hz , v_s = 20 m/s , v = 340 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่นเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(1 คะแนน)**

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

$$\lambda = \frac{340}{1000}$$

$$\lambda = 0.34\ m$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นเสียงมีความยาวคลื่น 0.34 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. รถไฟขบวนหนึ่งกำลังเคลื่อนที่เข้าสู่ชานชลาสถานีรถไฟด้วยอัตราเร็ว 10 เมตรต่อวินาที พร้อมทั้งเปิดหวูดซึ่งมีความถี่ 100 เฮิรตซ์ รถยนต์คันหนึ่งกำลังวิ่งสวนทางกับรถไฟบนถนนขนานกับรางรถไฟด้วยอัตราเร็ว 30 เมตรต่อวินาที จงหาความถี่ปรากฏของเสียงหวูดต่อคนขับรถยนต์คันนั้น ถ้าความเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 330 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_s = 500 Hz , $v_s = v_{\text{รถไฟ}}$ = 10 m/s , v = 330 m/s $v_o = v_{\text{รถยนต์}}$ = 30 m/s

ผู้ฟังเคลื่อนที่เข้าหารถไฟ v_o เป็นบวก , แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่เข้าหาผู้ฟัง v_s เป็นลบ

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ที่ผู้ฟังบนรถยนต์จะได้ยิน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$f_o = \left(\frac{v \pm v_o}{v \pm v_s}\right) f_s$$

$$f_o = \left(\frac{330+30}{330-10}\right)(100)$$

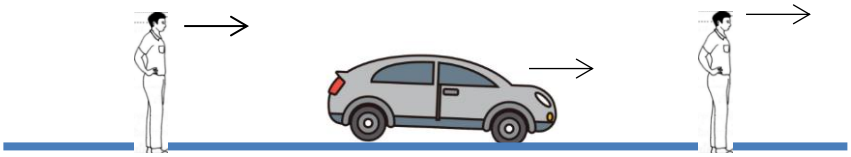
$$f_o = 112.5\ Hz$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ผู้ฟังบนรถยนต์จะได้ยินเสียงความถี่ 112.5 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. รถยนต์คันหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว 20 เมตรต่อวินาที ปล่อยเสียงแตรความถี่คงตัวค่าหนึ่งออกมาตลอดเวลา ผู้ฟัง A และ B ต่างกำลังวิ่งไปในทิศทางตามลูกศร ถ้า B วิ่งด้วยอัตราเร็ว 2 เมตรต่อวินาที อยากทราบว่า A จะต้องวิ่งด้วยอัตราเร็วเท่าไร จึงจะได้ยินเสียงแตรรถยนต์มีความถี่ เท่ากับความถี่ที่ B ได้ยิน เมื่ออัตราเร็วของเสียงในอากาศเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที



B A

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_s = 20 Hz , v_B = 2 m/s , v = 340 m/s

ผู้ฟังเคลื่อนที่เข้าหารถไฟ v_O เป็นบวก , แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่เข้าหาผู้ฟัง v_S เป็นลบ

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็วของ A

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$f_o = \left(\frac{v \pm v_o}{v \pm v_s}\right) f_s$ $\qquad$ $f_A = f_B$

A ได้ยิน $\quad f_A = \left(\frac{340 - v_A}{340 - 20}\right) f_s$ $\qquad$ $\left(\frac{340 - v_A}{340 - 20}\right) f_s = \left(\frac{340 + 2}{340 - 20}\right) f_s$

B ได้ยิน $\quad f_B = \left(\frac{340 + 2}{340 - 20}\right) f_s$ $\qquad$ $\frac{340 - v_A}{32} = \frac{342}{36}$

$340 - v_A = 304$

$v_A = 36\ m/s$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

A มีอัตราเร็ว 36 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

4. สมควรยืนอยู่ริมถนน ได้ยินเสียงไซเรนจากรถดับเพลิง ซึ่งกำลังแล่นเข้ามามีความถี่ 382.5 เฮิรตซ์ และหลังจากผ่านไปแล้วได้ยินเสียงไซเรนมีความถี่ 340 เฮิรตซ์ ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที สมควรทำการคำนวณหาอัตราเร็วของรถดับเพลิงและความถี่เสียงไซเรนที่แท้จริงจะได้เท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_{o1}= 382.5 Hz , f_{o2}= 340 Hz , v = 340 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็วของรถดับเพลิงและความถี่เสียงไซเรนที่แท้จริง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$f_o = \left(\frac{v \pm v_o}{v \pm v_s}\right) f_s$

เข้า $382.5 = \left(\frac{340+0}{340-v}\right) f_s$ —— (1)

ออก $340 = \left(\frac{340+0}{340+v}\right) f_s$ —— (2)

นำสมการ (1) ÷ (2)

$\frac{382.5}{340} = \frac{340+v}{340-v}$

$382.5(340 - v) = (340340 + v)$

$v = 20\ m/s$

แทนค่า v ใน (2) จะได้

$f_s = 360$ Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

สมควรคำนวณหาอัตราเร็วได้ 20 เมตรต่อวินาที และความถี่เสียง 360 เฮิรตซ์

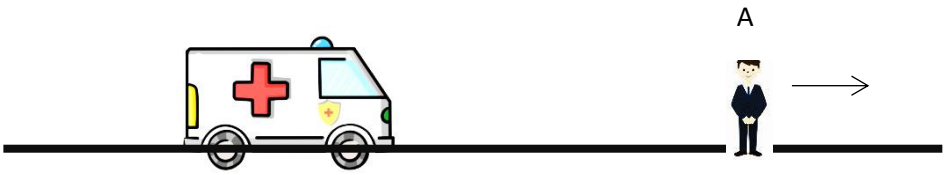
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 24

ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

1 รถพยาบาลจอดอยู่นิ่งๆ เปล่งเสียงความถี่ 1020 เฮิรตซ์ ผู้สังเกต A และ B วิ่งทางเดียวกันด้วยอัตราเร็ว 10 เมตรต่อวินาที จงคำนวณหาความถี่ที่ A ได้รับ เมื่ออัตราเร็วของเสียงในอากาศเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_s = 1020 Hz , v_s = 0 m/s , v = 340 m/s , v_o = 10

ผู้ฟังเคลื่อนที่ออกจากรถ v_o เป็นลบ

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่เสียงที่ Aได้ยิน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$f_o = \left(\frac{v \pm v_o}{v \pm v_s}\right) f_s$$

$$f_o = \left(\frac{340-10}{340}\right)(1020)$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่เสียงที่ A ได้ยินเท่ากับ 990 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. ค้างคาวตัวหนึ่งบินเข้าหากำแพงด้วยความเร็ว 20 เมตรต่อวินาที ขณะบินค้างคาวส่งเสียงร้องด้วยความถี่ 20000 เฮิรตซ์ ตลอดเวลา ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 340 เมตรต่อวินาที จงหา

ก. ความยาวคลื่นด้านหน้า

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_s = 20000 Hz , v_s = 20 m/s , v = 340 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความยาวคลื่นเสียง

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\lambda = \left(\frac{v - v_s}{f_s}\right)$

$\lambda = \left(\frac{340 - 20}{20000}\right)$

$\lambda = 0.016\ m$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คลื่นเสียงมีความยาวคลื่น 0.016 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ข. เสียงจากค้างคาวจะกระทบกำแพงด้วยความถี่เท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

f_S = 20000 Hz , v_s = 20 m/s , v = 340 m/s , v_0 = m/s

ผู้ฟังเคลื่อนที่เข้าหากำแพง v_S เป็นลบ

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่เสียงที่ผู้ฟังได้ยิน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$f_o = \left(\frac{v \pm v_o}{v \pm v_s}\right) f_s$$

$$f_o = \left(\frac{340+0}{340-20}\right)(20000)$$

$$f_o = 21250\ Hz$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เสียงจากค้างคาวกระทบกำแพงด้วยความถี่ 990 เฮิรตซ์

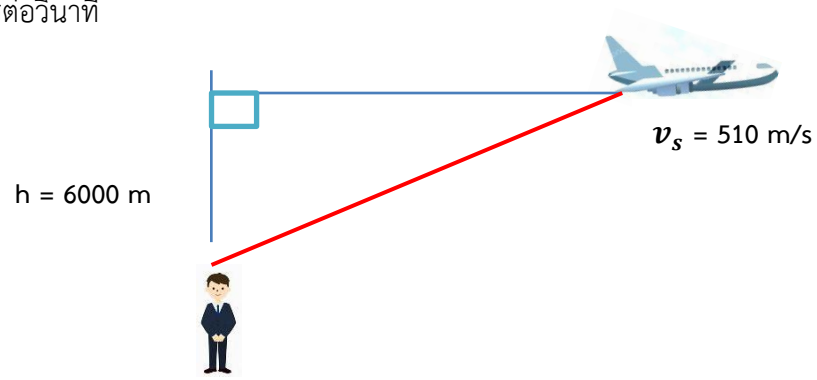
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 25

คลื่นกระแทก

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.... ....

1. เครื่องบินบินด้วยความเร็ว 510 เมตรต่อวินาที ในแนวระดับซึ่งสูงจากพื้นโลก 6 กิโลเมตร ชายคนหนึ่งยืนบนถนนจะได้ยินเสียงเครื่องบิน เมื่อเครื่องบินนั้นอยู่ห่างจากชายคนนั้นเป็นระยะทางเท่าใด กำหนดอัตราเร็วเสียง 340 เมตรต่อวินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

v_s = 510 m/s , h = 6 km , v = 340 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างชายคนนี้กับเครื่องบิน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{h}{x} = \frac{v}{v_s}$ | $x = \frac{(6000\ m)\ x\ (510\ m/s)}{(340\ m/s)}$

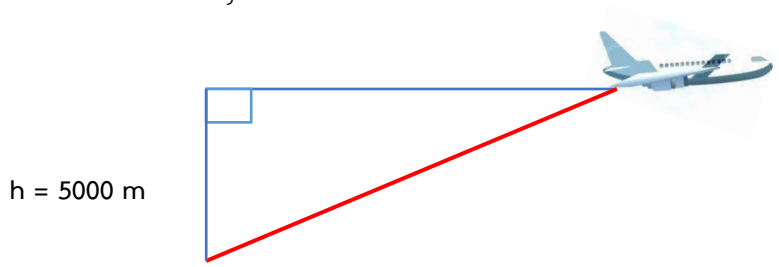
$x = \frac{h\ x\ v_s}{v}$ | $x = 9000\ m$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เครื่องบินอยู่ห่างจากชายคนนี้ 9000 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. เครื่องบิน jet ลำหนึ่ง มีเพดานบิน 5,000 เมตร กำลังบินด้วยความเร็ว 1.5 มัค จงหามุมระหว่างคลื่นกระแทกกับแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องบิน jet



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

เลขมัค $= 1.5$, $h = 5000$ m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หามุมระหว่างคลื่นกระแทกกับแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องบิน jet

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$sin\theta = \frac{1}{M}$$

$$sin\theta = \frac{1}{1.5}$$

$$sin\theta = 0.67$$

$$\theta = sin^{-1}(0.67)$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

มุมระหว่างคลื่นกระแทกกับแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องบิน jet เท่ากับ $sin^{-1}(0.67)$

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 25

คลื่นกระแทก

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. เครื่องบินเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 510 เมตรต่อวินาที ในแนวระดับเหนือพื้นดิน 4 กิโลเมตร ในขณะที่เสียงมีอัตราเร็วในอากาศ 340 เมตรต่อวินาที จงหาปริมาณต่อไปนี้

   ก. เลขมัค

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

v_s = 510 m/s , h = 4 km , v = 340 m/s

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาเลขมัค

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

เลขมัค $= \frac{v_s 1}{v}$

$= \frac{510\ m/s}{340\ m/s}$

$= 1.5$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เลขมัค เท่ากับ *1.5*

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ข. มุมระหว่างหน้าคลื่นกระแทกกับแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องบิน

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

เลขมัค $= 1.5$, $h = 4000$ m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หามุมระหว่างคลื่นกระแทกกับแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องบิน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$sin\theta = \frac{1}{M}$$

$$sin\theta = \frac{1}{1.5}$$

$$sin\theta = 0.67$$

$$\theta = sin^{-1}(0.67)$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

มุมระหว่างคลื่นกระแทกกับแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องบิน เท่ากับ $sin^{-1}(0.67)$

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ค. เมื่อคนที่พื้นดินได้ยินเสียงนั้นเครื่องบินอยู่ห่างจากคนคนนั้นเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

เลขมัค $= 1.5$, $h = 4000$ m

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาระยะห่างระหว่างคนกับเครื่องบิน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

x = h x เลขมัค

= (4000 m)(1.5

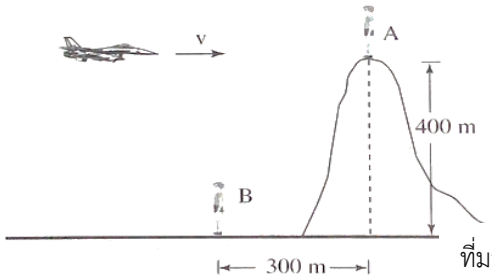
= 6000 m

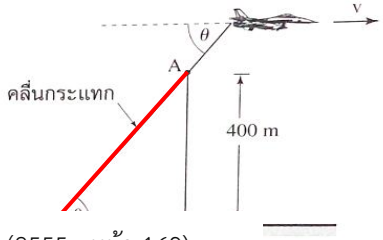
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

คนอยู่ห่างจากเครื่องบิน 6000 เมตร

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. เครื่องบินไอพ่นบินเร็วกว่าเสียงบินผ่านบริเวณหนึ่ง มีชายสองคน คนหนึ่งอยู่บนยอดเขาสูง 400 เมตร อีกคนอยู่ที่พื้นดิน ถ้าชายทั้งสองคนได้ยินเสียงเครื่องบินไอพ่นพร้อมกัน เครื่องบินกำลังบินด้วยอัตราเร็วเท่าไร ถ้าอัตราเร็วของเสียงในอากาศเท่ากับ 342 เมตรต่อวินาที





ที่มา : มานัส มงคลสุข (2555 , หน้า 169)

ขั้นที่ 1 K : เจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

ชายทั้งสองคนได้ยินเสียงพร้อมกัน แสดงว่าคลื่นกระแทกเคลื่อนที่มากระทบชายทั้งสองคนพร้อมกัน

จากรูป AB = 500 m , $v_{อากาศ} = 342\ m/c$

ขั้นที่ 2 D : สู่การค้น **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็วของเครื่องบิน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$sin\theta = \frac{400}{500} = \frac{4}{5}$$

และ $$sin\theta = \frac{v_s}{v}$$

ดังนั้น $$\frac{4}{5} = \frac{v_s}{v}$$

$$\frac{4}{5} = \frac{342}{v}$$

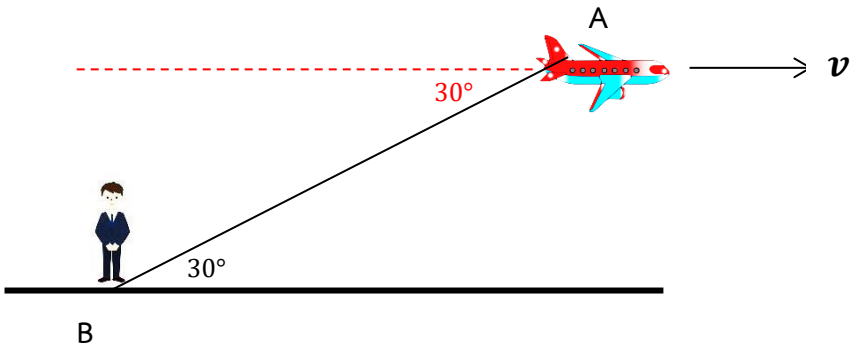
$$v = 427.5\ m/s$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

อัตราเร็วของเครื่องบินเท่ากับ 427.5 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

3. เครื่องบินความเร็วเหนือเสียงบินในแนวระดับผ่านเหนือศีรษะชายผู้หนึ่ง เมื่อเขาได้ยินเสียงของคลื่นกระแทก เขาจะมองเห็นตัวเครื่องบินมีมุมเงยจากพื้นดิน 30° เครื่องบินมีอัตราเร็วเท่าไรในหน่วยเมตรต่อวินาที ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 345 เมตรต่อวินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$v_{\text{อากาศ}} = 342\ m/s$

ขั้นที่ 2 D : สู่การค้น **(1 คะแนน)**

หาอัตราเร็วของเครื่องบิน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$sin\theta = \frac{v_s}{v}$$

$$sin30° = \frac{v_s}{v}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{342}{v}$$

$$v = 684\ m/s$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

อัตราเร็วของเครื่องบินเท่ากับ 684 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 25

คลื่นกระแทก

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

1. เครื่องบิน เอฟ – 14 บินด้วยอัตราเร็วสูงสุด 2.2 มัค แสดงว่าอัตราเร็วสูงสุดของเครื่องบิน เอฟ – 14 เป็นเท่าไร ถ้าขณะนั้นเสียงมีอัตราเร็วในอากาศ 350 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\frac{\lambda}{2}$ = 2 m , $v = 340\ m/s$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาความถี่ต่ำที่สุดของคลื่นเสียงที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องในท่อนี้

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$\frac{\lambda}{2}$ = 2 m $v = f\lambda$

$340\ \text{m/s} = f(8\text{m})$

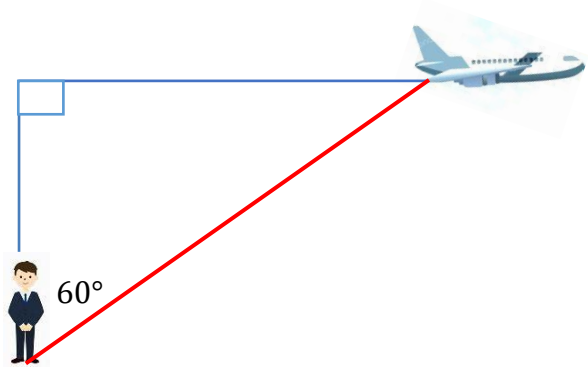
λ = 8 m f = 42.5 Hz

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

ความถี่ต่ำสุดของคลื่นเสียงที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องในท่อเท่ากับ 42.5 เฮิรตซ์

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

2. จากรูป ถ้าเครื่องบินกำลังบินในแนวระดับและคนยืนที่พื้นได้ยินเสียงดังมากพอดี จงคำนวณว่าเครื่องบินมีอัตรามัคเท่าไร



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ **(1 คะแนน)**

$\theta = 90° - 60° = 30°$

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร **(1 คะแนน)**

หาอัตรามัคของเครื่องบิน

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ **(2 คะแนน)**

$$sin\theta = \frac{v_s}{v}$$

$$sin30° = \frac{v_s}{v}$$

$$\frac{v_s}{v} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{v}{v_s} = 2.0$$

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ **(1 คะแนน)**

เครื่องบินมีอัตราเร็วมัคเท่ากับ 2.0

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

บรรณานุกรม

นิรันดร์ สุวรัตน์. (2554). คู่มือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา.

ประสิทธิ์ จันต๊ะภา. (2563). ติวสบายสไตล์ลุยโจทย์ ฟิสิกส์ เล่ม 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ภูมิบัณฑิต.

มานัส มงคลสุข. (2555). หนังสือคู่มือชุด 1001 TESTS IN PHYSICS 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แม็ค.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์เล่ม 3. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์เล่ม 4. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย

"จงพัฒนาความหลงใหลในการเรียนรู้
เพราะถ้าหากคุณทำได้ คุณจะไม่มีวันหยุดพัฒนา"
"Develop a passion for learning.
If you do, you will never cease to grow."

(-Anthony J. D'Angelo-)