มัธยมศึกษาปีที่ 5

ฟิสิกส์ 3

คลื่น แสง เสียง

โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย

อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสงขลา สตูล

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

การจัดการเรียนรู้ทั้งรูปแบบออนไลน์กับรูปแบบก่อนเรียน โดยจัดการเรียนการสอนนักเรียนเพื่อการแก้ปัญหาโจทย์วิชาฟิสิกส์โดยใช้ขั้นตอน KDRAL

การขาดทักษะการแก้ปัญหาโจทย์ฟิสิกส์นั้นเป็นปัญหาที่เป็นอุปสรรคการเรียนรู้ของผู้เรียนตลอดมา จึงจำเป็นที่ผู้สอนจะต้องหาแนวทางให้ผู้เรียนมีทักษะ เพื่อแก้ปัญหานี้ และส่งผลให้ผู้เรียนมีความสุขต่อการเรียนรู้ต่อไป

ที่มาของการแก้ปัญหาโจทย์วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย โดยใช้การจัดการเรียนการสอนนักเรียนเพื่อการแก้ปัญหาโจทย์วิชาฟิสิกส์โดยใช้ขั้นตอน KDRALมาจากแรงบันดาลใจจากอาจารย์ที่สอนในโรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย ที่ว่า การที่คนหนึ่งจะเก่งได้นั้น ต้องมาจากการมีทักษะการคิดที่ดี และเชื่อได้ว่าการเรียนการสอนแบบนี้ด้วยทักษะที่กำหนดขึ้นสามารถทำให้ผู้เรียนทุกคนเกิดการเรียนรู้ต่อไป

สุวัฒน์ โรจน์สุวรรณ

สารบัญ

ที่	เรื่อง	หน้า
1	**ธรรมชาติของคลื่นกล**	
	ใบงานก่อนเรียน	7
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	13
	ใบงานหลังเรียน	21
2	**เฟสคลื่น**	
	ใบงานก่อนเรียน	25
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	29
	ใบงานหลังเรียน	37
3	**อัตราเร็วของคลื่นในตัวกลาง**	
	ใบงานก่อนเรียน	40
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	43
	ใบงานหลังเรียน	50
4	**การซ้อนทับของคลื่น**	
	ใบงานก่อนเรียน	52
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	56
	ใบงานหลังเรียน	61
5	**การสะท้อนของคลื่น**	
	ใบงานก่อนเรียน	63
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	66
	ใบงานหลังเรียน	72
6	**การหักเหของคลื่น**	
	ใบงานก่อนเรียน	73
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	78
	ใบงานหลังเรียน	87
7	**การแทรกสอดของคลื่น**	
	ใบงานก่อนเรียน	90
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	96
	ใบงานหลังเรียน	107

ที่	เรื่อง	หน้า
8	**การเลี้ยวเบนของคลื่น**	
	ใบงานก่อนเรียน	110
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	115
	ใบงานหลังเรียน	125
9	**การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่**	
	ใบงานก่อนเรียน	127
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	131
	ใบงานหลังเรียน	143
10	**การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว**	
	ใบงานก่อนเรียน	147
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	150
	ใบงานหลังเรียน	159
11	**การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านเกรตติง**	
	ใบงานก่อนเรียน	162
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	166
	ใบงานหลังเรียน	174
12	**อัตราเร็วของแสงและภาพจากกระจกเงาราบ**	
	ใบงานก่อนเรียน	177
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	181
	ใบงานหลังเรียน	189
13	**การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม**	
	ใบงานก่อนเรียน	192
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	196
	ใบงานหลังเรียน	206
14	**การหักเหของแสง**	
	ใบงานก่อนเรียน	209
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	214
	ใบงานหลังเรียน	224

ที่	เรื่อง	หน้า
15	**การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง**	
	ใบงานก่อนเรียน	228
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	235
	ใบงานหลังเรียน	245
16	**การเห็นสี**	
	ใบงานก่อนเรียน	251
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	254
	ใบงานหลังเรียน	264
17	**กล้องโทรทรรศน์กล้องจุลทรรศน์**	
	ใบงานก่อนเรียน	265
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	268
	ใบงานหลังเรียน	276
18	**ธรรมชาติของเสียง**	
	ใบงานก่อนเรียน	279
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	283
	ใบงานหลังเรียน	296
19	**พฤติกรรมของเสียง 1 (การสะท้อนและการหักเหของเสียง)**	
	ใบงานก่อนเรียน	299
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	303
	ใบงานหลังเรียน	312
20	**พฤติกรรมของเสียง 2 (การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของเสียง)**	
	ใบงานก่อนเรียน	316
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	321
	ใบงานหลังเรียน	329
21	**ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง**	
	ใบงานก่อนเรียน	332
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	336
	ใบงานหลังเรียน	346

ที่	เรื่อง	หน้า
22	**บีตและคลื่นนิ่ง**	
	ใบงานก่อนเรียน	350
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	354
	ใบงานหลังเรียน	363
23	**การสั่นพ้องของเสียง**	
	ใบงานก่อนเรียน	368
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	372
	ใบงานหลังเรียน	382
24	**ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์**	
	ใบงานก่อนเรียน	386
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	392
	ใบงานหลังเรียน	401
25	**คลื่นกระแทก**	
	ใบงานก่อนเรียน	404
	ใบความรู้ระหว่างเรียน	407
	ใบงานหลังเรียน	418
	บรรณานุกรม	420

คำชี้แจง

ในเนื้อหา คลื่น แสง เสียง ได้แบบฝึกทักษะการแก้ปัญหาโจทย์วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย โดยใช้แก้ปัญหาโจทย์วิชาฟิสิกส์โดยใช้ขั้นตอน **KDRAL** เป็นรูปแบบการเรียนการสอนมี 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน ในแต่ละ 1 เรื่อง มีจำนวนทั้งหมด 25 เรื่องดังรายละเอียดตามตารางดังต่อไปนี้

รูปแบบ	รายละเอียดการเรียน	หมายเหตุ
ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน นักเรียนศึกษาด้วยตนเอง (ก่อนเรียนในห้องเรียน 1 สัปดาห์)	1. ศึกษาวีดีโอที่ครูกำหนดไว้ใน Google classroom 2. ทำกิจกรรมใบงานก่อนเรียนหลังจากศึกษาวีดีโอใน Google classroom	1. ส่งใบงานก่อนเรียนใน Google classroom 2. ส่งสรุปศึกษาใน Google classroom
ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน นักเรียนศึกษาด้วยกระบวนการกลุ่มในห้องเรียน	1. ศึกษาใบความรู้ในGoogle classroom กับเอกสารนักเรียนที่ได้จากการสรุปทำกิจกรรมใบงานก่อนเรียน หลังจากศึกษาวีดีโอใน Google classroom รูปแบบกลุ่ม 2. ทำกิจกรรมใบความรู้ และตัวอย่าง	
ขั้นที่ 3 หลังเรียน	ทำใบงานหลังเรียน	ส่งใบงานหลังเรียนใน Google classroom

เรื่องที่ 1 ธรรมชาติของคลื่นกล

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 5 ชุด
   1.1 การเกิดคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=2wbh8yAvWh4
   1.2 การจำแนกชนิดของคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=Qxz_xcA-3HE
   1.3 ลักษณะทั่วไปของคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=4deD_fKR4JA&list=PLSdxlgp7CC2TqYjLKs7lbCTWKwd5Pk6_O&index=4
   1.4 คาบ ความถี่ และอัตราเร็ว
   https://www.youtube.com/watch?v=6e5k0BTY0CQ
   1.5 โจทย์คลื่นกล
   https://www.youtube.com/watch?v=hU1D0Zdgi7I
2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 1 ธรรมชาติของคลื่นกล

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 1 ธรรมชาติของคลื่นกลโดยการเรียนการสอนแบบ Active Learning
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 1 ธรรมชาติของคลื่นกล

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 1 ธรรมชาติของคลื่นกล

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 1

ธรรมชาติของคลื่นกล

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. จงบอกการจำแนกชนิดของคลื่น

1.1. ลักษณะการอาศัยตัวกลาง

1.1.1. .....เช่น.....

1.1.2. .....เช่น.....

1.2. ลักษณะการเคลื่อนที่

1.2.1. .....เช่น.....

1.2.2. .....เช่น.....

1.3. ลักษณะการเกิด

1.3.1. .....เช่น.....

1.3.2. .....เช่น.....

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

ก. อัตราเร็ว

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ข. เวลา

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

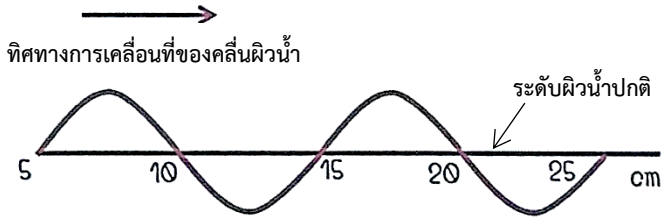
.....

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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



ที่มา : ...qYjLKs7lbCT

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

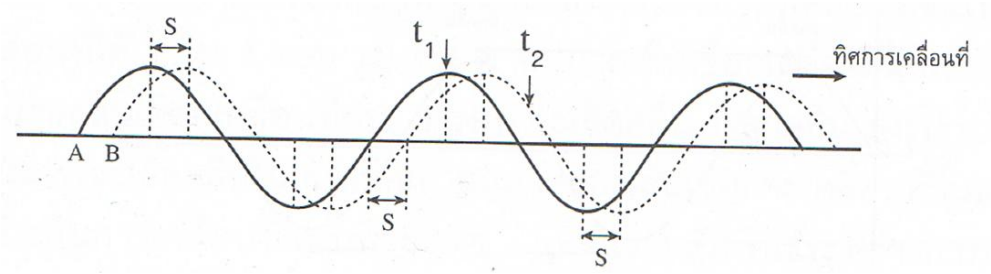
ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 1

ธรรมชาติของคลื่นกล

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

อัตราเร็วของคลื่น

เมื่อแหล่งกำเนิดถ่ายทอด**พลังงาน**ให้แก่ตัวกลางทำให้เกิดคลื่นขึ้น คลื่นจะเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิด โดยมี**ทิศทางการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยอัตราเร็วคงที่** เมื่อไม่มีการเปลี่ยนตัวกลาง



รูปที่ 1 แสดงการเคลื่อนที่ของคลื่น
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 6)

ที่เวลา t_1 คลื่นต่อเนื่องอยู่ ณ ตำแหน่ง A เมื่อเวลาผ่านไปเป็น t_2 คลื่นเคลื่อนที่ไปทางขวามือไปอยู่ ณ ตำแหน่ง B เป็นระยะทาง S ดังนั้นสามารถหาอัตราเร็ว (v) ของคลื่นได้จาก

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

หรือ $v = \frac{s}{t}$ (เมื่อ $t = t_2 - t_1$) เนื่องจากอัตราเร็วของคลื่น

ในตัวกลางเดียวกันมีค่าคงที่ถ้าพิจารณาคลื่นเคลื่อนที่ได้ 1 ลูกคลื่นพอดีจะได้ว่า $s = \lambda, t = T$

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

ตัวอย่าง

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

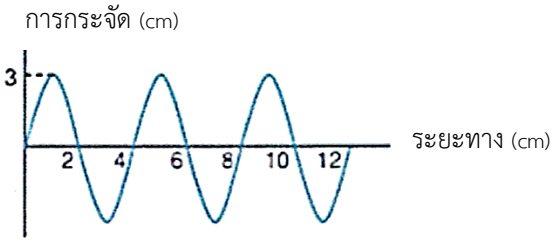
.....

.....

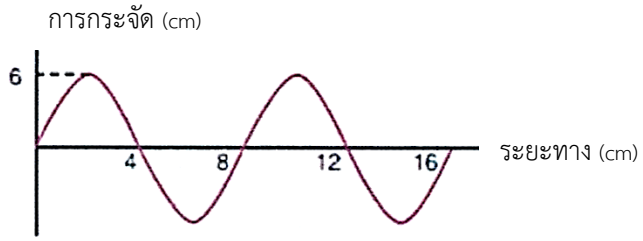
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. จากภาพแสดงการเกิดคลื่น ก. และคลื่น ข. ที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันในเวลา 10 วินาที



คลื่น ก.



คลื่น ข.

2.1 แอมพลิจูดของคลื่น ก เท่ากับ.....แอมพลิจูดของคลื่น ข เท่ากับ .....

2.2 ความยาวของคลื่น ก เท่ากับ..... ความยาวของคลื่น ข เท่ากับ .....

2.3 ในเวลา 10 วินาที คลื่น ก เกิดคลื่นจำนวน .....ลูกคลื่น

2.4 ในเวลา 10 วินาที คลื่น ก เกิดคลื่นจำนวน .....ลูกคลื่น

2.5 ความถี่ของคลื่น ก เท่ากับ.....

2.6 ความถี่ของคลื่น ข เท่ากับ.....

2.7 คาบของคลื่น ก เท่ากับ .....

2.8 คาบของคลื่น ข เท่ากับ .....

2.9 อัตราเร็วของคลื่น ก เท่ากับ .....

2.10 อัตราเร็วของคลื่น ข เท่ากับ .....

3. แหล่งกำเนิดคลื่นหนึ่งสั่นด้วยความถี่ 300 ครั้ง/นาที คลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดคลื่นนี้จะมีความถี่และคาบของคลื่นเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

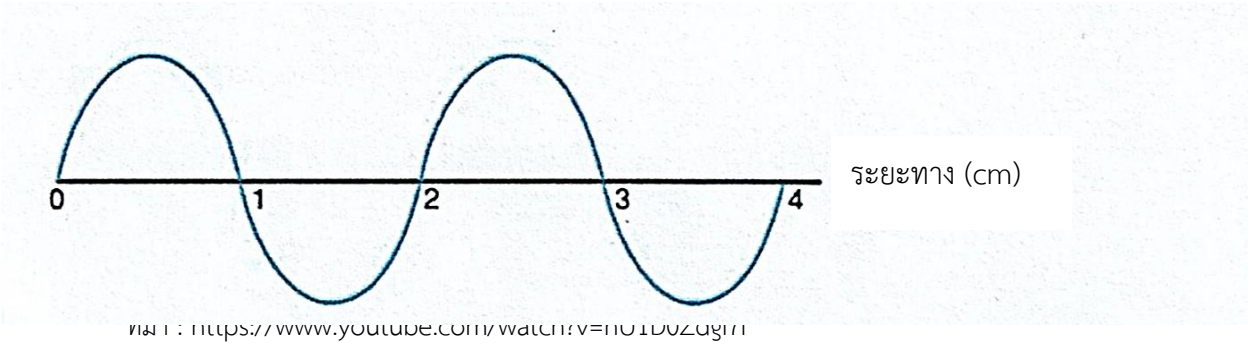
.....

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4. สะบัดเชือกเส้นหนึ่ง พบว่าหลังจากสะบัดเชือกไป 5 วินาที เกิดคลื่นดังภาพ จงหาอัตราเร็วของคลื่นในเส้นเชือกนี้



ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=nO1b02dgm7

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

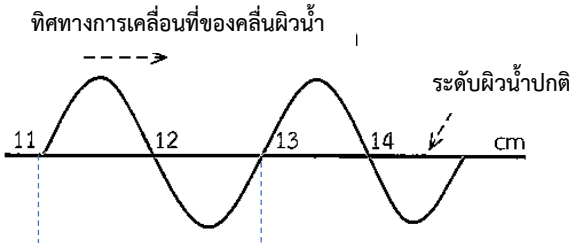
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

5. ตัวกำเนิดคลื่นมีค่าความถี่ของการสั่น 8 เฮิรตซ์ ทำให้เกิดคลื่นผิวน้ำดังรูป ความเร็วของคลื่นนี้มีค่าเท่าใด



ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563, หน้า 55)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

6. ในการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ของคลื่น โดยใช้ถาดคลื่นน้ำกับตัวกำเนิดคลื่นซึ่งเป็นมอเตอร์ที่หมุน 4 รอบต่อวินาที ถ้าคลื่นมีความยาวคลื่น 3 เซนติเมตร จงหาอัตราเร็วของคลื่นที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

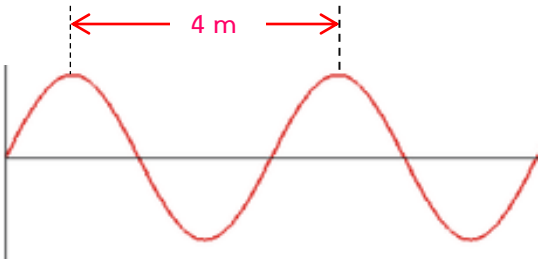
.....

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 1

ธรรมชาติของคลื่น

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

1. คลื่นขบวนหนึ่งมีระยะห่างระหว่างสันคลื่น 4 เมตร เคลื่อนที่ด้วยความถี่ 30 เฮิรตซ์ จงหาอัตราเร็วของคลื่นขบวนนี้



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

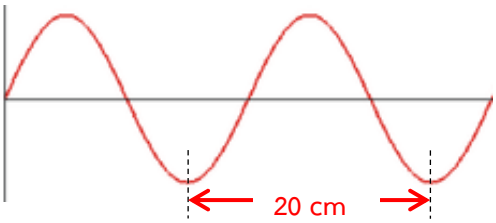
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. แหล่งกำเนิดคลื่นชนิดหนึ่งสั่นด้วยความถี่ 6000 รอบต่อนาที ท้องคลื่นแต่ละลูกห่างกันเป็นระยะทาง 20 เซนติเมตร จงหาอัตราเร็วของคลื่นมีค่ากี่เมตร/วินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

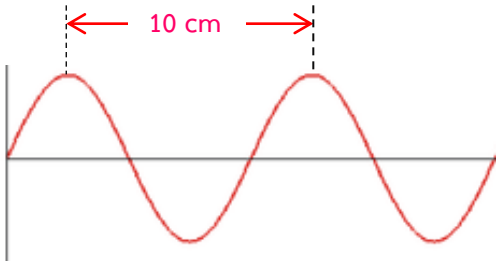
.....

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. คลื่นผิวน้ำเคลื่อนกระทบฝั่งมีระยะห่างระหว่างสันคลื่นที่อยู่ถัดกัน 10 เซนติเมตร และคลื่นมีอัตราเร็ว 5 เซนติเมตร/วินาที อยากทราบว่าคลื่นขบวนนี้จะเคลื่อนกระทบฝั่งนาทีละกี่ลูก



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

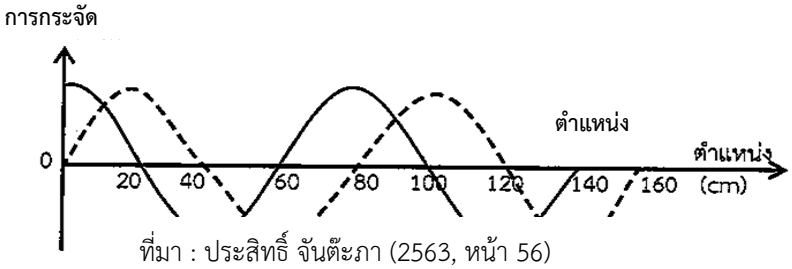
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 2 เฟสคลื่น

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด
   1.1 เฟสคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=Q6nmzy3fkGw&list=PLSdxlgp7CC2TqYjLKs7lbCTWKwd5Pk6_O&index=5
   1.2 เฟสตรงกันเฟสตรงกันข้าม
   https://www.youtube.com/watch?v=5Jp04O4Xcl0&t=19s
   1.3 ความต่างเฟส
   https://www.youtube.com/watch?v=svYAaJYwSBA&t=92s
   1.4 ความต่างเฟสต่อ
   https://www.youtube.com/watch?v=3YUVESZ_2_g&t=919s
2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 2 เฟสคลื่น

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 2 เฟสคลื่น
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 2 เฟสคลื่น

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 2 เฟสคลื่น

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 2

เฟสคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. คลื่นความถี่ 500 เฮิรตซ์ มีความเร็ว 300 เมตร/วินาที จุดที่มีเฟสต่างกัน 36^0 อยู่ห่างกันกี่เมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. คลื่นขบวนหนึ่งมีความยาวคลื่น 0.5 เมตร 2 จุด บนคลื่นที่ห่างกัน 0.2 เมตร จะมีเฟสที่ต่างกันกี่องศา

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

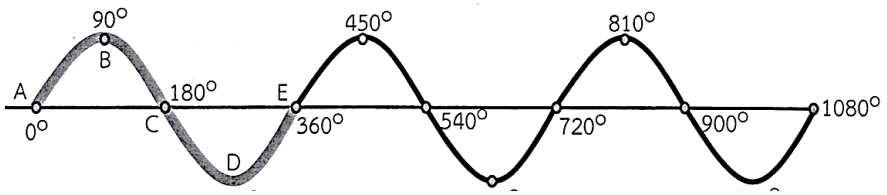
.....

ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 2

เฟสคลื่น

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

เฟสของคลื่น เป็นการบอกตำแหน่งบนหน้าคลื่นในรูปของมุมหน่วยองศาหรือเรเดียน



รูปที่ 1 แสดงการบอกตำแหน่งบนหน้าคลื่นในรูปของมุมหน่วยองศาหรือเรเดียน

ที่มา: ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563, หน้า 57)

จุด A เป็นจุดซึ่งคลื่นเริ่มเคลื่อนที่ขึ้นจากจุดสมดุลเราถือว่าจุด A มีเฟสเป็น 0°

จุด E เป็นจุดซึ่งคลื่นเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ (1λ) นับจากจุดเริ่มต้น เราถือว่าจุด E มีเฟสเป็น 360°

จุด C เป็นจุดซึ่งคลื่นเคลื่อนที่ได้ครึ่งรอบนับจากจุดเริ่มต้น เราถือว่าจุด C มีเฟสเป็น 180°

จุด B เป็นจุดซึ่งอยู่ตรงกับสันคลื่น เราถือว่าจุด B มีเฟสเป็น 90°

จุด D เป็นจุดซึ่งอยู่ตรงกับท้องคลื่น เราถือว่าจุด D มีเฟสเป็น 270°

$$\Delta\Phi = \frac{360^\circ f \Delta x}{v} \qquad \Delta\Phi = \frac{360^\circ \Delta x}{\lambda} \qquad \Delta\Phi = 360^\circ f \Delta t$$

เมื่อ $\Delta\Phi$ คือ เฟสที่ต่างกันของจุด 2 จุด (องศา)

Δx คือ ระยะการกระจัดที่ต่างกันของจุด 2 จุด (เมตร)

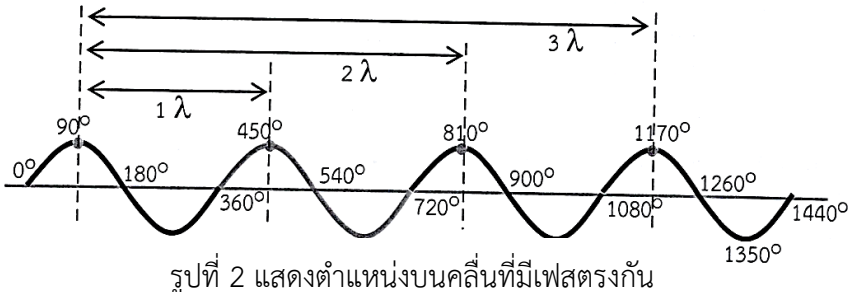
f คือ ความถี่ของคลื่น (เฮิรตซ์)

v คือ อัตราเร็วของคลื่น (เมตร/วินาที)

λ คือ ความยาวคลื่น (เมตร)

Δt คือ เวลาที่ต่างกันของจุด 2 จุด (วินาที)

เฟสตรงกัน คือ จุดบนหน้าคลื่นซึ่งอยู่ห่างกันเท่ากับ $n\lambda$ เมื่อ n = 1 , 2 , 3 , ...



รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งบนคลื่นที่มีเฟสตรงกัน

ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563, หน้า 58)

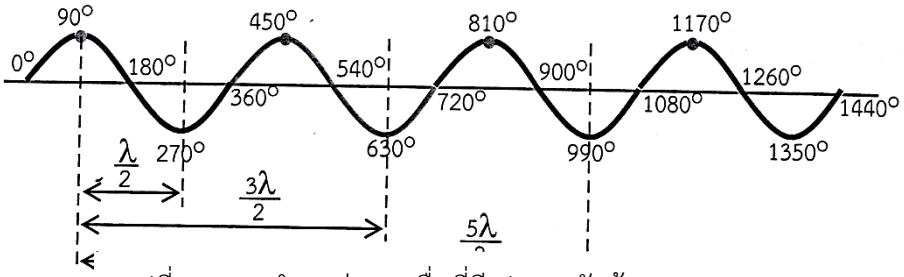
ตัวอย่างเช่น เฟส 90° , 450° , 810° , 1170° ในรูป อยู่ห่างกัน 1λ , 2λ , 3λ ดังนั้นเฟสเหล่านี้ถือว่าเป็นเฟสที่ตรงกันหมด

และ จากรูปจะได้อีกว่า 270° , 630° , 990° , 1350° เป็นเฟสที่ตรงกัน

และ 180° , 540° , 900° , 1260° เป็นเฟสที่ตรงกัน

เพราะอยู่ห่างกันเท่ากับ $n\lambda$

เฟสตรงกันข้าม คือ จุดบนหน้าคลื่นซึ่งอยู่ห่างกันเท่ากับ $(n - \frac{1}{2})\lambda$ เมื่อ n = 1 , 2 , 3 , ...



รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งบนคลื่นที่มีเฟสตรงกันข้าม

ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563, หน้า 58)

ตัวอย่างเช่น ในรูปด้านบน

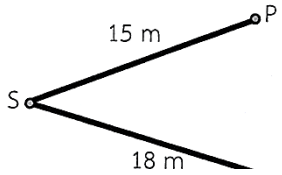
เฟส 90° เป็นเฟสที่ตรงกันข้ามเฟส 270° เพราะเฟสทั้งสองอยู่ห่างกัน $\frac{1}{2}\lambda$ (คือ $[1 - \frac{1}{2}]\lambda$)

เฟส 90° เป็นเฟสที่ตรงกันข้ามเฟส 630° เพราะเฟสทั้งสองอยู่ห่างกัน $\frac{3}{2}\lambda$ (คือ $[2 - \frac{1}{2}]\lambda$)

เฟส 90° เป็นเฟสที่ตรงกันข้ามเฟส 990° เพราะเฟสทั้งสองอยู่ห่างกัน $\frac{5}{2}\lambda$ (คือ $[3 - \frac{1}{2}]\lambda$)

ตัวอย่าง

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

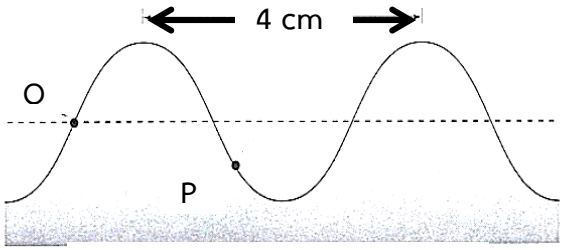
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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 : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

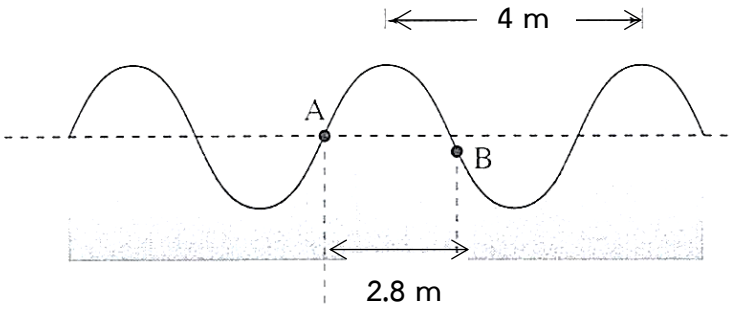
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. จากคลื่นน้ำที่กำหนดให้ในรูป ถ้าจุด A มีเฟสเท่ากับ 0 แล้วจุด B จะมีเฟสเท่าใด



ที่มา : มานัส มงคลสุข (2555, หน้า 20)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 3 อัตราเร็วคลื่นในตัวกลาง

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด
   1.1 อัตราเร็วของคลื่นในตัวกลาง
   https://www.youtube.com/watch?v=iy7TNL-lpgw&t=730s
   1.2 อัตราเร็วคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=6e5k0BTY0CQ
   1.3 อัตราเร็วคลื่นในเส้นเชือก
   https://www.youtube.com/watch?v=DwncApv-b9c&t=11s
   1.4 ส่วนประกอบของคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=4rWnPeueC-k
2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 3 อัตราเร็วของคลื่นในตัวกลาง

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 3 อัตราเร็วของคลื่นในตัวกลาง
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 3 อัตราเร็วของคลื่นในตัวกลาง

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

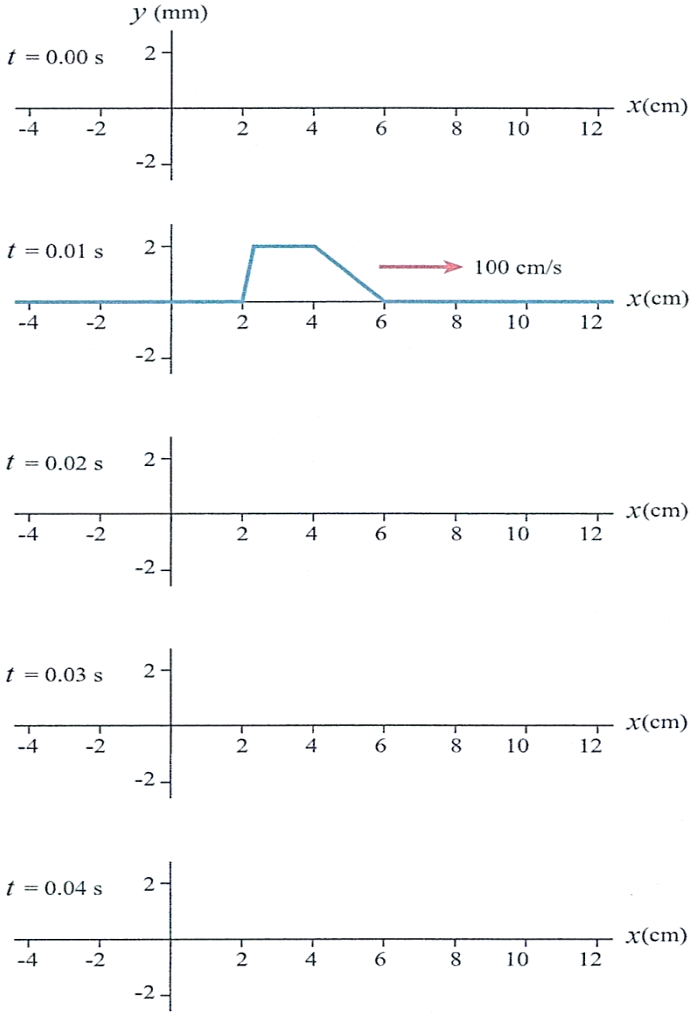
5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 3 อัตราเร็วของคลื่นในตัวกลาง

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 3

อัตราเร็วคลื่นในตัวกลาง

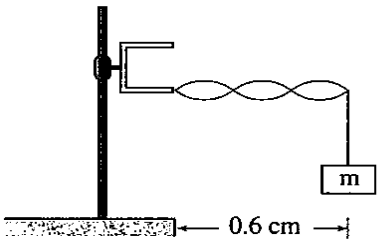
ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

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



ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 65)

2. เส้นดายปลายด้านหนึ่งผูกติดกับปลายส้อมเสียงที่สั่นด้วยความถี่ 250 เฮิรตซ์ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งผ่านรอกลื่นและมีมวลถ่วงให้เส้นด้ายตึง เมื่อส้อมเสียงสั่นปรากฏเกิดคลื่นนิ่งดังรูป แสดงว่าอัตราเร็วคลื่นในเส้นดายมีค่าเท่าไร



ที่มา : มานัส มงคลสุข (2555, หน้า 32)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

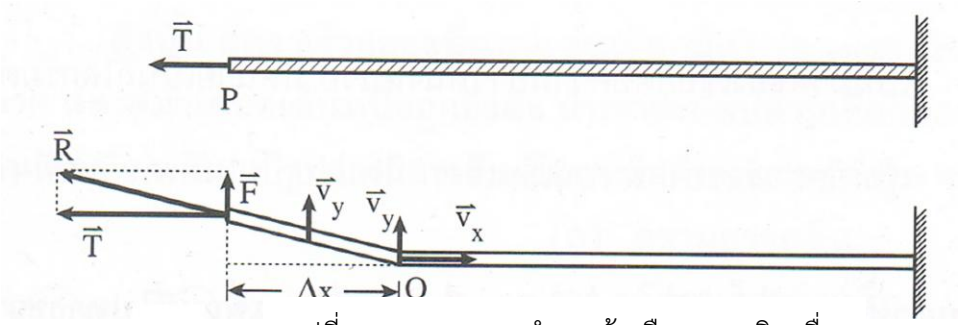
.....

ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 3

อัตราเร็วคลื่นในตัวกลาง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

อัตราเร็วคลื่นในตัวกลาง



รูปที่ 1 แสดงแรงกระทำบนเส้นเชือกขณะเกิดคลื่น

ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554,หน้า 7)

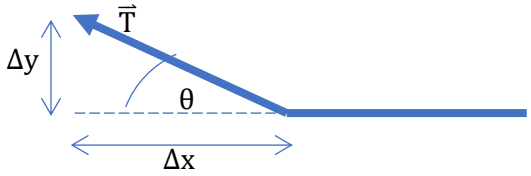
เมื่อ μ คือมวลของเชือกต่อความยาวหนึ่งหน่วย มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเมตร (kg/m)

$\vec{T}$ คือแรงตึงในเส้นเชือก มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

v คืออัตราเร็วของคลื่นบนเส้นเชือก มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

m คือมวลของเส้นเชือก มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

L คือความยาวของเส้นเชือก มีหน่วยเป็นเมตร (m)



ในช่วงเวลา Δt เชือกจะได้รับแรงดล (F) เพื่อที่จะทำให้เชือกสั่นขึ้นลงและการดลจะหาได้จาก

$$I = F\Delta t = v_y \Delta m$$

$$\Delta x = v_x \Delta t \quad (1)$$

$$\Delta y = v_y \Delta t \quad (2)$$

สมการที่ (2) หาร (1) จะได้

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{v_y}{v_x} \quad (3)$$

จากภาพจะได้ว่า

$$\tan\theta = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (4)$$

นำสมการที่ (3) แทนค่าใน (4) จะได้

$$v_x \tan\theta = v_y \quad (5)$$

นำสมการที่ (5) แทนค่าในสมการการดล จะได้

$$F\Delta t = v_x \tan\theta \, \Delta m$$

$$T \sin\theta \, \Delta t = v_x \tan\theta \, \Delta m$$

$$T\Delta t = v_x \Delta m \qquad ; \sin\theta \approx \tan\theta \text{ เมื่อ } \theta < 5^\circ$$

$$T\Delta t = v_x \mu \Delta x$$

$$T\Delta t = v_x \mu \Delta x$$

$$T = v_x \mu \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$T = {v_x}^2 \mu$$

ดังนั้นอัตราเร็วคลื่นในเส้นเชือกจะได้ $\boxed{v_x = \sqrt{\frac{T}{\mu}}}$

อัตราเร็วของคลื่นมีค่าขึ้นอยู่กับสมบัติของตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่าน เช่น กรณีของคลื่นในเส้นเชือกที่มีแอมพลิจูดไม่ใหญ่จนเกินไป โดยคลื่นจะมีอัตราเร็วขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดึงในเส้นเชือกและความหนาแน่นเชิงเส้น (มวลต่อหน่วยความยาว) ของเส้นเชือก กล่าวคือเชือกยิ่งตึงคลื่นจะเคลื่อนที่ผ่านไปได้เร็ว และสำหรับเชือกที่มีแรงดึงเท่ากัน

อัตราเร็วของคลื่นในตัวกลาง

ในกรณีของคลื่นที่เกิดจากการสะบัดเส้นเชือก อัตราเร็วคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านเส้นเชือกจะหาค่าได้จาก

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

เมื่อ v คือ อัตราเร็วคลื่นในเส้นเชือก (เมตร/วินาที)

T คือ แรงดึงในเส้นเชือก (นิวตัน)

μ คือ มวลของความยาวเชือก 1 เมตร หรือ มวลต่อความยาวเส้นเชือก (กิโลกรัมต่อเมตร)

โปรดสังเกตว่าอัตราเร็วคลื่นในเส้นเชือก (v) จะขึ้นกับแรงดึงเชือก (T) และอัตราส่วนมวลต่อความยาวเชือก (μ) ไม่ขึ้นกับความถี่คลื่นในเส้นเชือก (f) ดังนั้นไม่ว่าจะสะบัดเชือกด้วยความถี่มากหรือน้อยก็จะไม่ทำให้อัตราเร็วคลื่นในเส้นเชือกเปลี่ยนไป

ความรู้เพิ่มเติม

ในกรณีของคลื่นเสียง อัตราเร็วของคลื่นจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นกับความยืดหยุ่นของตัวกลางที่เสียงเคลื่อนที่ผ่าน กล่าวคือ โดยทั่วไป เสียงจะแผ่ผ่านของแข็งซึ่งมีความยืดหยุ่นน้อยได้เร็วกว่าแผ่ผ่านของเหลว และเร็วกว่าแผ่ผ่านแก๊สซึ่งมีความยืดหยุ่นมากกว่า

ในขณะที่สะบัดเชือกการกระจัดสูงสุดที่มีค่าต่างกัน คลื่นที่มีแอมพลิจูดมากเกิดจากการสะบัดด้วยการกระในการสะบัดเชือกให้เกิดคลื่นที่มีแอมพลิจูดขนาดต่างกัน การที่คลื่นมีแอมพลิจูดต่างกันแสดงจัดที่มีค่ามาก และคลื่นที่มีแอมพลิจูดน้อยเกิดจากการสะบัดด้วยการกระจัดที่มีค่าน้อย การสะบัดเชือกด้วยแอมพลิจูดสูงกว่าหมายความว่าต้องทำงานหรือให้พลังงานแก่เชือกมากกว่าการสะบัดเชือกด้วยแอมพลิจุดต่ำกว่า งานที่เราทำนี้ถูกถ่ายโอนในรูปของพลังงานไปพร้อมกับการเคลื่อนที่ของคลื่น แสดงว่า ค่าพลังงานที่คลื่นถ่ายโอนไปนั้นสัมพันธ์กับแอมพลิจูด คลื่นกล่าวคือ ยิ่งแอมพลิจูดมาก พลังงานที่คลื่นพาไปก็จะมากด้วย

ตัวอย่าง

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

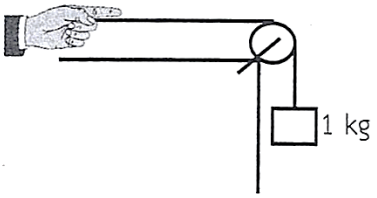
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. เชือกเส้นหนึ่งมีความยาว 2 เมตร มีมวล 0.2 กิโลกรัม เมื่อนำไปแขวนมวล 1 กิโลกรัม แล้วคล้องผ่านรอก ดังรูป จากนั้นทำการสะบัดด้วยความถี่ค่าหนึ่ง จงหาว่าความเร็วคลื่นที่เกิดขึ้นในเส้นเชือกนี้จะมีค่าเท่าใด



ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563, หน้า 83)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์ กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

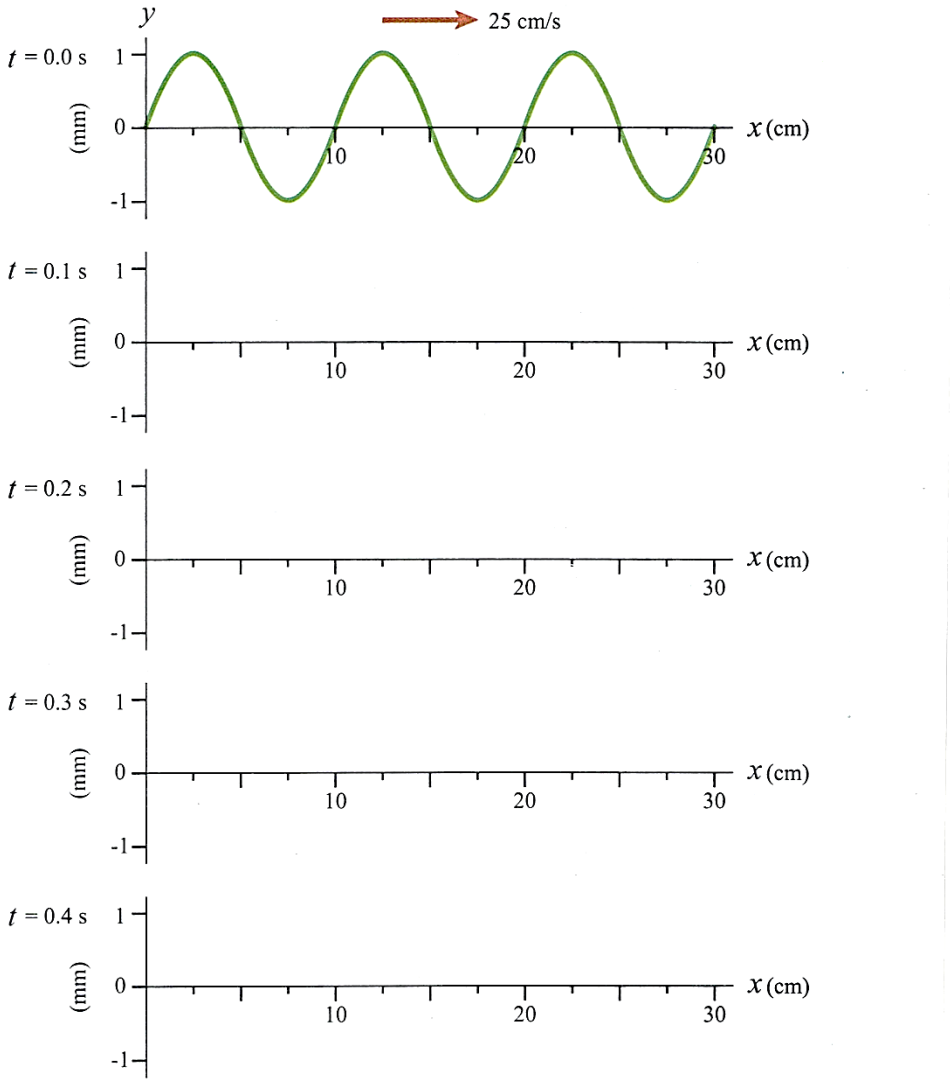
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. พิจารณาคลื่นรูปไซน์ด้านล่างนี้ โดยเป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยอัตราเร็ว 25 เซนติเมตร/วินาที จงวาดรูปคลื่นไซน์นี้ที่เวลาอื่น ๆ ตามที่ระบุในรูป



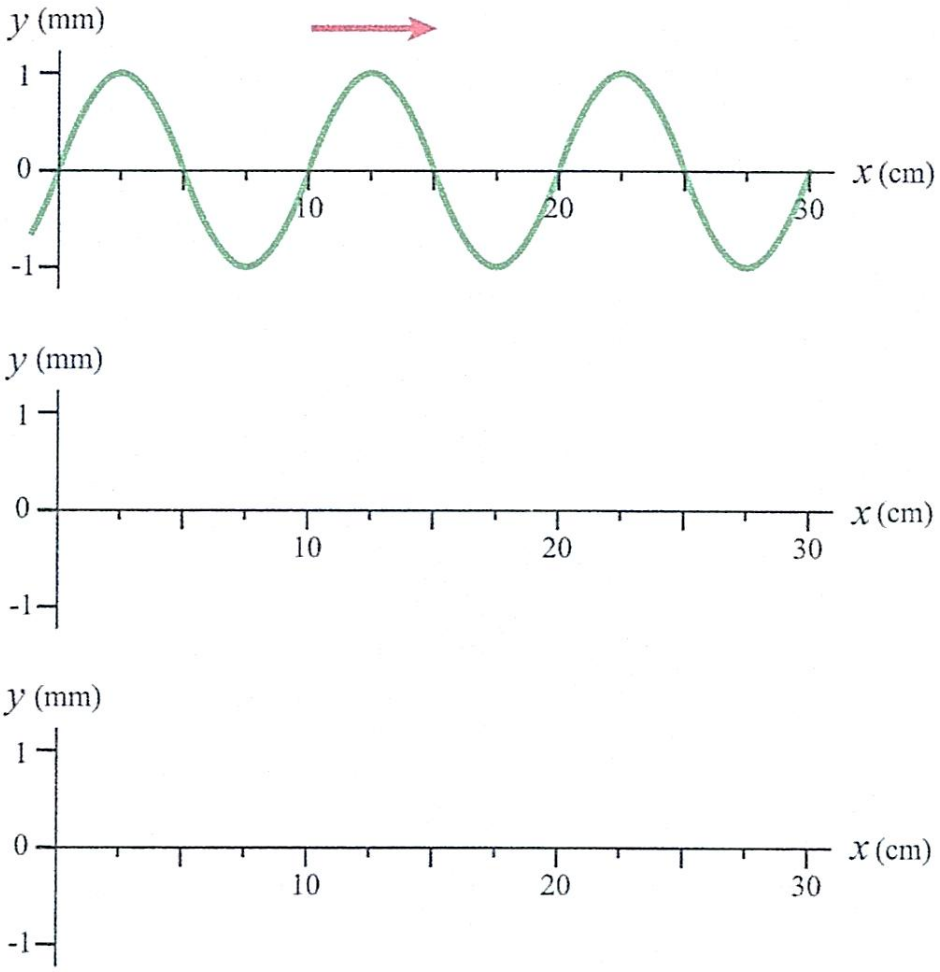
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 67)

.....

.....

.....

4. พิจารณาคลื่นรูปไซน์ข้างล่างนี้ จงวาดรูปของคลื่นไซน์อีก 2 คลื่น โดยคลื่นแรกมีความยาวคลื่นเท่ากันกับคลื่นด้านบนสุดแต่มีแอมพลิจูดเป็นครึ่งหนึ่ง และคลื่นที่สองมีแอมพลิจูดเท่ากันกับคลื่นบนสุดแต่มีความยาวคลื่นเป็นครึ่งหนึ่ง



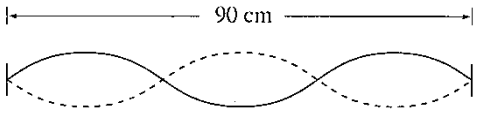
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 68)

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 3

อัตราเร็วคลื่นในตัวกลาง

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

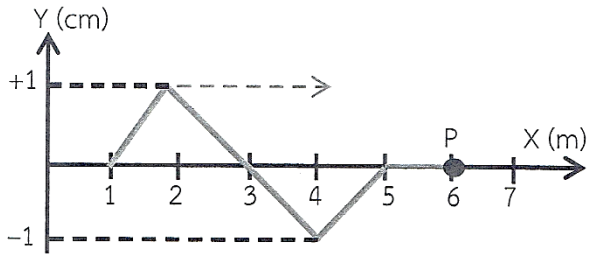
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 4 การซ้อนทับของคลื่น

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด
   1.1 การซ้อนทับของคลื่น-1
   https://www.youtube.com/watch?v=iy7TNL-lpgw&t=730s
   1.2 การซ้อนทับของคลื่น-2
   https://www.youtube.com/watch?v=xke0upPUt8A&t=1066s
   1.3 การซ้อนทับของคลื่น-3
   https://www.youtube.com/watch?v=5KTLmzTY9LA&t=262s
   1.4 การซ้อนทับของคลื่น-4
   https://www.youtube.com/watch?v=jUR19MJx-Lc&t=165s
2. ใบงานออนไลน์เรื่องที่ 4 การซ้อนทับของคลื่น

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 4 การซ้อนทับของคลื่น
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 4 การซ้อนทับของคลื่น

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

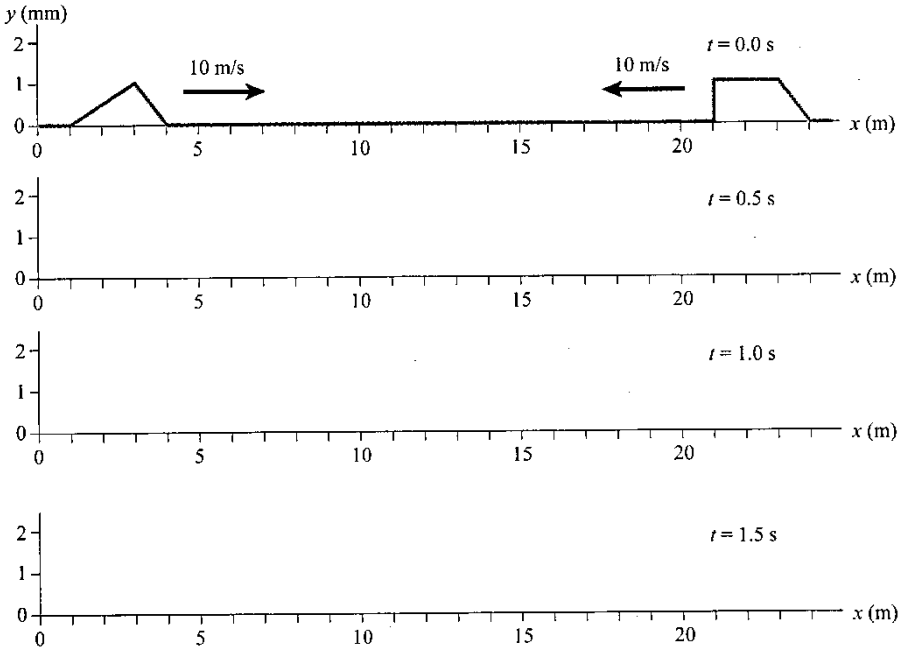
5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 4 การซ้อนทับของคลื่น

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 4

การซ้อนทับของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. คลื่นดล 2 คลื่นมีรูปร่างต่างกัน เคลื่อนที่เข้าหากันด้วยอัตราเร็ว 10 เมตร/วินาที ดังรูป จงวาดรูปร่างคลื่นรวมที่เวลาถัดมา ตามที่ระบุในรูป



ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 77)

.....

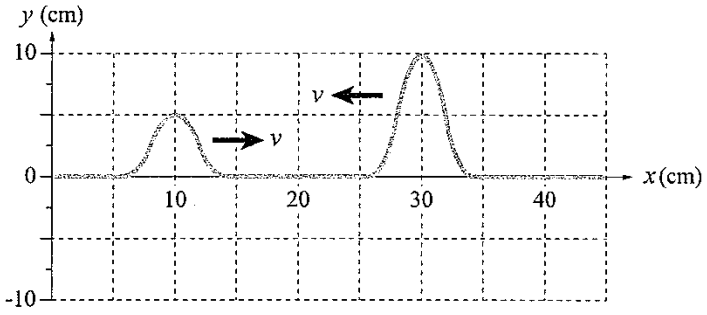
.....

.....

.....

.....

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



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

ก. อีกนานเท่าไรคลื่นทั้งสองจึงจะซ้อนทับกันพอดี

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ข. จงวาดภาพการรวมกันของคลื่นทั้งสองที่เวลา *t=0.1 s* และ *t=0.2 s*

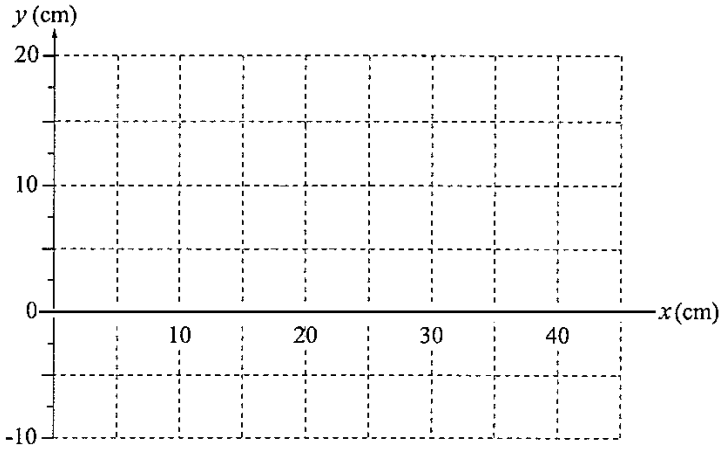
.....

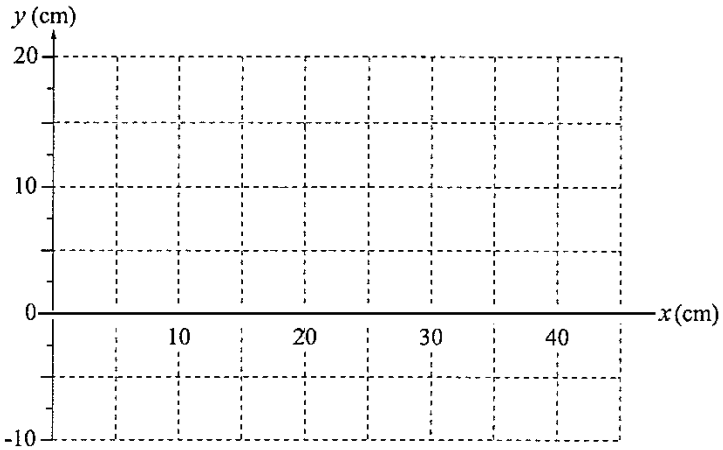
.....

.....

.....

.....





ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 4

การซ้อนทับของคลื่น

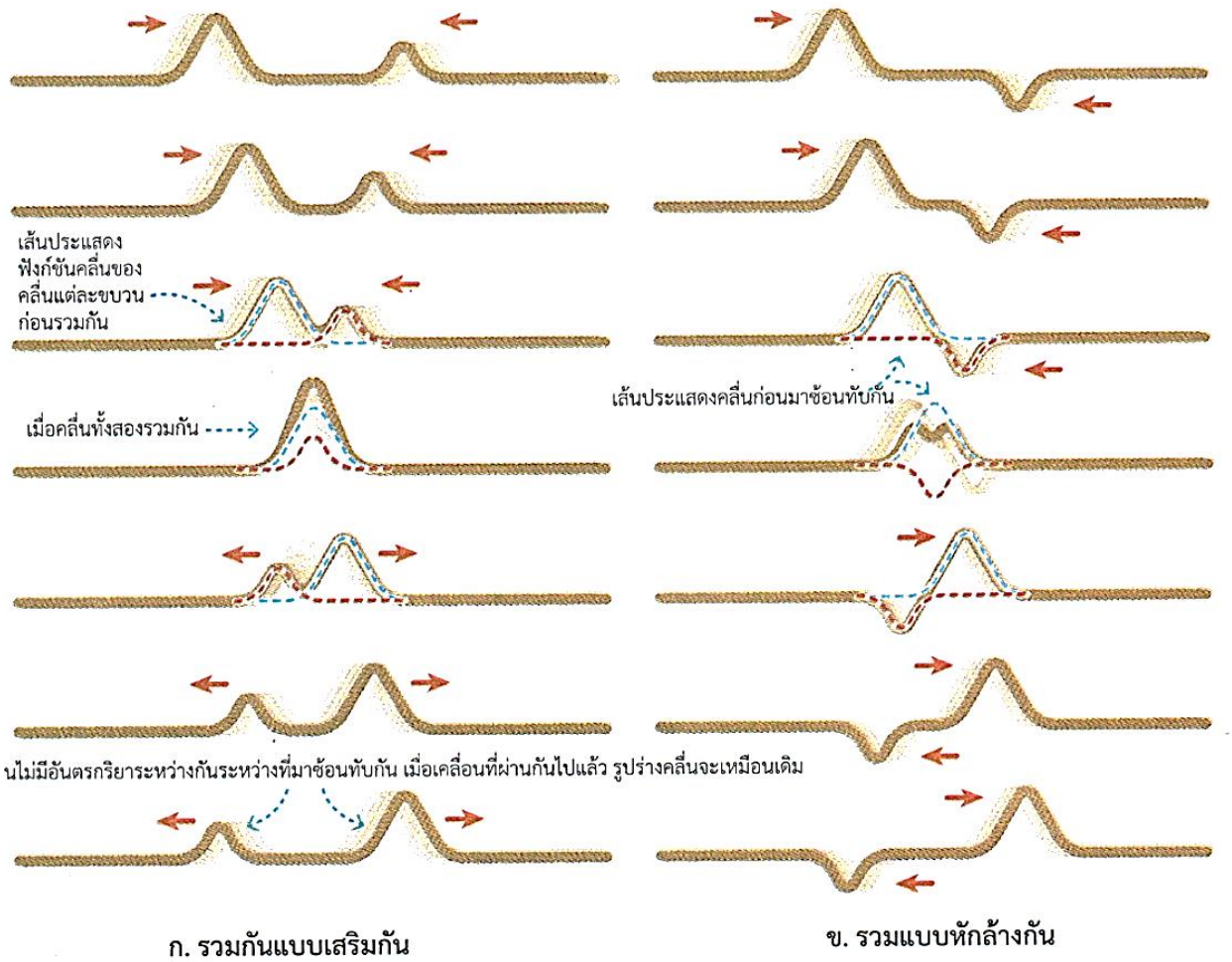
ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

<u>หลักการซ้อนทับ</u>

เมื่อคลื่น 2 คลื่น เคลื่อนที่มาซ้อนทับกันที่ตัวกลางหนึ่ง ๆ คลื่นรวมจะมีค่าตามหลักการซ้อนทับ (principle of superposition) โดยที่คลื่น 2 คลื่นเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกันเมื่อซ้อนทับกันแล้ว คลื่นแต่ละขบวนก็จะเคลื่อนที่ผ่านกันไปโดยยังคงรูปร่างและทิศทางการเคลื่อนที่ของแต่ละคลื่นไว้ ซึ่งการซ้อนทับกันของคลื่นหรือการรวมกันของคลื่นที่เกิดขึ้นเมื่อมีคลื่น**ตั้งแต่ 2 คลื่น**เคลื่อนที่มาพบกันจะเกิดการรวมกัน ซึ่งมี 2 ลักษณะ ดังนี้

1. **<u>การแทรกสอดแบบเสริม หรือการรวมแบบเสริมกัน</u>** เกิดเมื่อคลื่นทั้งสองมีการกระจัดไปทางทิศเดียวกันเคลื่อนที่มาพบกัน เช่น สันคลื่นกับสันคลื่น หรือท้องคลื่นกับท้องคลื่น คลื่นทั้งสองจะรวมกันทำให้การกระจัดลัพธ์ ณ ตำแหน่งหนึ่งในเวลาหนึ่ง ๆ มีขนาดมากกว่าการกระจัดเดิมของคลื่นแต่ละคลื่น โดย**การกระจัดรวม หาได้จากผลบวกของการกระจัดของคลื่นทั้งสอง ณ ตำแหน่งและเวลานั้น ๆ** เมื่อคลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ผ่านพ้นกันไปแล้วคลื่นแต่ละคลื่นจะยังคงมีลักษณะเหมือนเดิม และเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดิม

2. **<u>การแทรกสอดแบบหักล้าง หรือการรวมแบบหักล้างกัน</u>** เกิดเมื่อคลื่นสองคลื่นที่มีการกระจัดไปทางทิศตรงข้ามกัน เคลื่อนที่มาพบกัน เช่น สันคลื่นกับท้องคลื่นหรือท้องคลื่นกับสันคลื่น คลื่นทั้งสองจะรวมกันทำให้การกระจัดลัพธ์ ณ ตำแหน่งและเวลาหนึ่ง ๆ มีขนาดน้อยกว่าการกระจัดของคลื่นเดิม **โดยการกระจัดรวมหาได้จากผลต่างของการกระจัดของคลื่นทั้งสอง ณ ตำแหน่งและเวลานั้นๆ** เมื่อคลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ผ่านพ้นกันไปแล้วคลื่นแต่ละคลื่นจะยังคงมีลักษณะเหมือนเดิม และเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดิม

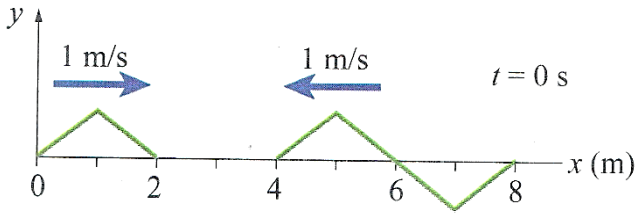


รูปที่ 1 แสดงคลื่น 2 คลื่นที่มีแอมพลิจูดไม่เท่ากันเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกัน

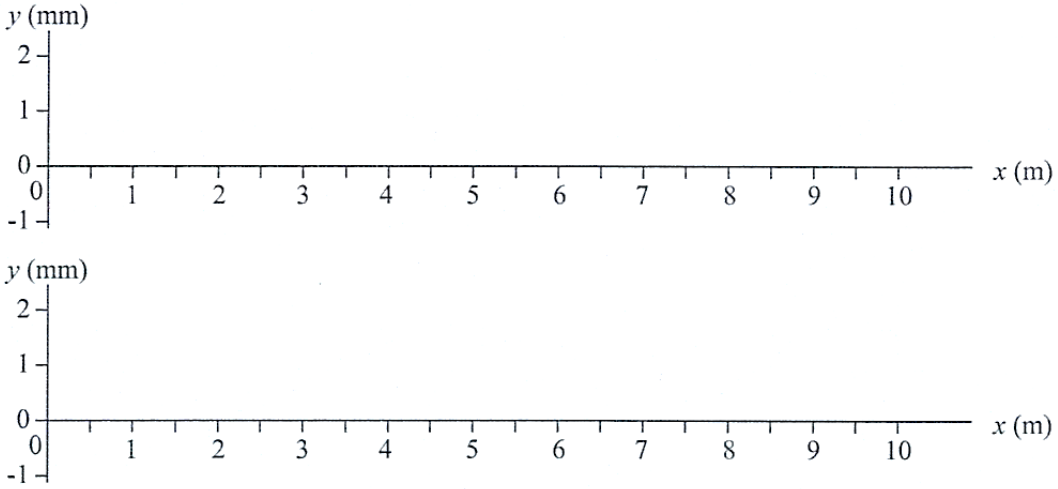
ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. *(หน้า 73)*

ตัวอย่าง

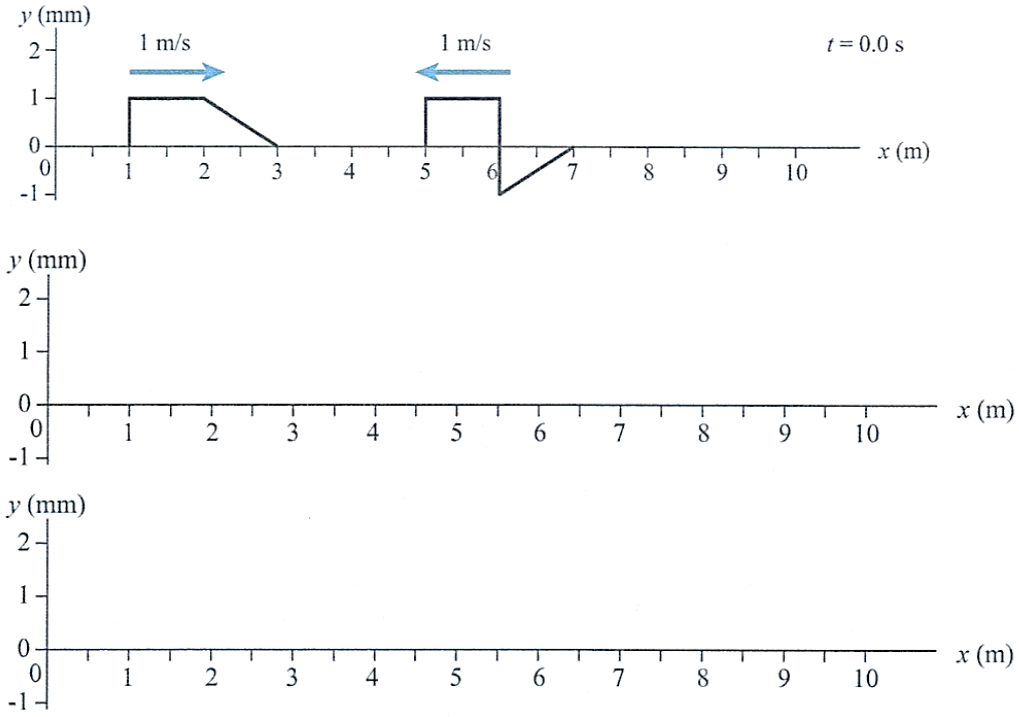
1. มีคลื่นดล 2 คลื่น เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางเดียวกันในทิศทางตรงกันข้าม โดยอัตราเร็วของคลื่นมีค่าเท่ากับ 1.0 เมตร/วินาที และมีรูปร่างดังแสดงในรูปข้างล่าง จงใช้หลักการซ้อนทับ วาดรูปร่างของคลื่นรวมเมื่อเวลาผ่านไป 2 วินาที 3 วินาที และ 4 วินาที



ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 74)

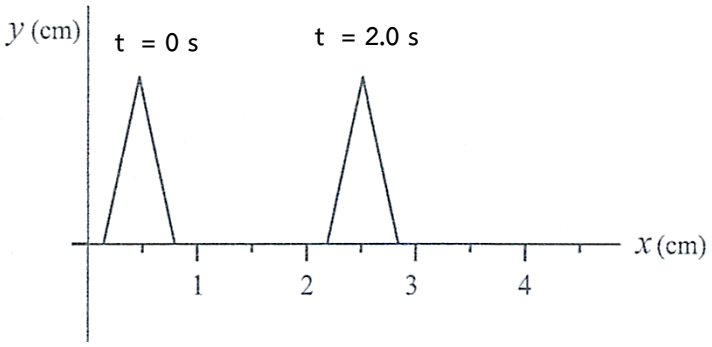


2. คลื่นดล 2 คลื่น มีรูปร่างต่างกัน เคลื่อนที่เข้าหากันด้วยอัตราเร็ว 1 เมตรต่อวินาที ดังรูป จงวาดรูปร่างคลื่นรวมที่เวลาถัดมา ตามที่ระบุในรูป



ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
ครูมือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 90)

3. ภาพแสดงคลื่นดลผ่านตัวกลางชนิดหนึ่ง คลื่นดลนี้มีความเร็วเท่าไร และเมื่อเวลา t=3 วินาที คลื่นดลนี้จะอยู่ที่ตำแหน่งใด



ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 103)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

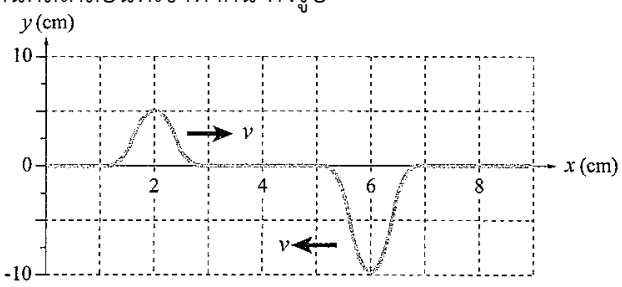
.....

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 4

การซ้อนทับของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

5. ที่เวลา t=0 s คลื่นดลเคลื่อนที่เข้าหากัน ดังรูป



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

ก. ที่เวลา t= 1 s คลื่นทั้งสองซ้อนทับกันได้พอดี ความเร็วของคลื่นเป็นเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

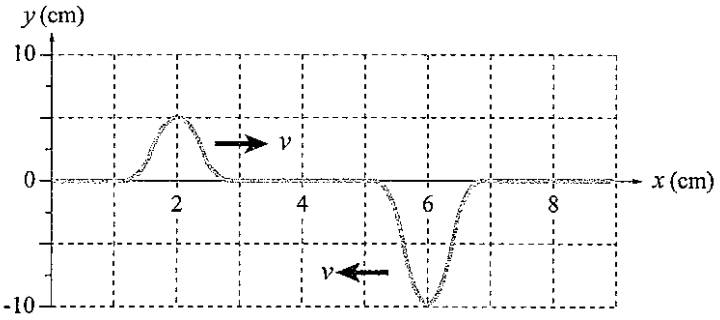
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

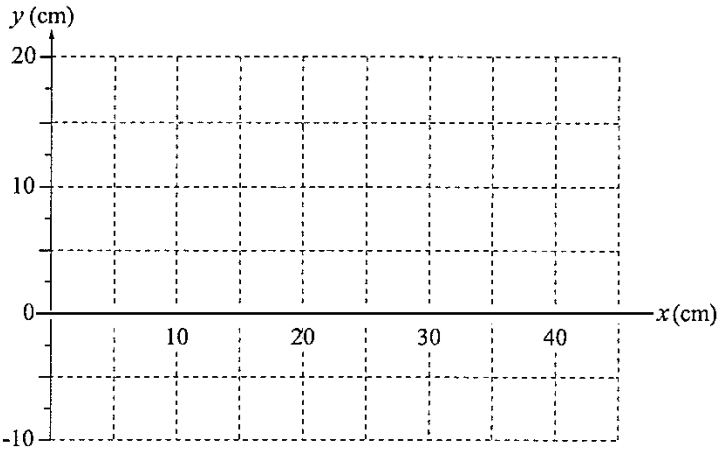
ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

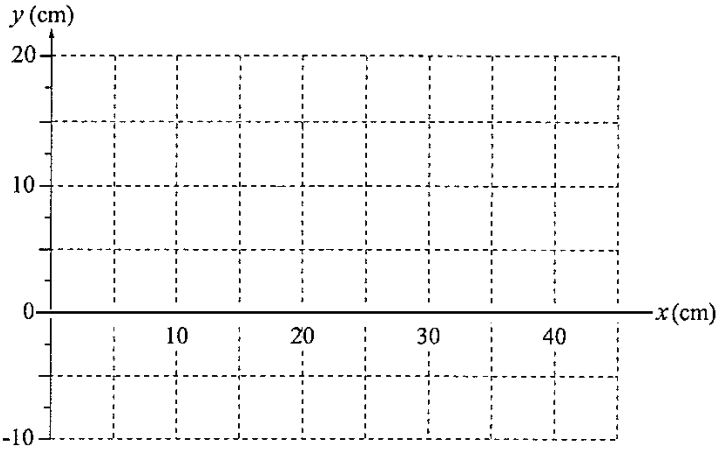
.....

ข. จงวาดภาพการรวมกันของคลื่นทั้งสองที่เวลา *t=1 s* และ *t=2 s*



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





เรื่องที่ 5 การสะท้อนของคลื่น

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด
   1.1 การสะท้อนของคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=npkZI8XGLjI
   https://www.youtube.com/watch?v=t8W4pmLcZ7I&list=PLSdxlgp7CC2TqYjLKs7lbCTWKwd5Pk6_O&index=7
   1.2การทดลองการสะท้อนของคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=-x14M-hwfGI
   1.3การสะท้อนของคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=_zNSe2t0vVY
   1.4 โจทย์การสะท้อนของคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=FwJElsyZ4D4
2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 5 การสะท้อนของคลื่น

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 5 การสะท้อนของคลื่น
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 5 การสะท้อนของคลื่น

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 5 การสะท้อนของคลื่น

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 5

การสะท้อนของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

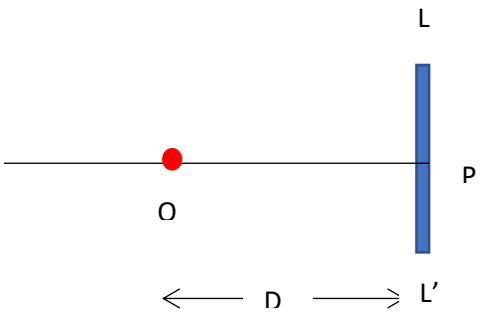
1. เชือกเส้นหนึ่งมีปลายข้างหนึ่งผูกแน่นติดกับเสา เมื่อสร้างคลื่นจากปลายข้างหนึ่งเข้ามาตกกระทบจะเกิดคลื่นสะท้อนขึ้น คลื่นสะท้อนนี้ จะมีเฟสเปลี่ยนไปกี่องศา

.....

.....

.....

2. คลื่นดลลูกหนึ่งถูกทำให้เกิดขึ้นที่จุด O คลื่นดลลูกนี้แผ่ออกไปชนกับกำแพงราบ LL’ ซึ่งอยู่ห่างจากจุด O เป็นระยะทางตั้งฉากเท่ากับ D ในที่สุดจะปรากฏมีคลื่นวิ่งตามกันไปในแนว PO อยากทราบว่า คลื่นทั้งสองวิ่งตามกันด้วยระยะห่างกันเท่าใด

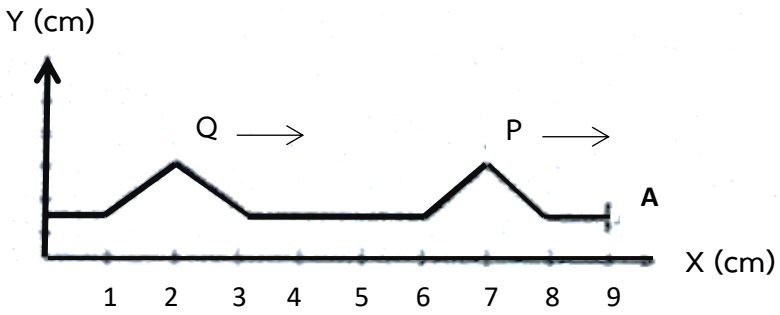


.....

.....

.....

3. ทำให้เกิดคลื่นเดียวกัน 2 ครั้ง บนเส้นเชือกที่ขึงตึงเส้นหนึ่ง ด้วยเวลาห่างกัน 1 วินาที คลื่นทั้งสองวิ่งไปทางขวาเข้าหาจุดตรึง A ดังรูป เวลาผ่านไปเท่าไร เส้นเชือกจึงจะเรียบเป็นเส้นตรง



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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

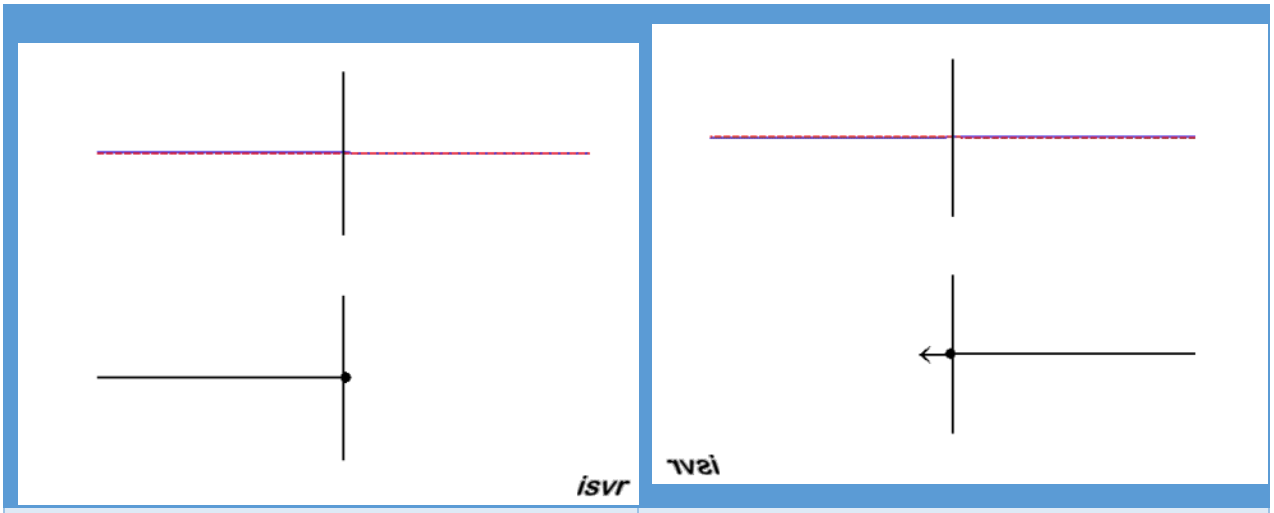
ใบความรู้ก่อนเรียนเรื่องที่ 5

การสะท้อนของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

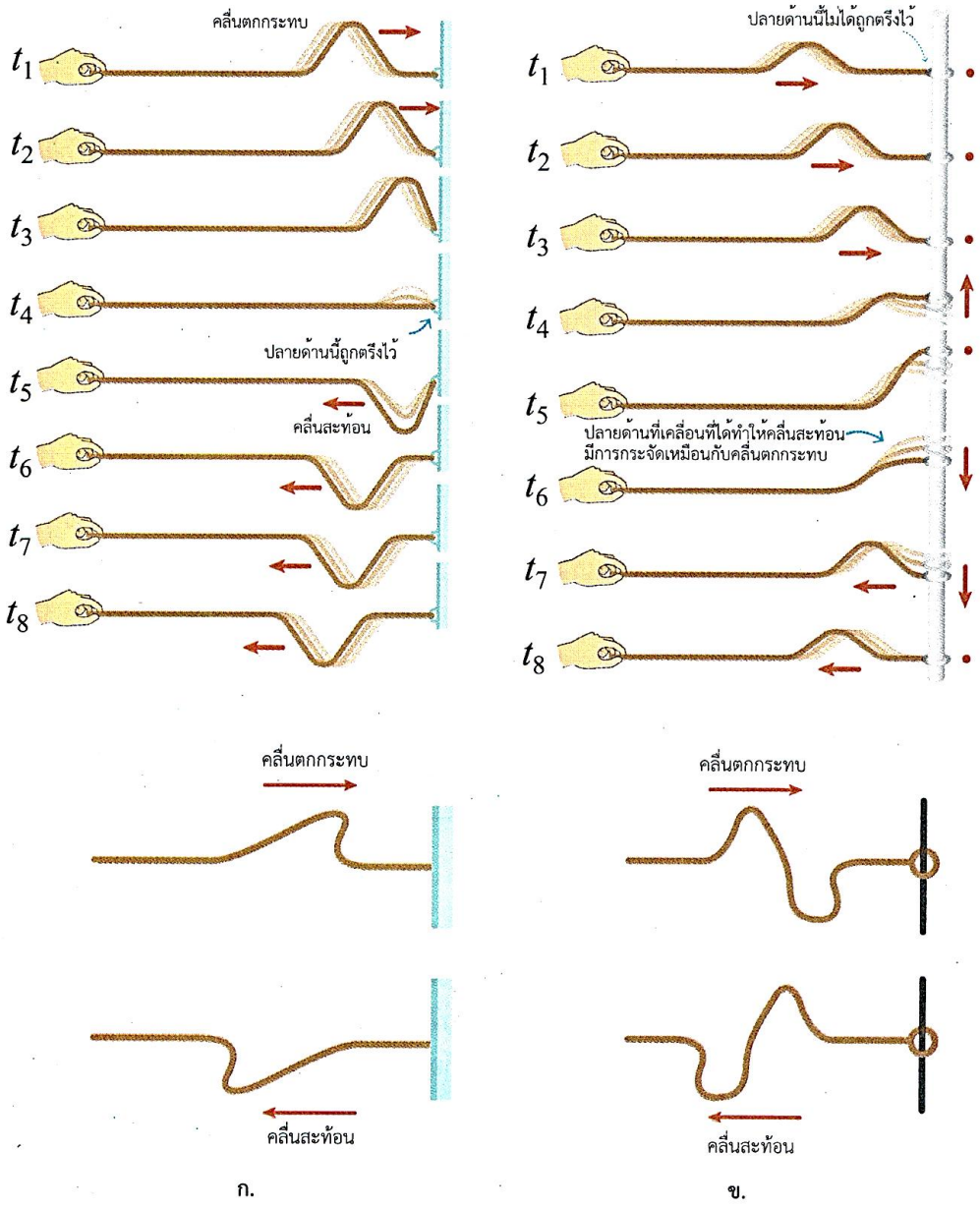
<u>การสะท้อนของคลื่น</u>

คลื่นเคลื่อนที่มาถึงขอบเขตของตัวกลาง เมื่อกระทบรอยต่อของตัวกลาง พบว่าเกิดคลื่นออกมาจากรอยต่อกลับมายังตัวกลางเดิม พฤติกรรมนี้คือการสะท้อนของคลื่น คลื่นที่เคลื่อนที่เข้าหารอยต่อของตัวกลางเรียกว่า คลื่นตกกระทบ (incident waves) คลื่นที่เคลื่อนที่ออกมาจากรอยต่อกลับมายังตัวกลางเดิม เรียกว่า คลื่นสะท้อน (reflected waves) ศึกษารูปร่างการสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือก ดังแสดงในที่ 1 พิจารณา รูป ก. ทางด้านซ้าย แสดงการสะท้อนที่เกิดขึ้นในกรณีที่ปลายเชือกยึดตรึงแน่นกับกำแพง เมื่อคลื่นเคลื่อนที่มาถึงจุดที่ตรึงอยู่กับกำแพง กำแพงจะดึงเชือกลง (เพราะเชือกดึงกำแพงขึ้นกำแพงจึงออกแรงดึงเชือกกลับ ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน) ทำให้เกิดคลื่นสะท้อนกลับที่มีรูปร่างกลับด้าน กล่าวคือ มีการกระจัดของตัวกลางเทียบกับแนวสมดุล ตรงข้ามกับคลื่นตกกระทบหรือกล่าวได้ว่า คลื่นสะท้อนมีเฟสตรงข้ามกับคลื่นตกกระทบ แต่ถ้าปลายเชือกสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังแสดงในรูปด้านขวาของรูปที่ 1ข คลื่นที่สะท้อนออกมาจะมีการกระจัดของตัวกลางที่มีทิศทางเดียวกับคลื่นตกกระทบหรือกล่าวได้ว่า คลื่นสะท้อนมีเฟสตรงกันกับคลื่นตกกระทบ



รูปแสดงการสะท้อนปลายถูกตรึง	รูปแสดงการสะท้อนปลายอิสระ

รูปที่ 1 การสะท้อนของคลื่นปลายถูกตรึง และปลายอิสระ



รูปที่ 2 แสดงการสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือก 2 ลักษณะ ก. ปลายเชือกถูกตรึงให้อยู่กับที่ ข. ปลายเชือกมีอิสระในการเคลื่อนที่ขึ้นลง รูปด้านล่างแสดงกรณี (ถ้าเกิดขึ้นได้) ที่คลื่นตกกระทบมีรูปร่างที่ไม่สมมาตร

ทีมา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 78)

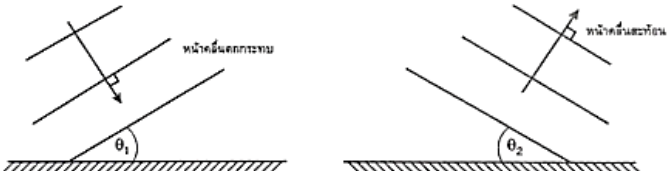
สรุปลักษณะของคลื่นสะท้อน

- จุดสะท้อนตรึงแน่น คลื่นสะท้อนมีลักษณะตรงข้ามกับคลื่นตกกระทบ คือ เข้าเป็นสันคลื่นออกเป็นท้องคลื่นหรือเข้าเป็นท้องคลื่นออกเป็นสันคลื่น ดังนั้นเฟสเปลี่ยน 180 (เฟสตรงข้ามกัน)
- จุดสะท้อนอิสระ คลื่นสะท้อนมีลักษณะเหมือนกับคลื่นตกกระทบ คือ เข้าเป็นสันคลื่นออกเป็นสันคลื่น หรือเข้าเป็นท้องคลื่นออกเป็นท้องคลื่น ดังนั้นเพสไม่เปลี่ยน (เฟสตรงกัน)

<u>การสะท้อนของคลื่นผิวน้ำ</u>

เนื่องจากคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ไป จะทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดการสั่นขึ้นสั่นลง และเมื่อคลื่นน้ำไปกระทบสิ่งกีดขวาง หรือผิวสะท้อน โมเลกุลน้ำบริเวณผิวตัวสะท้อนจะสั่นขึ้นสั่นลงได้โดยอิสระ การสะท้อน ของน้ำจึงเหมือนกับการสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกที่จุดสะท้อนอิสระ **ดังนั้นเฟสของคลื่นจากการทดลองการสะท้อนจะไม่เปลี่ยน**

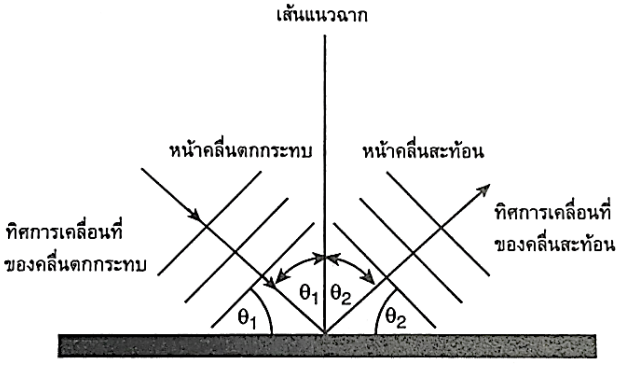
จากการทดลองการสะท้อนของคลื่นผิวน้ำหน้าตรง พบว่าในการสะท้อนแต่ละครั้ง มุมที่หน้าคลื่นตกกระทบทำกับผิวสะท้อนจะเท่ากับมุมที่หน้าคลื่นสะท้อน ทำกับผิวสะท้อนเสมอ ดังรูปแสดงมุมที่หน้าคลื่นตกกระทบ และมุมที่หน้าคลื่นสะท้อนทำกับแผ่นสะท้อนตรง



รูปที่ 3 แสดงหน้าคลื่นตกกระทบ หน้าคลื่นสะท้อนที่ทำกับแผ่นสะท้อนตรง

ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554,หน้า 38)

คลื่นตกกระทบ และทิศทางของคลีนสะท้อนไนการเกิดการสะท้อนได้ดังรูป 4



เมื่อ θ_1 คือมุมตกกระทบ
(มุมระหว่างทิศทางคลื่นกับเส้นแนวฉาก)
เมื่อ θ_2 คือมุมสะท้อน
(มุมระหว่างทิศทางคลื่นกับเส้นแนวฉาก)
เส้นแนวฉากหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าเส้นปกติ **(normal line)**

รูปที่ 4 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นสะท้อน

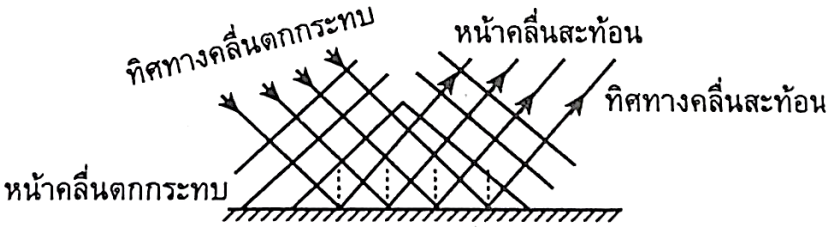
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554,หน้า 39)

สรุปเป็นกฎการสะท้อนได้ว่า

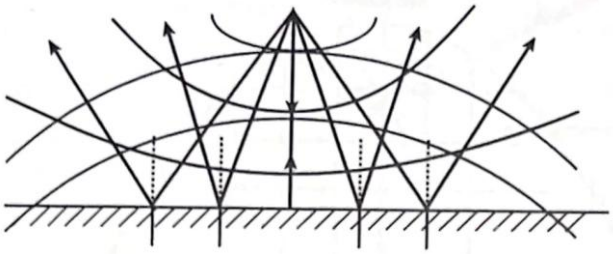
1. มุมตกกระทบ เท่ากับมุมสะท้อน $(\theta_1 = \theta_2)$

2. ทิศทางคลื่นตกกระทบ เส้นแนวฉากและทิศทางคลื่นสะท้อนอยู่ในระนาบเดียวกัน

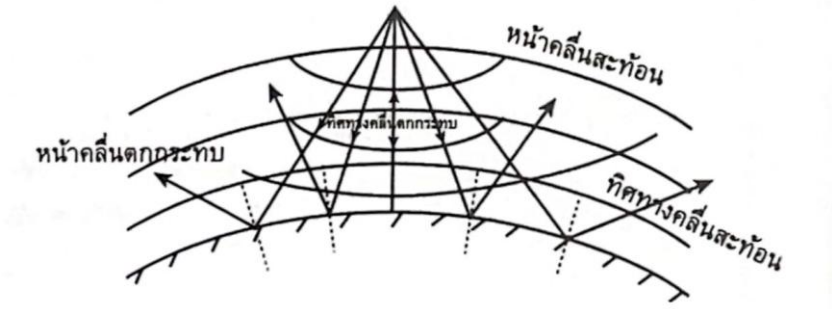
<u>การสะท้อนของคลื่นน้ำแบบต่างๆ</u>



รูปที่ 5 การสะท้อนของคลื่นหน้าตรงจากผิวสะท้อนเรียบตรง
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554,หน้า 39)



รูปที่ 6 การสะท้อนของคลื่นหน้าโค้งจากผิวสะท้อนเรียบตรง
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554,หน้า 40)



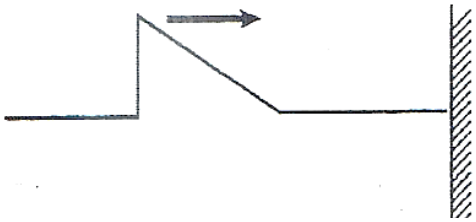
รูปที่ 7 การสะท้อนของคลื่นหน้าโค้งจากผิวสะท้อนโค้งนูน
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554,หน้า 40)

ตัวอย่าง

1. คลื่นดลดังรูป เคลื่อนที่ตกกระทบผิวสะท้อนอิสระ คลื่นสะท้อนจะมีรูปร่างอย่างไร

ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 80)

2. จากรูปแสดงถึงคลื่นตกกระทบในเส้นเชือก ซึ่งปลายข้างหนึ่งของเชือกผูกติดอยู่กับกำแพง เมื่อคลื่นตกกระทบกับกำแพงแล้วจะเกิดคลื่นสะท้อนขึ้นดังรูปใด



ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 80)

3. คลื่นน้ำหน้าตรงเคลื่อนที่เข้ากระทบผิวสะท้อนราบเรียบจะเกิดการสะท้อนขึ้น คลื่นน้ำที่สะท้อนออกมามีเฟสเปลี่ยนไปกี่องศา

.....

.....

.....

4. เชือกเส้นหนึ่งมีปลายข้างหนึ่งผูกติดกับเสา เมื่อสร้างคลื่นดลจากปลายข้างหนึ่งเข้ามาตกกระทบ จะเกิดคลื่นสะท้อนขึ้น คลื่นสะท้อนนี้มีเฟสเปลี่ยนไปกี่องศา

.....

.....

.....

5. เมื่อมีจุดกำเนิดคลื่นอยู่ที่จุดโฟกัสของผิวสะท้อนรูปพาราโบลา ให้คลื่นไปกระทบผิวสะท้อน คลื่นสะท้อนจะมีลักษณะอย่างไร

.....

.....

.....

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 5

การสะท้อนของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. จงเขียนหน้าคลื่นสะท้อนที่เกิดจากคลื่นหน้าตรงสะท้อนจากผิวสะท้อนโค้ง

2. จงเขียนหน้าคลื่นสะท้อนที่เกิดจากคลื่นวงกลมสะท้อนจากผิวสะท้อนเรียบตรง

เรื่องที่ 6 การหักเหของคลื่น

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด
   1.1 การหักเหของคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=2ihHgFuEQy8
   1.2 การทดลองหักเหของคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=TIjGMDFCG4M
   1.3 โจทย์การหักเหของคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=t1uQJ4pWnpQ
2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 6 การหักเหของคลื่น

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 6 การหักเหของคลื่น
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 6 การหักเหของคลื่น

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 6 การหักเหของคลื่น

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 6

การหักเหของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. คลื่นน้ำเคลื่อนที่จากเขตน้ำลึกเข้าไปยังเขตน้ำตื้น โดยมีรอยต่อของเขตทั้งสองเป็นเส้นตรง ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบทำมุมกับแนวรอยต่อ 30 องศา ทำให้ความยาวคลื่นในเขตน้ำตื้นเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นในเขตน้ำลึก อยากทราบว่าหน้าคลื่นหักเหทำมุมกับเขตรอยต่อเป็นมุมเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

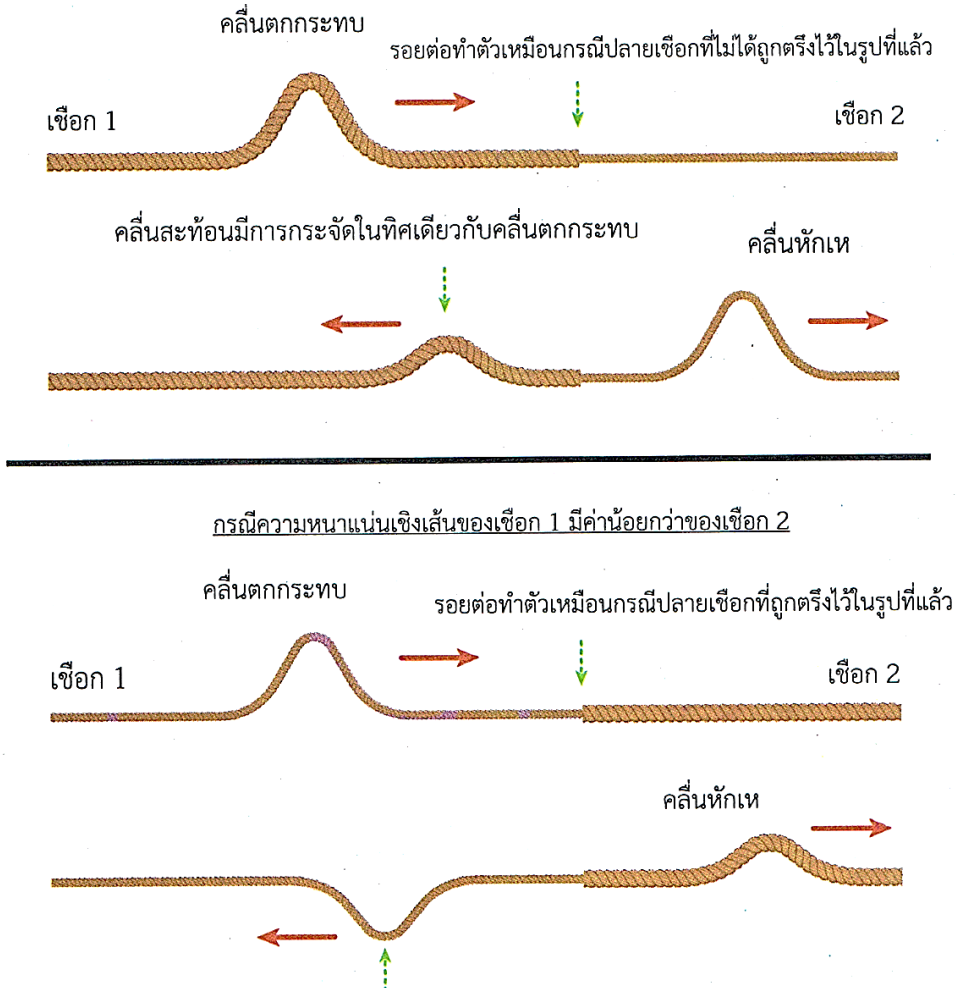
.....

ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 6

การหักเหของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

<u>การหักเหของคลื่น</u>



รูปที่ 1 แสดงการสะท้อนและการหักเหของคลื่นที่รอยต่อระหว่างตัวกลางที่เป็นเชือก 2 เส้นต่อกัน

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 83)

- ทั้งคลื่นสะท้อนและคลื่นหักเหนั้นจะมีแอมพลิจูดเล็กกว่าคลื่นตกกระทบ โดยผลรวมของพลังงานคลื่นสะท้อนกับของคลื่นหักเห จะเท่ากับพลังงานของคลื่นตกกระทบ

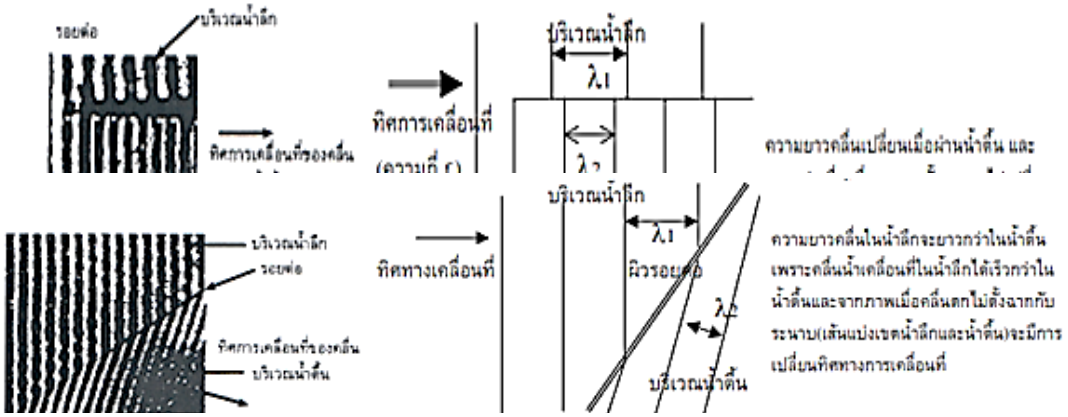
- คลื่นหักเหจะมีอัตราเร็วที่ต่างไปจากคลื่นตกกระทบ เพราะเคลื่อนที่ในตัวกลางที่มีสมบัติต่างกัน

- ถ้าคลื่นเคลื่อนที่จากเชือกที่มีความหนาแน่นเชิงเส้นต่ำไปตกกระทบเชือก ที่มีความหนาแน่นเชิงเส้นสูงกว่า คลื่นสะท้อนจะมีการกระจัดของตัวกลางในทิศตรงข้ามกับคลื่นตกกระทบ (หรือ มีเฟสตรงข้ามกัน)

- ถ้าคลื่นเคลื่อนที่จากเชือกที่มีความหนาแน่นเชิงเส้นสูงไปตกกระทบเชือกที่มีความหนาแน่นเชิงเส้นต่ำกว่า คลื่นสะท้อนจะมีการกระจัดของตัวกลางในทิศทางเดียวกับคลื่นตกกระทบ (หรือ มีเฟสตรงกัน)

<u>คลื่นน้ำ</u>

เมื่อคลื่นกระทบรอยต่อของตัวกลาง คลื่นส่วนหนึ่งสะท้อนกลับไปในตัวกลางเดิม อีกส่วนหนึ่ง เคลื่อนที่ผ่านไปในอีกตัวกลางหนึ่งเรียกว่า **คลื่นหักเห (refracted waves)** หรือบางครั้งเรียกว่า **คลื่นที่ผ่านไป (transmitted waves)** เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน จะทำให้**ความเร็วของคลื่นและความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงแต่ความถี่คงเดิม** จากการทดลองของคลื่นผิวน้ำพบว่าเมื่อให้คลื่นเคลื่อนที่ในทิศไม่ตั้งของตัวกลาง พบว่านอกจากความเร็วของคลื่น และความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงแล้วทิศทางของคลื่นยังเปลี่ยนแปลงด้วยเราเรียกปรากฏการณ์ที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางที่มีสมบัติต่างกันแล้วทำให้ทิศทางการเคลื่อนของคลื่นเปลี่ยนไปเช่นนี้ว่า การหักเหของคลื่น ดังรูป



รูปที่ 2 การหักเหของคลื่นน้ำ

ที่มา : http://www.brr.ac.th/oldweb/knowledge/physic-cyber/lessonplan/lesson02.pdf

จะเห็นว่า อัตราเร็วคลื่นบริเวณน้ำลึกจะเร็วกว่าอัตราเร็วคลื่นบริเวณน้ำตื้น จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วคลื่นกับความลึกเป็น

$$v = \sqrt{gd}$$

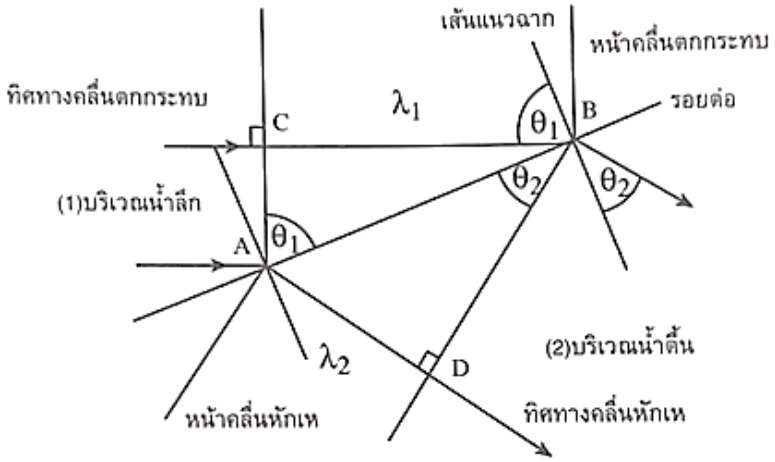
*** สมการนี้ใช้ในกรณีน้ำตื้น $\lambda \gg d$

*** หากเป็นกรณีน้ำลึกอัตราเร็วของคลื่นจะขึ้นความถี่เพียงอย่างเดียว

โดยที่ v คือ อัตราเร็วคลื่นน้ำ หน่วย เมตรต่อวินาที

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง หน่วยเมตรต่อวินาทียกกำลังสอง

d คือ ความลึกของน้ำ หน่วยเมตร



รูปที่ 3 แสดงมุมตกกระทบ (θ_1) และมุมหักเห (θ_2)

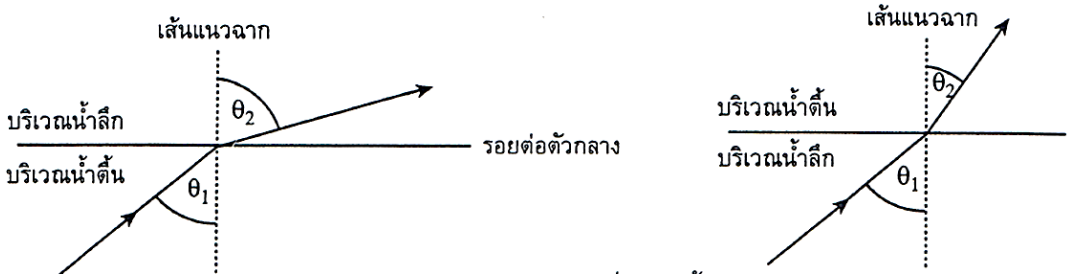
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 42)

จากรูปที่ 3 ให้พิสูจน์สมการ $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2}$

กฎการหักเห

1. ทิศทางคลื่นตกกระทบเส้นแนวฉากและทิศทางคลื่นหักเหอยู่ในระนาบเดียวกัน

2. อัตราส่วนของค่า sine ของมุมตกกระทบต่อค่า sine ของมุมหักเหสำหรับตัวกลางคู่หนึ่ง ๆ จะมีค่าคงที่เสมอ



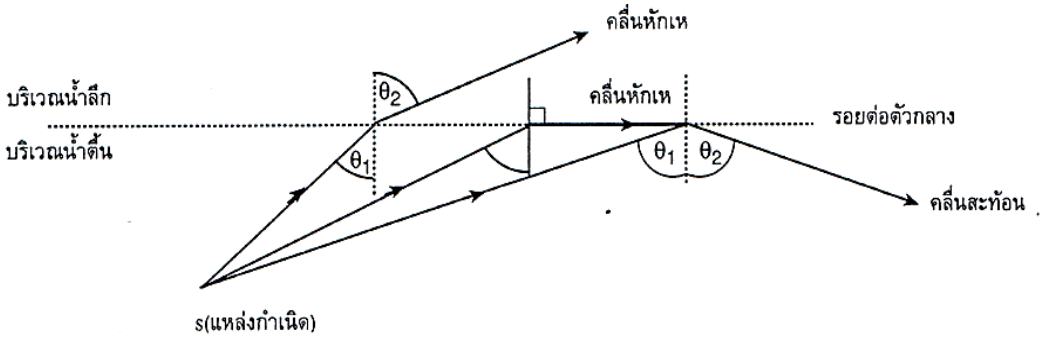
รูปที่ 4 แสดงการหักเหของคลื่นผิวน้ำ
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 43)

1. คลื่นเคลื่อนที่จากน้ำตื้น (v น้อย, θ น้อย) สู่น้ำลึก (v มาก, θ มาก) ทิศทางคลื่นหักเหจะเบนออกจากเส้นแนวฉาก

2. คลื่นเคลื่อนที่จากน้ำลึก (v มาก, θ มาก) สู่น้ำตื้น (v น้อย, θ น้อย) ทิศทางคลื่นทักเหจะเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก

มุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมด

เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำตื้นเข้าสู่บริเวณน้ำลึกจะทำให้เกิดการหักเหโดยทิศทางคลื่นหักเหจะเบนออกจากแนวเส้นแนวฉาก ถ้ามุมหักเหของคลื่นเท่ากับ 90 พอดีมุมตกกระทบนี้เรียกว่า มุมวิกฤต (Critical angle !) และถ้ามุมตกกระทบโตกว่ามุมวิกฤตจะเกิดการสะท้อนขึ้นที่รอยต่อของตัวกลางทั้งสองเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การสะท้อนกลับหมด (Total Reflection) ดังรูป



รูปที่ 5 แสดงการเกิดมุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมดของคลื่นผิวน้ำ
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 44)

ตัวอย่าง

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

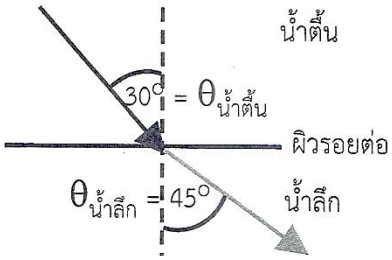
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. ถ้าคลื่นเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำตื้นมีความยาวคลื่น 45 เซนติเมตร ไปสู่น้ำลึกความยาวคลื่นเปลี่ยนเป็น 60 เซนติเมตร จงหาดรรชนีหักเหของตัวกลางน้ำลึกเทียบกับตัวกลางน้ำตื้น

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

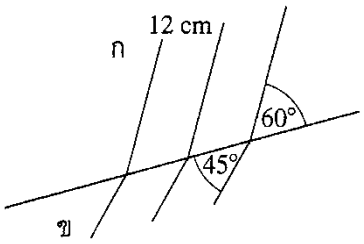
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4. คลื่นน้ำเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีความลึกต่างกัน เกิดปรากฏการณ์ดังรูป 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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

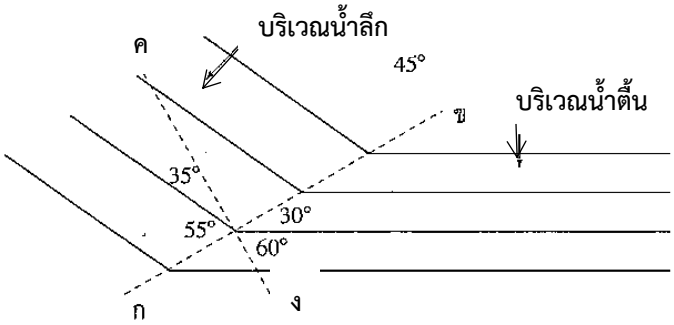
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

5. จากรูป แสดงหน้าคลื่นตกกระทบและหน้าคลื่นหักเหของคลื่นผิวน้ำที่เคลื่อนที่จากเขตน้ำลึกไปยังน้ำตื้นเมื่อ กข คือเส้นรอยต่อระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้น จงหาอัตราส่วนความเร็วของคลื่นในน้ำลึกต่อความเร็วของคลื่นในน้ำตื้น



ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563, หน้า 95)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

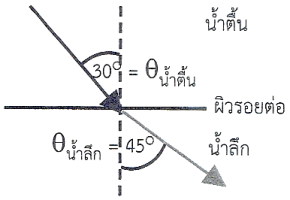
.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 7 การแทรกสอดของคลื่น

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด
   1.1 การแทรกสอดองคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=QsDqTSulPR4
   1.2 การทดลองการแทรกสอดของคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=UGQOKGGZTk&t=16s
   1.3 โจทย์การแทรกสอดของคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=8oAFhUyQngQ&t=105s
2. ใบงานก่อนเรียนเรื่อง 7 การแทรกสอดของคลื่น

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่อง 7 การแทรกสอดของคลื่น
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่อง 7 การแทรกสอดของคลื่น

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

5. ใบงานหลังเรียนเรื่อง 7 การแทรกสอดของคลื่น

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 7

การแทรกสอดของคลื่น

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

1. แหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ 2 แหล่งห่างกัน 10 เซนติเมตร ให้คลื่นที่มีความยาวคลื่นเท่ากัน 2.5 เซนติเมตร เฟสตรงกัน จงหาว่าตำแหน่งต่อไปนี้อยู่บนแนวบัพหรือปฏิบัพที่เท่าไร

   ก. จุด A อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นระยะ 12 เซนติเมตร และ 17 เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ข. จุด B อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นระยะ 14.5 เซนติเมตร และ 15.75 เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....ใ.....

.....

.....

.....ใ.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ข. จำนวนบัพและปฏิบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

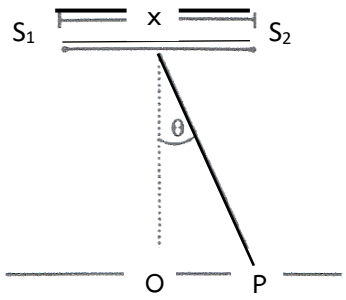
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. จากรูป ถ้าจุด P เป็นจุดที่เกิดการแทรกสอดแบบเสริมกัน จุดที่ 2 จากแนวกลาง อยากทราบว่ามุมที่เบนจากแนวกลางมีค่าเท่าใด



ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 58)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบความรู้ก่อนเรียนเรื่องที่ 7

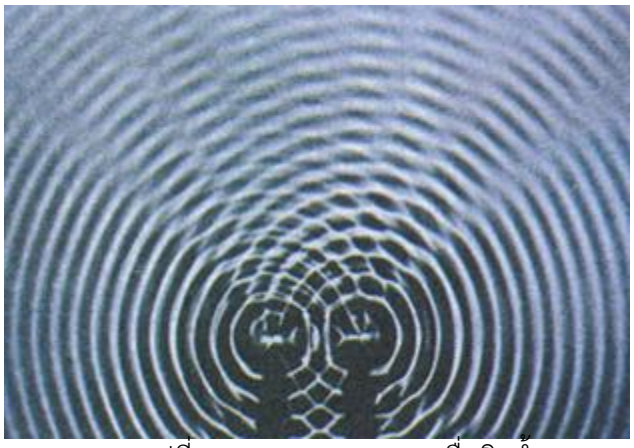
การแทรกสอดของคลื่น

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

<u>การแทรกสอดของคลื่น</u>

เมื่อมีคลื่นตั้งแต่สอง 2 คลื่นเคลื่อนที่มาพบกันจะเกิดการรวมกันแบบเสริมหรือแบบหักล้างกัน เรียกสมบัติการรวมกันของคลื่นนี้ว่า **การแทรกสอด**

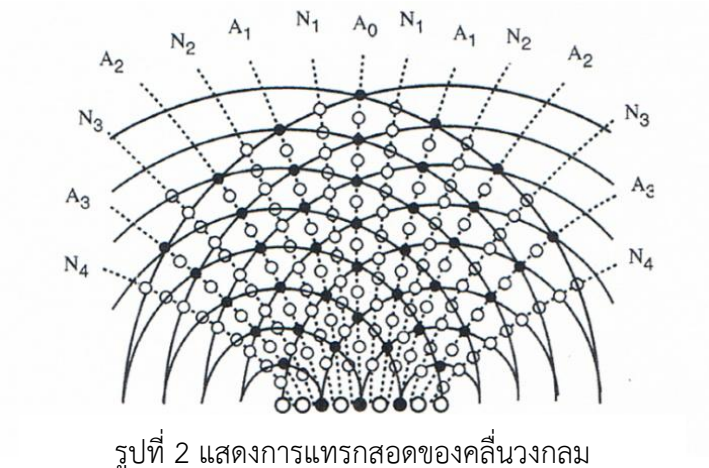
แหล่งกำเนิดอาพันธ์ (Coherent Source) คือแหล่งกำเนิดคลื่นที่ให้คลื่นมีความถี่เท่ากันมีเฟสต่างกันคงที่หรือมีเฟสตรงกัน



รูปที่ 1 การแทรกสอดของคลื่นผิวน้ำ

ที่มา :http://118.174.134.188/sciencelab/senior/item03/lab67/lab67.php

จากรูปที่ 1 เราจะสามารถศึกษาการแทรกสอดของคลื่นผิวน้ำโดยการเขียนรูปการแทรกสอดของคลื่นหน้าวงกลมโดยให้ S_1 , S_2 เป็นจุดกำเนิดคลื่นอาพันธ์ ให้คลื่นแผ่ออกไปรอบ ๆ โดยให้จุดกำเนิดทั้งสองมีระยะห่างกัน d สั่นด้วยความถี่เท่ากันและเฟสตรงข้ามกันจะได้ภาพการแทรกสอดคลื่นดังรูป 2



รูปที่ 2 แสดงการแทรกสอดของคลื่นวงกลม

ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554,หน้า 51)

จุด ○ เป็นตำแหน่งที่สันคลื่นจากแหล่งกำเนิด S_1 , S_2 พบกัน ผิวน้ำจะนูนมากที่สุด

จุด ● เป็นตำแหน่งที่สันคลื่นจากแหล่งกำเนิด S_1 , S_2 พบกัน ผิวน้ำจะนูนมากที่สุด

จุด ◓ เป็นตำแหน่งที่ท้องคลื่นพบกับสันคลื่น น้ำจะกระเพื่อมน้อยที่สุดหรือไม่กระเพื่อม

แนวปฏิบัพ คือ แนวที่ลากผ่านจุด ○ หรือจุด ● A_0 , A_1 , A_2 , ... ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มี**การแทรกสอดแบบเสริมกัน**

แนวบัพ คือ แนวที่ลากผ่านจุด ◓ N_1 , N_2 , N_3 , ... ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มี**การแทรกสอดแบบหักล้างกัน**

โดยที่ A คือ แนวการแทรกสอดแบบเสริม (Antinode) “ปฏิบัพ”

N คือ แนวการแทรกสอดแบบหักล้าง (Node) “บัพ”

A_n คือ แนวเสริมที่ n

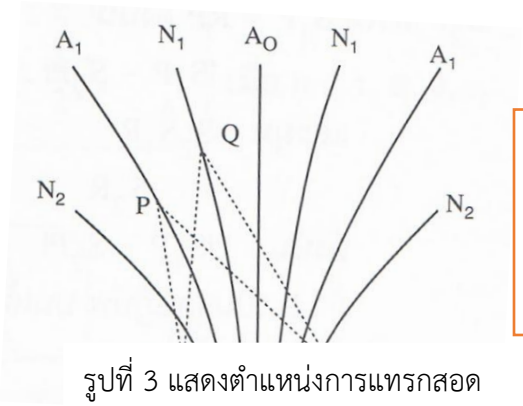
N_n คือแนวหักล้างที่ n

P , Q อยู่บนแนวเสริมและหักล้างใด ๆ

Path difference (path diff) หรือ Δr คือ ผลต่างของระยะห่างจากแหล่งกำเนิด S_1 , S_2 ไปยังจุด P หรือ Q

$$\text{path diff } (\Delta r) = |S_1P - S_2P|$$

$$\text{หรือ } \Delta r = |S_1Q - S_2Q|$$



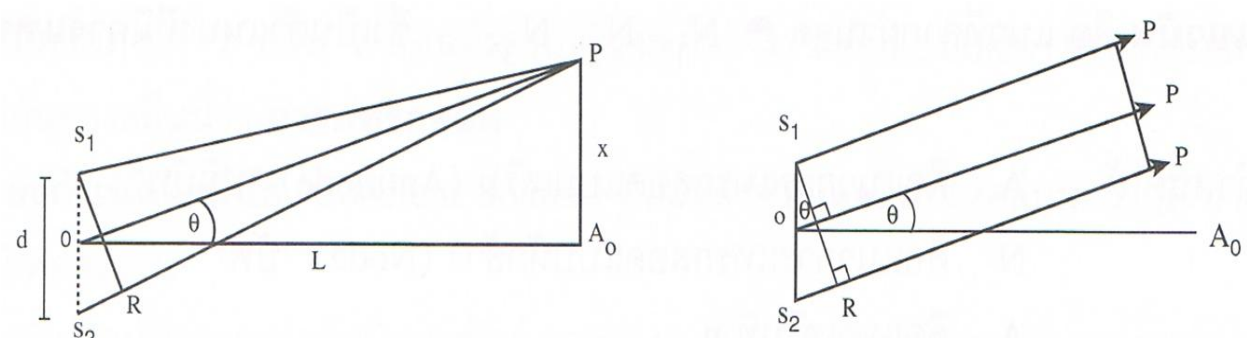
รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งการแทรกสอด
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554,หน้า 52)

หมายเหตุ ณ ตำแหน่งการแทรกสอดที่ไกลที่สุด ที่เป็นไปได้จะอยู่ในแนวเดียวกับ S_1 , S_2 ดังนั้น **path diff** ที่มากที่สุด = d

โดยที่ d คือระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิด S_1 , S_2

พิจารณาบนแนวปฏิบัพ ใดๆ (A ใดๆ) $|S_1P - S_2P| = n\lambda$ เมื่อ n = 0, 1, 2, 3, ...

พิจารณาบนแนวบัพ ใดๆ (N ใดๆ) $|S_1Q - S_2Q| = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$ เมื่อ n = 1, 2, 3, ...



รูปที่ 4 การแทรกสอดที่จุด P ซึ่งไกลมาจากแหล่งกำเนิด S_1 , S_2
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554,หน้า 53)

แหล่งกำเนิด S_1 , S_2 เฟสตรงกันอยู่ห่างกัน d ให้คลื่นออกจาก S_1 , S_2 ไปพบกันที่จุด P ซึ่งอยู่ห่างจากแนวกลาง (A_0) เป็นระยะ x และห่างจากแนว S_1 , S_2 เป็นระยะ L เส้นตรง OP ทำมุม θ กับแนวกลาง

เนื่องจากจุด P อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดมากจึงประมาณได้ว่า S_1P , S_2P , OP ขนานกัน ดังรูป

จากรูป

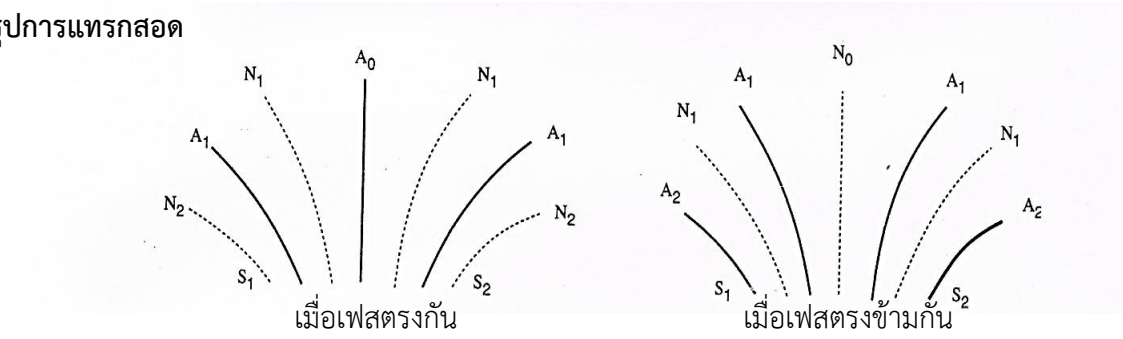
$$|S_1P - S_2P| = S_2R$$
$$|S_1P - S_2P| = d\sin\theta$$

ถ้า P เป็นจุดปฏิบัพ บนแนวเส้น A_n และ P อยู่ไกลมากจะประมาณได้ว่า $\Longrightarrow$ $d\sin\theta = n\lambda$ ***n = 0, 1, 2, ...***

ถ้า P เป็นจุดบัพบนแนวเส้น N_n จะได้ว่า ⟹ $d \sin\theta = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$ **n = 1, 2, 3, ...**

****n** คือตัวเลขแสดงลำดับที่ของแนวบัพและแนวปฏิบัพ

สรุปการแทรกสอด



รูปที่ 5 แสดงแนวปฏิบัพและบัพ
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554,หน้า 53)

เมื่อเฟสตรงกัน

เสริมกัน (ปฏิบัพ)

$$|S_1P - S_2P| = n\lambda$$
$$d\sin\theta = n\lambda$$

เมื่อ n = 0, 1, 2, ...

หักล้างกัน (บัพ)

$$|S_1Q - S_2Q| = (n - \tfrac{1}{2})\lambda$$
$$d\sin\theta = (n - \tfrac{1}{2})\lambda$$

เมื่อ n = 1, 2, 3, ...

เมื่อเฟสตรงข้ามกัน

เสริมกัน (ปฏิบัพ)

$$|S_1P - S_2P| = (n - \tfrac{1}{2})\lambda$$
$$d\sin\theta = (n - \tfrac{1}{2})\lambda$$

เมื่อ n = 1, 2, 3, ...

หักล้างกัน (บัพ)

$$|S_1Q - S_2Q| = n\lambda$$
$$d\sin\theta = n\lambda$$

เมื่อ n = 0, 1, 2 ...

ตัวอย่าง

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

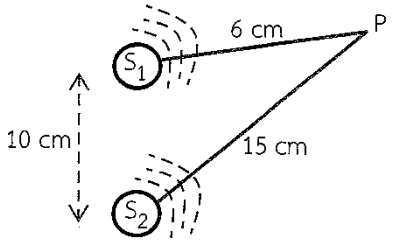
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

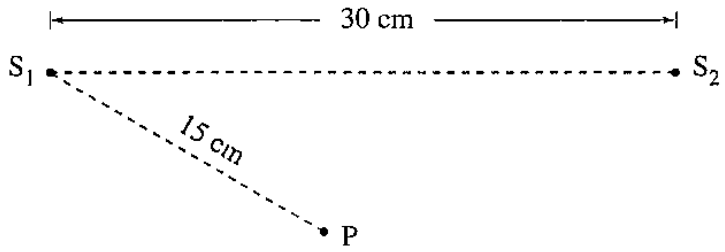
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

5. จากข้อ 4 จุด P จะต้องอยู่ห่างจาก S_1 เป็นระยะเท่าไร จึงจะมีแนวบัพ N_3 ผ่านพอดี

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

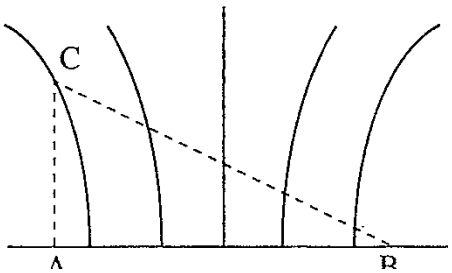
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

7. แหล่งกำเนิดคลื่นน้ำสร้างคลื่นสองตำแหน่ง A และ B มีความยาวคลื่น 1.5 เซนติเมตร และได้แนวของเส้นปฏิบัติดังแสดงในรูป อยากทราบว่า AC และ BC มีความยาวต่างกันเท่าไร



ที่มา : มานัส มงคลสุข (2555, หน้า 34)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 8 การเลี้ยวเบนของคลื่น

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด
   1.1 การเลี้ยวเบนของคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=eTESJwAV-cg
   https://www.youtube.com/watch?v=ptJ1sdtUUYE
   1.2 การทดลองการเลี้ยวเบนของคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=WMxgnnTyKkY
   1.3 โจทย์การเลี้ยวเบนของคลื่น
   https://www.youtube.com/watch?v=iYy6Kj8iSFA
2. ใบงานก่อนเรียนเรื่อง 8 การเลี้ยวเบนของคลื่น

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่อง 8 การเลี้ยวเบนของคลื่น
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่อง 8 การเลี้ยวเบนของคลื่น

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

5. ใบงานหลังเรียนเรื่อง 8 การเลี้ยวเบนของคลื่น

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 8

การเลี้ยวเบนของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. ช่องเปิดเดี่ยวกว้าง 6 เซนติเมตร ให้หน้าคลื่นตรงมีความยาวคลื่น 2 เซนติเมตร คลื่นเคลื่อนที่ผ่านจงหาแนวบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. คลื่นน้ำหน้าตรงมีความยาวคลื่น 2.5 เซนติเมตร ผ่านอย่างตั้งฉากกับช่องเปิดเดี่ยวซึ่งกว้าง 8 เซนติเมตร จงหา

ก. แนวบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ข. แนวบัพที่ 2 เบนจากแนวกลางเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ค. แนวปฏิบัพแรกเบนจากแนวกลางเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบความรู้ก่อนเรียนเรื่องที่ 8

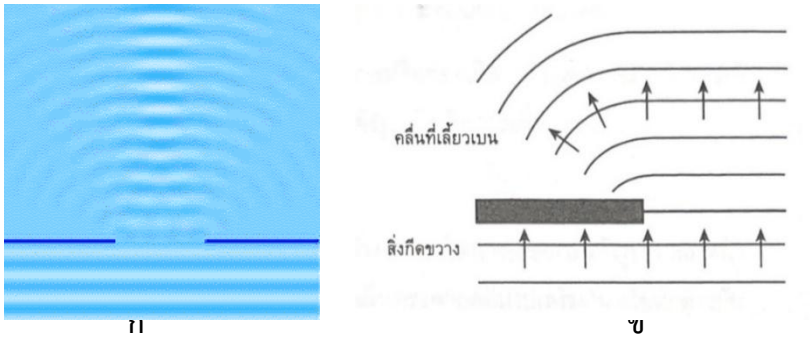
การเลี้ยวเบนของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

<u>การเลี้ยวเบนของคลื่น</u>

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านสิ่งกีดขวางคลื่นส่วนที่กระทบสิ่งกีดขวางจะสะท้อนกลับคลื่นบางส่วนที่ผ่านไปได้จะสามารถแผ่จากขอบของสิ่งกีดขวางเข้าไปทางด้านหลังของสิ่งกีดขวางนั้นคล้ายกับคลื่นเคลื่อนที่อ้อมผ่านสิ่งกีดขวางนั้นได้เรียกปรากฏการณีนี้ว่า **การเลี้ยวเบนของคลื่น**

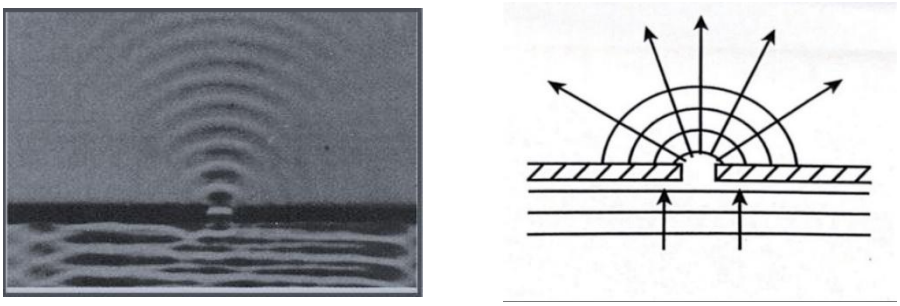
ในการเลี้ยวเบนของคลื่นยังคงมีความยาวคลื่น ความถี่ และอัตราเร็วเท่าเดิม



รูปที่ 1 การเลี้ยวเบนของคลื่นผ่านสิ่งกีดขวาง

รูป ก ที่มา :http://kruweerajit1.blogspot.com/p/blog-page_09.html

รูป ข ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 67)



รูปที่ 2 การเลี้ยวเบนของคลื่นผิวน้ำผ่านช่องแคบหรือสลิตเดี่ยว

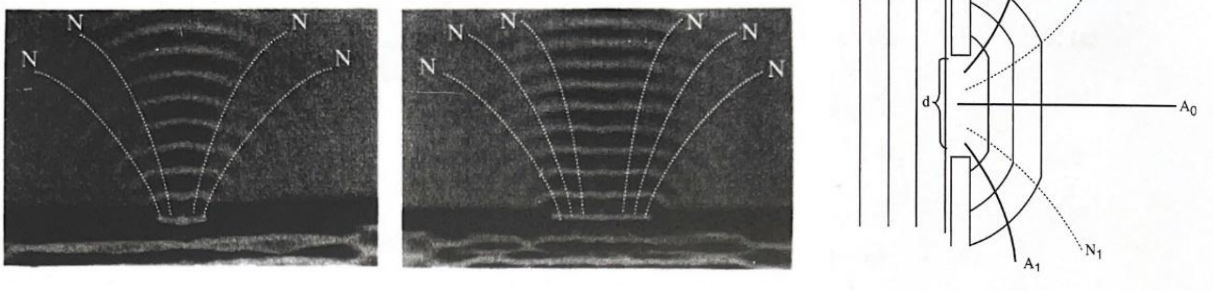
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 68)

เมื่อคลื่นผ่านสิ่งกีดขวางหรือช่องเปิดแคบ 1 จะเกิดการเลี้ยวเบนมากยิ่งขึ้น ถ้าช่องเปิดนี้มีความกว้างเท่ากับหรือน้อยกว่าความยาวคลื่น แล้วคลื่นจะแผ่ออกจากช่องเปิดนั้นโดยรอบ ช่องเปิดนี้เรียกว่า สลิต ซึ่งเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นวงกลมการที่คลื่นเคลื่อนผ่านช่องเปิดเล็ก ๆแล้วแผ่ขยายออกเป็นคลื่นวงกลมดูเสมือนเป็นคลื่นที่

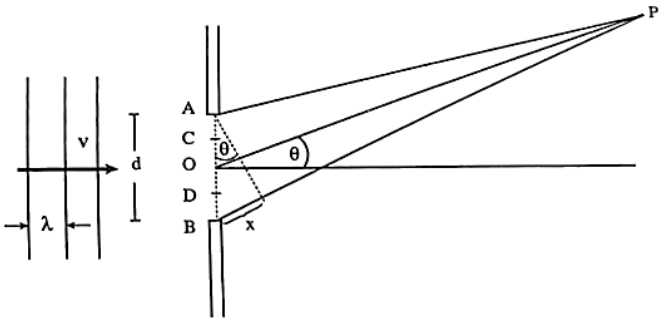
ออกมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นวงกลมนั้น เราสามารถอธิบายได้โดยใช้หลักการของฮอยเกนส์ ซึ่งกล่าวว่า แต่ละจุดบนหน้าคลื่น ถือได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิดของคลื่นใหม่ ที่ให้กำเนิดคลื่น ซึ่งเคลื่อนที่ออกไปทุกทิศทุกทางด้วยอัตราเร็วเท่ากับอัตราเร็วของคลื่นเดิมนั้น

การเลี้ยวเบนของคลื่นน้ำผ่านช่องเดี่ยว

เมื่อคลื่นน้ำหน้าตรงเคลื่อนที่ตกกระทบสิ่งกีดขวางที่เป็นช่องเดี่ยวกว้าง d จะเกิดการเลี้ยวเบนดังรูป 3 คลื่นที่ผ่านช่องเดียวไปได้นั้นทุก ๆ จุด จะทำหน้าที่เสมือนเป็นจุดกำเนิดคลื่นกระจายคลื่นไปเสริมกันหรือหักล้างกัน เกิดเป็นแนวบัพและแนวปฏิบัพขึ้น



รูปที่ 3 ก แสดงคลื่นผิวน้ำที่เลี้ยวเบนเมื่อผ่านช่องเปิดต่างๆ กัน
ข การเลี้ยวเบนจากช่องเดี่ยว แล้วเกิดการแทรกสอดเป็นแนวบัพและปฏิบัพ
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554,หน้า 69)



รูปที่ 4 การเลี้ยวเบนของคลื่น เมื่อผ่านช่องเปิดเดี่ยวที่มีความกว้างมากกว่าความยาวคลื่น
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554,หน้า 70)

ถ้า P เป็นจุดบัพที่ 1 (N_1)

$$BP - AP = n\lambda$$

$$BP - AP = x$$

$$= d \sin\theta$$

$$\boldsymbol{d \sin\theta = n\lambda \quad **n = 1, 2, 3, \ldots}$$

ถ้า P เป็นจุดใดๆ ที่มีการแทรกสอดเสริมกัน (ปฏิบัพ)

$$\boldsymbol{d \sin\theta = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda \; **n = 1, 2, 3, ..}$$

เงื่อนไขการเลี้ยวเบนและแทรกสอด

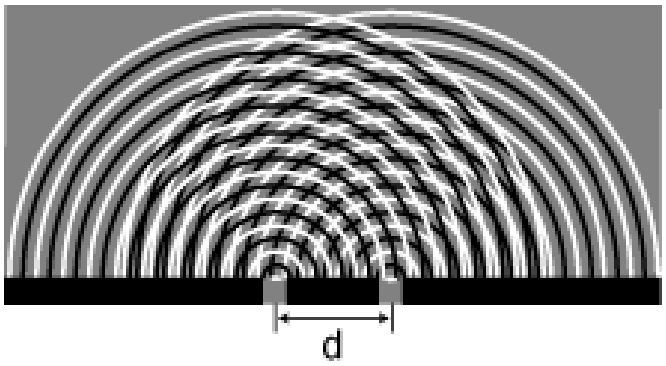
1. กรณี $d < \lambda$ แนวไกลที่สุด n < 1 แสดงว่าไม่มีแนวบัพ

2. กรณี $d = \lambda$ แนวไกลสุด n = 1 แสดงว่าบัพที่ 1 ทับแนวสิ่งกีดขวางพอดีเราจะมองไม่เห็นแนวบัพ

3. กรณี $d > \lambda$ แนวไกลสุด n > 1 แสดงว่าจะเกิดแนวบัพและมองเห็นแนวบัพมากกว่า 1 แนว

การเลี้ยวเบนของคลื่นน้ำผ่านช่องเปิดคู่

เมื่อคลื่นผิวน้ำหน้าตรงตกกระทบช่องเปิดคู่ ซึ่งมีระยะห่างระหว่างช่องเปิดคู่เป็น d คลื่นที่เลี้ยวเบนผ่านช่องเปิดทั้งสองจะมีหน้าคลื่นเป็นรูปวงกลมและเกิดการแทรกสอดกันเช่นเดียวกับการแทรกสอดของคลื่นวงกลมจากแหล่งกำเนิด S_1 , S_2 ซึ่งมีเฟสตรงกันดังรูป 5



แนวปฏิบัพ : $d \sin\theta = n\lambda$

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

** path diff = $d \sin\theta$

รูป 5 การแทรกสอดจากการเลี้ยวเบน

ที่มา : :https://www.youtube.com/watch?v=iYy6Kj8iSFA

ตัวอย่าง

1. ช่องเปิดเดี่ยวกว้าง 12 เซนติเมตร ให้คลื่นหน้าตรงมีความยาวคลื่น 2 เซนติเมตร เคลื่อนที่ผ่าน จงหาแนวบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. คลื่นน้ำหน้าตรงมีความยาวคลื่น 2 เซนติเมตร ผ่านอย่างตั้งฉากกับช่องเปิดเดี่ยวซึ่งกว้าง 10 เซนติเมตร จงหา

ก. แนวบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ข. แนวบัพที่ 2 เบนจากแนวกลางเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ค. แนวปฏิบัพแรกเบนจากแนวกลางเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. ช่องแคบเดี่ยวจะต้องกว้างเท่าไร จึงจะทำให้คลื่นที่มีความยาวคลื่น 3 เซนติเมตร ผ่านแล้วเกิดแนวบัพทั้งหมด 6 แนว

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ข. แนวบัพและปฏิบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 8

การเลี้ยวเบนของคลื่น

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ข. แนวบัพที่ 1 เบนจากแนวกลางเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 9 การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด
   1.1 การแทรกสอดผ่านสลิตคู่
   https://www.youtube.com/watch?v=-cSgy-wY0CU
   https://www.youtube.com/watch?v=lGjshu2zYzw
   1.2 การทดลองการแทรกสอดผ่านสลิตคู่
   https://www.youtube.com/watch?v=_wkvKtMemW8
   1.3 โจทย์การแทรกสอดผ่านสลิตคู่
   https://www.youtube.com/watch?v=8l-Olggatm8
2. ใบงานก่อนเรียนเรื่อง 9 การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่อง 9 การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่อง 9 การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

5. ใบงานหลังเรียนเรื่อง 9 การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 9

การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. สลิตคู่ห่างกัน 1 ไมโครเมตร มีแสงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ผ่านในแนวตั้งฉาก จงหามุมที่แถบมืดแรกเบนออกจากแนวกลาง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

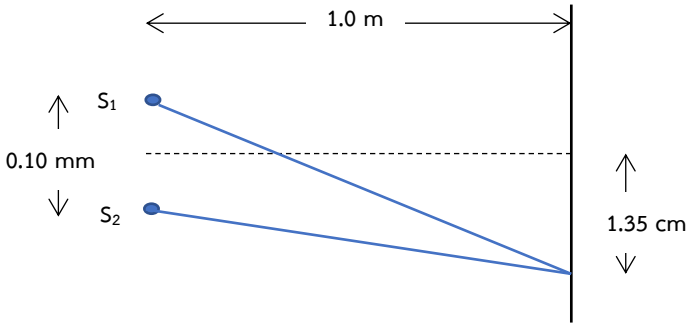
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

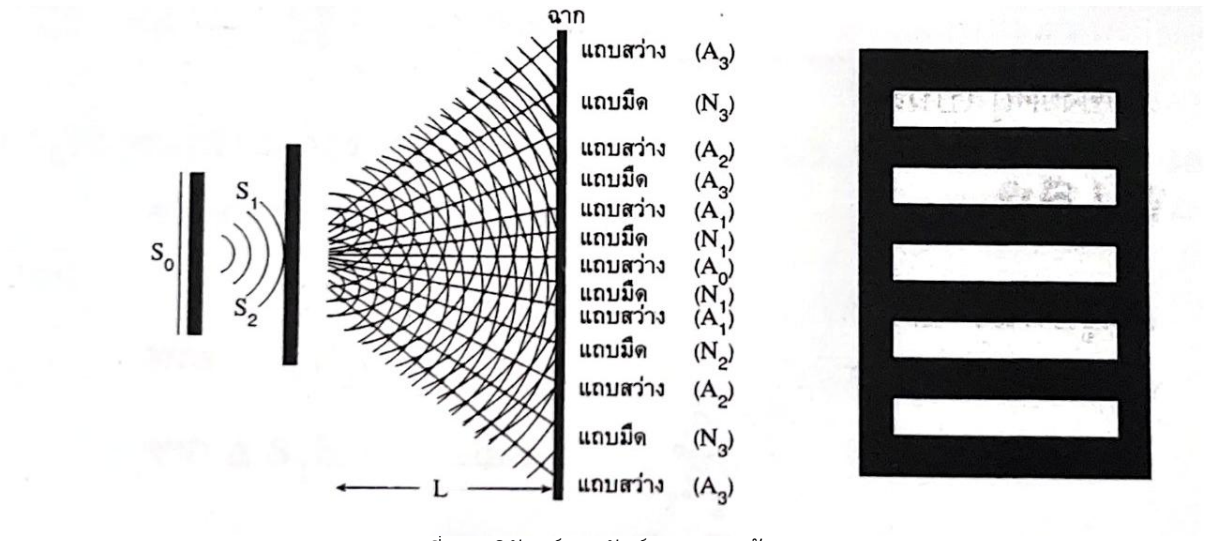
ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 9

การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

<u>การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่</u>

จากฮอยเกนส์ได้ตั้งทฤษฎีคลื่นแสง เพื่ออธิบายการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงโดยมีผู้ทำการทดลองเพื่อทดสอบทฤษฎีแต่เป็นไปได้ยากจนกระทั่งโทมัส ยัง นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษได้ทำการทดลองปรากฏการณีการแทรกสอดของแสงโดยใช้อุปกรณ์ดังรูปที่ 1

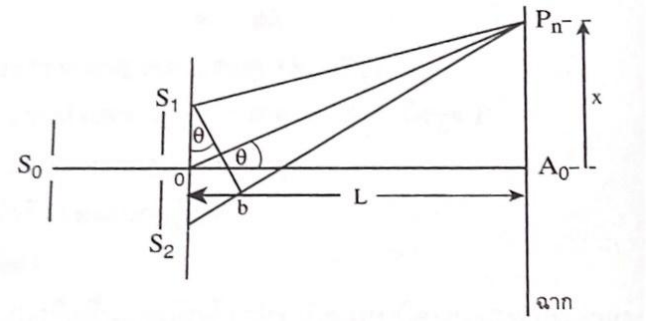


ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 436)

จากรูปที่ 1 เมื่อให้แสงสีเดียวผ่านซ่องแคบ (Slit) S_0 แล้วเลี้ยวเบนตกลงบนช่องแคบคู่ (Sit) คู่ S_1 , S_2 ช่องแคบ S, และ S. ทำหน้าที่เสมือนเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ เมื่อคลื่นแสงที่ผ่าน S_1 และ S_2 เดินทางไปพบกันจะทำให้เกิดการแทรกสอดกันในลักษณะทั้งเสริมและหักล้างกันโดยปรากฏภาพการแทรกสอดบนฉากเห็นเป็นแถบสว่างและแถบมืด

จากรูป 1 แนว A คือแนวการแทรกสอดแบบเสริม เกิดแถบสว่างบแนว

N คือแนวการแทรกสอดแบบหักล้าง เกิดแถบมืดบนฉาก

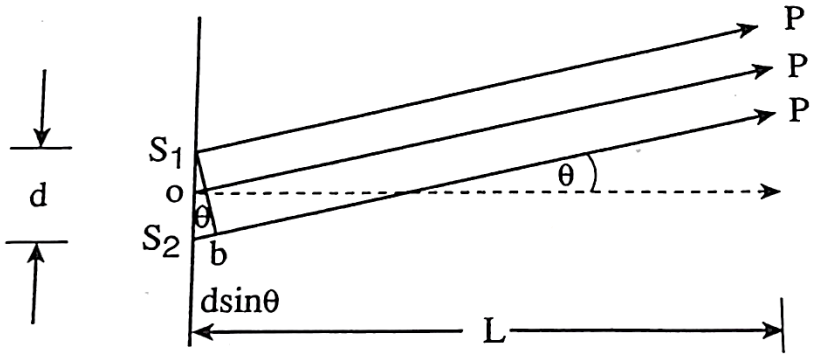


รูปที่ 2 การแทรกสอดบนฉาก
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 436)

จากรูปที่ 2 ให้แสงสีเดียวความยาวคลื่น λ เคลื่อนที่ผ่านช่องแคบ S_0 แล้วเลี้ยวเบนตกลงบนช่องแคบ S_1 และ S_2 ซึ่งห่างกัน d คลื่นที่ออกจาก S_1 และ S_2 พบกันบนฉากที่จุด P ซึ่งห่างจาก S_1 และ S_2 เป็นระยะ S_1P และ S_2P ตามลำดับ

การหาสมการการแทรกสอดของแสง

แบบเสริมกัน



รูปที่ 3 การแทรกสอดของคลื่น ณ จุด P
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 437)

จากรูปที่ 3 ถ้า L >> d จะได้ว่า S_1P // OP // S_2P จะได้ว่า

$$S_2P - bP = n\lambda \qquad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, 3, ...$$

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

เนื่องจาก L >> d ดังนั้นมุม θ จึงมีค่าน้อยมากจะได้ว่า $\sin\theta = \tan\theta$ และจากภาพที่ 3 $\tan\theta = \frac{x}{L}$

จะได้สมการใหม่คือ $$d\frac{x}{L} = n\lambda \quad (2)$$

แบบหักล้าง

ถ้า P เป็นตำแหน่งที่คลื่นแสงหักล้างกัน เกิดแถบมืดบนฉากเป็นตำแหน่งบัพจะพบเงื่อนไขว่า

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

ในทำนองเดียวกัน $$d\sin\theta = (n - \frac{1}{2})\lambda$$ เมื่อ n = 1, 2, 3, ...

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

โดยที่ d คือระยะห่างระหว่างช่องแคบคู่ S_1 และ S_2

X คือระยะห่างระหว่างแถบสว่างกลาง (A_0) ถึงจุด P

L คือระยะห่างจากฉากถึงสลิตคู่

N คือลำดับของแนวปฏิบัพ

สรุปสูตรที่ใช้คำนวณสลิตคู่

1. เมื่อ S_1 และ S_2 มีเฟสตรงกัน

เสริมกัน (แนวกลางเป็นแนวปฏิบัพที่ 0 “A_0”)

$$\left.\begin{aligned} |S_1P - S_2P| &= n\lambda \\ d\sin\theta &= n\lambda \\ d\frac{x}{L} &= n\lambda \end{aligned}\right\} \quad (n = 0, 1, 2, 3, ...)$$

หักล้างกัน

$$\left.\begin{aligned} |S_1P - S_2P| &= (n - \frac{1}{2})\lambda \\ d\sin\theta &= (n - \frac{1}{2})\lambda \\ d\frac{x}{L} &= (n - \frac{1}{2})\lambda \end{aligned}\right\} \quad (n = 1, 2, 3, ...)$$

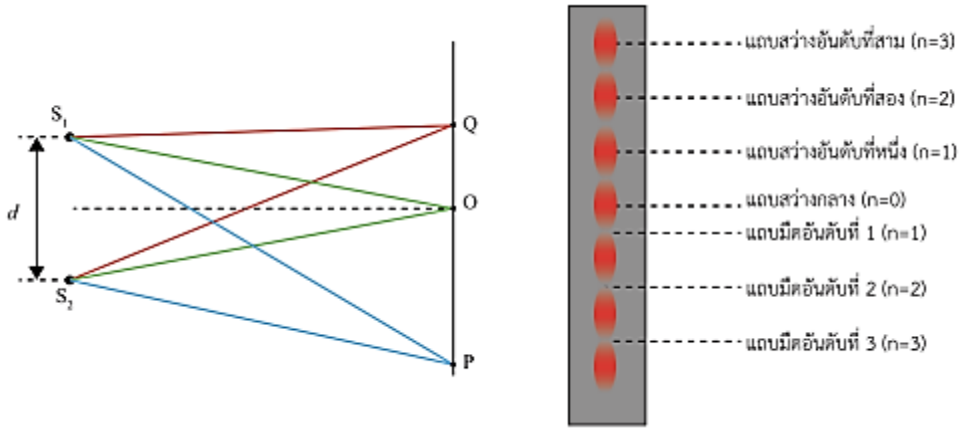
2. เมื่อ S_1 และ S_2 มีเฟสตรงข้ามกัน

เสริมกัน

$$\left.\begin{aligned} |S_1P - S_2P| &= (n - \tfrac{1}{2})\lambda \\ d\sin\theta &= (n - \tfrac{1}{2})\lambda \\ d\frac{x}{L} &= (n - \tfrac{1}{2})\lambda \end{aligned}\right\} \quad (n = 1, 2, 3, \ldots)$$

หักล้างกัน (แนวกลางเป็นแนวปฏิบัพที่ 0 “N_0”)

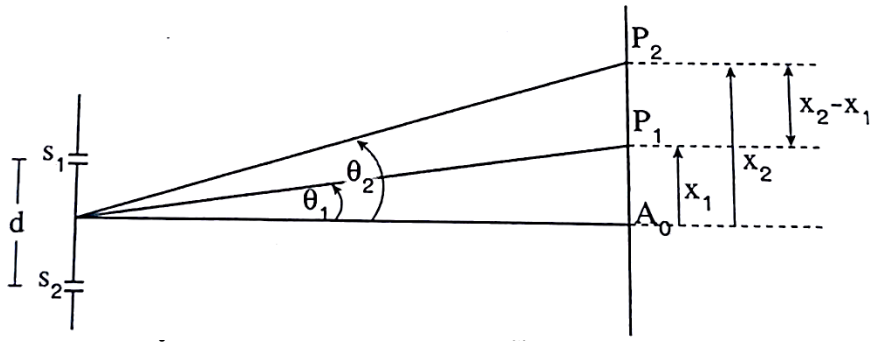
$$\left.\begin{aligned} |S_1P - S_2P| &= n\lambda \\ d\sin\theta &= n\lambda \\ d\frac{x}{L} &= n\lambda \end{aligned}\right\} \quad (n = 0, 1, 2, 3, \ldots)$$



รูปที่ 4 แผนภาพแสดงเฉพาะทางเดินของคลื่นจากแหล่งกำเนิดไปยังตำแหน่ง O P และ Q บนฉาก

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 113)

การหาระยะห่างระหว่างปฏิบัพ, บัพ หรือปฏิบัพกับบัพที่ติดกันบนฉาก



ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 439)

ถ้า P_1 และ P_2 เป็นตำแหน่งปฏิบัพที่ 1 และ 2 (A_1, A_2) บนฉาก

จาก $$d\frac{x}{L} = n\lambda$$

(A_1) $$d\frac{x_1}{L} = (1)\lambda$$

$$x_1 = \frac{L\lambda}{d} \quad \text{... (1)}$$

(A_1) $$d\frac{x_2}{L} = (2)\lambda$$

$$x_2 = \frac{2L\lambda}{d} \quad \text{... (2)}$$

(2) – (1); $x_2 - x_1 = \frac{2L\lambda}{d} - \frac{L\lambda}{d} = \frac{L\lambda}{d}$

พบว่า ระยะห่างระหว่าง A กับ A หรือ N กับ N บนฉากทุกๆ คู่ จะเท่ากันและในทำนองเดียวกัน ระยะห่างระหว่าง A กับ N จะเป็นครึ่งนึง

สรุป 1. ระยะห่างระหว่างปฏิบัพหรือบัพที่ติดกันบนฉาก $(x) = \frac{L\lambda}{d}$

2. ระห่างระหว่างปฏิบัพและบัพที่ติดกันบนฉาก $(x) = \frac{L\lambda}{2d}$

ตัวอย่าง

1. เมื่อฉายแสงที่มีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ตกตังฉากบนช่องแคบคู่หนึ่งซึ่งห่างกัน 0.2 มิลลิเมตร จงหาว่าแถบสว่างอันดับที่ 10 ทั้งสองด้านจะทำมุมกันกี่องศา

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

5. เมื่อให้ลำแสงขนานแสงสีเดียวความยาวคลื่น λ ตกตั้งฉากกับสลิตคู่ซึ่งมีระยะห่างระหว่างช่องสลิตเป็น d แล้วจะเกิดภาพการแทรกสอดขึ้นบนฉากซึ่งอยู่ห่างจากสลิตเป็นระยะ L แถบมืดที่สี่จะอยู่ห่างจากแถบสว่างกลางเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4. สลิตคู่ห่างกัน 1 ไมโครเมตร มีแสงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ผ่านในแนวตั้งฉาก จงหามุมที่แถบมืดแรกเบนออกจากแนวกลาง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 10 การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านช่องเดี่ยว

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด
   1.1 การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านช่องเดี่ยว (สลิตเดี่ยว)
   https://www.youtube.com/watch?v=WKaDjWa21EI
   1.2การทดลองการเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านช่องเดี่ยว (สลิตเดี่ยว)
   https://www.youtube.com/watch?v=HGmGxMQkes0
   1.3 โจทย์การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านช่องเดี่ยว (สลิตเดี่ยว)
   https://www.youtube.com/watch?v=e48Vnhqygx0
2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 10 การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านช่องเดี่ยว

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 10 การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านช่องเดี่ยว
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 10 การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านช่องเดี่ยว

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

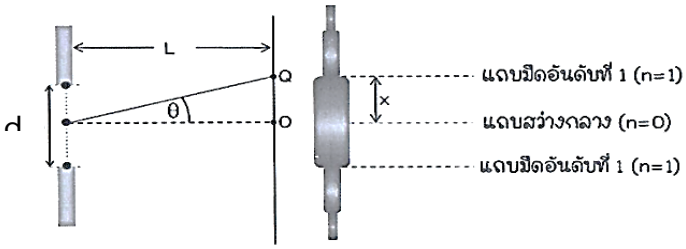
5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 10 การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านช่องเดี่ยว

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=c48vhnqysx0

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

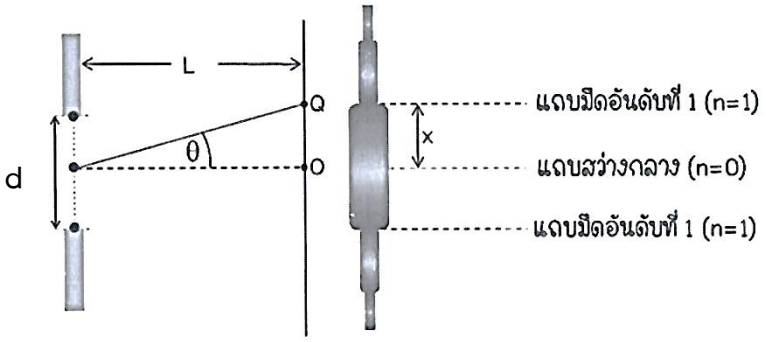
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

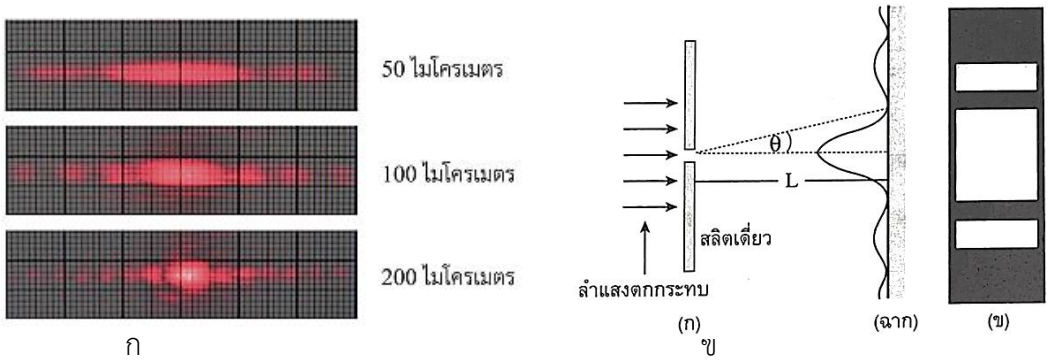
ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 10

การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านสลิตเดี่ยว

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

<u>การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านช่องเดี่ยว</u> (สลิตเดี่ยว)

เมื่อให้แสงเคลื่อนที่ผ่านช่องเดี่ยวแสงจะเกิดการ**เลี้ยวเบนและเกิดการแทรกสอด**ได้เป็นแถบมืด-สว่างบนฉาก โดยที่แถบสว่างกลางสว่างกว่าแถบสว่างอื่น ๆ ที่ถัดออกไปทั้งสองข้างและมีความเข้มแสงมากที่สุด ดังรูปที่ 1



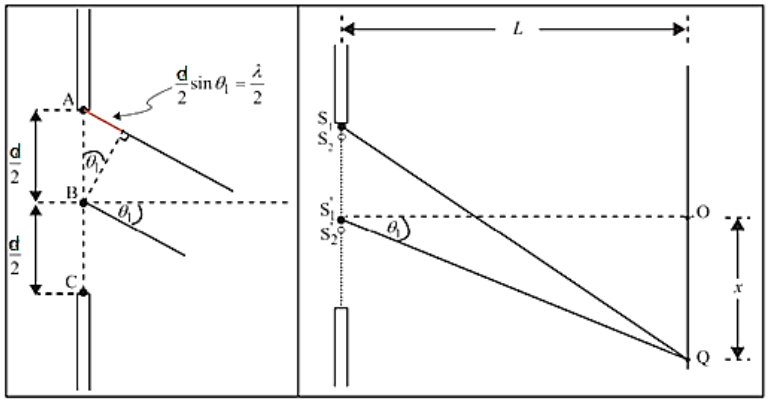
รูปที่ 1 ก แถบสว่างและแถบมืดจากสลิตเดี่ยวที่มีความกว้างขนาดต่างๆ ข การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว

รูป ก ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 127)

รูป ข ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 447)

จากหลักการฮอยเกนส์ซึ่งกล่าวว่าทุก ๆ จดบนหน้าคลื่นจะกระทำตัวเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นใหม่ถ้าเราให้ฉากอยู่ห่างจากสลิตเดี่ยวมากๆ (L >> d) จะได้รังสีออกจากช่องเดี่ยวเป็นรังสีขนาน โดยตำแหน่งสว่างมืดบนฉาก คือ ตำแหน่งที่คลื่นแทรกสอดกันแบบเสริม – หักล้างกันตามลำดับ

การหาตำแหน่งบัพ



รูปที่ 2 ตำแหน่งของหน้าคลื่นในสลิตเดี่ยวที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงตามหลักการของฮอยเกนส์ เมื่อแบ่งช่องสลิตออกเป็น 2 ส่วน

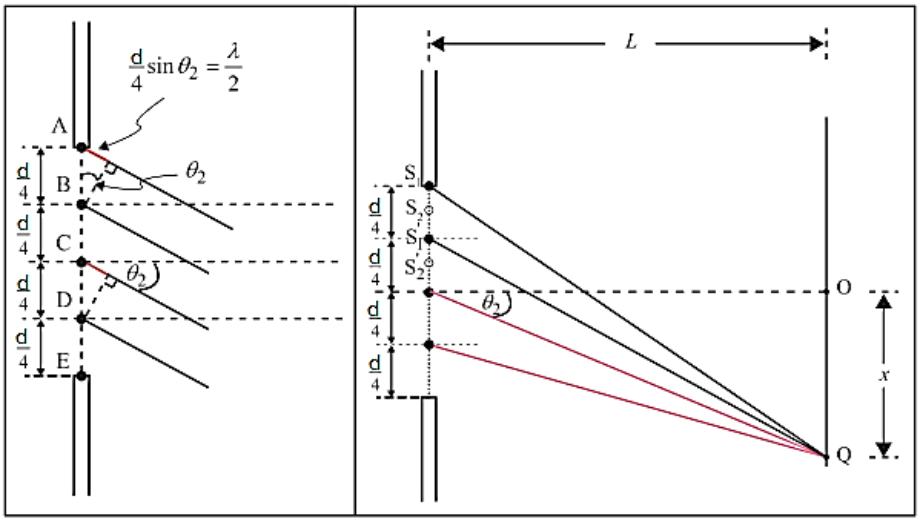
ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 129)

จะได้

$$|S_1Q - S_1'Q| = \frac{\lambda}{2}$$

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

$$d\sin\theta_1 = \lambda$$ เป็นตำแหน่ง node (บัพที่ 1)



รูปที่ 3 ตำแหน่งของหน้าคลื่นในสลิตเดี่ยวเมื่อแบ่งช่องสลิตออกเป็น 4 ส่วน

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 130)

หลักของฮอยเกนส์เมื่อแบ่งช่องของสลิตเป็น 4 ส่วน

จะได้ $$|S_1Q - S_1'Q| = \frac{\lambda}{2}$$

$$\frac{d}{4}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$$

$d\sin\theta_2 = 2\lambda$ เป็นตำแหน่ง node (บัพที่ 2)

ดังนั้นถ้าแบ่งช่องกว้าง d เป็น 6, 8, 10, ... จะได้

$$d\sin\theta = 3\lambda, 4\lambda, 5\lambda \text{ , ... ตามลำดับ}$$

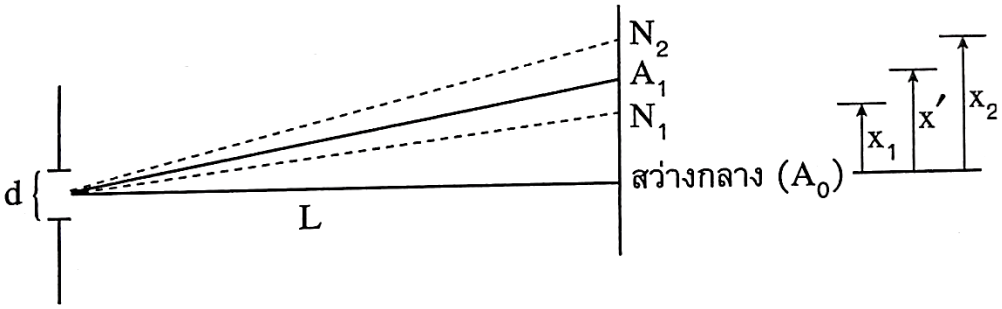
ดังนั้น **สมการหาตำแหน่งบัพ (node)** การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยวจะเป็น

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

(n= 1, 2, 3, ...)

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

การหาตำแหน่งปฏิบัพ จะพิจารณาจากภาพการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉาก



รูปที่ 4 ตำแหน่งของบัพและปฏิบัพที่เกิดจากการแทรกสอดบนฉาก
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 448)

สมการการหาตำแหน่งปฏิบัพ (Antinode) การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยวจะเป็น

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

(n= 1, 2, 3, ...)

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

ตัวอย่าง

1. ฉายแสงความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ผ่านสลิตเดี่ยวทำให้เกิดการเลี้ยวเบน โดยแนวมืดแถบแรกเบนไปจากแนวกลางเป็นมุม 30^0 จงหาความกว้างของช่องสลิตในหน่วยไมโครเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 10

การเลี้ยวเบนของแสงเมื่อผ่านสลิตเดี่ยว

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. สลิตเดี่ยววางห่างจากฉาก 0.6 เมตร ใช้แสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ทำให้เกิดแถบการเลี้ยวเบนขึ้นที่ฉาก วัดความกว้างแถบสว่างอันกลางได้ 0.6 เซนติเมตร จงหาความกว้างช่องสลิตนี้ในหน่วยเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. แสงสีเหลืองความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร เป็นลำขนานฉายผ่านสลิตเดี่ยวกว้าง 250 ไมโครเมตร แสงที่ตกบนฉากหลังสลิตที่ระยะ 0.50 เมตรความกว้างของแถบสว่างกลางมีขนาดเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. ถ้าต้องการให้ตำแหน่งมืดแรกของการเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวเกิดตรงกับตำแหน่งมืดที่สามของริ้วจากการแทรกสอดของสลิตคู่ อยากทราบว่าจะต้องใช้ระยะห่างระหว่างช่องสลิตคู่เป็นกี่เท่าของความกว้างของสลิตเดี่ยว

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 11 การเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด
   1.1 การเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง
   https://www.youtube.com/watch?v=XiJNiPfoE4Y
   1.2 การทดลองการเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง
   https://www.youtube.com/watch?v=9DDSDDQjskw
   1.3 โจทย์การเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง
   https://www.youtube.com/watch?v=SCKsuFWxjBQ
2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 11 การเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 11 การเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง
4. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 11 การเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

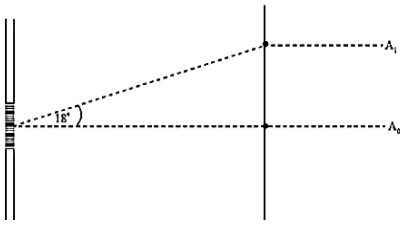
5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 11 การเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 11

การเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

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



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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

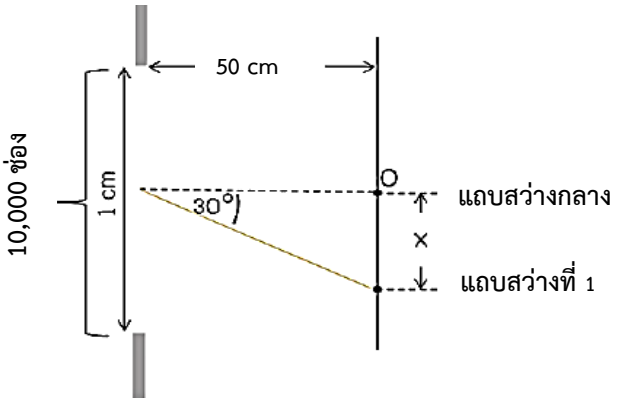
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

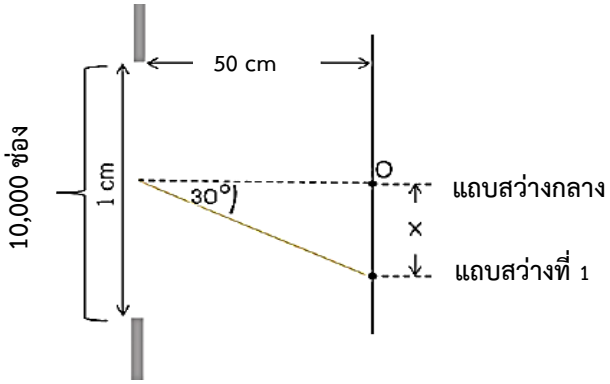
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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



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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

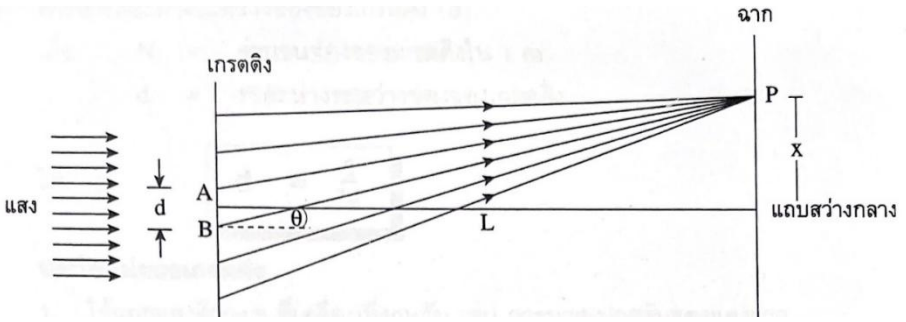
ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 11

การเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง

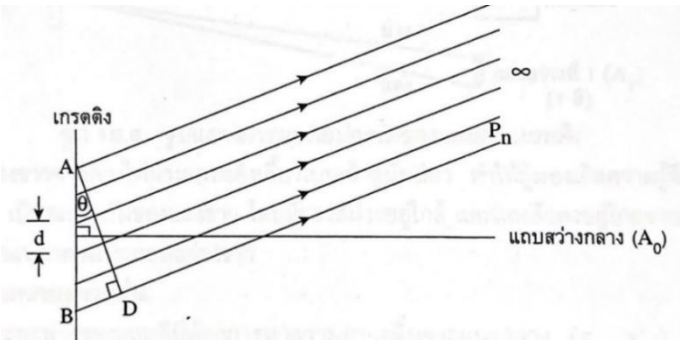
ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

<u>การเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง</u>

เกรตติง คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบสเปกตรัมของแสงโดยอาศัยคุณสมบัติการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของคลื่น ลักษณะของเกรตติงเป็นแผ่นวัสดุบางโปร่งใสผิวเรียบที่ถูกแบ่งออกเป็นช่องเท่า ๆ กันแต่ละช่องอยู่ชิดกันมากและห่างเท่า ๆ กัน จำนวนช่องของเกรตติงอาจมี 100 ถึง 10,000 ช่อง/cm ในการทดลองถ้าเราให้แสงขาว (แสงจากดวงอาทิตย์หรือแสงจากหลอดไฟ) ส่องผ่านเกรตติง เราจะเห็นสเปกตรัมของแสงขาวแยกออกเป็น 7 สีเมื่อมีแสงความถี่เดียวความยาวคลื่น 2 ผ่านเกรตติงในแนวตั้งฉากดังรูป 1 และรูปที่ 2 จะเลี้ยวเบนและแทรกสอดเช่นเดียวกับกรณีสลิตคู่ (ช่องแคบคู่)



รูปที่ 1 แสงเสริมกันที่จุด P
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 453)



รูปที่ 2 P อยู่ไกลมากจนแสงที่ออกจากช่องต่าง ๆ อาจถือได้ว่าขนานกัน

ที่มา .นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 453)

<u>ตำแหน่งสว่างใด ๆ บนฉาก (A) เป็นไปตามสมการ</u>

$$\left.\begin{aligned} d\sin\theta &= n\lambda \\ d\frac{x}{L} &= n\lambda \end{aligned}\right\} \quad (n = 0, 1, 2, 3, \ldots)$$

<u>ตำแหน่งมืดใด ๆ บนฉาก (N) เป็นไปตามสมการ</u>

$$\left.\begin{aligned} dsin\theta &= (n-\frac{1}{2})\,\lambda \\ d\frac{x}{L} &= (n-\frac{1}{2})\,\lambda \end{aligned}\right\} \quad (n = 1, 2, 3, \ldots)$$

** โดยที่ d คือ ระยะห่างระหว่างช่องของเกรตติง

$$d = \frac{\text{ความกว้างของเกรตติง (เมตร)}}{\text{จำนวนช่องทั้งหมดของเกรตติง (ช่อง)}}$$

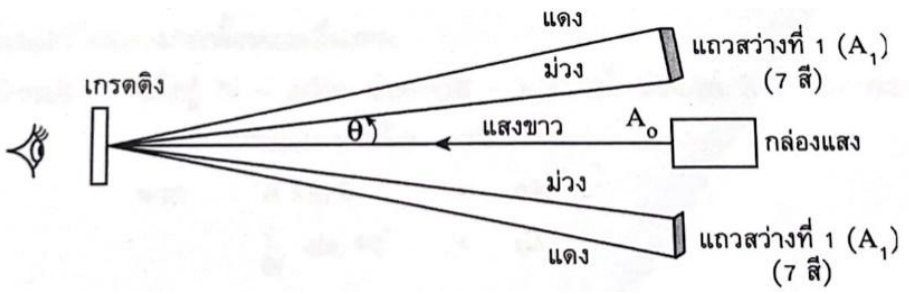
ตาราง 1 แสดงความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ

แสงสี	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)
ม่วง	380 – 450
น้ำเงิน	450 – 500
เขียว	500 – 570
เหลือง	570 – 590
แสด	590 – 610
แดง	610 – 700

ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 454)

ประโยชน์ของเกรตติง

1. ใช้แยกสีต่าง ๆ ที่เคลื่อนที่รวมกัน เช่น การหาสเปกตรัมของแสงขาว
2. ใช้หาความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ



รูปที่ 3 แสดงการเกิดสเปกตรัมของแสงขาว

ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 454)

ตัวอย่าง

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. แสงความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร พุ่งผ่านเกรตติงพบว่าแถบสว่างอันดับที่ 4 ทำมุมกับแนวแถบสว่างกลาง เท่ากับ 30° จงหาจำนวนเส้นสลิตต่อเซนติเมตรของเกรตติงนี้

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 11

การเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง

ชื่อ..... .....เลขที่.....ห้อง.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 12 อัตราเร็วของแสงและภาพจากกระจกเงาราบ

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด
   1.1 อัตราเร็วของแสงและภาพจากกระจกเงาราบ
   https://www.youtube.com/watch?v=dOd3l8LEdiI
   https://www.youtube.com/watch?v=SPxH_OUPTVM
   1.2 การทดลองการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง
   https://www.youtube.com/watch?v=OreWXoHUaFo
   1.3 โจทย์การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง
   https://www.youtube.com/watch?v=J_mOgezJ-TA
2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ **12** อัตราเร็วของแสงและภาพจากกระจกเงาราบ

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 12 อัตราเร็วของแสงและภาพจากกระจกเงาราบ
4. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 12 อัตราเร็วของแสงและภาพจากกระจกเงาราบ

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 12 อัตราเร็วของแสงและภาพจากกระจกเงาราบ

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 12

อัตราเร็วของแสงและภาพจากกระจกเงาราบ

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ ด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.94×10^{11} เมตร จงหาว่าแสงเดินทางมาถึงโลกใช้เวลานานเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 12

อัตราเร็วของแสงและภาพจากกระจกเงาราบ

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง

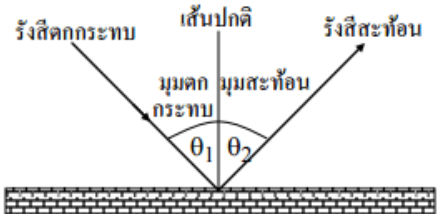
ลักษณะการเคลื่อนที่ของแสง

1. แสงเป็น**คลื่นตามขวาง**และเป็น**คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า**
2. อัตราเร็วของแสงในสุญญากาศ = 3×10^8 m/s
   - 1 ปีแสง คือ ระยะที่แสงเคลื่อนที่ได้ในเวลา 1 ปี = $365 \times 24 \times 60 \times 60 \times (3 \times 10^8) = 9.46 \times 10^{15}$ m

ตัวอย่างที่ 1 ถ้าดาวฤกษ์ดวงหนึ่งอยู่ห่างจากโลก 5 ปีแสง ถ้ายานอวกาศเดินทางไปยังดาวฤกษ์ดวงนี้ ด้วยอัตราเร็ว 30 กิโลเมตรต่อวินาที ยานนี้ต้องใช้เวลากี่ปีจึงจะถึงดาวฤกษ์

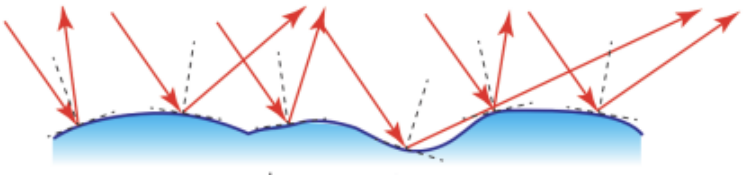
กฎการสะท้อน

1. มุมตกกระทบ เท่ากับมุมสะท้อน ($\theta_1 = \theta_2$)
2. รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉากและรังสีสะท้อนอยู่ในระนาบเดียวกัน



รูปที่ 1 การสะท้อนของแสงผิวสะท้อนตรง

ที่มา : ประสิทธิ์ จันต๊ะภา (2563, หน้า 195)



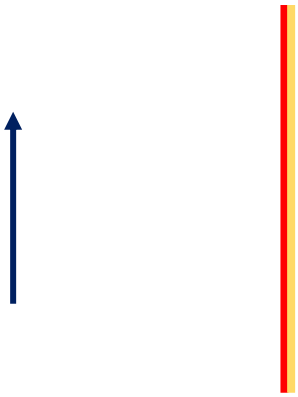
รูปที่ 2 การสะท้อนของแสงผิวสะท้อนขรุขระ

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 163)

กระจกเงาราบ

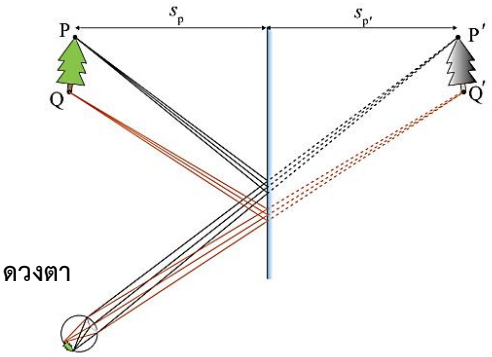
กระจกเงาราบพิจารณาโดยอาศัยกฎการสะท้อน 2 ข้อ

การเกิดภาพจากกระจกเงาระนาบเกิดภาพเมื่อรังสีจากวัตถุ 2 รังสีตกกระทบกระจกแล้วสะท้อนไปตัดกัน โดยการสะท้อนเป็นไปตามกฎการสะท้อน



<u>การมองเห็นภาพในกระจก</u>

เราจะมองเห็นภาพในกระจกก็ต่อเมื่อแสงจากวัตถุกระทบกระจกแล้ว**สะท้อนเข้าตาเรา** จะทำให้มองเห็นภาพวัตถุนั้นในกระจก



ระยะภาพ $s_{P'}$ กำหนดเป็น s' เท่ากับ ระยะวัตถุ s_P กำหนดเป็น s
ขนาดภาพ QP' กำหนดเป็น y' เท่ากับ ขนาดวัตถุ QP กำหนดเป็น y

รูปที่ 3 การมองภาพจากกระจกเงาสำหรับวัตถุที่มีขนาด

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 183)

ตัวอย่าง

1. แหล่งกำเนิดแสงทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร วางห่างจากฉากออกมาระยะหนึ่ง เมื่อนำวัตถุแบนทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร วางไว้ที่กึ่งกลางระหว่างแหล่งกำเนิดกับฉาก โดยให้ระนาบของวัตถุขนานกับฉาก จงหาขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเงามืดที่ปรากฏบนฉาก

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

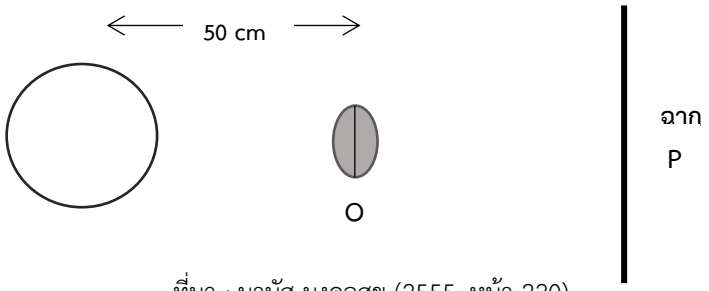
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. ตามรูป S เป็นแหล่งกำเนิดแสงทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร O เป็นจุดทึบแสงแผ่นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ฉากจะต้องอยู่ห่างจากวัตถุอย่างน้อยที่สุดเท่าไร จึงจะเกิดเฉพาะเงามัวบนฉาก



ที่มา : มานัส มงคลสุข (2555, หน้า 220)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. ชายคนหนึ่งสูง 184 เซนติเมตรยืนมองดูภาพตัวเองในกระจกราบซึ่งติดที่ฝาผนัง ถามว่ากระจกต้องมีความสูงอย่างน้อยที่สุดเท่าไร ชายคนนั้นจึงจะสามารถเห็นภาพของเขาทั้งตัวในกระจกเงานี้ เมื่อตาของเขาอยู่สูงจากพื้น 166 เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4. จากข้อ 3 จะต้องแขวนกระจกให้อยู่สูงจากพื้นเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

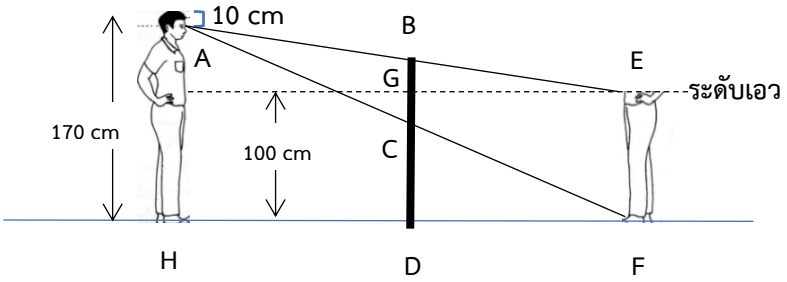
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

5. ถ้าชายคนนี้สูง 170 เซนติเมตร และตาเขาอยู่ต่ำจากส่วนที่สูงที่สุดในร่างกายเป็นระยะ 10 เซนติเมตร มีกระจกราบตั้งอยู่บนพื้นในแนวดิ่ง ขอบบนของกระจกต้องอยู่สูงจากพื้นเท่าใดจึงจะทำให้เขามองเห็นเอว ซึ่งอยู่สูงจากพื้น 100 เซนติเมตร



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

6. ถ้าท่านต้องการให้เงามืด และเงามัวมีพื้นที่เท่ากันพอดี สำหรับแหล่งกำเนิดแสงทรงกลมที่มีขนาดเท่ากับขนาดวัตถุทรงกลมที่ทำให้เกิดเงาบนฉาก ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดแสงกับวัตถุ และระยะห่างระหว่างวัตถุกับฉากจะต้องมีค่าเท่ากับเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 12

อัตราเร็วของแสงและภาพจากกระจกเงาราบ

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. เด็กชายคนหนึ่งสูง 170 เซนติเมตร ต้องการเห็นภาพเต็มตัวของเขาในกระจกเงาระนาบ ซึ่งตั้งอยู่ในแนวดิ่ง ห่างจากตัวเขา 250 เซนติเมตร ตาของเขาอยู่สูงจากพื้นห้อง 160 เซนติเมตร จงคำนวณหาว่าต้องใช้กระจกสั้นที่สุดเท่าใด และต้องวางปลายล่างของกระจกสูงจากพื้นเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. เด็กชายคนหนึ่งสูง 140 เซนติเมตร ยืนอยู่ห่างจากกระจกกระนาบ 90 เซนติเมตร กระจกยาว 50 เซนติเมตร ขอบบนของกระจกอยู่สูงจากพื้น 150 เซนติเมตร ระดับตาของเด็กอยู่สูงจากพื้น 128 เซนติเมตร จงหาความสูงของภาพเด็กในกระจกนั้น

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. ชายคนหนึ่งสูง 1.8 เมตร สามารถมองเห็นปลายเสาส่งวิทยุได้พอดี โดยการสะท้อนจากกระจกเงาราบ ซึ่งวางไว้ที่พื้นห่างจากตัวเขา 3 เมตร และกระจกห่างจากฐานเสาส่งวิทยุ 270 เมตร จงหาว่าเสาส่งวิทยุนี้สูงเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 13 การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด

1.1 การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม

https://www.youtube.com/watch?v=49Am3fRku3k&t=302s

https://www.youtube.com/watch?v=49Am3fRku3k

https://www.youtube.com/watch?v=2lQWvUYwMyM

https://www.youtube.com/watch?v=d5jiJ7cp4_I

1.2 การทดลองการเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม

https://www.youtube.com/watch?v=tbH1_DJAkIE

1.3 โจทย์การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม

https://www.youtube.com/watch?v=49Am3fRku3k&t=302s

https://www.youtube.com/watch?v=fGQlriUN57o

https://www.youtube.com/watch?v=HtuK2a0s_tU

2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ **13** การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรียนเรื่องที่ **13** การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม
4. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ **13** การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

5. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 13 การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 13

การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. วางวัตถุหน้ากระจกโค้งนูนที่มีรัศมีความโค้ง 24 เซนติเมตร ให้ห่างจากกระจกนูน 20 เซนติเมตร จงหาระยะภาพ ชนิดของภาพ และกำลังขยาย

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. เทียนไขสูง 4 เซนติเมตร ตั้งอยู่บนเส้นแกนมุขสำคัญของกระจกโค้งเว้าที่มีความยาวโฟกัส 10 เซนติเมตร ทำให้เกิดภาพหน้ากระจกโค้งห่างจากกระจกโค้งเว้า 15 เซนติเมตร เทียนไขอยู่ห่างจากกระจกโค้งเว้ากี่เซนติเมตร และภาพเทียนไขสูงกี่เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. วางวัตถุหน้ากระจกโค้งเว้าที่มีรัศมีความโค้ง 24 เซนติเมตร ให้ห่างจากกระจกเว้า 20 เซนติเมตร จงหาระยะภาพ ชนิดของภาพ และกำลังขยาย

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 13

การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม

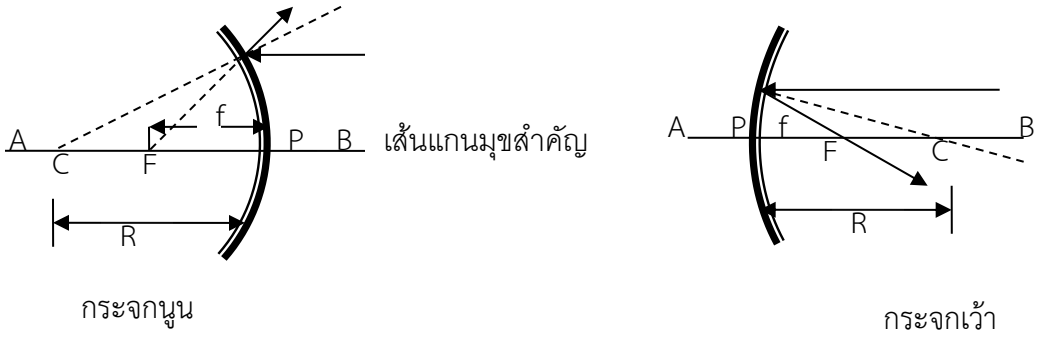
ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

<u>การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม</u>

อุปกรณ์อีกชิ้นหนึ่งที่เปลี่ยนเส้นทางของแสงที่เข้าตาเราแล้วทำเกิดภาพของวัตถุในตำแหน่งที่เปลี่ยนไปจากตำแหน่งของวัตถุหรือมีขนาดที่แตกต่างจากขนาดของวัตถุ คือ กระจกเงาโค้ง (curved miror) ซึ่งทำด้วยวัสดุที่สามารถสะท้อนแสงได้ดีเช่นเดียวกับกระจกเงาราบแต่มีผิวโค้ง โดยในระดับนี้ เราจะพิจารณาเฉพาะกระจกเงาโค้งที่มีผิวโค้งเป็นส่วนประกอบของผิวของทรงกลม หรือเรียกว่า กระจกเงาทรงกลม(spherical mirror) ซึ่งอาจแบ่งตามลักษณะของผิวได้เป็นกระจกโค้งนูน (convex mirror) และกระจกโค้งเว้า (concave mirror) หลักการสำคัญที่ใช้อธิบายการเกิดภาพจากกระจกชนิดนี้ยังคงเป็นกฎการสะท้อนซึ่งจะเริ่มต้นด้วยการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นกับกระจกโค้งเว้า

<u>กระจกเว้าและกระจกนูน</u>

กระจกเว้าและกระจกนูนเป็นกระจกโค้งที่ใช้กันทั่วไปมีรูปทรงเป็นส่วนหนึ่งของผิวทรงกลม กระจกเว้าจะใช้ด้านเว้ารับแสง ส่วนกระจกนูนจะใช้ด้านนูนรับแสง ด้านที่ไม่ได้ใช้จะฉาบผิวด้วยปรอท



กระจกนูน

กระจกเว้า

รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของกระจกโค้ง

ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554 , หน้า 299)

จากรูป กระจกเว้าและกระจกนูนมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

P คือ ขั้วกระจก เป็นจุดกึ่งกลางของผิวกระจก

C คือ จุดศูนย์กลางความโค้งของกระจก

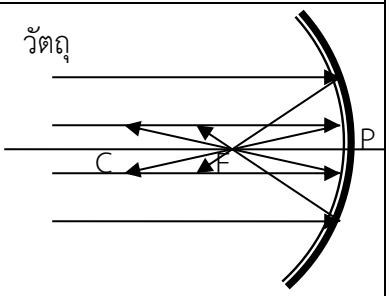
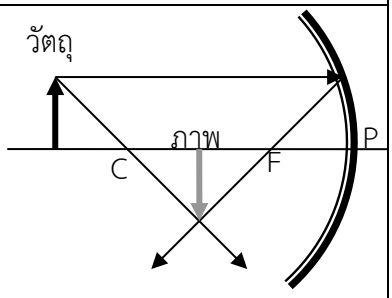
R คือ รัศมีความโค้งของกระจก

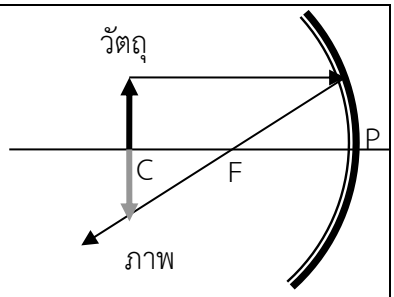
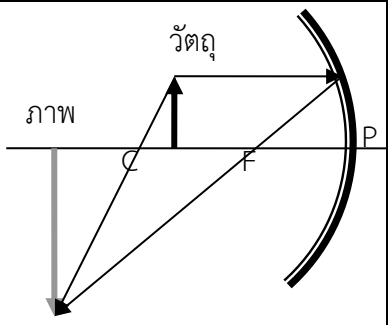
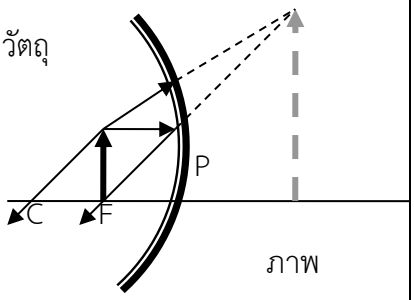
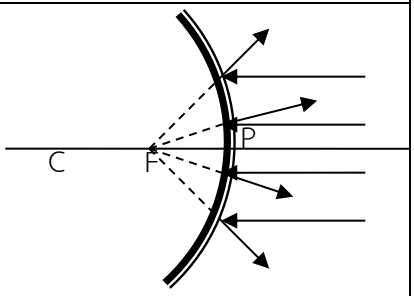
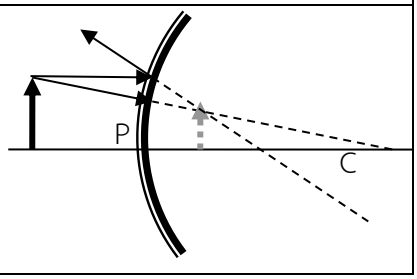
F คือ จุดโฟกัส เป็นจุดที่อยู่บนเส้นแกนมุขสำคัญ ถ้ารังสีตกกระทบกระจก รังสีสะท้อนจะไปรวมกันที่จุดนี้ สำหรับกระจกเว้า หรือเสมือนรวมกันสำหรับกระจกนูน

PF คือ ความโฟกัส (f) เป็นระยะจากจุดโฟกัสถึงขั้วกระจก โดยที่ความยาวโฟกัสจะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของรัศมีความโค้ง หรือ R = 2f

AB คือ เส้นแกนมุมสำคัญ

ตารางแสดง ชนิด ขนาด และตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกกระจกเว้าและกระจกนูน

ตำแหน่งวัตถุ (หน้ากระจก)	ภาพ			รูปทางเดินแสง
	ชนิด	ขนาด	ตำแหน่งภาพ	
กระจกเว้า 1. วัตถุอยู่ไกลมาก	จริง	เป็นจุด	หน้ากระจกที่จุดโฟกัส	
2.เกินระยะ C	จริง	เล็กกว่าวัตถุ	หน้ากระจกระหว่าง F กับ C	

3. อยู่ที่ศูนย์กลางความโค้ง (C)	จริงหัวกลับ	เท่าวัตถุ	หน้ากระจกที่จุด C	
4. อยู่ระหว่าง F กับ C	จริงหัวกลับ	ใหญ่กว่าวัตถุ	หน้ากระจกเลยจุด C ออกไป	
5. อยู่ระหว่างขั้วกระจก (P) และ F	เสมือนหัวตั้ง	ใหญ่กว่าวัตถุ	หลังกระจกคนละด้านกับวัตถุ	
กระจกนูน 1. วัตถุอยู่ไกลมาก	เสมือน	เป็นจุด	หลังกระจกที่จุดโฟกัส	
2. ทุกระยะ	เสมือนหัวตั้ง	เล็กกว่าวัตถุ	หลังกระจกอยู่ระหว่างขั้วกระจก (P) กับจุดโฟกัส (F)	

ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 305-306)

การคำนวณหาตำแหน่งภาพและขนาดของภาพจากกระจกโค้ง

สูตรที่ใช้

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}$$

กำหนดให้

f คือ ความยาวโฟกัส (ระยะจากจุดโฟกัสถึงขั้วกระจก)

s คือ ระยะวัตถุ (ระยะจากวัตถุถึงขั้วกระจก)

s' คือ ระยะภาพ (ระยะจากภาพถึงขั้วกระจก)

การหากำลังขยายของกระจกโค้ง

สูตรที่ใช้

$$m=\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s}=\frac{f}{s-f}=\frac{s'-f}{f}$$

กำหนดให้ m คือ กำลังขยายของกระจกโค้ง

y' คือ ขนาดของภาพ (ความสูงของภาพ)

y คือ ขนาดของวัตถุ (ความสูงของวัตถุ)

โดยจะแทนเครื่องหมาย + และ – เป็นสัญลักษณ์แทนชนิดของกระจกโค้งและลักษณะของภาพ โดยมีข้อกำหนดว่า เมื่อ เครื่องหมายหน้า f เป็น + หมายถึง กระจกเว้า

เครื่องหมายหน้า f เป็น - หมายถึง กระจกนูน

เครื่องหมายหน้า s', m และ y เป็น + หมายถึง ภาพจริง

เครื่องหมายหน้า s', m และ y เป็น - หมายถึง ภาพเสมือน

ส่วน s และ y ใช้เป็น + เสมอ จะเป็น – เมื่อวัตถุนั้นเป็นวัตถุเสมือนแล้วไปอยู่หลังกระจก

ตัวอย่าง

1. วางวัตถุไว้หน้ากระจกเว้ามีความยาวโฟกัส 5 เซนติเมตร ปรากฏว่าเกิดภาพจริงขึ้นที่ระยะห่างจากกระจก 10 เซนติเมตร จงหาว่าวัตถุอยู่ห่างจากกระจกกี่เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. วางวัตถุไว้หน้ากระจกนูนความยาวโฟกัส 10 เซนติเมตร ปรากฏว่าเกิดภาพขึ้นที่ระยะห่างจากกระจก 5 เซนติเมตร จงหาว่าวัตถุอยู่ห่างจากกระจกกี่เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. เมื่อวางวัตถุหน้ากระจกโค้งห่าง 30 เซนติเมตร เกิดภาพจริงขนาด 2 เท่าของวัตถุบนฉาก จงหาความยาวโฟกัสของกระจกและชนิดของกระจก

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4. กระจกเว้ามีความยาวโฟกัส 40 เซนติเมตร จะต้องวางวัตถุบนแกนของกระจกห่างจากกระจกกี่เซนติเมตรจึงทำให้เกิดภาพหัวตั้งที่มีขนาดเป็น 4 เท่าของขนาดวัตถุ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

5. วัตถุสูง 5 เซนติเมตร อยู่ห่าง 10 เซนติเมตร จากกระจกเว้าซึ่งมีรัศมีความโค้ง 50 เซนติเมตร จงหาความสูงของภาพ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

6. กระจกเว้า 2 บาน ความยาวโฟกัสแผ่นละ 10 เซนติเมตร วางหันหน้าเข้าหากัน 30 เซนติเมตร นำวัตถุวางห่างกระจกบานหนึ่งระยะ 5 เซนติเมตร จงหาตำแหน่งและชนิดของภาพที่เกิดจากการสะท้อนแสงระหว่างกระจกทั้งสอง ให้สะท้อนจากบานใกล้วัตถุก่อน

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 13

การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. วางวัตถุหน้ากระจกเว้าเป็นระยะ 10 เซนติเมตร เกิดภาพจริงหน้ากระจกที่ระยะ 15 เซนติเมตร กระจกมีรัศมีความโค้งยาวกี่เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. ถ้าวางวัตถุที่มีความสูง 10 เซนติเมตร ไว้หน้ากระจกห่างจากกระจก 100 เซนติเมตร ปรากฏว่าเกิดภาพเสมือนสูง 2 เซนติเมตร จงหาความยาวโฟกัสของกระจกและชนิดของกระจก

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

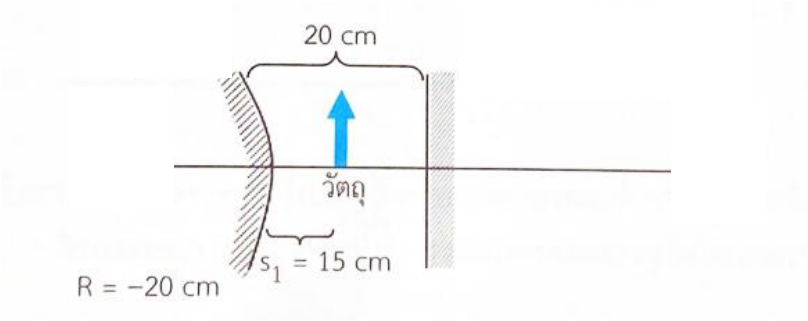
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. วัตถุสูง 5 เซนติเมตร วางห่างจากกระจกนูน 15 เซนติเมตร กระจกนูนมีรัศมีความโค้ง 20 เซนติเมตร กระจกราบบานหนึ่งวางหันหน้าเข้าหากระจกนูนห่างจากกระจกนูน 20 เซนติเมตร จงหาตำแหน่งของภาพซึ่งเกิดจากรังสีของแสงซึ่งสะท้อนที่กระจกนูนก่อนจากนั้นสะท้อนที่กระจกราบ



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 14 การหักเหของแสง

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด
   1.1 การหักเหของแสง
   https://www.youtube.com/watch?v=RhcgYYbv3Ss
   1.2 การทดลองการหักเหของแสง
   https://www.youtube.com/watch?v=HvtTIuodp_o
   1.3 โจทย์การหักเหของแสง
   https://www.youtube.com/watch?v=SqMtnDbIG1A
2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 14 การหักเหของแสง

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 14 การหักเหของแสง
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 14 การหักเหของแสง

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 14 การหักเหของแสง

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

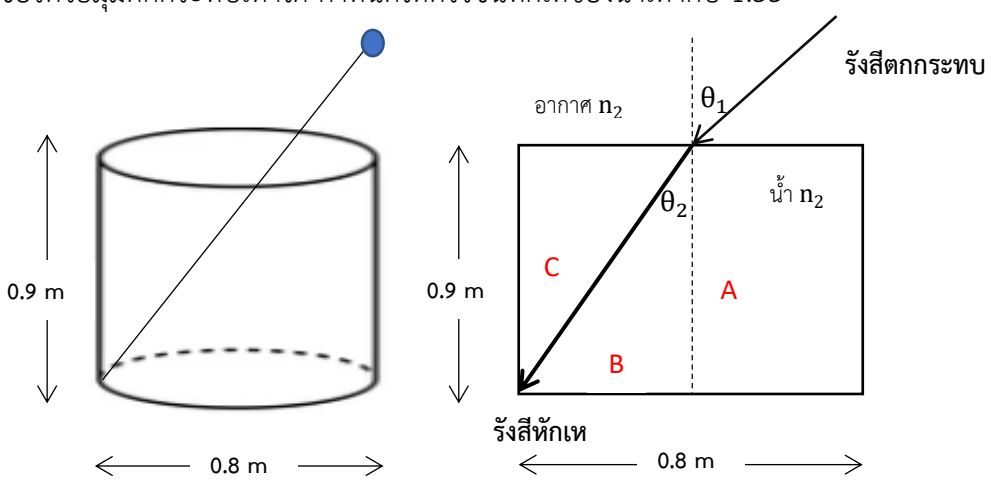
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. ถังรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เมตร และสูง 0.9 เมตร บรรจุน้ำเต็มถัง ถ้าต้องการฉายแสงเลเซอร์ลงที่ผิวน้ำตรงกลางถังโดยให้แสงผ่านน้ำแตกกระทบที่ก้นถังตรงมุมของถังพอดี จะต้องฉายแสงเลเซอร์ด้วยมุมตกกระทบเท่าใด กำหนดให้ดรรชนีหักเหของน้ำเท่ากับ 1.33



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. เมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีดรรชนีหักเห n_1 ไปยังตัวกลางที่มีดรรชนีหักเห n_2 โดยที่ $n_1 > n_2$ จะสามารถคำนวณหามุมวิกฤตได้อย่างไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4. จงหามุมวิกฤตสำหรับการสะท้อนกลับหมดในแก้วที่รอยต่อระหว่างแก้วกับอากาศ กำหนดให้ดรรชนีหักเหของแก้วเท่ากับ 1.50 และดรรชนีหักเหของอากาศเท่ากับ 1.00

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

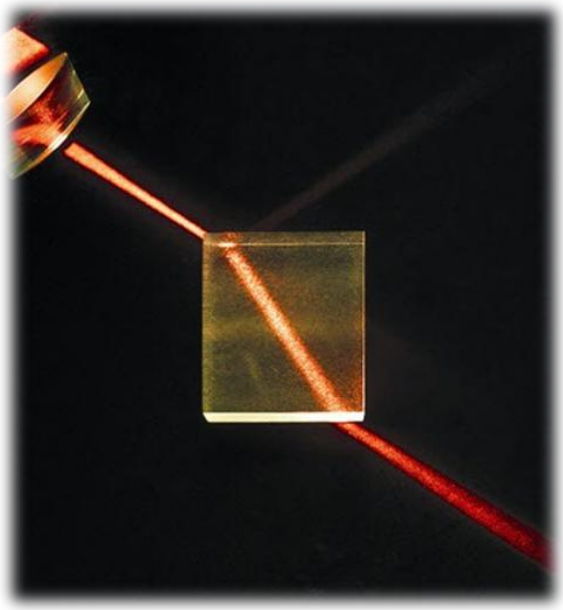
ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 14

การหักเหของแสง

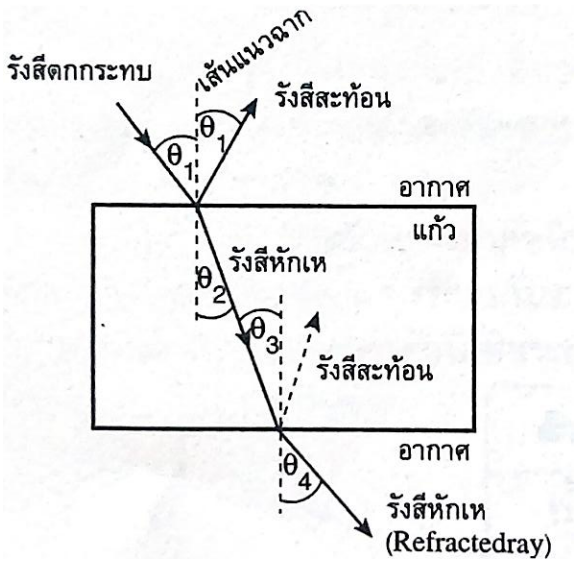
ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

<u>การหักเหของแสง (Refraction of light)</u>

เนื่องจากอัตราเร็วของแสงในตัวกลางต่างๆ ไม่เท่ากัน โดยในตัวกลางที่มีสถานะเป็นก๊ซจะมี อัตราเร็วมากกว่าในตัวกลางที่มีสถานะเป็นของเหลวและของแข็ง เมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง ที่ผิวรอยต่อของตัวกลางทั้งสองนี้แสงส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับโดยทำมุมตกกระทบเท่ากับมุม สะท้อนและอีกส่วนหนึ่งจะหักเหผ่านเข้าไปในตัวกลางที่สอง โดยทิศทางของรังสีจะหักเหจะเบนออกจากแนวเดิม ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า **การหักเห (Refraction)** ดังรูปที่ 1



ก



ข

รูปที่ 1 การหักเหของแสงผ่านอากาศกับแท่งแก้ว

รูป ก ที่มา :*https://www.lasgroepzuidlimburg.nl/lezingen_2017*

รูป ข ที่มา :นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 316)

การหักเหของแสงเหมือนกับการหักเหของคลื่นทุกประการกล่าวคือ เมื่อ

θ_1 คือมุมตกกระทบ

θ_2 คือมุมหักเห *(Angle of refraction)*

λ_1, λ_2 คือความยาวคลื่นในตัวกลางที่ *1* และ *2*

v_1, v_2 คือวีตราเร็วคลื่นในตัวกลางที่ 1 และ 2

จะได้ว่า $$\frac{sin\,\theta_1}{sin\,\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad \text{....(1)}$$

ดัชนีหักเห (*Refractive index*) "*n*"

คืออัตราส่วนของอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศต่ออัตราเร็วของแสงในตัวกลางใด ๆ

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

เมื่อ c คืออัตราเร็วของแสงในสุญญากาศหรืออากาศ = 3 x 108 m/s

v คืออัตราเร็วของแสงในตัวกลางใด ๆ (m/s)

n คือดัชนีหักเหของตัวกลางนั้น ๆ (ไม่มีหน่วย)

ตาราง แสดงค่าดัชนีหักเหของตัวกลางชนิดต่าง ๆ ที่ความดัน 1 บรรยากาศ และอุณหภูมิ $20°C$

ตัวกลาง	ดัชนีหักเห
น้ำแข็ง	1.31
น้ำ	1.33
ฟลูออไรด์	1.43
โพลิเอธิลีน	1.50 – 1.54
แก้ว	1.51 – 1.90
เพชร	2.42

ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 317)

จากสมการค่าดัชนีหักเห พบว่าดัชนีหักเหขึ้นกับค่าอัตราเร็วของแสงในตัวกลางใด ๆ ถ้าอัตราเร็วแสงมีค่ามาก ค่าดัชนีหักเหจะมีค่าน้อย และถ้าอัตราเร็วของแสงมีค่าน้อยค่าดัชนีหักเหจะมีค่ามาก เนื่องจากค่า อัตราเร็วของแสงมีค่ามากที่สุดในตัวกลางอากาศดังนั้น ค่าตัชนีหักเหของอากาศเท่ากับ 1 แต่ถ้าเป็นตัวกลางอื่นๆ อัตราเร็วของแสงจะน้อยกว่า อัตราเร็วของแสงในอากาศ ค่าดัชนีหักเหของตัวกลางนั้นจะมากกว่าดังนั้น ดัชนีหักเห$n \geq 1$

จาก $n = \frac{c}{v}$ หรือ $v = \frac{c}{n}$ หรือ $\frac{v_1}{v_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2}$

$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$

ดังนั้นจากสมการ (1) จะได้ว่า

$$\frac{sin\,\theta_1}{sin\,\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{...(2)}$$

จาก (2) $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$ เรียกว่ากฎการหักเหของสเนลล์ (Snell's law)

สรุป การหักเหของแลง เกิดขึ้นเมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางคู่หนึ่ง ๆ และมี **<u>กฎการหักเหของแสง (*Law of Refraction of Light*)</u>** ดังนี้

1. รังสีตกกระทบ เส้นปกติ และรังสีหักเห อยู่บนระนาบเดียวกันเสมอ
2. สำหรับตัวกลางคู่หนึ่ง อัตราส่วนระหว่าจคู่ sine ของมุมตกกระทบในตัวกลางหนึ่ง กับค่า sine ของมุมหักเหในอีกตัวกลางหนึ่งมีค่าคงที่เสมอ

หมายเหตุ ในการหักเหของแสง **อัตราเร็วและความยาวคลื่นของ<u>แสงเปลี่ยนแปลง</u>** แต่ ความถี่มีค่าคงที่

<u>หลักการเขียนแนวรังสีหักเห</u>

1. เมื่อแสงเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีค่าดัชนีหักเหน้อยไปมาก หรือจากอัตราเร็วมากไปน้อยรังสี หักเหจะเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก
2. เมื่อแสงเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีคำดัชนีหักเหมากไปน้อย หรือจากอัตราเร็วน้อยไปมาก รังสีหักเหจะเบนออกจากเส้นแนวฉาก

ตัวอย่าง

1. แสงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร มีความเร็ว $3x10^8$ เมตร/วินาที ในอากาศ เมื่อยิงแสงทะลุลงไปในของเหลวชนิดหนึ่งปรากฏว่าความยาวคลื่นเปลี่ยนเป็น 300 นาโนเมตร ความเร็วแสงในของเหลวชนิดนี้มีค่าเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. ดรรชนีหักเหของตัวกลาง A = 3 และดรรชนีตัวกลาง B=6 หากแสงเดินทางจากตัวกลาง A ไปยังตัวกลาง B เมื่อแสงในตัวกลาง B มีความเร็วเท่ากับ $1.2x10^8$ เมตร/วินาที แล้วความเร็วแสงในตัวกลาง A จะมีค่าเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. แสงความยาวคลื่นในอากาศ 390 นาโนเมตร เมื่อเคลื่อนที่ผ่านไปในแก้วที่มีดรรชนีหักเห 1.3 จงหาความยาวคลื่นแสงในแก้วในหน่วยนาโนเมตร (ดรรชนีหักเหของแสงในอากาศ =1)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4. ดรรชนีหักเหของแสงในตัวกลางหนึ่งมีค่า 1.5 ดังนั้นอัตราเร็วของแสงในตัวกลางนั้นมีค่าเท่าไร (ให้ดรรชนีหักเหของแสงในอากาศ =1.0 ,อัตราเร็วแสงในอากาศ = $3x10^8$ เมตร/วินาที)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

5. แสงเคลื่อนที่ผ่านของเหลวหนึ่งด้วยอัตราเร็ว 1.50×10^8 เมตร/วินาที อยากทราบว่าของเหลวนี้มีค่าดรรชนีหักเหเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

6. แสงสีหนึ่งในอากาศมีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ถ้าดรรชนีหักเหของแก้วเป็น 3/2 ความยาวคลื่นแสงนี้ในแก้วมีค่าเท่ากับข้อใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

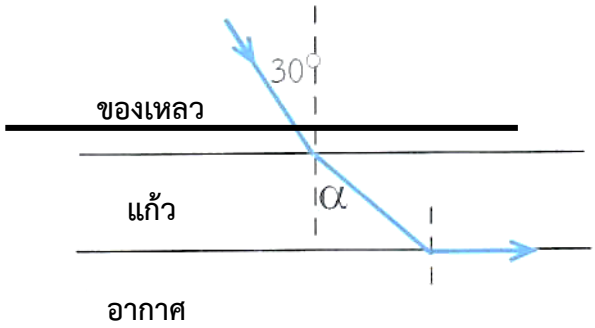
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

7. แสงเคลื่อนจากของเหลวผ่านแท่งแก้วไปสู่อากาศดังรูป จงหาดรรชนีหักเหของของเหลว



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. แสงความถี่ 2.0×10^{14} เฮิรตซ์ ในเส้นใยนำแสงมีความยาวคลื่น 4.5×10^{-7} เมตร จงหาค่าดรรชนีหักเหของเนื้อเส้นใยนำแสงนี้

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. แสงเคลื่อนที่จากตัวกลาง A ไปยังตัวกลาง B มีมุมตกกระทบ 30^0 มีมุมหักเหเป็น 37^0 จงหาดรรชนีหักเหของตัวกลาง B เทียบกับตัวกลาง A

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4. ถ้าดรรชนีหักเหของน้ำและแก้วเป็น 4/3 และ 3/2 ตามลำดับ จงหาดรรชนีหักเหของแก้วเทียบกับน้ำมีค่าเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 15 การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด
   1.1 การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง
   https://www.youtube.com/watch?v=mfkp5azlezw
   https://www.youtube.com/watch?v=3UlM0GP4f9w
   1.2 การทดลองการหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง
   https://www.youtube.com/watch?v=eRyL9aSd7Qk
   1.3 โจทย์การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง
   https://www.youtube.com/watch?v=W9imiNXEuVU&t=168s
   https://www.youtube.com/watch?v=ZSyfAgvfcp0
2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 15 การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 15 การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 15 การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 15 การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 15

การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. จงเติมข้อความลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

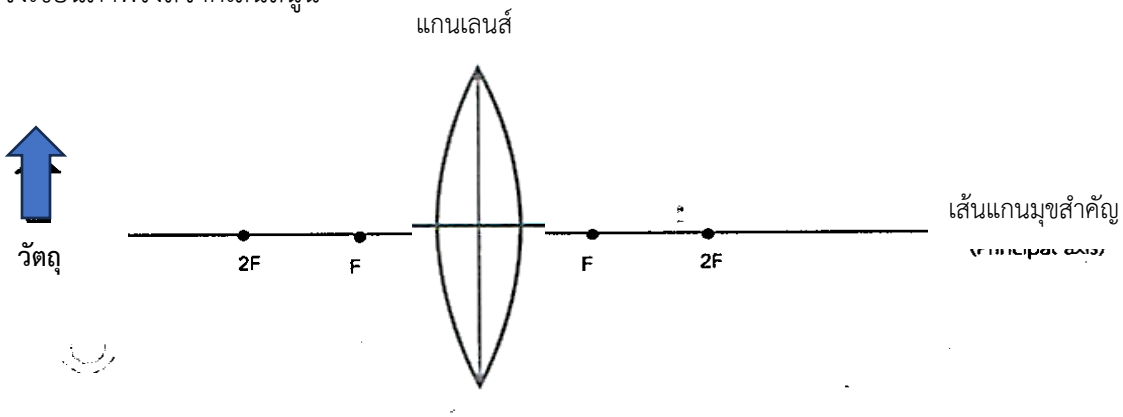
ก. สรุปภาพจากเลนส์นูน

ที่	ตำแหน่งวัตถุ	ตำแหน่งภาพ	ชนิดของภาพ	ขนาดของภาพ
1	$s > 2f$			
2	$s = 2f$			
3	$2f > s > f$			
4	$s = f$			
5	$s < f$			

ข. สรุปภาพจากเลนส์เว้า

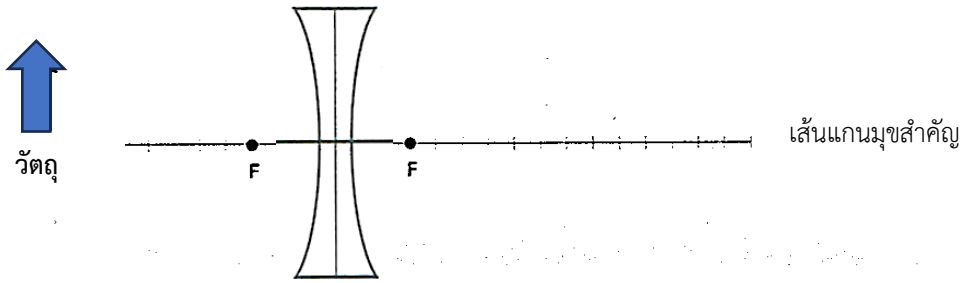
ที่	ตำแหน่งวัตถุ	ตำแหน่งภาพ	ชนิดของภาพ	ขนาดของภาพ
1	$s > 2f$			
2	$s = 2f$			
3	$2f > s > f$			
4	$s = f$			
5	$s < f$			

2. จงเขียนภาพรังสีจากเลนส์นูน



ผลจากการเขียนรังสี.....

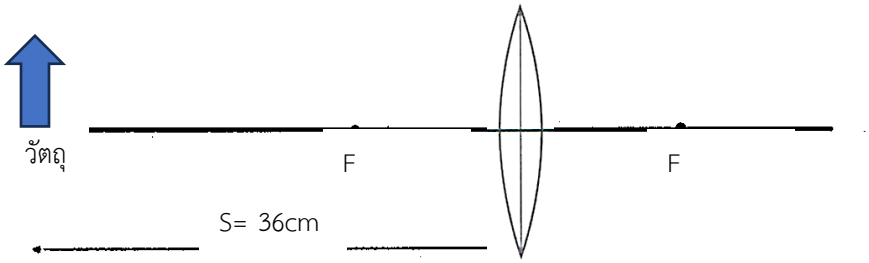
3. จงเขียนภาพรังสีจากเลนส์เว้า



ผลจากการเขียนรังสี.....

4. จงเขียนแผนภาพและคำนวณภาพรังสีของแสง เพื่อหาระยะภาพที่เกิดจากเลนส์นูนซึ่งมีความยาวโฟกัส 12 เซนติเมตร เมื่อวางวัตถุสูง 6 เซนติเมตร ที่ระยะห่างจากเลนส์นูน 36 เซนติเมตร

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสง



ข การคำนวณ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

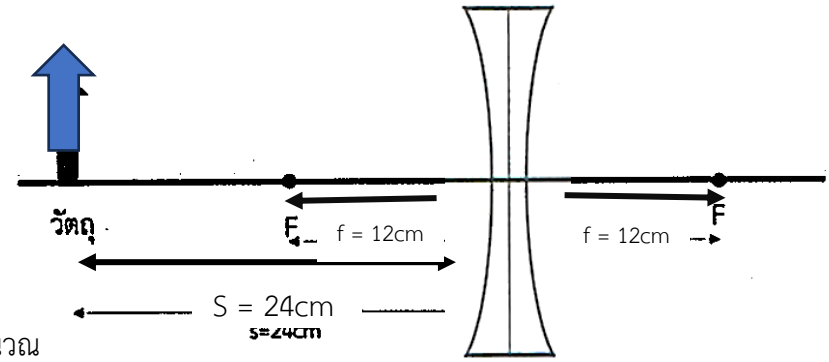
.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

5. จงเขียนแผนภาพและคำนวณภาพรังสีรังสีของแสง เพื่อหาระยะภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าซึ่งมีความยาวโฟกัส 12 เซนติเมตร เมื่อวางวัตถุสูง 6 เซนติเมตร ที่ระยะห่างจากเลนส์นูน 24 เซนติเมตร

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสง



ข การคำนวณ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

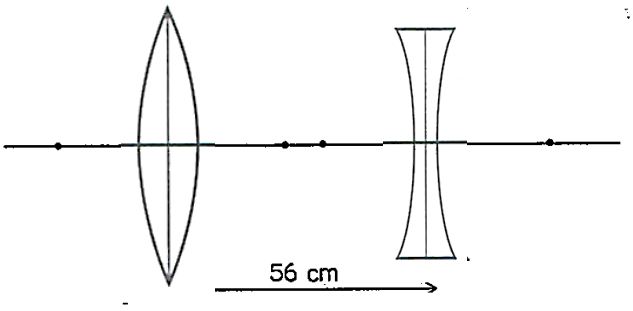
.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

6. เลนส์นูนความยาวโฟกัส 24 เซนติเมตร อยู่ทางด้านซ้ายของเลนส์เว้าที่มีความยาวโฟกัส 28 เซนติเมตร โดยเลนส์ทั้งสองวางห่างกัน 56 เซนติเมตร และมีเส้นมุมสำคัญร่วมกัน ถ้าวางวัตถุทางซ้ายมือของเลนส์นูน 12 เซนติเมตร จงหาตำแหน่งของภาพสุดท้ายเทียบกับเลนส์เว้า

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสงครั้งที่ *1*



ข การคำนวณครั้งที่ 1

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

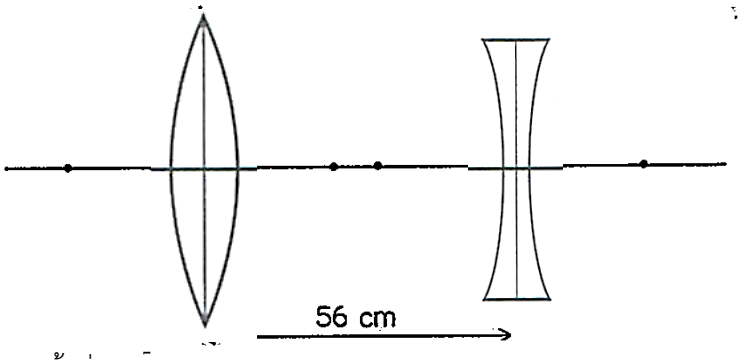
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสงครั้งที่ 2



ข การคำนวณครั้งที่ 2

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 15

การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

<u>การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง</u>

เลนส์ (Lens) เป็นตัวกลางโปร่งใสที่มีผิวหน้าเป็นผิวโค้ง พื้นผิวโค้งของเลนส์อาจจะมีรูปร่างเป็นพื้นผิวโค้งทรงกลม ทรงกระบอกหรือพาราโบลาก็ได้ เลนส์แบบง่ายที่สุดเป็นเลนส์บางมีพื้นที่ผิวหน้าโค้งแบบทรงกลมและเลนส์ที่เราจะใช้ศึกษาในบทเรียนนี้เป็นเลนส์ที่มีส่วนหนาที่สุด มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับรัศมีความโค้งเลนส์ แบบนี้เรียกว่าเลนส์บาง ซึ่งแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ

1. เลนส์นูน (Convex Lens) คือ เลนส์ที่มีตรงกลางหนากว่าตรงขอบ ซึ่งมีหลายลักษณะเช่น

เลนส์นูนสองหน้า *เลนส์นูนแกมระนาบ* *เลนส์นูนแกมเว้า*

รูปที่ 1 รูปเลนส์นูน

ที่มา: https://www.trueplookpanya.com/learning/detail/31433-044031

2. เลนส์เว้า (Concave Lens) คือ เลนส์ที่มีตรงกลางบางกว่าตรงขอบ ซึ่งมีหลายลักษณะ เช่น

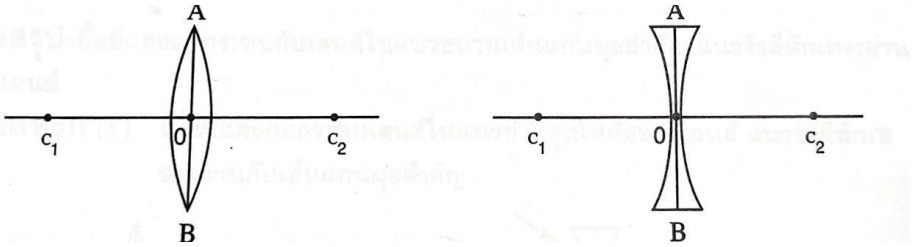
เลนส์เว้าสองหน้า *เลนส์เว้าแกมระนาบ* *เลนส์เว้าแกมนูน*

รูปที่ 2 รูปเลนส์เว้า

ที่มา: https://www.trueplookpanya.com/learning/detail/31433-044031

เลนส์นูนและเลนส์เว้าที่จะศึกษาเป็นเลนส์ที่มีความโค้งเท่ากันทั้งสองด้าน ส่วนประกอบของเลนส์

1. **จุดศูนย์กลางความโค้ง (C_1, C_2)** ของผิวโค้งซึ่งมี 2 จุด
2. **เส้นแกนมุขสำคัญ (Principal Axis)** ของเลนส์ คือ เส้นตรงที่ลากผ่านจุดศูนย์กลางความโค้ง C_1, C_2
3. **จุดกึ่งกลางเลนส์ (Optical Center) (จุด O)** คือ จุดที่อยู่บนเส้นแกนมุขสำคัญตรงกึ่งกลางระหว่าง C_1 และ C_2 และเป็นจุดใจกลางเลนส์พอดี เมื่อมีรังสีตกกระทบเลนส์ผ่านจุดนี้ แนวรังสี หักเหที่ออกจากเลนส์จะอยู่ในแนวรังสีเดิม
4. **เส้นระนาบดิ่ง (AB)** เป็นเส้นตรงที่ตั้งฉากกับเส้นแกนมุขสำคัญ ณ จุดใจกลางเลนส์ โดยเส้นตรงนี้จะแบ่งเลนส์ออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน บางทีอาจเรียกว่า **เส้นผ่ากลางเลนส์**



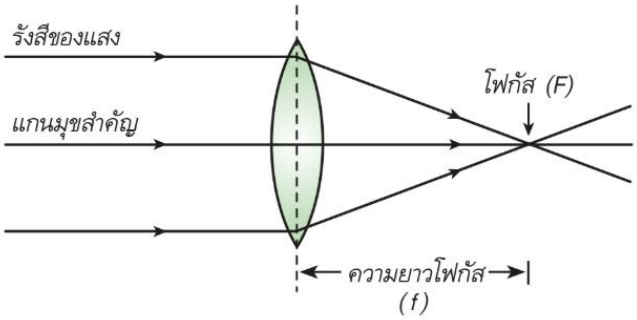
รูปที่ 3 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของเลนส์เว้า และเลนส์นูน

ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 331)

<u>จุดโฟกัสและความยาวโฟกัส</u>

เลนส์นูน

เมื่อวัตถุอยู่ไกลจากเลนส์นูนมาก ๆ รังสีจากวัตถุที่มากระทบเลนส์นูนจะเป็นรังสีขนานกับเส้นแกนมุขสำคัญ รังสีหักเหที่ผ่านเส้นผ่ากลางเลนส์ (AB) จะพบกันที่จุด ๆ หนึ่งอยู่ระหว่าง O กับ C_1 (ซึ่งอยู่ด้านหลังเลนส์) ซึ่งเรียกจุดนั้นว่า **จุดโฟกัส (F_1)** และพบว่าจุด F_1 อยู่ที่กึ่งกลางระหว่าง O กับ C_1 พอดี ระยะ OF_1 เรียกว่า**ความยาวโฟกัส (f)** และ $f = \frac{R}{2}$

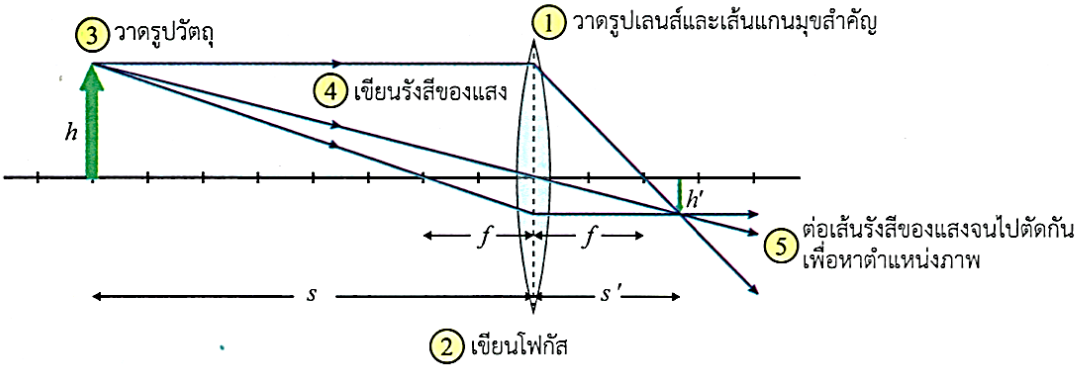


รูปที่ 4 ทางเดินแนวรังสีแสงของเลนส์นูน

ที่มา: https://www.trueplookpanya.com/learning/detail/31433-044031

วิธีหาตำแหน่งภาพของวัตถุที่วางหน้าเลนส์บาง

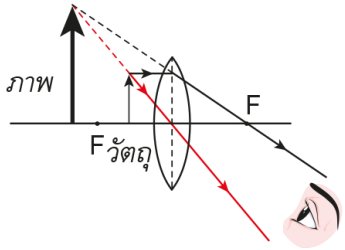
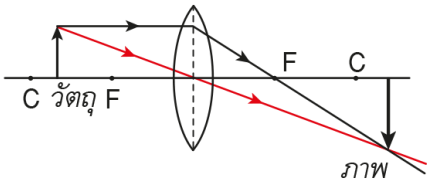
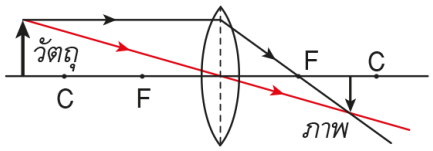
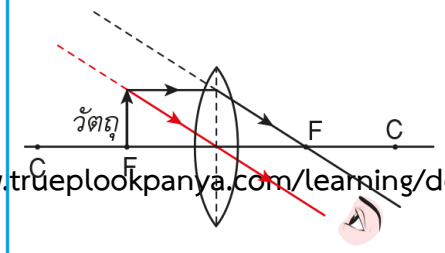
1. วาดรูปเลนส์และเขียนเส้นแกนมุขสำคัญ
2. เขียนโฟกัสที่ทั้งสองด้านของเลนส์
3. วาดรูปวัตถุไว้บนเส้นแกนมุขสำคัญที่ด้านหน้าเลนส์ (ตำแหน่งของวัตถุจะเป็นด้านหน้าของเลนส์)
4. เขียนรังสีของแสงออกจากส่วนปลายบนของวัตถุ โดยเขียนรังสีสามเส้น ได้แก่
   - รังสีที่ขนานกับเส้นแกนมุขสำคัญ เมื่อผ่านเลนส์จะหักเหผ่านโฟกัส
   - รังสีที่ผ่านโฟกัสด้านใกล้วัตถุ เมื่อผ่านเลนส์จะหักเหเป็นรังสีขนานเส้นแกนมุขสำคัญ
   - รังสีที่ผ่านจุดกึ่งกลางเลนส์ เมื่อผ่านเลนส์จะไม่มีการเบี่ยงเบนไปจากแนวเดิม
5. ต่อเส้นรังสี จนรังสีทั้งสามไปตัดกัน จะเป็นตำแหน่งภาพของปลายบนของวัตถุ จากนั้นวาดภาพวัตถุส่วนที่เหลือทั้งหมดจากภาพปลายบนไปตั้งฉากกับแกนมุขสำคัญ



รูปที่ 5 การหาตำแหน่งของภาพจากการเขียนรังสีของแสง

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 192)

ตารางที่ 1 ภาพที่เกิดจากเลนส์นูนในกรณีต่าง ๆ

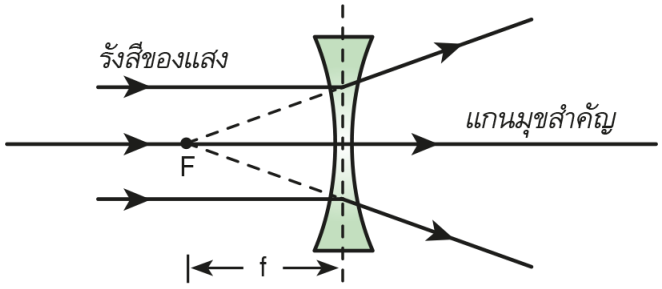
ระยะวัตถุ	ทางเดินของแสง	ลักษณะภาพและระยะภาพ
1. ระยะวัตถุน้อยกว่าโฟกัส (s < f)		ได้ภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ อยู่หน้าเลนส์ ระยะภาพไกลกว่าวัตถุ
2. ระยะวัตถุมากกว่าโฟกัสแต่น้อย (f< s < 2f) ลางความโค้ง (f < u < 2f)		ได้ภาพจริงหัวกลับ ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ อยู่หลังเลนส์ ระยะภาพ [illegible] ลางความโค้ง (s' > 2f)
3. ระยะวัตถุ [illegible] ลางความโค้ง (u > 2f) (s > 2f) (s = f)		ได้ภาพจริงหัวกลับ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ อยู่หลังเลนส์ ระยะภาพอยู่ระหว่าง [illegible] ลางความโค้ง (f < s' < 2f)
4. วัตถุอยู่ที่โฟกัสของเลนส์นูน (u = f)		ภาพที่เกิดอยู่ระยะไกลมาก คือที่ระยะอนันต์ จนไม่สามารถระบุชนิดของภาพได้

ที่มา : https://www.trueplookpanya.com/learning/detail/31433-044031

เลนส์เว้า

เมื่อวัตถุอยู่ไกลจากเลนส์เว้ามาก ๆ รังสีจากวัตถุที่มากระทบเลนส์เว้าจะเป็นรังสีขนานกับเส้นแกนมุขสำคัญ รังสีหักเหที่ผ่านเส้นผ่ากลางเลนส์ (AB) จะเบนออกจากกันในลักษณะคล้ายว่าออกจากจุด ๆ หนึ่งซึ่งอยู่ด้านหน้าเลนส์ ด้านเดียวกับวัตถุ โดยอยู่ที่จุดกึ่งกลางระหว่าง O กับ C_1 เรียกว่า**จุดโฟกัส (F_1)**
ระยะ OF_1 เรียกว่า**ความยาวโฟกัส (f)**

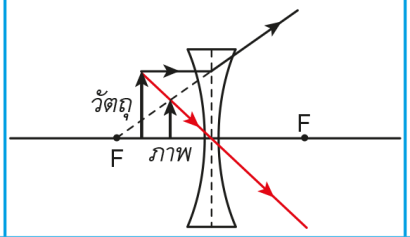
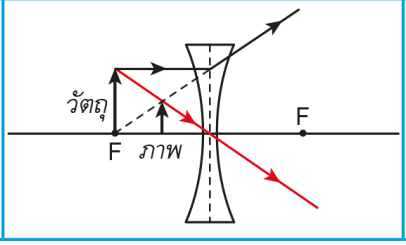
และ $f = \frac{R}{2}$



รูปที่ 6 ทางเดินแนวรังสีแสงของเลนส์เว้า

ที่มา : https://www.trueplookpanya.com/learning/detail/31433-044031

ตารางที่ 2 ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า

ระยะวัตถุ	ทางเดินของแสง	ลักษณะภาพและระยะภาพ
1. ระยะวัตถุน้อยกว่าโฟกัส (s < f)		ได้ภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ ภาพอยู่ข้างเดียวกับวัตถุ (s' < f)
2. ระยะวัตถุอยู่ที่โฟกัสของเลนส์เว้า (s = f)		ได้ภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดเล็กกว่าวัตถุ ภาพอยู่ข้างเดียวกับวัตถุ (s' < f)

ที่มา : https://www.trueplookpanya.com/learning/detail/31433-044031

ข้อสรุป เมื่อมีแสงตกกระทบกับเลนส์ในแนวขนานเส้นแกนมุขสำคัญ แนวรังสีหักเหจะผ่านจุดโฟกัสของเลนส์

และเมื่อแสงผ่านจุดกึ่งกลางเลนส์แสงจะหักเหผ่านเลนส์และอยู่ในแนวเดิม

สูตรที่ใช้คำนวณเรื่องเลนส์บาง

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}$$

$$m=\frac{s'}{s}=\frac{y'}{y}$$

$$m=\frac{f}{s-f}=\frac{s'-f}{f}$$

การกำหนดเครื่องหมายของ f, s, s' ของกระจกโค้ง เป็นดังนี้

1. f ความยาวโฟกัส = + เมื่อเป็นจุดโฟกัสจริง (เลนส์นูน)
   = - เมื่อเป็นจุดโฟกัสเสมือน (เลนส์เว้า)
2. s ระยะวัตถุ = + เมื่อเป็นวัตถุจริงวางอยู่หน้าเลนส์
   = - เมื่อเป็นวัตถุเสมือนวางอยู่หลังเลนส์
3. s' ระยะภาพ = + เมื่อเป็นภาพจริงแสงตัดกันจริงอยู่หลังเลนส์
   = - เมื่อเป็นภาพเสมือนแสงเสมือนว่าตัดกันหน้าเลนส์
4. m กำลังขยาย = + เป็นกำลังขยายของภาพจริง
   = - เป็นกำลังขยายของภาพเสมือน

สรุปการเกิดภาพจากเลนส์บาง

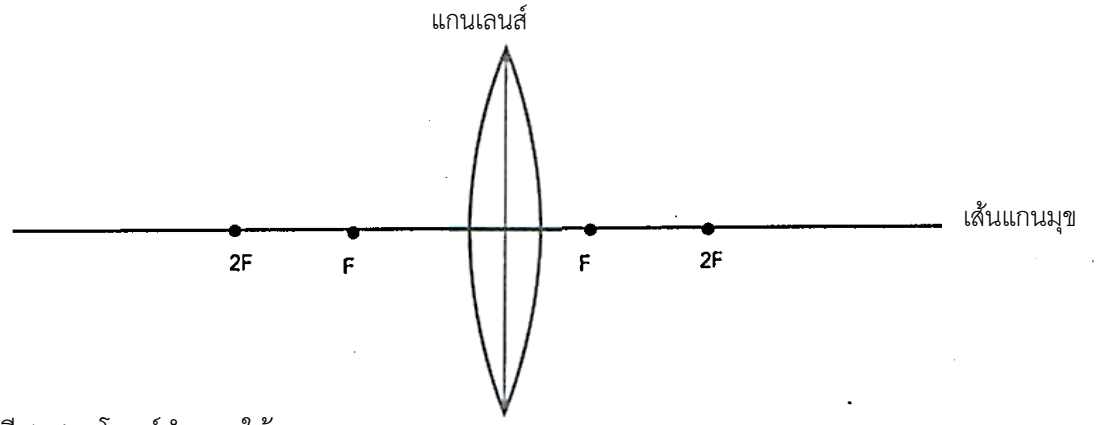
1. ภาพจากเลนส์นูน เป็นภาพจริงมีได้ทุกขนาด เกิดด้านหลังเลนส์หรือคนละด้านกับวัตถุ ถ้าเป็นภาพเสมือนจะมีขยาดใหญ่กว่าวัตถุเสมอเกิดด้านเดียวกับวัตถุ ยกเว้นขณะวางวัตถุชินเลนส์จะได้ภาพเสมือนขนาดเท่าวัตถุ

2. ภาพจากเลนส์เว้า เป็นภาพเสมือนขนาดเล็กกว่าวัตถุเสมอเกิดด้านเดียวกับวัตถุ ยกเว้นเมื่อวางวัตถุชิดเลนส์จะได้ภาพเสมือนขนาดเท่าวัตถุ

ตัวอย่าง

1. จงเขียนแผนภาพรังสีของแสง เพื่อหาระยะภาพและชนิดของภาพที่เกิดจากเลนส์นูนซึ่งมีความยาวโฟกัส 10 เซนติเมตร เมื่อวางวัตถุสูง 3 เซนติเมตร ไว้ที่ระยะห่างจากเลนส์นูน 8 เซนติเมตร

   ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสง



ข

ขันที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

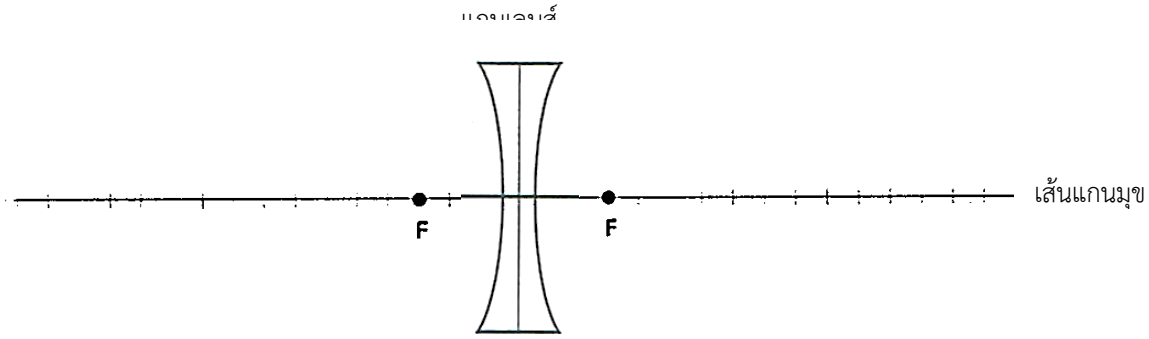
.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

....

2. จงเขียนแผนภาพรังสีของแสง เพื่อแสดงภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าที่มีความยาวโฟกัส 8 เซนติเมตร เมื่อวางวัตถุสูง 3 เซนติเมตร ไว้ที่ระยะห่างจากเลนส์เว้า 20 เซนติเมตร

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสง



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

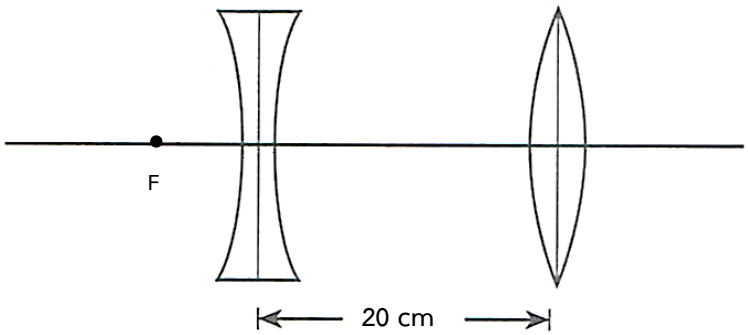
.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. เลนส์เว้าความยาวโฟกัส 10 เซนติเมตร อยู่ทางด้านซ้ายของเลนส์นูนความยาวโฟกัส 30 เซนติเมตร เป็นระยะ 20 เซนติเมตร วัตถุสูง 3 เซนติเมตร อยู่ทางซ้ายของเลนส์เว้าที่โฟกัส จงหาระยะภาพสุดท้ายเทียบกับเลนส์นูน และความสูงของภาพสุดท้าย

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสงครั้งที่ 1



ข. การคำนวณครั้งที่ 1

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

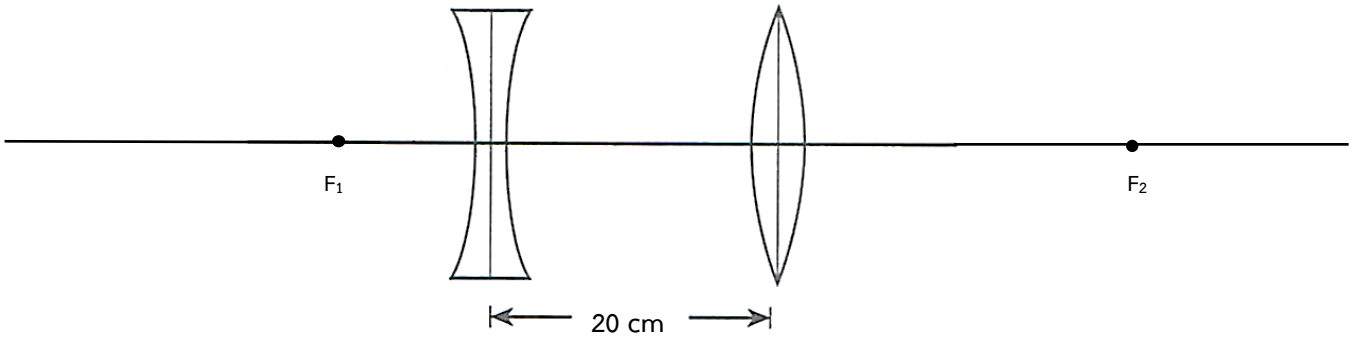
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสงครั้งที่ 2



ข. การคำนวณครั้งที่ 2

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

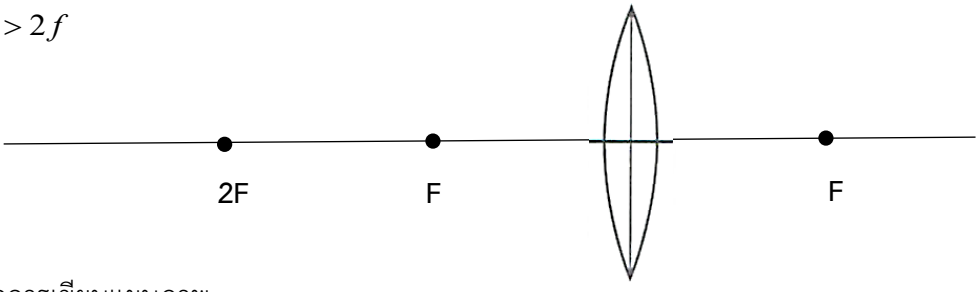
ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 15

การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

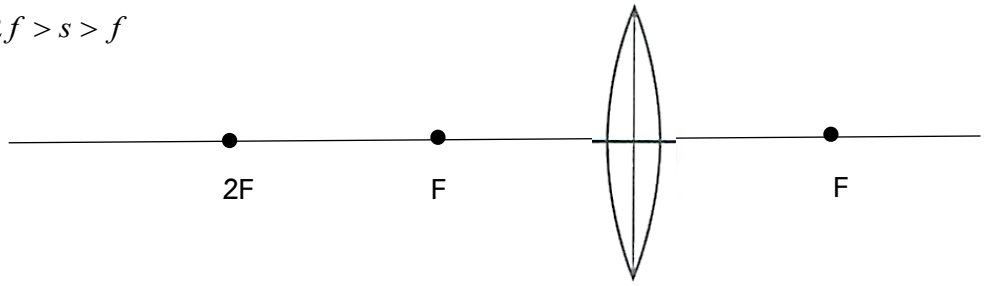
1. จงเขียนแผนภาพแสดงการเกิดภาพ และระบุชนิดภาพที่เกิดขึ้นว่าเป็นจริงหรือภาพเสมือนในกรณีวัตถุอยู่หน้าเลนส์นูน โดยวัตถุวางตั้งฉากกับแกนมุขสำคัญของเลนส์ และวัตถุอยู่ห่างจากเลนส์ทั้งสองเป็นระยะต่าง ๆ กันดังนี้

ก. $s > 2f$



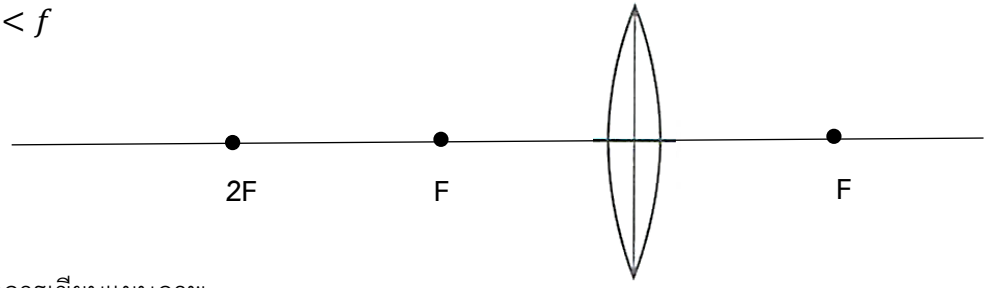
ผลจากการเขียนแผนภาพ.....

ข. $2f > s > f$



ผลจากการเขียนแผนภาพ.....

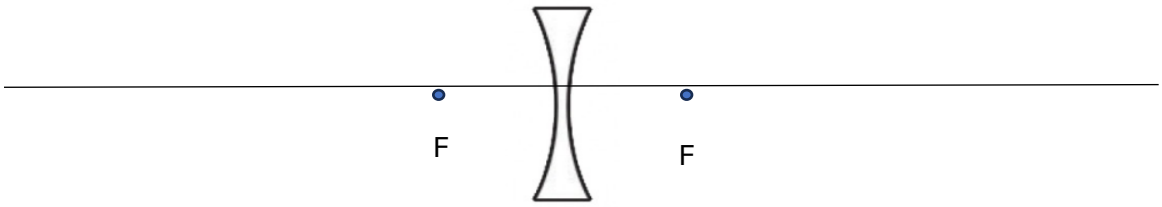
ค. $s < f$



ผลจากการเขียนแผนภาพ.....

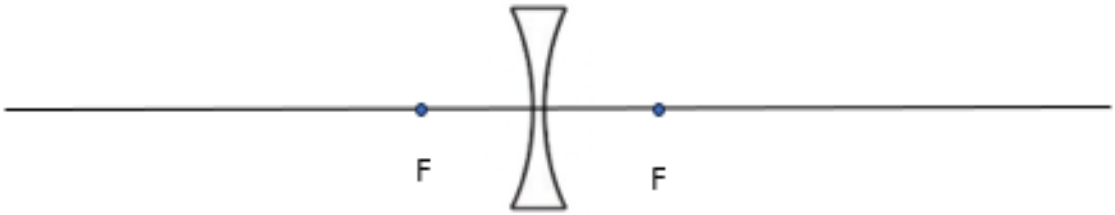
2. จงเขียนแผนภาพแสดงการเกิดภาพ และระบุชนิดภาพที่เกิดขึ้นว่าเป็นภาพจริงหรือภาพเสมือนในกรณีวัตถุอยู่หน้าเลนส์เว้า โดยวัตถุวางตั้งฉากกับแกนมุขสำคัญของเลนส์ และวัตถุอยู่ห่างจากเลนส์เป็นระยะต่าง ๆ กันดังนี้

ก. $s > 2f$



ผลจากการเขียนแผนภาพ.....

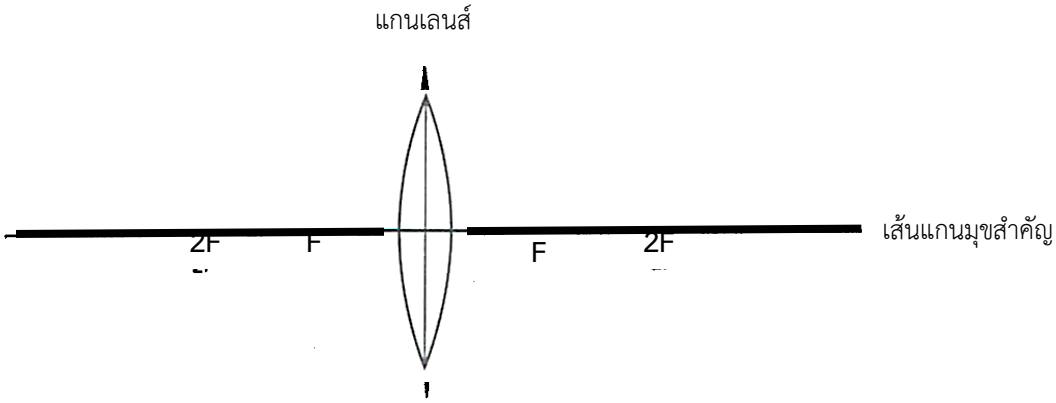
ข. $2f > s > f$



ผลจากการเขียนแผนภาพ.....

3. วางวัตถุไว้หน้าเลนส์นูนที่มีความยาวโฟกัส 10 เซนติเมตร ให้ห่างจากเลนส์นูน 30 เซนติเมตร จงหาระยะภาพ ชนิดของภาพ และกำลังขยาย

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสง



ข. การค์

ขั้นที่ 1 K : เจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

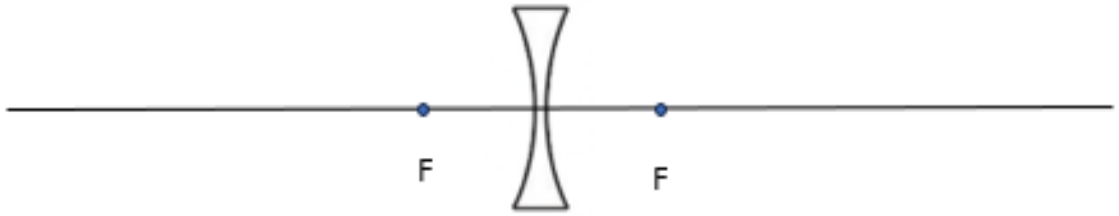
.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4. จงเขียนรังสีของแสง เพื่อแสดงภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าที่มีความยาวโฟกัส 12 เซนติเมตร เมื่อวางวัตถุสูง 6 เซนติเมตร ไว้ที่ระยะห่างจากเลนส์เว้า 8 เซนติเมตร เกิดภาพอย่างไร และมีขนาดเท่าไร

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสง



ข. การคำนวณ

ค. การคำนวณครั้งที่ 2

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

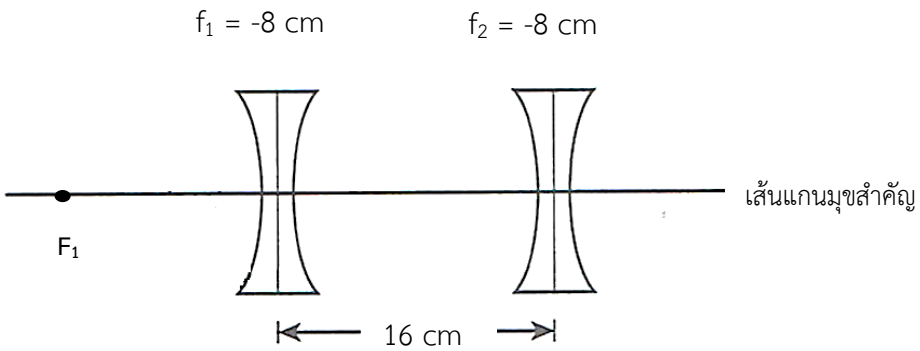
.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

5. เลนส์เว้าเหมือนกันสองอันวางห่างกัน 16.0 เซนติเมตร ความยาวโฟกัสของแต่ละเลนส์เท่ากับ 8 เซนติเมตร วางวัตถุทางซ้ายห่างจากเลนส์ที่อยู่ทางซ้าย 4 เซนติเมตร จงหาระยะภาพของภาพสุดท้ายกับเลนส์ที่อยู่ทางขวา

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสงครั้งที่ 1



ข

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

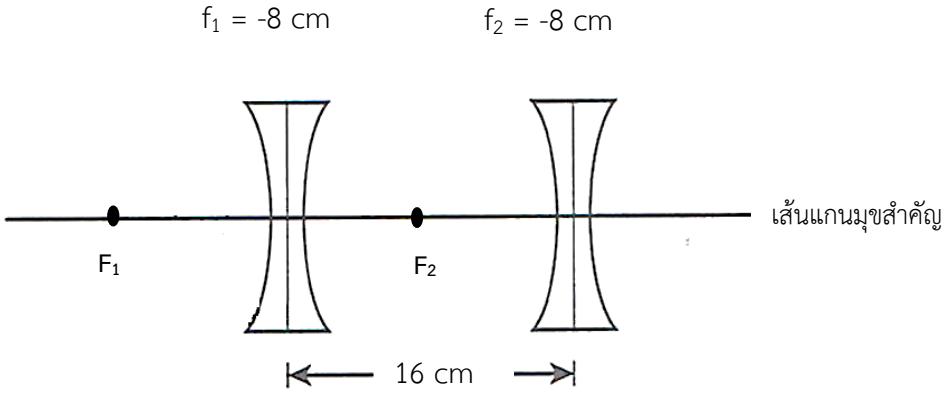
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ก. การเขียนแผนภาพรังสีของแสงครั้งที่ 2



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 16 การเห็นสี

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด

   1.1 การเห็นสี

   https://www.youtube.com/watch?v=Spb5xWi0ch8

   https://www.youtube.com/watch?v=fdkh20TEvkg

   https://www.youtube.com/watch?v=ZsrCoUYPGYM

   https://www.youtube.com/watch?v=I3eSfYBkgVQ

   1.2 การทดลองการเห็นสี

   https://www.youtube.com/watch?v=ureNbEnLXTc

   1.3 โจทย์การเห็นสี

   https://www.youtube.com/watch?v=QlyWVT-26Nc

2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 16 การเห็นสี

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 16 การเห็นสี
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 16 การเห็นสี

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 16 การเห็นสี

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 16

การเห็นสี

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. จงอธิบายสีที่เกิดจากการผสมสารสีน้ำเงินเขียว และสารสีแดงม่วง โดยอาศัยความรู้เรื่องการดูดกลืนและการสะท้อนแสงสีของสารสี

.....

.....

.....

2. เหตุใดหมึกของเครื่องพิมพ์เอกสารส่วนใหญ่จึงมี 4 สี คือสีน้ำเงินเขียว(Cyan) สีเหลือง(yellow)สีแดงม่วง (Magenta)และสีดำ(Black)

.....

.....

.....

3. เมื่อฉายแสงจากแหล่งกำเนิดแสงสีน้ำเงินไปบนวัตถุสีแดง เราจะมองเห็นวัตถุนั้นเป็นสีอะไร เพราะเหตุใด

.....

.....

4. แสงสีปฐมภูมิได้แก่สีอะไรบ้าง

.....

5. สารสี(Pigment)หมายถึง

.....

.....

6. จงเติมข้อความการดูดกลืนและการสะท้อนแสงสีของสารสีปฐมภูมิ ในตารางให้ถูกต้อง

สารสีปฐมภูมิ	แสงสีปฐมภูมิที่ดูดกลืน	แสงสีปฐมภูมิที่สะท้อน
สารสีเหลือง		
สารสีน้ำเงินเขียว		
สารสีแดงม่วง		

7. เซลล์รูปกรวยมี 3 ชนิด ประกอบด้วย

ก. ชนิด S (Short wavelength) ช่วงความยาวคลื่น

.....

ข. ชนิด M (Medium wavelength) ช่วงความยาวคลื่น

.....

ค. ชนิด L (Long wavelength) ช่วงความยาวคลื่น

.....

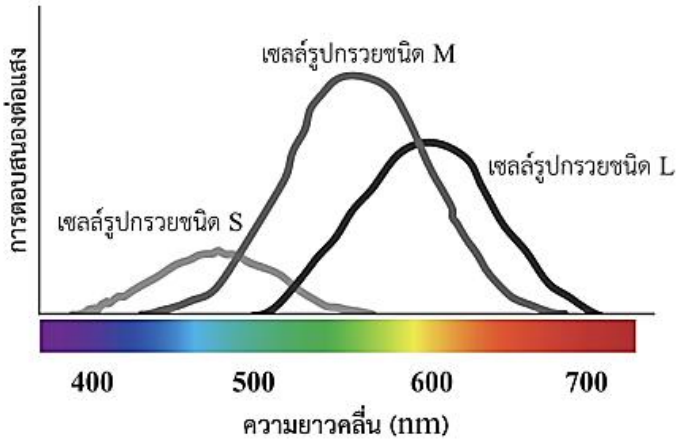
ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 16

การเห็นสี

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

<u>การเห็นสี</u>

การมองเห็นภาพของวัตถุนอกจากเรตินาจะรับแสงจากวัตถุแล้วที่เรตินายังมีเซลล์รับแสงอยู่จำนวนมากซึ่งแบ่งได้ 2 ชนิด คือ **เซลล์รูปกรวย (cone cell)** และ**เซลล์รูปแท่ง (rod cell)** เซลล์รูปแท่งจะไวเฉพาะต่อแสงที่มีความเข้มน้อย โดยจะไม่สามารถจำแนกสีของแสงนั้นได้ ส่วนเซลล์รูปกรวยจะไวเฉพาะต่อแสงที่มีความเข้มสูงและจะสามารถจำแนกแสงแต่ละสีได้ด้วยเซลล์รูปกรวยซึ่งมี 3 ชนิด คือชนิด S M L แต่ละชนิดจะไวต่อแสงสีปฐมภูมิแต่ละสี ซึ่งมี 3 สี คือ น้ำเงิน, เขียว, แดง



รูปที่ 1 ะชนิด

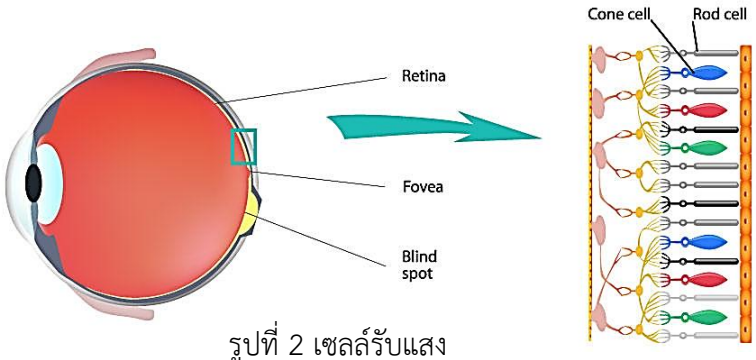
ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 218)

เมื่อแสงสีต่าง ๆ ผ่านเข้าตาถ้าความเข้มมากพอมากระทบที่เรตินา เซลล์รับแสงรูปกรวยที่ไวต่อแสงสีนั้น ๆ จะถูกกระตุ้น สัญญาณที่เกิดขึ้นจะถูกส่งผ่านประสาทตาไปยังสมอง เพื่อแปลความหมายออกมาเป็นความรู้สึกของการเห็นสีของแสงนั้นๆ แต่ถ้าแสงสีต่างๆ ผ่านเข้าตามีความเข้มน้อย เซลล์รูปกรวยไม่ถูกกระตุ้นทำให้ไม่มีความรู้สึกเห็นสีนั้นๆ แต่เซลล์รูปแท่งจะถูก กระตุ้นแทนทำให้รู้สึกเห็นแค่รูปร่างวัตถุที่ให้แสงแต่เป็นสีเทา, ดำ เท่านั้น

ถ้ามีแสงสีอื่นนอกจากสีแดง สีเขียวหรือสีน้ำเงินมาเข้าตา เซลล์รับแสงรูปกรวยมากกว่า 1 ชนิด จะถูกกระตุ้นพร้อมกันด้วยปริมาณมากน้อยตามสัดส่วนปริมาณแสงสีที่ตกกระทบ สัญญาณกระตุ้นก็จะถูกส่งไปยังสมองเพื่อแปลออกมาเป็นความรู้สึกในการเห็นสีผสมของแสงนั้น ๆ

ตาบอดสี (Color Blindness)

เกิดจากความผิดปกติ ของเซลล์รูปกรวยบางชนิดทำให้ไม่สามารถรับรู้ถึงแสงสีนั้น ๆ ได้ เช่น เซลล์รูปกรวยชนิด L มีความผิดปกติเมื่อมีแสงสีแดงตกกระทบเรตินา เซลล์รูปกรวยชนิด L ก็จะไม่เกิดการกระตุ้น



รูปที่ 2 เซลล์รับแสง

ที่มา : https://www.benq.com/en-ca/knowledge-center/knowledge/what-is-accurate-color.html

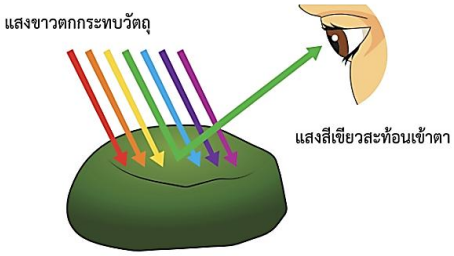
<u>สี (Color)</u>

จากการศึกษาเรื่องการกระจายแสง เราพบว่าแสงจากดวงอาทิตย์ เป็นแสงขาวที่ประกอบด้วยแสงสีต่าง ๆ ที่ตามองเห็นอยู่ในช่วงดังนี้

แสงสี	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)
ม่วง	380 – 450
น้ำเงิน	450 – 500
เขียว	500 – 570
เหลือง	570 – 590
แสด	590 – 610
แดง	610 – 700

<u>การมองเห็นสีและผสมสารสี</u>

การที่เราเห็นวัตถุมีสีใด ก็เนื่องจากแสงสีนั้นสะท้อนจากวัตถุมาเข้าตา ส่วนการเห็นแสงสีทะลุผ่านวัตถุนั้นจะไม่ค่อยพบเห็นนัก **แสงสีใดจะสะท้อนออกจากวัตถุก็เนื่องจากสารสี ที่ผิววัตถุนั้น ๆ** ถ้าต้องการเห็นสีตามธรรมชาติของวัตถุ จะต้องดูวัตถุนั้นด้วยแสงขาวธรรมชาติจากดวงอาทิตย์



รูปที่ 3 วัตถุที่ดูดกลืนแสงสีต่าง ๆ และสะท้อนเฉพาะสีเขียว

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 225)

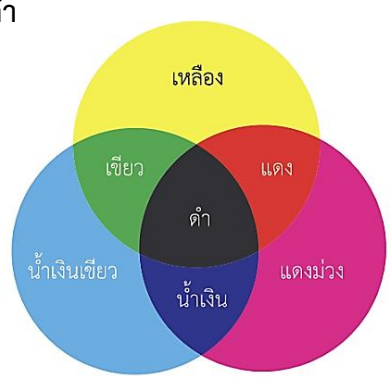
สารสีปฐมภูมิ คือสารสีที่ไม่อาจสร้างขึ้นจากการผสมของสารสีอื่น ๆ ได้มีด้วยกัน 3 สีคือ **สีเหลือง , สีม่วงแดง** และ **สีน้ำเงินเขียว** การดูดกลืนและการสะท้อนของสารสีปฐมภูมิ เมื่อผ่านแสงขาวจากดวงอาทิตย์

สารสีเหลือง จะไม่ดูดกลืน (สะท้อน) แถบแสงสีเหลือง นอกนั้นจะดูดกลืนทั้งหมด

สารสีแดงม่วง จะไม่ดูดกลืน (สะท้อน) แถบแสงสีแดงม่วง นอกนั้นจะดูดกลืนทั้งหมด

สารสีน้ำเงินเขียว จะไม่ดูดกลืน (สะท้อน) แถบแสงสีน้ำเงินเขียว นอกนั้นจะดูดกลืนทั้งหมด

ถ้านำสารสีปฐมภูมิทั้ง 3 สี มาผสมกันด้วยริมาณที่เท่ากันจะได้สีผสมที่ดูดกลืนแสงสีทุกแถบสีในสเปกตรัมแสงขาวที่มาตกกระทบ สารสีผสมนั้นคือ **สารสีดำ**



รูปที่ 4 การผสมสารสี

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 227)

สารสีปฐมภูมิเหล่านี้สามารถจะผสมกัน ทำให้เกิดสารสีได้หลายสี ยกเว้นทำให้เกิดสารสีขาว เพราะสารสีขาวสะท้อนสีทุกสีหรือไม่ดูดกลืนแสงสีเลยย่อมเป็นคณสมบัติเฉพาะตัวของสารชนิดนั้นการผสมสารสีปฐมภูมิทีละคู่เรียกว่า **การผสมสีแบบลบ (Color Subtraction)** เพราะเป็นการดูดกลืนแสงสีจะได้สารสีทุติยภูมิ คือสารสีน้ำเงิน สารสีเขียว และสารสีแดงออกมา

<u>การผสมแสงสี</u>

ในการมองเห็นแสงที่สะท้อนหรือมองทะลุผ่านออกมาจากวัตถุต่าง ๆ มักไม่ได้ออกมาเพียงสีเดียว ดังนั้นการมองเห็นสีของวัตถุจึงเป็นการมองเห็นสีที่มีการผสมแสงสีกัน

แสงสีปฐมภูมิ เป็นแสงสีที่เมื่อนำมาผสมกันบนฉากขาวด้วยสัดส่วนที่เท่ากัน จะได้เป็นแสงขาวซึ่งมีด้วยกัน 3 สีคือ **แสงสีแดง แสงสีเขียว** และ **แสงสีน้ำเงิน** ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 การผสมแสงสี

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 221)

แสงสีปฐมภูมิปริมาณเท่ากันรวมกันเป็นแสงสีขาว เราสามารถจะผสมแสงสีเป็นสีต่าง ๆ มากมายยกเว้นแสงสีดำ เพราะแสงสีดำคือไม่มีแสงสีเลยย่อมไม่ใช่แสงสี เมื่อนำแสงสีปฐมภูมิผสมกันทีละคู่ เราเรียกว่าเป็น **การผสมสีแบบบวก (addition of colored light)** จะได้แสงสีทุติยภูมิออกมาคือแสงสีเหลือง แดงม่วงและน้ำเงินเขียว

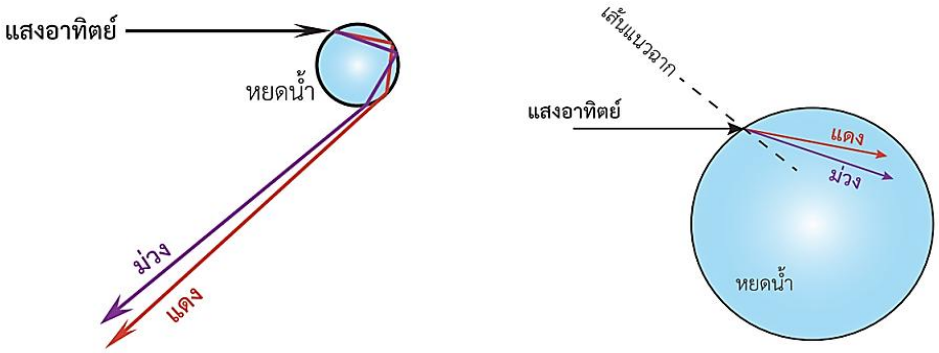
<u>แผ่นกรองแสง (Filter)</u>

แผ่นวัตถุสีซึ่งยอมให้แสงเพียงสีเดียวทะลุผ่านได้ เมื่อนำแผ่นกรองแสงสีมาห่อหุ้มโคมไฟ หรือใส่หน้าเลนส์กล้องถ่ายรูป จะเปลี่ยนสีของแสงที่ทะลุผ่าน โดยจะยอมให้เฉพาะแสงที่มีสีเดียวกับมันผ่านเท่านั้น และดูดกลืนแสงความยาวคลื่นอื่นทั้งหมดที่อยู่ในแสงขาวไว้

<u>การอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติและการใช้ประโยชน์เกี่ยวกับแสง</u>

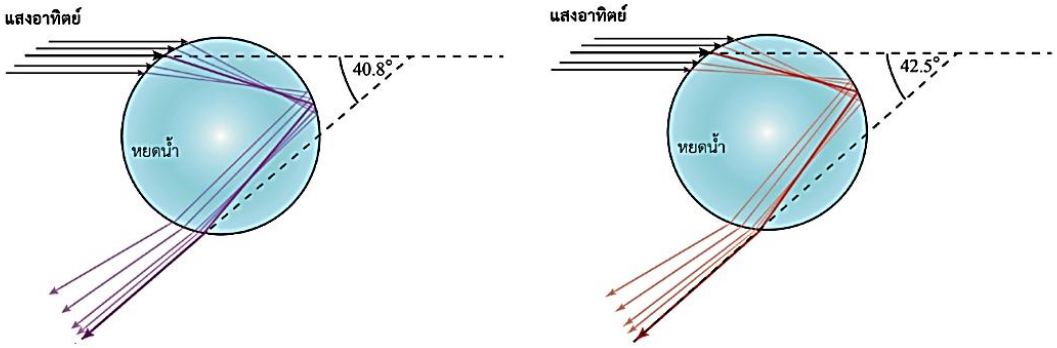
การเกิดรุ้ง rainbow

รุ้ง (rainbow) เป็นปรากฏการณ์ที่มักพบเห็นได้ในช่วงก่อนหรือหลังฝนตกเล็กน้อย เกิดจากการที่แสงอาทิตย์หักเหผ่านละอองน้ำหรือหยดน้ำ โดยหยดน้ำในอากาศทำหน้าที่คล้ายปริซึมในการกระจาย แสงออกเป็นสเปกตรัมของแสงขาว หากพิจารณาลักษณะของการสะท้อนของแสงเมื่อตกกระทบหยดน้ำใน อากาศก่อนเกิดการกระจายแสง จะสามารถแยกรุ้งได้เป็น 2 ชนิด คือ **รุ้งปฐมภูมิ (primary rainbow)** และ **รุ้งทุติยภูมิ (secondary rainbow)**



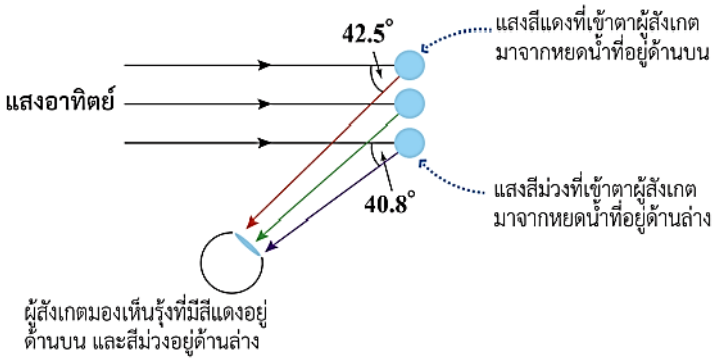
รูปที่ 6 การเกิดรุ้งปฐมภูมิและการหักเหครั้งแรกที่ผิวของหยดน้ำ

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 229)



รูปที่ 7 การเคลื่อนที่ของแสงสีม่วงและแสงสีแดงในหยดน้ำ

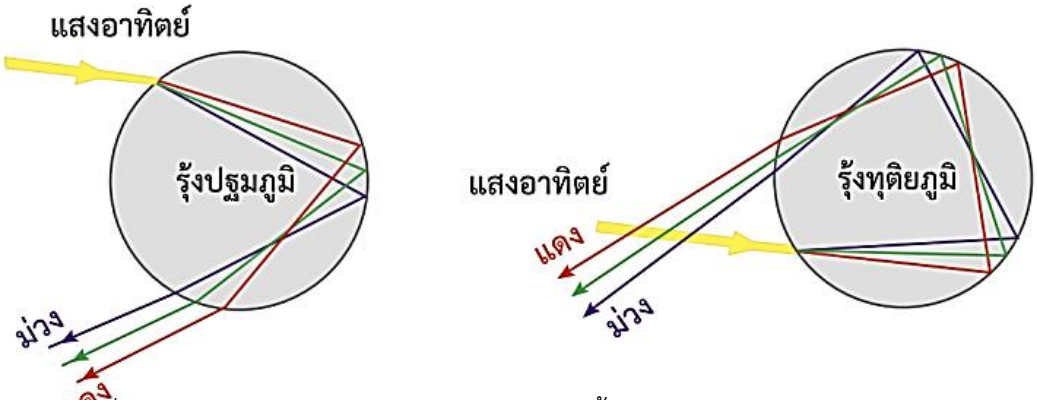
ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 229)



เมื่อแสงตกกระทบหยดน้ำในตำแหน่งที่ต่างกันแสงที่หักเหออกจากหยดน้ำก็จะต้องมีสเปกตรัมของแสงครบทุกสี แต่เนื่องจากสายตาของผู้สังเกต จะทำมุมใดมุมหนึ่งกับหยดน้ำนั้น ๆ จึงทำให้เรามองเห็นสีแต่ละสีที่มาจากหยดน้ำแต่ละหยด เป็นคนละสีกัน

รูปที่ 8 การเห็นรุ้งสีม่วงและสีอดงที่มาจากหยดน้ำคนละหยด

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 130)



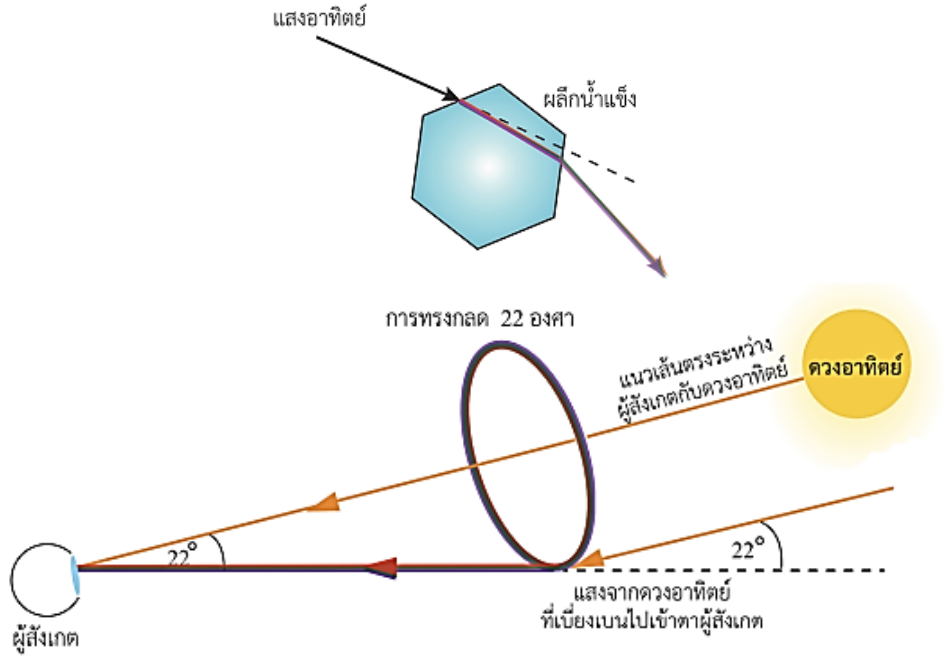
รูปที่ 9 การเปรียบเทียบการสะท้อนภายในหยดน้ำของรุ้งปฐมภูมิและรุ้งทุติยภูมิ

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 231)

การทรงกลด

เป็นปรากฏการณ์บนท้องฟ้าที่เกิดแถบของแสงสีเป็นวงรอบดวงอาทิตย์ หรือดวงจันทร์ เกิดขึ้นจากเมฆที่ประกอบด้วยผลึกน้ำแข็งรูปหกเหลี่ยมในชั้นบรรยากาศสูง ๆ ที่มีอุณหภูมิต่ำ ที่สามารถเบี่ยงเบนเส้นทางเดินของแสงได้ ดังรูปที่ 9

การหักเหที่เกิดขึ้นจากผลึกน้ำแข็งในชั้นบรรยากาศ ทำให้รังสีของแสงที่มาจากดวงอาทิตย์ เบี่ยงเบนไปจากแนวทางเดิมและเข้าตาของผู้สังเกตบนพื้นดินโดยมีมุม 22 องศากับแนวเส้นตรงระหว่าง ผู้สังเกตกับดวงอาทิตย์ เมื่อผู้สังเกตย้อนเส้นทางเดินของแสงเป็นเส้นตรง จะทำให้เห็นแสงว่ามาจากอีก ที่หนึ่งที่ทำมุม 22 องศากับแนวตรงของดวงอาทิตย์ ดังรูปที่ 9



รูปที่ 10 การเกิดการทรงกลด

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 231-232)

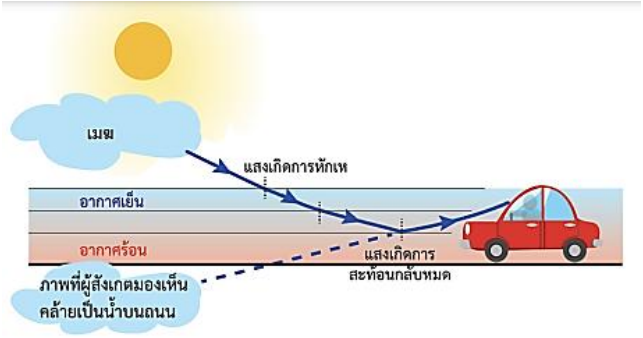
การหักเหของแสงนี้สามารถเกิดขึ้นได้โดยทำมุม 22 องศา รอบแนวเส้นตรงจากดวงอาทิตย์เราจึงเห็นการทรงกลดที่เกิดขึ้นเป็นวงกลมรอบดวงอาทิตย์

การเกิดมิราจ mirage

การที่เรามองเห็นภาพของน้ำอยู่บนพื้นถนน ทั้งที่ความจริงแล้วบริเวณนั้นเป็นถนนที่แห้งดังรูปที่ 10 เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เรียกว่า **มิราจ (mirage)** การเกิดมิราจเป็นปรากฏการณ์ ทางแสงที่พบได้บ่อยภายใต้เงื่อนไขที่คล้าย ๆ กันคือ จะต้องเป็นบริเวณที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง พื้นกับอากาศมาก ๆ เช่น บนถนนหรือทะเลทรายซึ่งถูกแสงแดดความเข้มสูงในบริเวณดังกล่าว อากาศที่อยู่ ใกล้พื้นจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศด้านบน ทำให้อากาศที่อยู่ใกล้พื้นมีความหนาแน่นน้อยและมีค่า ดรรชนีหักเหน้อยกว่าอากาศที่อยู่ด้านบนที่เย็นกว่า แสงจากท้องฟ้า (ที่มีสีฟ้า) เกิดการหักเหที่รอยต่อระหว่าง อากาศด้านบนและด้านล่างอย่างต่อเนื่องทำให้แสงที่เดินทางมายังพื้นเบนขึ้นที่ละน้อยจนเกิดการสะท้อน กลับหมดบริเวณใกล้พื้นและแสงจากท้องฟ้านี้เคลื่อนที่มาเข้าตาเรา ทำให้เราคิดว่าแสงสีฟ้านี้ออกมาจาก ส่วนที่เป็นถนนและดูคล้ายเป็นน้ำที่อยู่บนถนน ดังรูปที่ 11

รูปที่ 11 มิราจที่ทำให้เห็นน้ำบนพื้นถนนแห้ง

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. *(หน้า 233)*

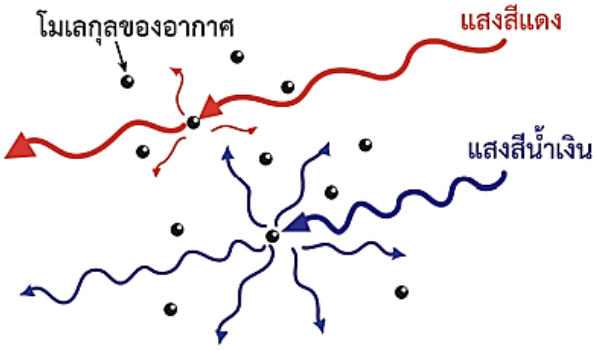


รูปที่ 12 การหักเหของรังสีของแสงในการเกิดมิราจ

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. *(หน้า 233)*

การเห็นท้องฟ้าเป็นสีต่าง ๆ ในช่วงเวลาที่ต่างกัน

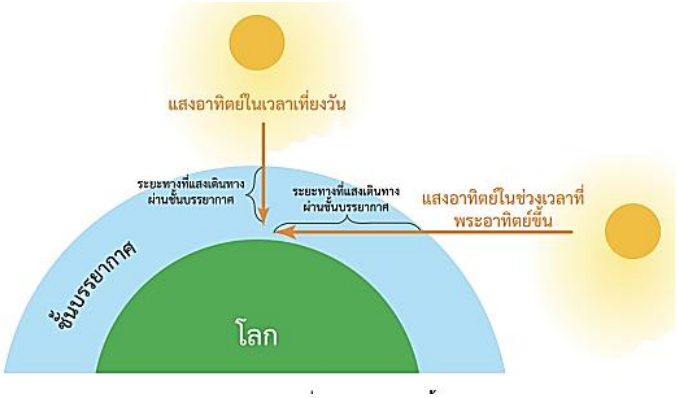
การเห็นท้องฟ้าเป็นสีต่างกันในช่วงเวลาที่แตกต่างกันนั้นเกิดจากปรากฏการณ์ที่เรียกว่า **การกระเจิงของแสง (Scattering of Light)** ทำให้แสงกระเจิงออกมาทุกทิศทุกทาง ซึ่งเกิดจากแสงอาทิตย์ที่ไปกระทบโมเลกุลของอากาศในชั้นบรรยากาศดังรูป



รูปที่ 13 การกระเจิงของแสงเมื่อตกกระทบกับโมเลกุลของแก๊สในบรรยากาศของโลก

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 234)

โดยการกระเจิงของแสงนั้นแสงที่กระเจิงมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของแสงโดยแสงสีม่วงจะกระเจิงได้ดีที่สุด ส่วนแสงสีแดงจะกระเจิงได้น้อยที่สุด ดังนั้นเมื่อเรามองท้องฟ้าเราจะเห็นแสงสีม่วงและสีน้ำเงินกระเจิงออกมา แต่ประสาทตาของเรารับแสงสีน้ำเงินได้ดีกว่าแสงสีม่วง ทำให้เราเห็นท้องฟ้าเป็นสีฟ้า



รูปที่ 14 การกระเจิงของแสงอาทิตย์

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 235)

ตัวอย่าง

1. เมื่อฉายแสงสีเขียวและสีแดงม่วงลงบนจอภาพสีขาวพร้อมกัน ด้วยความเข้มแสงที่เท่า ๆ กัน แสงที่ปรากฏบนจอภาพจะเป็นสีอะไร

   .....

2. จงเลือกแสงสีคู่ใดที่เป็นสีเติมเต็มของกันและกัน

   .....

   .....

   .....

3. ถ้าตาของเรามองดูแสงสีเขียวเป็นเวลานาน ๆ แล้วเปลี่ยนมาดูแสงสีขาวทันที ท่านจะมองเห็นเป็นแสงสีในข้อใด

   .....

   .....

4. วัตถุหนึ่งมีสีแดงม่วงภายใต้แสงอาทิตย์ ถ้านำวัตถุมาไว้ในห้องที่มีแต่สีเขียว จะปรากฏเป็นสีอะไร

   .....

   .....

5. ฉายแสงสีขาวกระทบวัตถุ ก และวัตถุ ข ซึ่งวางอยู่ด้วยกัน มองเห็นวัตถุ ก เป็นสีเหลืองส่วนวัตถุ ข เห็นเป็นสีขาว หากฉายแสงสีเขียวแทนแสงสีขาวจะมองเห็นเป็นอย่างไร

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 16

การเห็นสี

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. เมื่อฉายแสงสีเหลืองและแสงสีน้ำเงินลงบนจอภาพสีขาวพร้อมกัน ด้วยความเข้มแสงที่เท่า ๆ กัน แสงที่ปรากฏบนจอภาพจะเป็นสีอะไร

   .....

   .....

2. แสงสีคู่ใดที่เป็นสีเติมเต็มของกันและกัน (รวมกันได้แสงขาว)

   .....

   .....

3. ถ้าตาของเรามองดูแสงสีน้ำเงินเป็นเวลานาน ๆ แล้วเปลี่ยนมาดูแสงสีขาวทันที ท่านจะมองเห็นเป็นแสงสีใด

   .....

   .....

4. วัตถุหนึ่งเป็นสีเหลืองภายใต้แสงอาทิตย์ ถ้านำวัตถุนี้มาไว้ในห้องที่มีแต่แสงสีน้ำเงิน จะปรากฏเป็นสีอะไร

   .....

   .....

5. นาย ก สวมหมวกสีเขียว เสื้อสีขาว กางเกงสีแดง เมื่อฉายแสงสีเขียวตกกระทบ นาย ก จะเห็นเขาแต่งตัวอย่างไร

   .....

   .....

   .....

   .....

เรื่องที่ 17 กล้องโทรทรรศน์ กล้องจุลทรรศน์

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1 การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด

1.1 กล้องโทรทรรศน์ กล้องจุลทรรศน์

https://www.youtube.com/watch?v=Ug33ucQHoQU

https://www.youtube.com/watch?v=76q0qMbNGkI

https://www.youtube.com/watch?v=hQGZfZHoIcU

1.2 การทดลองกล้องโทรทรรศน์ กล้องจุลทรรศน์

https://www.youtube.com/watch?v=qCgR6yI_C2o

https://www.youtube.com/watch?v=clf5_TzIg8s

1.3 โจทย์กล้องโทรทรรศน์ กล้องจุลทรรศน์

https://www.youtube.com/watch?v=uOhAvyUSf6Q&t=189s

https://www.youtube.com/watch?v=eSGuRRf2u7g

https://www.youtube.com/watch?v=Np6AuZjKdd4

https://www.youtube.com/watch?v=D98kZs3_6Vs

2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 17 กล้องโทรทรรศน์ กล้องจุลทรรศน์

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 17 กล้องโทรทรรศน์ กล้องจุลทรรศน์
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 17 กล้องโทรทรรศน์ กล้องจุลทรรศน์

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

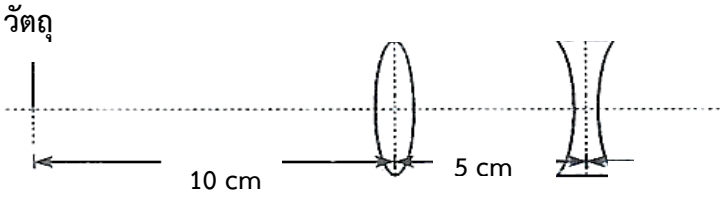
5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 17 กล้องโทรทรรศน์ กล้องจุลทรรศน์

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 17

กล้องโทรทรรศน์และกล้องจุลทรรศน์

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. วัตถุอยู่ทางซ้ายมือของเลนส์นูน (ความยาวโฟกัส 5 เซนติเมตร) ระยะทาง 10 เซนติเมตร และมีเลนส์เว้า (ความยาวโฟกัส 10 เซนติเมตร) ทางขวามือของเลนส์นูน ห่างจากเลนส์นูนเป็นระยะทาง 5 เซนติเมตร ภาพสุดท้ายที่เกิดมีลักษณะใด



ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 411)

ก. การคำนวณครั้งที่ 2

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. เลนส์นูน 2 อัน ความยาวโฟกัส 4 และ 16 เซนติเมตร ตามลำดับ วางห่างกัน 20 เซนติเมตร มีวัตถุวางอยู่ห่างจากเลนส์อันแรก (ไม่ใช่อยู่ระหว่างเลนส์ทั้งสอง) ที่ระยะ 6 เซนติเมตร ตำแหน่งและลักษณะของภาพสุดท้ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากเลนส์ทั้งสอง

ก. การคำนวณครั้งที่ 2

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบความรู้ก่อนเรียนเรื่องที่ 17

กล้องโทรทรรศน์กล้องจุลทรรศน์

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

<u>กล้องโทรทรรศน์</u>

กล้องโทรทรรศน์เป็นกล้องที่ใช้ดูวัตถุที่อยู่ไกลๆ ให้เห็นชัดเจนขึ้นกว่าดูด้วยตาเปล่า เช่นใช้ดูดาวต่างๆ ในท้องฟ้า หรือวัตถุที่อยู่ไกลออกไป กล้องโทรทรรศน์ประกอบไปด้วยเลนส์ 2 เลนส์ ดังนี้

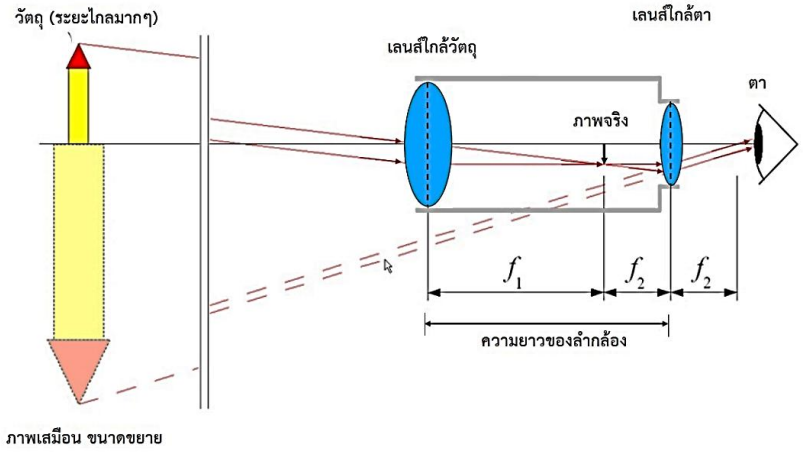
1. **เลนส์ใกล้วัตถุ (Objective lens)** เป็นเลนส์นูนที่มีความยาวโฟกัสมากและมีขนาดเลนส์ใหญ่ เพื่อให้แสงเข้ากล้องได้มาก เพื่อเพิ่มความสว่างของภาพ

2. **เลนส์ใกล้ตา (Eyepiece lens)** เป็นเลนส์นูนที่มีความยาวโฟกัสสั้นมาก

หลักการเกิดภาพของกล้องโทรทรรศน์ชนิดหักเหแสง

1. แสงจากวัตถุที่ไกลมาก ถือว่าเป็นลำแสงขนาน ($s_O = \infty$) ทำให้เกิดภาพที่จุดโฟกัสของเลนส์ใกล้วัตถุ (f_O) ซึ่งเป็นภาพจริงหัวกลับขนาดเล็ก

2. ภาพจากเลนส์ใกล้วัตถุ จะประพฤติตัวเป็นวัตถุของเลนส์ใกล้ตา โดยการสร้างกล้องโทรทรรศน์แบบทั่วไปจะจัดให้วัตถุของเลนส์ใกล้ตาจะอยู่ที่ตำแหน่งจุดโฟกัสของเลนส์ใกล้ตา (f_E) ดังนั้นภาพสุดท้ายจะเกิดที่ระยะอนันต์ และเป็นภาพหัวกลับดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เส้นทางเดินของแสงและการเกิดภาพ ในกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสง

ที่มา : https://www.scimath.org/lesson-earthscience/item/11308-2020-02-17-07-32-28

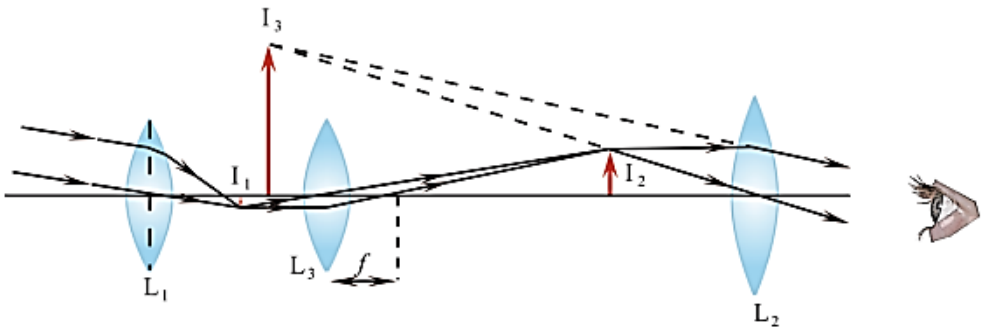
1. หากำลังขยาย (m)

$$m = \frac{f_O}{f_E}$$ เมื่อกำลังขยายสูงสุด

2. การหาความยาวกล้องอย่างน้อยที่สุด

$$L = f_O + f_E$$

เนื่องจากภาพที่เห็นจากกล้องโทรทัศน์เป็นภาพหัวกลับ ซึ่งจะไม่สะดวกในการมอง ดังนั้นจึงอาจจะทำให้มองเห็นภาพหัวตั้งได้ โดยใส่เลนส์นูน L_3 เพิ่มเข้าไปไว้ระหว่าง เลนส์ใกล้ตาและเลนส์ใกล้วัตถุดังรูปที่ 2

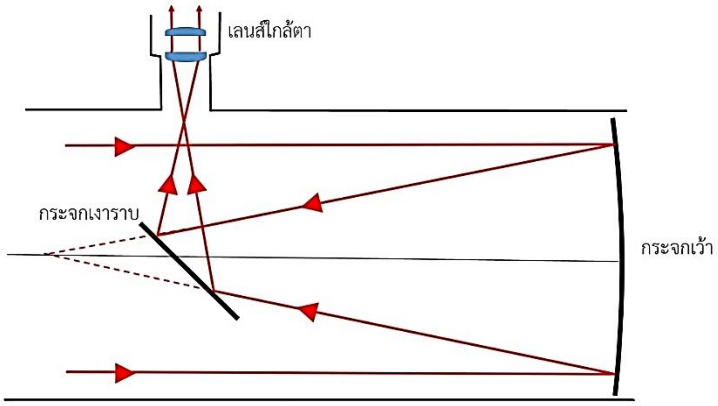


รูปที่ 2 การนำเลนส์ L_3 มาวางระหว่างเลนส์ใกล้วัตถุ L_1 และเลนส์ใกล้ตา L_2

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 240)

กล้องโทรทัศน์ชนิดสะท้อนแสง (Reflecting telescope)

กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า กล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงแบบนิวตัน (Newtonian Reflector) ใช้หลักการรวมแสงด้วยกระจกเว้า โดยติดตั้งกระจกเว้าอยู่ที่ปลายด้านหนึ่งของ ลำกล้อง เมื่อแสงตกกระทบและรวมแสงที่จุดโฟกัสซึ่งเป็นตำแหน่งตรงกลางของลำกล้องแล้ว จะมีกระจกเงาราบสะท้อนลำแสงออกสู่เลนส์ใกล้ตา ซึ่งอยู่ด้านข้างของลำกล้อง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กล้องโทรทรรศน์ชนิดสะท้อนแสง

ที่มา : https://www.scimath.org/lesson-earthscience/item/11308-2020-02-17-07-32-28

เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยขยายภาพของวัตถุเล็ก ๆ เช่น เนื้อเยื่อ เม็ดเลือด หรือเซลล์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้สามารถเห็นสิ่งดังกล่าวได้ชัดและละเอียดชัดเจนยิ่งขึ้นกล้องจุลทรรศน์ประกอบไปด้วยเลนส์นูน 2 อันดังนี้

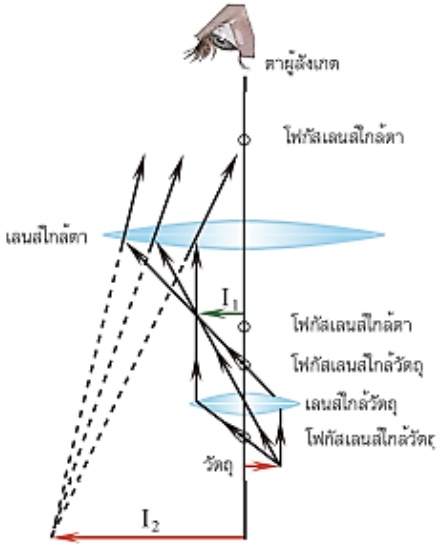
1. **เลนส์ใกล้วัตถุ (Objective lens)** เป็นเลนส์นูนที่มีความยาวโฟกัสสั้นมาก ๆ มีกำลังขยายสูงทำให้กล้องจุลทรรศน์ไม่ยาวเกินไป

2. **เลนส์ใกล้ตา (Eyepiece lens)** เป็นเลนส์นูนที่มีความยาวโฟกัสสั้นมาก (แต่ต้องมากกว่าเลนส์ใกล้วัตถุ) ทำให้ได้กำลังขยายสูงมากเช่นกัน

หลักการเกิดภาพของกล้องจุลทรรศน์

1. วางวัตถุไว้หน้าเลนส์ใกล้วัตถุ ซึ่งมีความยาวโฟกัสสั้นมากและวางวัตถุให้มีระยะมากกว่าความยาวโฟกัสเล็กน้อย ($s_O > f_O$) ทำให้ได้ภาพจริงหัวกลับขนาดใหญ่ที่ I_O ซึ่งอยู่ระหว่างเลนใกล้วัตถุและเลนส์ใกล้ตา

2. เลนส์ใกล้ตาจะทำหน้าที่คล้ายกับแว่นขยายโดยใช้ภาพจากเลนส์ใกล้วัตถุเป็นวัตถุให้กับเลนส์ใกล้ตา ทำให้เกิดภาพเสมือนหัวกลับขนาดขยายที่ตำแหน่งหน้าเลนส์ใกล้ตาดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนภาพรังสีของแสงสำหรับกล้องจุลทรรศน์

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 3. (หน้า 242)

สูตรสำหรับกล้องจุลทรรศน์

$$m = m_O \times m_E$$

$$\textbf{ความยาวกล้อง} = s'_O + s_E$$

เมื่อ m = กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์

m_O = กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ

m_E = กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา

s'_O = ระยะภาพของเลนส์ใกล้วัตถุ

s_E = ระยะวัตถุของเลนส์ใกล้ตา

กล้องถ่ายรูป Camera

1. **ตัวกล้อง** เป็นกล่องทึบแสงปิดสนิท ทำหน้าที่เป็นห้องมืดเพื่อป้องกันแสงจากภายนอกเข้าไปรบกวนภายในกล้อง

2. **เลนส์กล้อง (Lens)** เป็นเลนส์นูนอันเดียว หรือหลายอันประกอบเป็นชุดก็ได้ ทำหนาที่หักเหแสงแสงจากวัตถุให้ไปตัดกันเกิดภาพจริงหัวกลับบนฟิล์ม ซึ่งทำหน้าที่เป็นฉากรับภาพ อยู่ด้านในสุดของตัวกล้อง

3. **ไดอะเฟรม (Diaphragm)** เป็นอุปกรณ์ควบคุมปริมาณแสงที่จะตกลงบนฟิล์มให้พอเหมาะลักษณะเป็นแผ่นโลหะสำหลายอันซ้อนกัน สามารถปรับให้มีรูตรงกลางที่มีขนาดต่างๆ กัน เพื่อให้แสงเข้ากล้องได้มากน้อยตามขนาดของช่อง

4. **ชัตเตอร์ (Shutter)** เป็นแผ่นทึบแสงที่ทำหน้าที่ปิดเปิดให้แสงเข้ามาในกล้อง เราสามารถตั้งช่วงเวลาการเปิดปิดได้โดยการปรับ ความเร็วชัตเตอร์

1. วัตถุมีความสว่างมาก เราต้องลดขนาดของช่องไดอะเฟรม หรือเพิ่มความเร็วชัตเตอร์

2. วัตถุมีความสว่างน้อย เราต้องเพิ่มขนาดของช่องไดอะเฟรม หรือลดความเร็วชัตเตอร์

ความเร็วชัตเตอร์ เช่น $\frac{1}{1000}, \frac{1}{500}, \frac{1}{250}, \frac{1}{125}, \frac{1}{60}, \frac{1}{30}, \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}$ ของวินาที

ตัวอย่าง

1. วางวัตถุอยู่หน้าเลนส์นูนและห่างจากเลนส์นูน 1.00 เมตร ถ้าเลนส์นูนมีความยาวโฟกัส 0.5 เมตร และอยู่หน้ากระจกเงาราบ โดยเลนส์นูนและกระจกเงาราบอยู่ห่างกัน 2.00 เมตร เมื่อมองผ่านเลนส์นูนตรงไปที่กระจกเงาราบ จงหาระยะภาพสุดท้ายเทียบกับเลนส์นูน

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

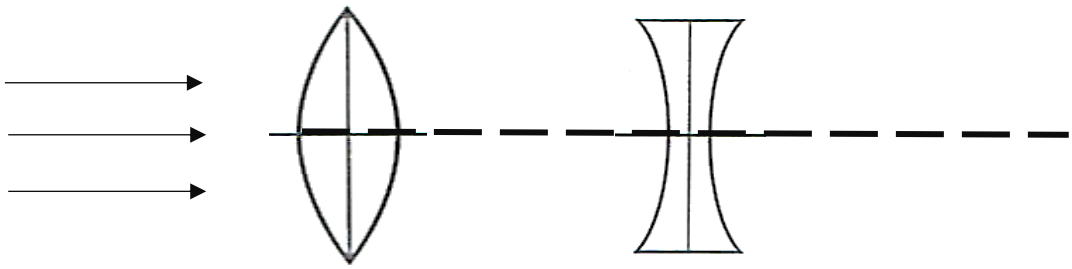
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. เลนส์นูนมีความยาวโฟกัส 0.20 เมตร และเลนส์เว้ามีความยาวโฟกัส 0.15 เมตร วางอยู่โดยมีเส้นแกนมุขสำคัญร่วมกัน เมื่อให้แสงขนานตกกระทบเลนส์นูนดังรูป ถ้าต้องการให้แสงที่ผ่านเลนส์เว้าออกมาเป็นแสงขนานอีกครั้ง เลนส์ทั้งสองจะต้องอยู่ห่างกันเท่าใด



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. ความยาวโฟกัสของเลนส์ออฟเจคตีฟของกล้องจุลทรรศน์มีค่า 1.50 เซนติเมตร และของเลนส์อายพีช 2.50 เซนติเมตร ถ้าวัตถุที่จะมองอยู่ห่างจากเลนส์ออฟเจคตีฟ 1.75 เซนติเมตร และต้องการให้ภาพขยายที่มองผ่านกล้อง อยู่ห่างจากเลนส์อายพีช 25.0 เซนติเมตร ระยะระหว่างเลนส์ออฟเจคตีฟกับเลนส์อายพีช จะต้องมีค่ากี่เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. เลนส์นูน 2 อัน ความยาวโฟกัสอันละ 10 เซนติเมตร วางห่างกัน 25 เซนติเมตร อยู่บนเส้นแกนมุขสำคัญเดียวกัน นำวัตถุสูง 3 เซนติเมตร วางอยู่หน้าเลนส์ทั้งสอง และห่างจากเลนส์อันใกล้ 15 เซนติเมตร จงหาตำแหน่ง ชนิด ของภาพสุดท้ายที่เกิดจากแสงหักเหผ่านเลนส์ทั้งสอง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. เลนส์นูนและเลนส์เว้ามีความยาวโฟกัส 12 เซนติเมตรเท่ากัน วางห่างกัน 18 เซนติเมตร บนแกนมุขสำคัญเดียวกัน นำวัตถุสูง 4 เซนติเมตรไปวางหน้าเลนส์ทั้งสองใกล้เลนส์นูน ห่างจากเลนส์นูน 18 เซนติเมตร ตำแหน่งของภาพเกิดที่ใด บอกชนิดและขนาดของภาพที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 18 ธรรมชาติของเสียง

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด
   1.1 ธรรมชาติของเสียง
   https://www.youtube.com/watch?v=gkZV7Ky8-7w
   https://www.youtube.com/watch?v=GBo-P9vU99s&list=PLorK7d34ih2Sl2j4MRfBQ15L__5C6dEs9
   https://www.youtube.com/watch?v=mhEsnpkelIc
   1.2 การทดลองธรรมชาติของเสียง
   https://www.youtube.com/watch?v=1CxxTGDp_Kk
   1.3 โจทย์ธรรมชาติของเสียง
   https://www.youtube.com/watch?v=L-cBoAS3vhA
2. ใบงานออนไลน์เรื่องที่ 18 ธรรมชาติของเสียง

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 18 ธรรมชาติของเสียง
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 18 ธรรมชาติของเสียง

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

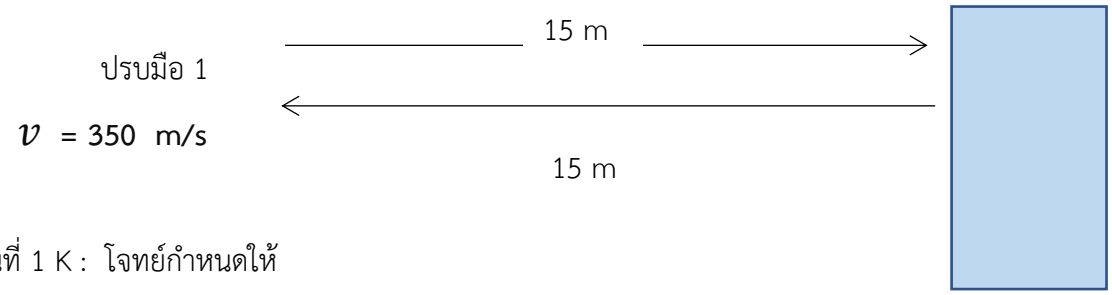
5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 18 ธรรมชาติของเสียง

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 18

ธรรมชาติของเสียง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

1. ปรบมือ 1 ครั้ง หน้าผนังตึกซึ่งอยู่ห่างออกไป 15 เมตร จะได้ยินเสียงสะท้อนจากการปรบมือหรือไม่ เพราะเหตุใด กำหนดให้ อัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 350 เมตรต่อวินาที และแยกเสียงได้ถ้าช่วงเวลาห่างกันมากกว่า 0.1 วินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. นาย ก กดแตรในที่โล่ง หลังจากนั้นนาน 1.5 วินาที นาย ข ซึ่งอยู่ห่างออกไป ได้ยินเสียงแตร นาย ข อยู่ห่างจากนาย ก เป็นระยะทางเท่าใด กำหนด อุณหภูมิของอากาศขณะนั้นเป็น 20 องศาเซลเซียส

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. แหล่งกำเนิดเสียงอันหนึ่งสั่นด้วยความถี่ 692 เฮิรตซ์ วางไว้ในอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อยากทราบว่า คลื่นเสียงที่ออกจากแหล่งกำเนิดนี้มีจะมีความยาวคลื่นกี่เมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 18

ธรรมชาติของเสียง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

ธรรมชาติของเสียง

มนุษย์เราตั้งแต่ลืมตาดูโลกจะได้ยินเสียงต่าง ๆ ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และเสียงที่ทำให้เกิดขึ้น เช่น เสียงพูดคุย เสียงเพลง เสียงร้องของสัตว์ เสียงเครื่องจักรกลต่างๆ มนุษย์เรารู้จักการแบ่งแยกสิ่งต่างๆ โดย อาศัยเสียงที่ได้ยิน เสียงยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างมนุษย์ด้วยกันหรือระหว่างมนุษย์ กับสัตว์บางชนิด นอกจากนี้เสียงยังมีประโยชน์อีกหลาย ๆ ด้าน และก็มีโทษเช่นกันในบทเรียนนี้จะเป็นการ ศึกษาธรรมชาติของเสียง ปรากฏการณ์ต่างๆ ของเสียงในชีวิตประจำวัน

ธรรมชาติของเสียง เสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร จากการศึกษาพบว่าเมื่อวัตถุเกิดการสั่นจะเกิดเสียงขึ้น เช่น การสั่นของเส้น เสียงในกล่องเสียง ขณะมีการเปล่งเสียงพบว่าเมื่อจับที่ลำคอจะรู้สึกว่ามีการสั่นภายในลำคอหรือการสั่นของ สายกีตาร์ เมื่อสายกีตาร์สั่นจะเกิดเสียง แต่เมื่อสายกีตาร์หยุดสั่น เสียงก็จะเงียบไปจากการศึกษา พบว่าการได้ยินเสียงต้องมีองค์ประกอบดังนี้

1. แหล่งกำเนิด เช่น เมื่อเราดีดสายกีตาร์ พลังงานจากการดีดซึ่งเป็นพลังงานกล จะถ่ายโอนให้ กับสายกีตาร์ ทำให้สายกีตาร์สั่น พลังงานของการสั่นของสายกีตาร์ จะเปลี่ยนเป็นพลังงานเสียงแผ่ออกไปโดย รอบ จึงกล่าวได้ว่า **เสียงเกิดจากการสั่นของสายกีตาร์** ซึ่งถือว่า **สายกีตาร์เป็นแหล่งกำเนิดเสียง**

2. ตัวกลาง เมื่อสายกีตาร์กำลังสั่น พลังงานเสียงที่แผ่ออกจากสายกีตาร์ จะถ่ายโอนพลังงานผ่าน อากาศ ทำให้โมเลกุลของอากาศเกิดการสั่น แล้วโมเลกุลของอากาศจะถ่ายโอนพลังงานที่ได้รับให้แก่โมเลกุลถัด ๆ ไป มีผลทำให้เสียงเคลื่อนที่ไปโดยรอบแหล่งกำเนิด ดังนั้นถ้าไม่มีอากาศจะไม่ได้ยินเสียงนั้นเราจึงถือว่าอากาศ เป็นตัวกลางที่เสียงใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านไป นอกจากนี้ยังพบอีกว่าตัวกลางที่เสียงเคลื่อนที่ผ่านไปได้อาจเป็น ของเหลว หรือของแข็งได้เช่นกัน

3. ผู้ฟัง เมื่อเสียงเคลื่อนที่มาถึงหูผู้ฟัง จะทำให้ประสาทสัมผัสในหูรับเสียง ทำให้เกิดความรู้สึกได้ยินเสียงนั้น

จากการถ่ายโอนพลังงานจากแหล่งกำเนิด ผ่านตัวกลางไปยังหูผู้ฟังทำให้ได้ยินเสียง แสดงว่าเสียงมี การเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปยังผู้ฟัง ปัญหาก็คือ **เสียงมีการเคลื่อนที่อย่างไร ?** จากการศึกษาสมบัติของเสียงพบว่าเสียงมีสมบัติดังนี้

1. การสะท้อนของเสียง เช่น การตะโกนในถ้ำ หรือในห้องโถงขนาดใหญ่ที่ปิดประตูหน้าต่างหมด พบว่าจะเกิดเสียงสะท้อนครั้งเดียวหรือหลายครั้ง แสดงว่า**เสียงมีการสะท้อนได้**

2. การหักเหของเสียง เช่น การเกิดฟ้าแลบแล้วไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้อง เนื่องจากเสียงมีการหักเห กลับไปในอากาศชั้นบนอีกครั้งหนึ่ง แสดงว่า**เสียงมีการหักเหได้**

3. การแทรกสอดของเสียงเมื่อใช้ลำโพงตัวเดียวต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียงพบว่ารอบ ๆลำโพงจะได้ยินเสียงสม่ำเสมอ แต่เมื่อใช้ลำโพงสองตัวต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง 2 เครื่องซึ่งให้ ความถี่เสียงเท่ากัน พบว่า **ที่ตำแหน่งต่างกันจะได้ยินเสียงดังและค่อย** ถ้าเปรียบเทียบกับการแทรกสอดของคลื่นน้ำ พบว่าตำแหน่งที่ได้ยินเสียงดังและค่อย เป็นตำแหน่งที่มีการแทรกสอดกันแบบเสริมและหักล้าง แสดงว่า**เสียงมีการแทรกสอดได้**

4. การเลี้ยวเบนของเสียง เช่น การได้ยินเสียงจากภายนอกห้อง ที่ผู้ฟังมองไม่เห็นแหล่งกำเนิดหรือผู้ฟังได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดที่อยู่คนละฝั่งของกำแพง ซึ่งจากตัวอย่างที่ยกมานี้ แสดงว่า **เสียงมีการเลี้ยวเบนได้**

นักฟิสิกส์จำแนกชนิดของเสียงตามความถี่ของคลื่นและความสามารถได้ยินของมนุษย์

1. คลื่นที่ได้ยิน หรือ **เสียง (audible wave** หรือ **sounds)** เป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่อยู่ในช่วงที่มนุษย์ได้ยินคือช่วง 20 – 20,000 Hz

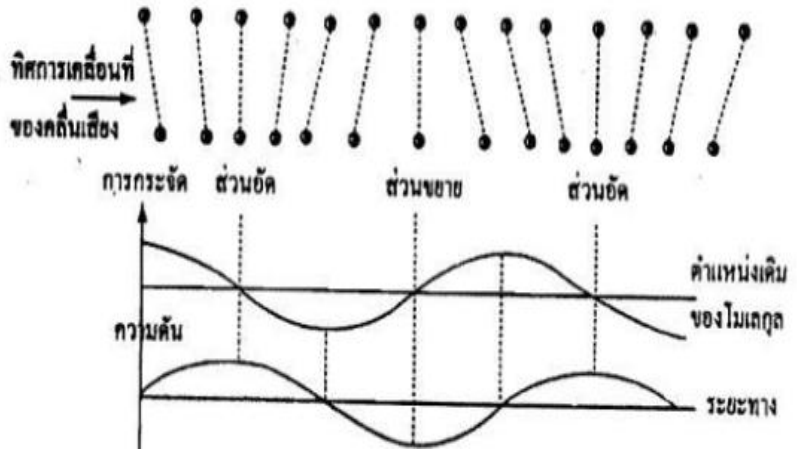
2. คลื่นใต้เสียง (infrasonic wave หรือ **infrasounds)** เป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 Hz

3. คลื่นเหนือเสียง (ultrasonic waves หรือ **ultrasound)** เป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20,000 Hz

<u>การเกิดคลื่นเสียงและการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง</u>

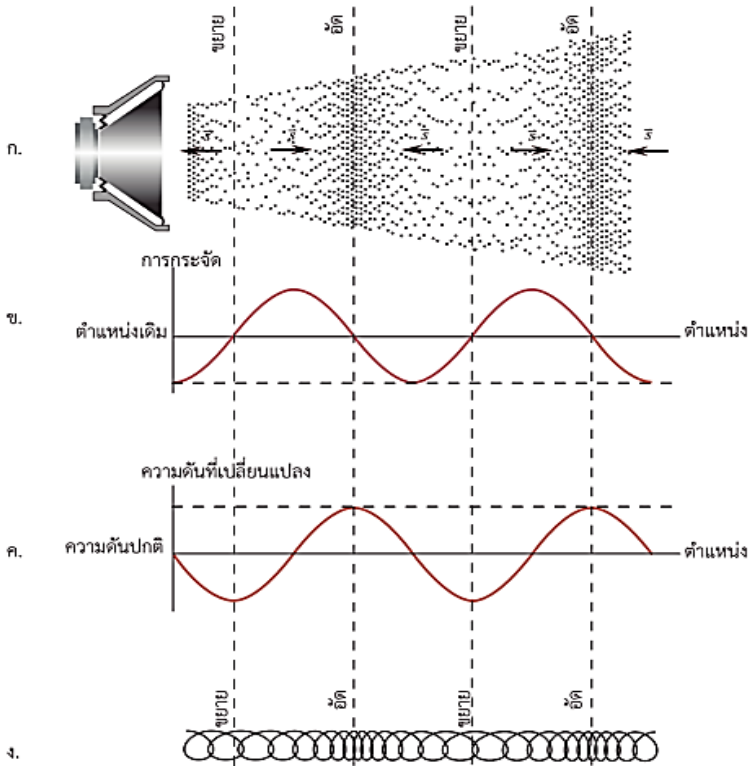
คลื่นเสียงเกิดจากการสั่นของวัตถุ พลังงานจากการสั่นของวัตถุ จะถ่ายโอนให้กับโมเลกุลของอากาศ ทำให้โมเลกุลของอากาศสั่น แล้วถ่ายโอนพลังงานที่ได้รับแก่โมเลกุลถัดไป มีผลให้คลื่นเสียงแผ่กระจายออกไป อากาศโดยรอบแหล่งกำเนิด โดยที่โมเลกุลของอากาศไม่ได้เคลื่อนที่ไปพร้อมกับคลื่น หลังจากที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านไปแล้ว โมเลกุลของอากาศแต่ละตำแหน่งจะยังอยู่ที่เดิม ในการสั่นของโมเลกุลของอากาศขณะคลื่นเสียง จะมีการสั่นแบบซิมเปิลฮาร์โมนิค ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง ดังนั้น **คลื่นเสียงจึงเป็นคลื่นตามยาว**

เมื่อพิจารณาโมเลกุลของอากาศ ในแนวเส้นตรงที่มีทิศออกจากแหล่งกำเนิดเสียง ขณะที่ไม่มีคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่าน แต่ละโมเลกุลจะอยู่ห่างเท่าๆ กัน ดังรูปที่ 1 เมื่อมีคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านระยะห่าง ระหว่างโมเลกุลจะเปลี่ยนไป ณ เวลาขณะใดขณะหนึ่งระยะห่างระหว่างโมเลกุล แต่ละโมเลกุลจะมีค่าต่างกัน ส่วนของโมเลกุลที่อยู่ชิดกว่าปกติเรียกว่า ส่วนอัด (compression) ส่วนโมเลกุลที่อยู่ห่างกว่าปกติ เรียกว่า ส่วนขยาย (rarefaction) ถ้าพิจารณาบริเวณส่วนอัดจะเห็นว่าโมเลกุลที่อยู่ตรงกลางไม่มีการเคลื่อนที่ เพราะถูกโมเลกุลส่วนที่อยู่ทางซ้าย และส่วนที่อยู่ทางขวาอัดเข้ามาการกระจัดของโมเลกุลตรงกลางจึงเป็นศูนย์ เมื่อพิจารณาบริเวณส่วนขยายจะเห็นว่าโมเลกุลที่อยู่ตรงกลางก็ไม่มีการเคลื่อนที่เช่นกัน การกระจัดจึงเป็นศูนย์ ดังรูปที่ 1เมื่อเขียนเป็นกราฟ แสดงการกระจัดเทียบกับตำแหน่งของ โมเลกุลของอากาศโดยกำหนดให้ ทิศทางของการกระจัดไปทางขวาเป็นบวก (+) และทิศทางของการกระจัดไปทางซ้ายเป็นลบ (-) จะได้กราฟ ดังรูปที่ 1 และกราฟแสดงความดันของโมเลกุลของอากาศกับตำแหน่งต่าง ๆ ตามแนวการเคลื่อนที่ของ คลื่นเสียง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กราฟความสัมพันธ์คลื่นเสียงกับปริมาณต่าง ๆ

ที่มา : https://www.slideshare.net/slideshow/ss-52724380/52724380

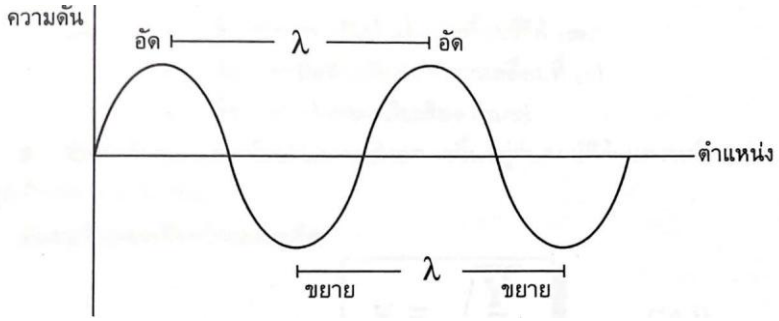


รูปที่ 2 การกระจายตัวของอนุภาคอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านไป ณ เวลาหนึ่งเปรียบเทียบกับคลื่นตามยาวในสปริง

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 4. (หน้า 7)

<u>ความถี่ ความยาวคลื่น และ อัตราเร็วของคลื่นเสียง</u>

คลื่นเสียงเป็นคลื่นที่เกิดจากการสั่นของวัตถุ และการสั่นนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศด้วยความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียง ส่วนความยาวคลื่นเสียงอาจหาได้จากระยะห่างจาก ส่วนอัดของคลื่นถึงส่วนอัดที่ติดกันหรือระยะห่างจากส่วนขยายที่ติดกัน



รูปที่ 3 ส่วนอัดและส่วนขยายของคลื่นเสียง
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 122)

อัตราเร็วของคลื่นเสียง

เนื่องจากเสียงเป็นคลื่นตามยาว ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ ดังนั้นอัตราเร็วของเสียงจึงไม่คงที่ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางได้แก่ความหนาแน่น ความยืดหยุ่นของตัวกลาง และอุณหภูมิของตัวกลางนั้น ๆ

ตัวกลาง	อัตราเร็วเสียง (เมตร/วินาที)
แก๊ส	
อากาศ (0 ^{o}C)	331
อากาศ (25 ^{o}C)	343
ไฮโดรเจน (0 ^{o}C)	1286
ออกซิเจน (0 ^{o}C)	317
ฮีเลียม (0 ^{o}C)	972
ของเหลว (25 ^{o}C)	
น้ำ	1493
เมทิลแอลกอฮอล์	1143
น้ำทะเล	1533
ของแข็ง	
อะลูมิเนียม	5100
ทองแดง	3560
เหล็ก	5130

การหาอัตราเร็วของเสียงในลักษณะต่าง ๆ

1. เนื่องจากเสียงเป็นคลื่น สามารถใช้สมการ

$$v = f\lambda \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ λ คือ ความยาวคลื่นเสียง (เมตร)

f คือ ความถี่คลื่นเสียง (เฮิรตซ์)

v คือ อัตราเร็วคลื่นเสียง (เมตร/วินาที)

2. เนื่องจากเสียงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ถ้าในตัวกลางเดียวกัน ณ อุณหภูมิเดียวกัน อัตราเร็วของคลื่นเสียงคงที่ ดังนั้น สามารถใช้สมการ

$$v = \frac{s}{t} \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อ t คือ เวลาที่คลื่นเสียงใช้ในการเคลื่อนที่ (วินาที)

s คือ ระยะที่คลื่นเสียงใช้ในการเคลื่อนที่ (เมตร)

v คือ อัตราเร็วคลื่นเสียง (เมตร/วินาที)

3 อัตราเร็วของเสียงในตัวกลางต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับความยืดหยุ่น และความหนาแน่นของวัตถุที่เป็นตัวกลางนั้น

อัตราเร็วของเสียงในของแข็ง

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} \quad \text{.....(3)}$$

เมื่อ Y คือ มอดูลัสความยืดหยุ่นของวัตถุ (นิวตัน/เมตร^2)

ρ คือ ความหนาแน่นของวัตถุ (กิโลกรัม/เมตร^3)

v คือ อัตราเร็วคลื่นเสียง (เมตร/วินาที)

อัตราเร็วของเสียงในแก๊ส

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad \text{.....(4)}$$

เมื่อ B คือ มอดูลัสความยืดหยุ่นของแก๊ส (นิวตัน/เมตร^2)

ρ คือ ความหนาแน่นของแก๊ส (กิโลกรัม/เมตร^3)

v คือ อัตราเร็วคลื่นเสียง (เมตร/วินาที)

จากอัตราเร็วเสียงในแก๊สอุดมคติ ideal gas มีการอัดและขยายตัวของแก๊สตาม adiabatic process โดย

$$B = \gamma P$$

โดยที่ P คือ ความดันของแก๊ส (นิวตัน/เมตร^2)

γ คือ อัตราส่วนความจุความร้อนที่ความดันคงตัว C_p ต่อความจุความร้อนที่ปริมาตรคงตัว C_v ของแก๊สนั้น (ไม่มีหน่วย)

จากกฎของแก๊ส $PV = nRT$ ..... (a)

เนื่องจาก $n = m/M$ ..... (b)

เมื่อ n เป็นจำนวนโมล

m เป็นมวลทั้งหมดของแก๊ส (kg)

M คือ มวลของแก๊สใน 1 โมล

เมื่อนำสมการที่ (4) และ (b) แทนค่าลงใน (a) แล้วจึงจัดรูปเพื่อหาค่าอัตราเร็วของเสียงในแก๊สจะได้เป็นสมการที่ (5)

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad \text{.....(5)}$$

เมื่อ R คือ ค่านิจของแก๊สมีค่า 8.31 J/mol.K

T คือ อุณหภูมิของแก๊สในหน่วยองศาสัมบูรณ์ K (เคลวิน)

M คือ มวลของแก๊สใน 1 โมล

γ คือ ค่าคงตัวสำหรับแก๊สหนึ่ง

v คือ อัตราเร็วคลื่นเสียงในแก๊ส (m/s)

จากสมการที่ (5) พบว่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศจะแปรผันตรงกับรากที่สองของอุณหภูมิสัมบูรณ์ (T)

$$v \propto \sqrt{T}$$

ซึ่งอาจเขียนว่า

$$v = k\sqrt{T}$$

โดยที่ k คือค่าคงที่ เท่ากับ $\sqrt{\frac{\gamma R}{M}}$

จากสมการที่ (5) เมื่ออุณหภูมิที่ 0 ^{o}C หรือ 273 K จะได้ว่าอัตราเร็วเสียงในอากาศมีค่าประมาณ 331 m/s ถ้าต้องการหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ t ^{o}C อาจหาได้จาก

เมื่อ อุณหภูมิ = 0 ^{o}C , $v_0 = k\sqrt{T_0}$

อุณหภูมิ = 0 ^{o}C , $v_t = k\sqrt{T_t}$

นำ v_t/v_0 จะได้

$$\frac{v_t}{v_0} = \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

$$\frac{v_t}{v_0} = \sqrt{\frac{273+t}{273}}$$

$$\frac{v_t}{331} = \left(1 + \frac{t}{273}\right)^{1/2} \quad ; v_0 = 331 \text{ m/s}$$

จาก Binomial Series กระจายค่า $(1+x)^{1/2}$ จะได้ค่าประมาณ $1 + \frac{x}{2}$

จะได้ว่า $\left(1 + \frac{t}{273}\right)^{1/2} \approx 1 + \frac{t}{2\times273}$

ดังนั้น

$$\frac{v_t}{331} = 1 + \frac{t}{2\times273}$$

$$\boxed{v_t = 331 + 0.6t}$$

; t สามารถแทนค่าอุณหภูมิในหน่วย ^{o}C ได้เลย

ซึ่งสามารถแทนค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -50 ^{o}C > t > 50 ^{o}C

และสมการ $\boxed{\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}}$; สมการใช้หาอัตราเร็วเสียงในแก๊สทั่ว ๆ ไป

ตัวอย่าง

1. แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงที่ให้เสียงที่มีความยาวคลื่น 0.70 เมตร ถ้าอุณหภูมิของอากาศขณะนั้นเป็น 40 องศาเซลเซียส ความถี่ของเสียงมีค่าเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. ส่วนอัดและส่วนอัดที่อยู่ติดกันของคลื่นเสียงในอากาศวัดได้ 0.5 เมตร ขณะที่แหล่งกำเนิดเสียงมีความถี่ 680 เฮิรตซ์ อยากทราบว่าอุณหภูมิของอากาศบริเวณนั้นเป็นเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. คลื่นเสียงความถี่ 170 เฮิรตซ์ มีอัตราเร็วในอากาศ 340 เมตรต่อวินาที จงหาระยะห่างระหว่างส่วนอัดกับส่วนขยายที่อยู่ใกล้กันที่สุดมีค่าเท่ากับกี่เมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

5. เมื่อเคาะอะลูมิเนียมที่ปลายข้างหนึ่ง ปรากฏว่าเสียงเดินทางผ่านอากาศมาถึงปลายอีกข้างหนึ่งช้ากว่าเสียงที่เดินทาในอะลูมิเนียม 0.01 วินาที ถ้าเสียงเดินทางในอากาศมีความเร็ว 346 เมตรต่อวินาที และเดินทางในอะลูมิเนียมมีความเร็ว 5,000 เมตรต่อวินาที จงหาว่าแท่งอะลูมิเนียมนี้ยาวกี่เมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

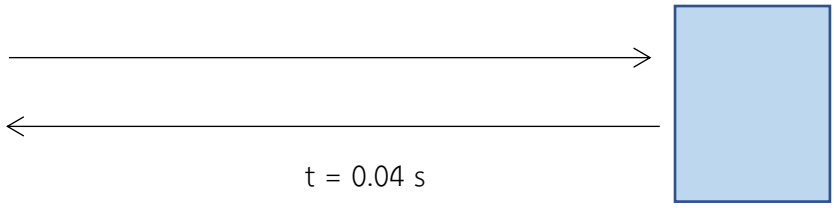
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. ถ้าอุณหภูมิของอากาศในขณะนั้นมีค่าเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส ชายคนหนึ่งตะโกนคำว่า “ร้อน” หน้าผนังตึก เมื่อเวลาผ่านไป 0.04 วินาที เขาจึง ได้ยินเสียงสะท้อน จงหาระยะห่างระหว่างชายคนนี้กับผนังตึก



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. ส่วนอัดและส่วนอัดที่อยู่ติดกันของคลื่นเสียงในอากาศวัดได้ 1.0 เมตร ขณะที่แหล่งกำเนิดเสียงมีความถี่ 349 เฮิรตซ์ อยากทราบว่าอุณหภูมิของอากาศบริเวณนั้นเป็นเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 19 พฤติกรรมของเสียง 1 (การสะท้อนและการหักเหของเสียง)

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด
   - *1.1.* การสะท้อนและการหักเหของเสียง
     - *1.1.1.* การสะท้อนของเสียง
       https://www.youtube.com/watch?v=ZnMf540y4lI
     - *1.1.2.* การหักเหของเสียง
       https://www.youtube.com/watch?v=o1MgeC-m0iU
   - *1.2.* การทดลองการสะท้อนและการหักเหของเสียง
     - *1.2.1.* การสะท้อนของเสียง
       https://www.youtube.com/watch?v=ZnMf540y4lI
     - *1.2.2.* การหักเหของเสียง
       https://www.youtube.com/watch?v=o1MgeC-m0iU
   - *1.3.* โจทย์การสะท้อนและการหักเหของเสียง)
     - *1.3.1.* การสะท้อนของเสียง
       https://www.youtube.com/watch?v=Oh4uFy46veE
     - *1.3.2.* การหักเหของเสียง
       https://www.youtube.com/watch?v=o1MgeC-m0iU
2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 19 พฤติกรรมของเสียง *1* (การสะท้อนและการหักเหของเสียง)

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 19 พฤติกรรมของเสียง *1* (การสะท้อนและการหักเหของเสียง)
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 19 พฤติกรรมของเสียง *1* (การสะท้อนและการหักเหของเสียง)

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

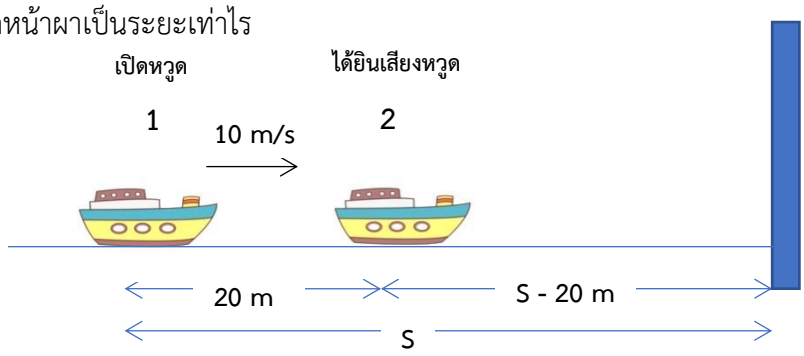
5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 19 พฤติกรรมของเสียง 1 (การสะท้อนและการหักเหของเสียง)

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. คลื่นเสียงที่มีความถี่ 1000 เฮิรตซ์ และมีอัตราเร็ว 320 เมตรต่อวินาที วัตถุที่มีขนาดอย่างน้อยเท่าไรจึงจะสะท้อนเสียงได้

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

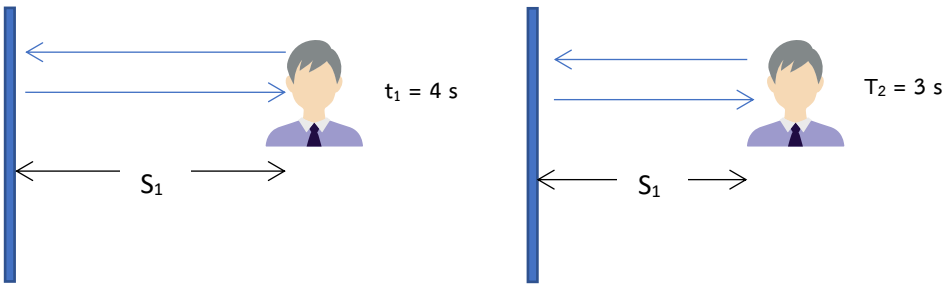
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 19

พฤติกรรมของเสียง 1 (การสะท้อนและการหักเหของเสียง)

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

<u>พฤติกรรมของเสียง</u>

เสียงเป็นคลื่นชนิดหนึ่งที่เคลื่อนที่โดยอาศัยตัวกลาง ดังนั้นจึงมีคุณสมบัติเหมือนคลื่น คือ

1. การสะท้อน เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ไปกระทบสิ่งกีดขวาง จะทำให้เกิดการสะท้อนของเสียง

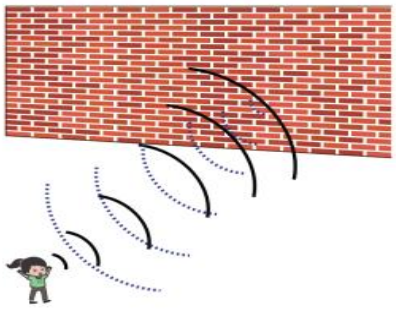
2. การหักเห เมื่อเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นแตกต่างกันจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางความเร็วและความยาวคลื่น แต่ความถี่คลื่นยังคงที่

3. การแทรกสอด เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากคลื่นเสียงที่มาจากแหล่งกำเนิดเสียงตั้งแต่ 2 แหล่งขึ้นไปรวมกัน จึงเกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันและหักล้างกัน ทำให้เกิดเสียงดัง และ เสียงค่อย

4. การเลี้ยวเบน เมื่อผ่านตัวกลางต่างชนิดกันแล้วยังมีการเลี้ยวเบนได้ การเลี้ยวเบนของเสียงมักจะเกิดพร้อมกับการสะท้อนของเสียง เสียงที่เลี้ยวเบน จะได้ยินค่อยกว่าเดิม เพราะพลังงานของเสียงลดลง

การสะท้อนของเสียง

การสะท้อนของเสียง บางคนอาจเคยส่งเสียงตะโกนออกไปแล้วได้ยินเสียงที่ตัวเองตะโกนออกไปกลับเข้ามาที่หูอีกครั้งหนึ่ง เสียงที่ได้ยินครั้งหลังนี้เกิดจากการสะท้อนของเสียงที่ส่งออกไปครั้งแรกกับพื้นผิวขนาดใหญ่ เช่น ผนังตึก หรือหน้าผา โดยทั่วไปเสียงที่ส่งผ่านไปยังสมองจะยังคงค้างอยู่นาน 0.1 วินาที ถ้าเสียงที่เปล่งออก ไปนั้นเกิดการสะท้อนกลับมาให้ได้ยินในช่วงเวลาที่มากกว่า 0.1 วินาที เราจะสามารถแยกเสียงสะท้อนกับเสียงที่เปล่งออกไปได้ เรียกเสียงสะท้อนในกรณีนี้ว่า **เสียงสะท้อนกลับ (echo)** ดังรูปที่ 1 แต่ถ้าเรา ส่งเสียงในห้องที่แคบ เช่นในห้องน้ำ เสียงสะท้อนที่เกิดขึ้นจะกลับเข้ามาที่หูในช่วงเวลาที่สั้นกว่า 0.1 วินาที ซึ่งเราไม่สามารถยกเสียงที่เปล่งออกไปกับเสียงที่สะท้อนกลับมาออกจากกันได้ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า **การกังวาน (reverberation)** โดยคลื่นเสียงจะสะท้อนเมื่อ**สิ่งกีดขวางมีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับความยาวคลื่นเสียง**



รูปที่ 1 การเกิดการสะท้อนของเสียงกลับจากผนังตึก

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 4. (หน้า 12)

เงื่อนไขการเกิดคลื่นสะท้อน

1. คลื่นเสียงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มี**ความหนาแน่นน้อย**ไปสู่ตัวกลางที่มี**ความหนาแน่นมาก** เช่น คลื่นเสียงเคลื่อนที่ไปในอากาศไปชนผิวสะท้อนที่เป็นของแข็ง คลื่นการกระจัดที่สะท้อน จะมีเฟสเปลี่ยนไป 180^{o} เพราะโมเลกุลที่นั้นไม่สามารถสั่นได้ ซึ่งคล้ายกับการสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกที่ปลายตรึงแน่น

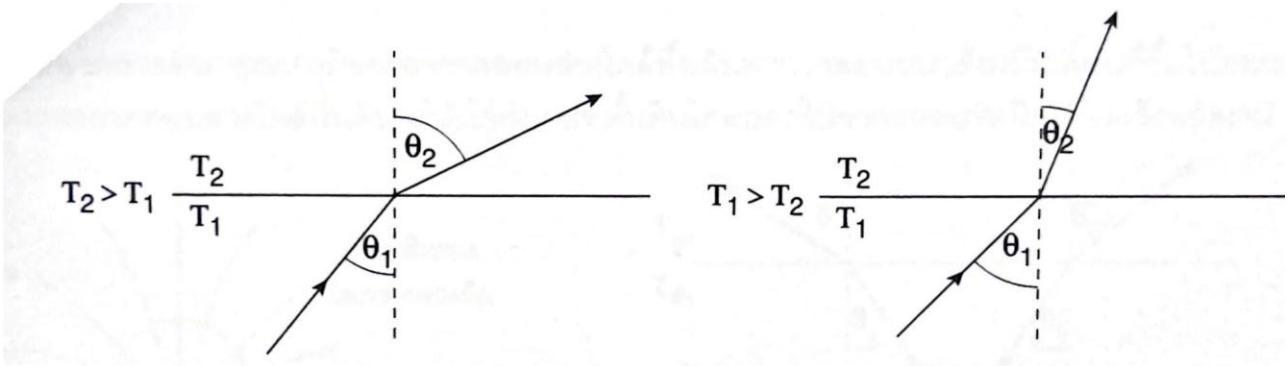
2. คลื่นเสียงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มี**ความหนาแน่นมาก**ไปสู่ตัวกลางที่มี**ความหนาแน่นน้อย** เช่น การสะท้อนของเสียงในท่อโลหะคลื่นการกระจัดที่สะท้อนจะมีเฟสเหมือนเดิม เ พราะโมเลกุลที่บริเวณนั้นสามารถสั่นได้เหมือนเดิม ซึ่งคล้ายกับการสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกปลายอิสระ

การหักเหของเสียง

เมื่อเสียงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกันจะทำให้ อัตราเร็วเสียงเปลี่ยนแปลง และอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปก็ทำให้อัตราเร็วเสียงเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งเป็นสมบัติของการหักเห ของคลื่น ในการหักเหของคลื่นเสียงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงเปลี่ยนไปด้วย ยกเว้นเมื่อเสียงตกตั้งฉากกับผิวรอยต่อของตัวกลางทิศทางจะไม่เปลี่ยนแปลง

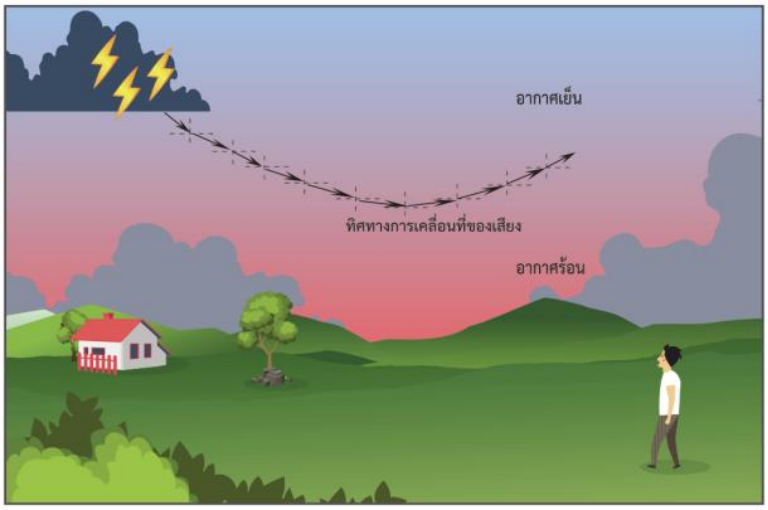
การหักเหของคลื่นเสียงเมื่อเดินผ่านตัวกลางต่างชนิดกันหรือที่อุณหภูมิต่างกันจะเป็นไปตามกฎของสเนลล์ (Snell's law) คือ

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$



รูปที่ 2 การหักเหของเสียงเมื่อผ่านบริเวณที่อุณหภูมิต่างกัน

ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 135)

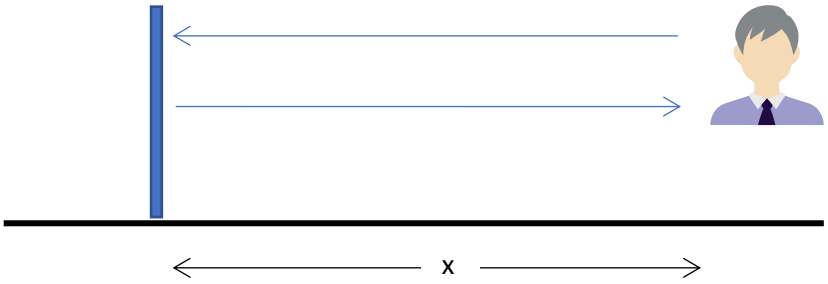


รูปที่ 3 การสะท้อนกลับหมดของเสียงในอากาศ

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 4. (หน้า 15)

ตัวอย่าง

1. ถ้าอุณหภูมิของอากาศขณะนั้นมีค่าเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส ชายคนหนึ่งจะได้ยินเสียงสะท้อนของเสียงที่เขาตะโกนออกไป เมื่อเขายืนห่างจากผนังตึกอย่างน้อยเท่าไร



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

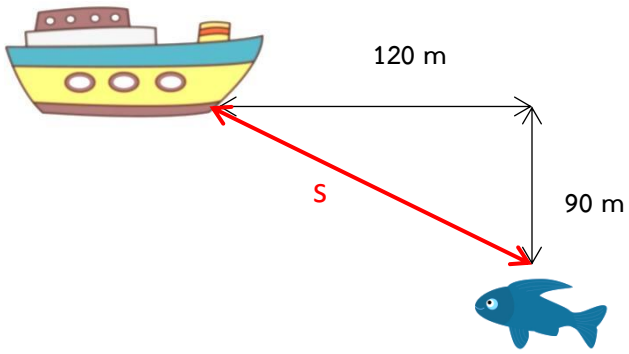
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. เรือหาปลาลำหนึ่งหาฝูงปลาด้วยโซนาร์ส่งคลื่นดลของเสียงความถี่สูงลงไปในน้ำ ทะเลถ้าฝูงปลาอยู่ห่างจากเครื่องกำเนิดคลื่นไปทางหัวเรือเป็นระยะทาง 120 เมตรและอยู่ลึก จากผิวน้ำเป็นระยะ 90 เมตร หลังจากส่งคลื่นดลจากโซนาร์ไปเป็นเวลาเท่าใด จึงจะได้รับคลื่นที่สะท้อนกลับมา กำหนด ความเร็วเสียงในน้ำทะเล = 1500 m/s



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

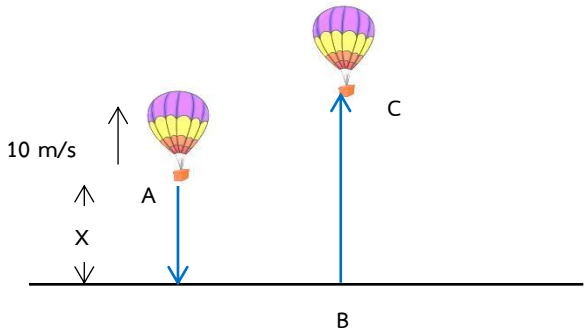
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. บอลลูนลูกหนึ่งเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร็วคงที่ 10 เมตรต่อวินาที ขณะที่อยู่สูงจากพื้นดินระยะหนึ่ง ส่งคลื่นเสียงความถี่ 600 เฮิรตซ์ ลงมา และได้รับสัญญาณเสียงสะท้อนกลับในเวลา 3 วินาที ขณะเริ่มส่งคลื่นเสียงบอลลูนอยู่สูงจากพื้นเท่าใด เมื่ออัตราเร็วเสียงขณะนั้นเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4. เสียงเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิ 27°C ไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิเท่าใด จงทำให้ความยาวคลื่น เป็น $\frac{3}{2}$ เท่าของความยาวคลื่นเดิม

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

5. เสียงเคลื่อนที่จากบริเวณที่ 1 ไปยังบริเวณที่ 2 ซึ่งอัตราเร็วเพิ่มขึ้น $\sqrt{2}$ เท่าของเดิมจงหามุมวิกฤตระหว่างบริเวณทั้งสอง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

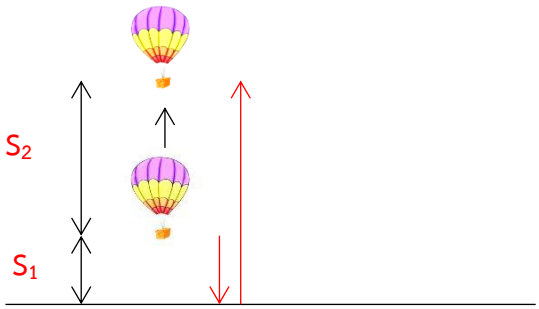
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

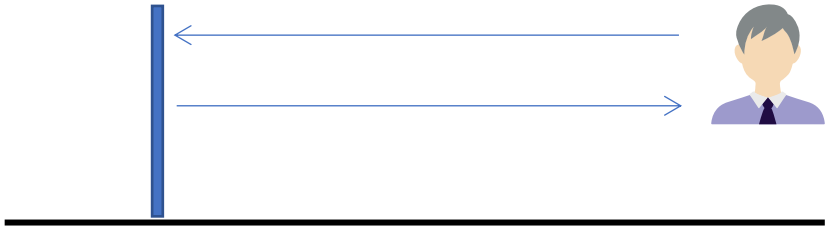
.....

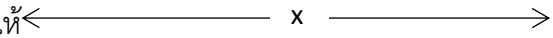
ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 19

พฤติกรรมของเสียง 1 (การสะท้อนและการหักเหของคลื่น)

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

1. ชายคนหนึ่งอยู่หน้ากำแพง หันหน้าตะโกนเสียงเข้าหากำแพง ถ้าเขาต้องการให้เกิดเสียงก้องเขาต้องอยู่ห่างจากกำแพงอย่างน้อยเท่าใด กำหนดให้เสียงมีอัตราเร็วในอากาศ 340 เมตรต่อวินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ 

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

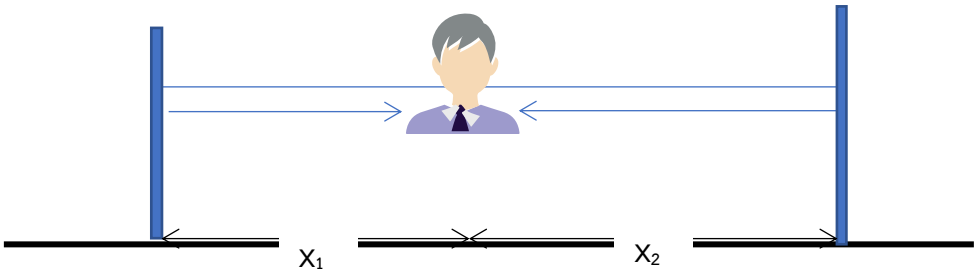
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. ชายคนหนึ่งยืนอยู่ระหว่างหน้าผา 2 แห่ง แล้วยิงปืนออกไป เขาได้ยินเสียงครั้งแรก ครั้งที่สองและครั้งที่สามเมื่อเวลาผ่านไป 2 และ 3 วินาที นับจากเริ่มยิง จงหาระยะห่างระหว่างหน้าผาทั้งสอง ถ้าความเร็วในอากาศ 340 เมตรต่อวินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

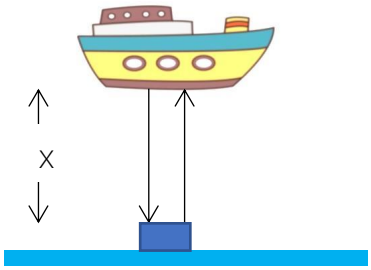
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4. ถ้าเสียงเดินทางจากตัวกลาง 1 ไปยังตัวกลาง 2 โดยความยาวคลื่นเสียงเพิ่มเป็น 2 เท่าของเดิม จงหามุมวิกฤต

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 20 พฤติกรรมของเสียง 2 (การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของเสียง)

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด
   - *1.1.* พฤติกรรมของเสียง *2* (การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของเสียง)
     - *1.1.1.* การแทรกสอดของเสียง
     - https://www.youtube.com/watch?v=dZuz64mDNYc
     - https://www.youtube.com/watch?v=OsDqTSulPR4&t=981s
     - *1.1.2.* การเลี้ยวเบนของเสียง
     - https://www.youtube.com/watch?v=LGzBXXIrsBo
     - https://www.youtube.com/watch?v=eTESJwAV-cg&t=18s
   - *1.2.* การทดลองพฤติกรรมของเสียง *2* (การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของเสียง)
     - *1.2.1.* การแทรกสอดของเสียง
     - https://www.youtube.com/watch?v=g-GVuxGecDM
     - *1.2.2.* การเลี้ยวเบนของเสียง
     - https://www.youtube.com/watch?v=v6bofjTrm2g
   - *1.3.* โจทย์พฤติกรรมของเสียง *2* (การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของเสียง)
     - *1.3.1.* การแทรกสอดของเสียง
     - https://www.youtube.com/watch?v=XYnKk2lJWkE
     - https://www.youtube.com/watch?v=7PCXa21APSM
     - *1.3.2.* การเลี้ยวเบนของเสียง
     - https://www.youtube.com/watch?v=z7v70qbU8w
2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 20 พฤติกรรมของเสียง *2* (การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของเสียง)

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 20 พฤติกรรมของเสียง *2* (การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของเสียง)
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 20 พฤติกรรมของเสียง *2* (การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของเสียง)

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 20 พฤติกรรมของเสียง 2 (การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของเสียง)

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 20

พฤติกรรมของคลื่น 2 (การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของคลื่น)

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง..... ...

1. ถ้าอัตราเร็วของเสียงในอากาศขณะนี้เท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที เสียงแตรรถยนต์มีความถี่ 170 เฮิรตซ์ ก่อนที่รถยนต์จะออกจากซอยคนขับรถบีบแตรรถยนต์เพื่อให้สัญญาณทำให้คนซึ่งยืนบนทางเท้า ณ มุมตึกปากซอยได้ยินเสียงสัญญาณแตรได้ชัดเจน จงประมาณขนาดความกว้างของซอยมีค่ากี่เมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. คลื่นชนิดหนึ่งเมื่อเกิดการแทรกสอดแนวปฏิบัพที่ 2 เอียงทำมุมจากแนวกลาง 30° หากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองอยู่ห่างกัน 4 เมตร

ก. ความยาวคลื่นนี้มีค่าเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ข. หากคลื่นนี้มีความเร็ว 300 เมตรต่อวินาที จะมีความถี่เท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 20

พฤติกรรมของเสียง 2 (การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของเสียง)

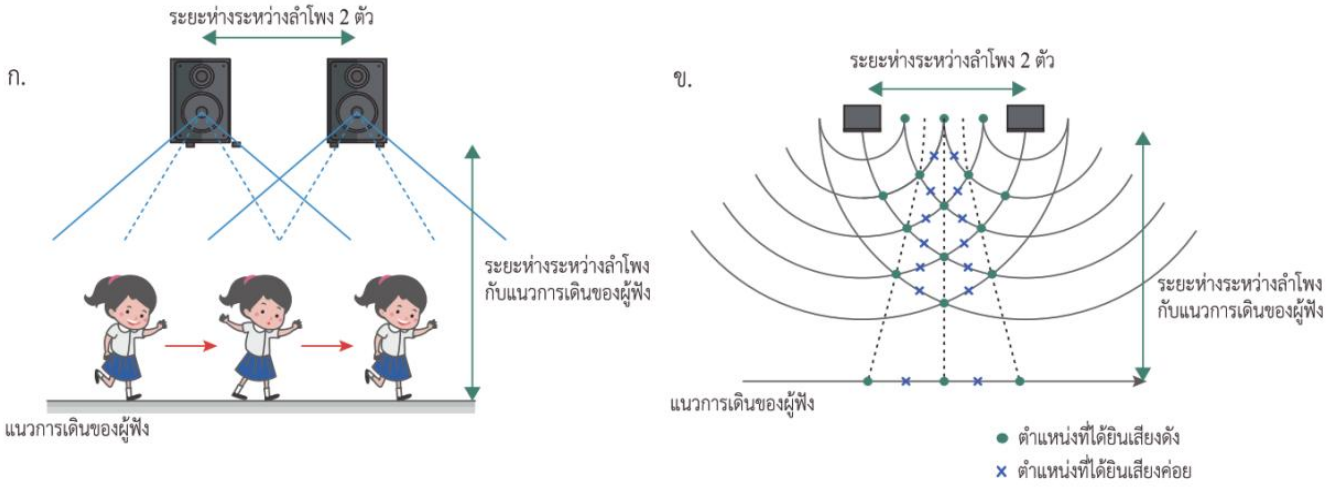
ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

การแทรกสอดของคลื่นเสียง

เมื่อมีคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่งเคลื่อนที่ไปพบกัน จะทำให้เกิดการรวมกันของคลื่นเป็นคลื่นลัพธ์ ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ รวมกันแบบเสริมกันหรือหักล้างกัน ตำแหน่งที่คลื่นรวมกันแบบเสริมกันเรียกว่า **ปฏิบัพ (Antinode)** ซึ่งตำแหน่งนี้จะเสียงดัง และตำแหน่งที่คลื่นรวมกันแบบหักล้างกันเรียกว่า **บัพ (Node)** ซึ่งตำแหน่งนี้เสียงจะค่อย

การแทรกสอดของคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์

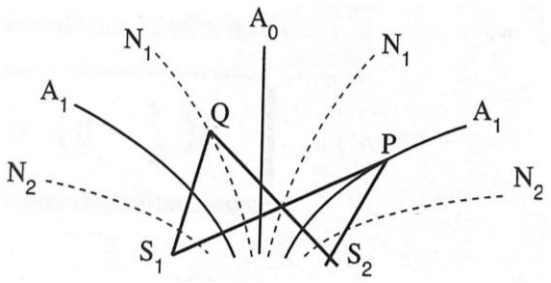
ให้ลำโพงสองตัวซึ่งต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดเสียงเดียวกัน เสียงที่แผ่ออกจากลำโพงทั้งสองจะมีหน้าคลื่นเป็นรูปวงกลม โดยมีความถี่เท่ากันและเฟสตรงกันดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตำแหน่งที่ได้ยินเสียงดัง-ค่อยตามแนวเส้นตรงที่ขนานกับลำโพงทั้งสอง

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 4. (หน้า 18)

สมการการคำนวณหาบัพและปฏิบัพ



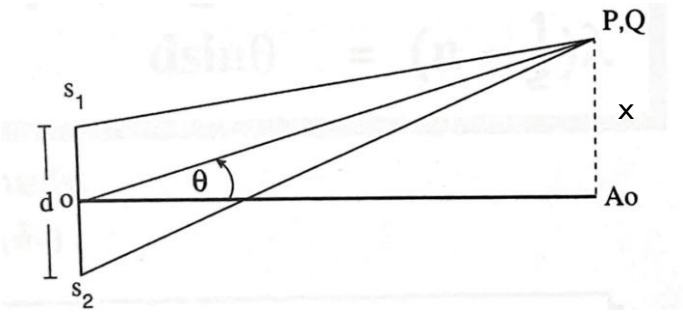
ให้จุด P เป็นจุดที่อยู่ในแนวปฏิบัพที่ n

$$|S_1P - S_2P| = n\lambda$$

$$d\sin\theta = n\lambda \qquad (n = 0, 1, 2, 3, \ldots)$$

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

รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งบนแนวปฏิบัพ (ดัง) และแนวบัพ (ค่อย)
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 135)



ให้จุด Q เป็นจุดที่อยู่ในแนวปฏิบัพที่ n

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

$$d\sin\theta = (n - \frac{1}{2})\lambda \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots)$$

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

รูปที่ 3 แสดงการแทรกสอดของคลื่นเสียงจากลำโพง 2 ตัว ณ ตำแหน่งที่ไกลจากลำโพงมาก ๆ
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 135)

การเลี้ยวเบนของเสียง

คลื่นเสียงสามารถเลี้ยวเบนผ่านสิ่งกีดขวาง หรือเลี้ยวเบนผ่านมุมหรือช่องเล็ก ๆ ได้ เหมือนกับคลื่นน้ำหรือคลื่นอื่น ๆ ปรากฏการณ์การเลี้ยวเบน ที่พบในชีวิตประจำวันได้แก่ การได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดที่อยู่คนละด้านของกำแพงหรือคนละด้านของมุมตึก หรือเสียงที่ผ่านเข้ามาทางช่องประตูหน้าต่างโดยผู้ฟังมองไม่เห็นแหล่งกำเนิดเสียง

ช่องแคบเดี่ยว

เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านช่องแคบเดี่ยว ซึ่งมีความกว้าง d คลื่นเสียงจะเกิดการเลี้ยวเบนซึ่งมี หลักการเลี้ยวเบนเหมือนกับคลื่นน้ำทุกประการคือ

1. $d < \lambda$ คลื่นเสียงจะเกิดการเลี้ยวเบนโดยไม่เกิดการแทรกสอด
2. $d = \lambda$ คลื่นเสียงจะเกิดการ**เลี้ยวเบนได้ดีที่สุด** แนวบัพที่ 1 ขนานกับช่องแคบ
3. $d > \lambda$ คลื่นเสียงจะเกิดการเลี้ยวเบนแล้วเกิดการแทรกสอด

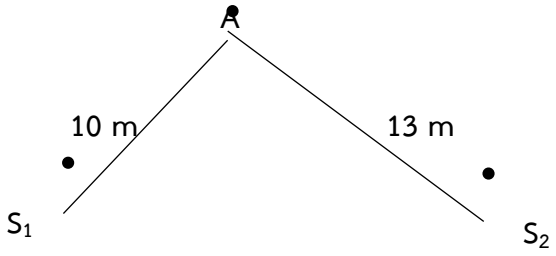
สมการ

แนวบัพ : $d \sin\theta = n\lambda$; เมื่อ n = 1, 2, 3, ...

แนวปฏิบัพ : $d \sin\theta = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$; เมื่อ n = 1, 2, 3, ...

ตัวอย่าง

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. ลำโพงอาพันธ์ 2 ตัววางห่างกัน 4 เมตร ให้สัญญาณเสียงความถี่ 510 เฮิรตซ์ เฟสตรงกันเมื่ออัตราเร็วเสียงในอากาศขณะนั้นเป็น 340 เมตรต่อวินาที จงหาแนวบัพและปฏิบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

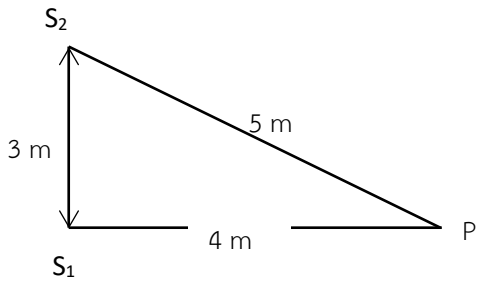
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4. เสียงรถยนต์ซึ่งมีความยาวคลื่น 0.4 เมตร ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างกว้าง 1 เมตร ในแนวตั้งฉากจะได้ยินเสียงค่อยที่สุดกี่แนว

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

5. คลื่นเสียงหนึ่งผ่านเข้าทางช่องหน้าต่างกว้าง 0.8 เมตร ในแนวตั้งฉาก ผู้ฟังที่อยู่ข้างหน้าต่างจะได้ยินเสียงชัดเจน ถ้าขณะนั้นอุณหภูมิของอากาศ 25 ° จงหาความถี่ของเสียงนี้

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

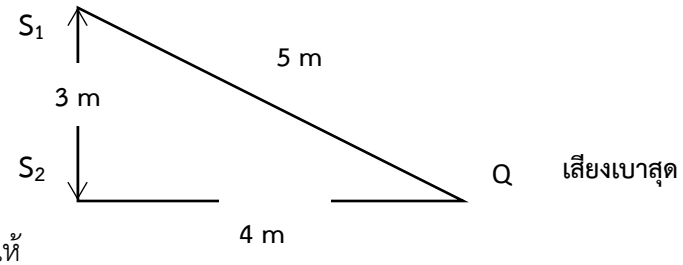
.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

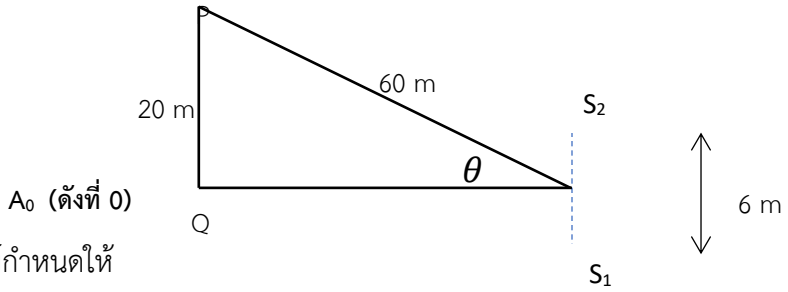
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. ถ้าอัตราเร็วของเสียงในอากาศขณะหนึ่งเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที เสียงแตรรถยนต์มีความถี่ 68 เฮิรตซ์ ก่อนที่รถยนต์จะออกจากซอยคนขับบีบแตรรถยนต์เพื่อส่งสัญญาณทำให้คนซึ่งยืนอยู่บนทางเท้า ณ มุมตึกปากซอยได้ยินเสียงสัญญาณแตรได้ชัดเจนจงประมาณขนาดความกว้างของซอย

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 21 ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1 การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด

1.1 ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง

https://www.youtube.com/watch?v=hpmbNmEJPDk

1.2 การทดลองความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง

https://www.youtube.com/watch?v=mzeaBG6Mkyw

1.3 โจทย์ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง

https://www.youtube.com/watch?v=gqw-9TySAXY

https://www.youtube.com/watch?v=-y496lXrj-8

2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 21 ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 21 ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 21 ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 21 ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 21

ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง..... ...

1. หวูดรถไฟมีกำลังเสียง 20 วัตต์ จงหาความเข้มของเสียงที่จุดห่างจากหวูด 150 เมตร ในหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. ชายคนหนึ่งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงอันหนึ่ง ได้ยินเสียงมีความเข้ม 10^{-8} วัตต์ต่อตารางเมตร เขาเดินทางห่างออกมาอีก จนได้ยินเสียงเข้ม 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร จึงหยุด อยากทราบว่าเขาจะอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็นกี่เท่าของระยะเดิม

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. เสียงที่มีความเข้มเสียง 4.0×10^{-7} วัตต์ต่อตารางเมตรจะมีระดับเสียงเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบความรู้ระหว่างเรียนเรียนเรื่องที่ 21

ความเข้มเสียงและระดับความเข้มเสียง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

<u>การได้ยินเสียง</u>

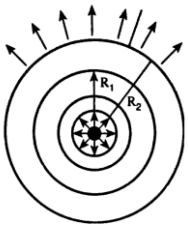
การได้ยินเสียงของมนุษย์นั้นนอกจากปัจจัยที่ขึ้นอยู่กับช่วงความถี่ที่มนุษย์สามารถตอบสนองได้แล้ว ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เป็นพลังงานของเสียงด้วย ซึ่งพลังงานของเสียงนั้นจะขึ้นอยู่กับแอมพลิจูด**ถ้าแอมพลิจูดของการสั่นมีค่ามาก แต่ถ้าพลังงานที่ใช้มีค่าน้อยแอมพลิจูดของการสั่นจะมีค่าน้อย**ของคลื่นเสียงซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการได้ยินเสียงเช่นกัน

1. ความรู้สึกดัง - ค่อยของเสียง ขึ้นอยู่กับ**แอมพลิจูดของคลื่นเสียงและความเข้มเสียง**
2. ความรู้สึกทุ้ม – แหลมของเสียง ขึ้นอยู่กับ**ความถี่ของเสียง**
3. ความไพเราะของเสียง ขึ้นอยู่กับ**คุณภาพเสียง**

ความเข้มเสียง (Sound Intensity) "I"

ความเข้มเสียง เป็นตัวกำหนดความดัง - ค่อยของเสียง มีค่าขึ้นอยู่กับแอมพลิจูดของคลื่นซึ่งกำหนดนิยามความเข้มไว้ดังนี้ “**ความเข้มเสียง ณ จุดใดๆ คือพลังงานของเสียงที่แผ่ออกจากแหล่งกำเนิดในเวลาหนึ่งหน่วยตกกระทบพื้นที่ในแนวตั้งฉาก 1 ตารางหน่วย**”

จากนิยามความเข้มเสียง **ปริมาณพลังงานของเสียงแผ่ออกจากแหล่งกำเนิดในหนึ่งหน่วยเวลาก็คือกำลังเสียง (Power of a sound)** มีหน่วยเป็น จูลต่อวินาที (J/s) หรือ วัตต์ (W) นั้นเอง
เมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิดเสียง (S) ที่เป็นจุดให้คลื่นเสียงออกมาทุกทิศทาง โดยมีหน้าคลื่นเป็นรูปทรงกลม



รูปที่ 1 แสดงหน้าคลื่นทรงกลมของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554 , หน้า 150)

จากรูปที่ 1 เมื่อ

E คือพลังงานเสียงที่แผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิดในเวลา t

t คือเวลาที่คลื่นเสียงเดินทางจากแหล่งกำเนิดไกล r

A คือพื้นที่ที่รองรับพลังงานเสียงทั้งหมดในเวลา t ซึ่งเป็นพื้นผิวทรงกลมรัศมี r

จากนิยามความเข้มเสียงเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$I = \frac{E/t}{A}$$ (E/t คือกำลังเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง “P”)

หรือ

$$\boxed{I = \frac{P}{A}}$$

เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเป็นจุด หน้าคลื่นเสียงจะแผ่ออกไปเป็นทรงกลมทำให้พื้น A = $4\pi r^2$

จึงได้ว่า

$$\boxed{I = \frac{P}{4\pi r^2}}$$

เมื่อ I เป็นความเข้มเสียง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร W/m^2

P เป็นกำลังเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง มีหน่วยเป็นวัตต์ W

r เป็นระยะระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับตำแหน่งที่จะหาความเข้มเสียงมีหน่วยเป็นเมตร m

จากสมการความเข้มเสียงอาจสรุปได้ว่า ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงมีกำลังเสียง **P คงตัว** (เป็นแหล่งกำเนิดเสียงเดิม)

จะได้ว่า $$I \propto \frac{1}{r^2}$$

แสดงว่าความเข้มเสียง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ จะลดลงเมื่อตำแหน่งนั้น ๆ อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงมากขึ้น อาจเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

ในอีกกรณีหนึ่งแหล่งกำเนิดเสียงมีกำลังเปลี่ยนไป โดยมีระยะห่าง r คงตัวจะได้ว่าความเข้มเสียงจะมีความสัมพันธ์กับกำลังเสียงดังสมการ

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{P_2}{P_1}$$

จากการทดลองเกี่ยวกับการได้ยินเสียงของคนปกติพบว่า

1. ความเข้มเสียงค่อยที่สุดที่สามารถได้ยินมีค่า $I_0 = 10^{-12}$ W/m^2
2. ความเข้มเสียงดังที่สุดที่สามารถฟังได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อหูมีค่า $I_{max} = 1$ W/m^2

ความเข้มสัมพัทธ์ (Relative Intensity)

คือค่าเปรียบเทียบความเข้มเสียงใด ๆ กับความเข้มเสียงค่อยที่สุดที่เริ่มได้ยิน $I_{\text{สัมพัทธ์}} = \frac{I}{I_0}$

ระดับความเข้มเสียง (Sound Intersity level) “β”

เนื่องจากความเข้มเสียงที่มนุษย์ได้ยินมีช่วงกว้างมากจาก 10^{-12} W/m^2 ถึง 1 W/m^2 และเมื่อความเข้มเสียงเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น x เท่า ความรู้สึกได้ยินของมนุษย์**ไม่ได้**ยินเสียงมีความดังเป็น x เท่าด้วยเพียงแต่รู้สึกเสียงดังกว่าเดิมเท่านั้นด้วยเหตุนี้ **ระดับความเข้มเสียง “β”** มีหน่วยเป็น**เดซิเบล** (decibel, dB) ซึ่งมีขนาดดังนี้

$$\beta = 10\log\frac{I}{I_0}$$

เมื่อ I = ความเข้มเสียงขณะใดๆ ที่ต้องการหาระดับความเข้มเสียง

I_0 = ความเข้มเสียงค่อยที่สุดที่มนุษย์ได้ยิน = 10^{-12} W/m^2

β = ระดับความเข้มเสียง (dB)

การหาผลต่างของระดับความเข้มเสียง $(\beta_2 - \beta_1)$

กำหนดให้ ณ จุดที่มีความเข้มเสียง I_1 จะมีระดับความเข้มเสียง β_1 และ ณ จุดที่มีความเข้มเสียง I_2 จะมีระดับความเข้มเสียง β_2

ตัวอย่าง

1. แหล่งกำเนิดเสียงส่งพลังงานด้วยอัตรา $\pi x 10^{-8}$ วัตต์ ผู้ฟังซึ่งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิด 10 เมตร จะได้ยินเสียงมีความเข้มเสียงเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. เครื่องเสียงเครื่องหนึ่ง ในเวลา 5 วินาที ส่งพลังงานออกไป 750π จูล ที่ระยะห่าง จากเครื่อง 50 เมตร มีความเข้มเสียงเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4 ณ ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 10 เมตร มีความเข้มเสียง 2×10^{-8} วัตต์ต่อตารางเมตร ถ้าอีกตำแหน่งหนึ่งห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเดียวกัน 5 เมตร จะมีความเข้มเสียงเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

6 ณ ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงอันหนึ่งวัดค่าความเข้มเสียงได้ 10^{-10} วัตต์ต่อตารางเมตร ณ ตำแหน่งนี้จะมีค่าระดับความเข้มเสียงเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

7 แหล่งกำเนิดเสียงหนึ่งส่งเสียงออกไปทุกทิศทางอย่างสม่ำเสมอ ณ ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 10 เมตร วัดระดับความเข้มเสียงได้ 60 เดซิเบล จงหาระดับความเข้มเสียง ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่าง จากแหล่งกำเนิดเสียง 100 เมตร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. ผึ้งตัวหนึ่งกระพือปีกทำให้เกิดเสียงมีกำลัง $4\pi \times 10^{-11}$ วัตต์ ถ้าผึ้งตัวนี้เกาะอยู่ที่พื้นแล้วกระพือปีกและถือว่าพื้นสะท้อนเสียงได้ 100 % คนที่ยืนอยู่ห่างจากผึ้งอย่างน้อยเท่าใดจึงจะไม่ได้ยินเสียง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. นาย ก อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงอันหนึ่งได้ยินเสียงมีความเข้ม 10^{-6} วัตต์ต่อตารางเมตร เมื่อเขาเดินออกไปอีกจนได้ยินเสียงค่อยที่สุดจึงหยุด อยากทราบว่าตอนหลังเขาอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็นกี่เท่าของระยะเดิม

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4. ณ ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงแหล่งหนึ่งมีระดับความเข้มเสียง 60 เดซิเบล ณ จุดนั้นจะมีค่าความเข้มเสียงเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 22 บีตและคลื่นนิ่ง

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1 การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด

1.1. บีตและคลื่นนิ่ง

https://www.youtube.com/watch?v=qWP7iUeJwUw

https://www.youtube.com/watch?v=De4RISkS9t0

1.2. การทดลองบีตและคลื่นนิ่ง

https://www.youtube.com/watch?v=aULU3MYB-U4

1.3. โจทย์บีตและคลื่นนิ่ง

https://www.youtube.com/watch?v=2zgaMOPJzfQ

2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 22 บีตและคลื่นนิ่ง

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ก่อนเรียนเรื่องที่ 22 บีตและคลื่นนิ่ง
4. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 22 บีตและคลื่นนิ่ง

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 22 บีตและคลื่นนิ่ง

ใบงานก่อนเรื่องที่ 22

บีตและคลื่นนิ่ง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง..... ...

1. นักเรียนคนหนึ่งเล่นไวโอลินความถี่ 507 เฮิรตซ์ และนักดนตรีอีกคนหนึ่งเล่นกีตาร์ความถี่ 512 เฮิรตซ์ ถ้าทั้งสองคนเล่นพร้อมกัน จะเกิดปรากฏการณ์บีตที่ความถี่กี่เฮิรตซ์

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. คลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่ง เมื่อมาซ้อนทับกันแล้วเกิดบีต 5 ครั้งต่อวินาที คลื่นเสียงที่ทุ้มกว่ามีความถี่ 438 เฮิรตซ์ คลื่นเสียงคลื่นหนึ่งจะมีความถี่กี่เฮิรตซ์

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. ลำโพงเสียงอันหนึ่งหันหน้าเข้าหากำแพงห่างจากกำแพงระยะหนึ่งให้สัญญาณเสียงซึ่งมีความถี่ 340 เฮิรตซ์ ชายคนหนึ่งอยู่ระหว่างกำแพงกับลำโพงเมื่อออกเดินเข้าหากำแพงอย่างช้า ๆ พบว่าจะได้ยินเสียงดังค่อยสลับกันไปจงหาระยะห่างของเสียงดังที่อยู่ใกล้กันที่สุด เมื่ออัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 340 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 22

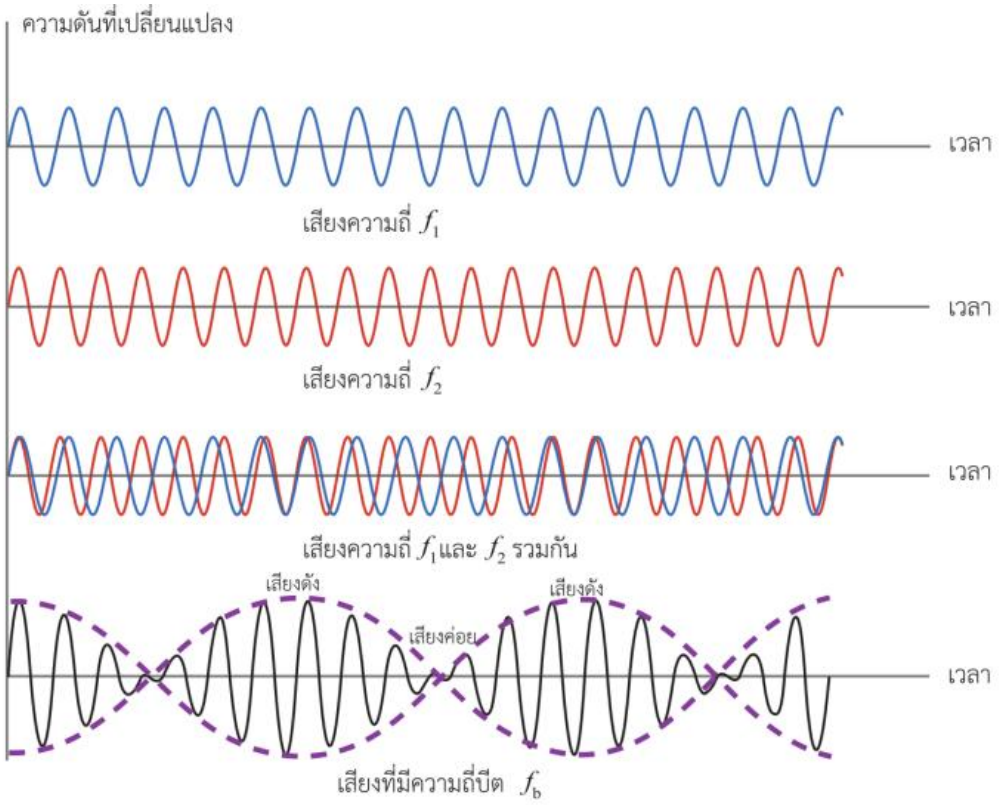
บีตและคลื่นนิ่ง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

บีต beat

เมื่อคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดสองแหล่งที่มีความต่างกันเล็กน้อยเคลื่อนที่มาพบกัน จะเกิดปรากฏการณ์ที่ได้ยินเสียงดัง-ค่อยสลับกันเป็นจังหวะคงตัวเรียกว่า **บีต (beats)** โดยจำนวนครั้งที่ได้ยินเสียงดัง-ค่อยในหนึ่งวินาที เรียกว่า **ความถี่บีต (beat frequency)** ซึ่งหาได้จากผลต่างของความถี่ของคลื่นเสียงทั้งสอง

พิจารณาคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดคลื่น 2 แหล่ง ซึ่งมีแอมพลิจูด A เท่ากันและความถี่ต่างกันเล็กน้อยมีค่าเท่ากับ f_1 และ f_2 เคลื่อนที่มาพบกันทำให้เกิดการรวมกันเป็นคลื่นลัพธ์ที่มีแอมพลิจูดไม่คงที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การรวมกันระหว่างคลื่นจากแหล่งกำเนิดสองแหล่ง เป็นผลทำให้เกิดเสียงบีต

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 4. (หน้า 48)

ความถี่บีต $f_b = |f_1 - f_2|$

ความถี่ของเสียงที่ได้ยิน $f = \frac{f_1+f_2}{2}$

หมายเหตุ

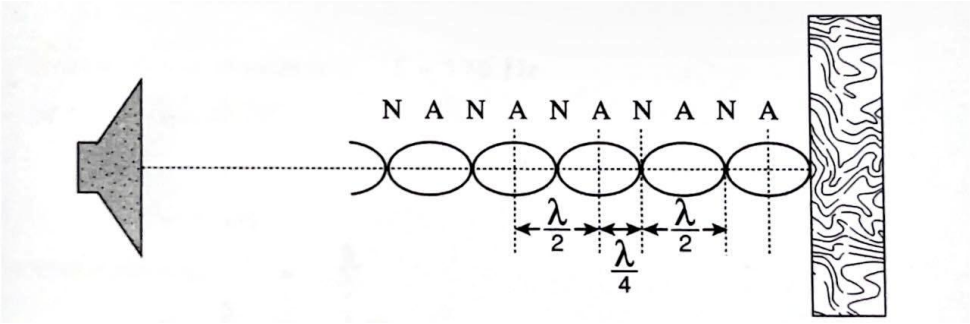
1. โดยปกติหูมนุษย์เราจะสามารถจำแนกเสียงบีตที่ได้ยินเป็นจังหวะซึ่งมีความถี่ไม่เกิน 7 ครั้งต่อวินาที

2. บีตไม่จำเป็นต้องเกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงประเภทเดียวเท่านั้น อาจเกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงคนละประเภทกันก็ได้

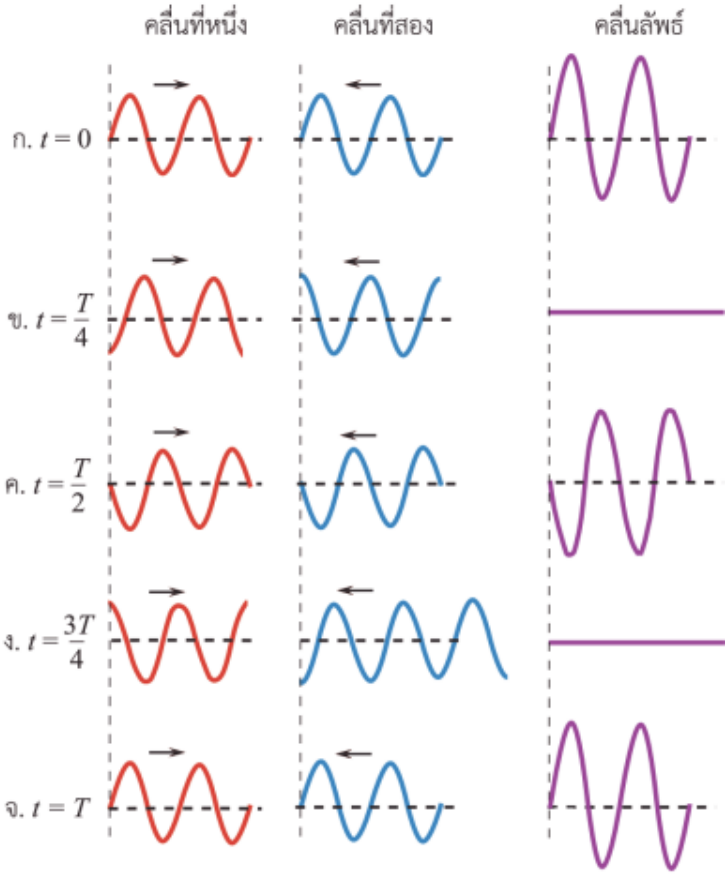
3. ประโยชน์ของบีตที่นำไปใช้ได้แก่การปรับจูนเสียงของเครื่องดนตรีชนิดต่าง ๆ เช่นการปรับแต่งเสียงกีตาร์เทียบกับเสียงจากหลอดเทียบเสียงความถี่มาตรฐานโดยทำให้เสียงจากเครื่องดนตรีเกิดพร้อมกับเสียงจากหลอดเทียบเสียงมาตรฐาน ขณะที่ความถี่ของการสั่นของสายจากเครื่องดนตรียังไม่เท่ากับความถี่ของเสียงจากหลอดเทียบเสียงมาตรฐานก็จะเกิดบีต แต่เมื่อการสั่นของสายจากเครื่องดนตรีมีความถี่เท่ากับความถี่ของเสียงจากหลอดเทียบเสียงมาตรฐาน เสียงบีตก็จะหายไป

คลื่นนิ่ง standing wave

เสียงสามารถมีปรากฏการณ์คลื่นนิ่งได้เหมือนคลื่นทั่ว ๆ ไป เช่น คลื่นนิ่งของคลื่นผิวน้ำ หรือคลื่นนิ่งของคลื่นในเส้นเชือก **คลื่นนิ่งของคลื่นเสียงก็เกิดจากคลื่นเสียง 2 คลื่น ซึ่งมีความถี่ ความยาวคลื่นและแอมพลิจูดเท่ากัน เคลื่อนที่สวนทางกันในแนวเส้นตรงเดียวกัน แล้วมาซ้อนทับกัน** เช่น อาจเกิดจาก ลำโพง 2 ตัว ที่ให้เสียงมีความถี่เท่ากัน หันหน้าเข้าหากัน หรือลำโพงเสียงตัวเดียวหันหน้าเข้าหากำแพงแล้วส่งเสียงออกไปให้สะท้อนที่กำแพง คลื่นความดันของคลื่นเสียงทั้งสองจะเกิดการรวมกันเป็นคลื่นความดันลัพธ์ ได้ตำแหน่งเสียงดัง (ปฏิบัพ) และเสียงค่อย (บัพ) สลับกันไปโดยระยะห่างระหว่างปฏิบัพที่ติดกันหรือบัพที่ติดกันเท่ากับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ และระยะห่างระหว่างปฏิบัพกับบัพที่ติดกันมีค่า $\left(\frac{\lambda}{4}\right)$ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการเกิดคลื่นนิ่งของเสียง
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 179)



รูปที่ 3 การซ้อนทับของคลื่นสองขบวน

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 4. (หน้า 35)

ในขณะเกิดคลื่นนิ่งของเสียงปฏิบัพเป็นตำแหน่งที่ความดันอากาศมีค่าเปลี่ยนแปลงด้วยแอมพลิจูดสูงสุด เรียกตำแหน่งนี้ว่า**ปฏิบัพซองความดัน (pressure antinode)** บัพเป็นตำแหน่งที่ความดันอากาศมีการเปลี่ยนแปลงด้วยแอมพลิจูดเป็นศูนย์พอดี เรียกตำแหน่งนี้ว่า **บัพของความดัน (pressure node)**

ตัวอย่าง

1. ถ้าต้องการให้เกิดเสียงดังเป็นจังหวะห่างกันทุก 0.25 วินาที จะต้องเคาะส้อมเสียงความถี่ 450 เฮิรตซ์ พร้อมกับส้อมเสียงที่มีความถี่กี่เฮิรตซ์

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4. ในการปรับเทียบเสียงของเปียโนระดับเสียง C โดยเทียบกับส้อมเสียงความถี่ 256.0 Hz ถ้าได้ยินเสียงบีตความถี่ 3.0 ครั้ง/วินาที ความถี่ที่เป็นไปได้ของเปียโนมีค่าเท่าใด

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

5. ในการทดลองส่งคลื่นเสียงความถี่ 3000 เฮิรตซ์ ให้ไปตกกระทบกำแพงในแนวตั้งฉาก ปรากฏว่าจุดที่มีเสียงเบาที่สุด 2 จุดที่ติดกันห่างกัน 6 เซนติเมตร จงหาอัตราเร็วของเสียงเป็นกี่เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

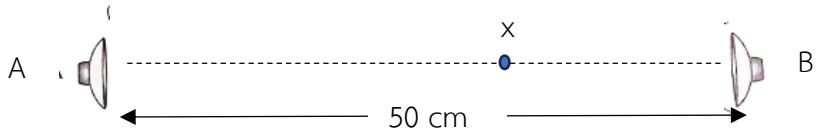
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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 : สำนักมาตรฐานฯ (2555 , หน้า 111)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 22

บีตและคลื่นนิ่ง

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

1. คลื่นเสียง 2 คลื่นมีความถี่ 248 เฮิรตซ์ และ 252 เฮิรตซ์ เคลื่อนที่มาพบกันทำให้เกิดการรวมกันของคลื่นทั้งสอง จงหา

   ก. ความถี่ของเสียงที่ได้ยิน

   ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

   .....

   ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

   .....

   ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

   .....

   .....

   .....

   .....

   ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

   .....

   ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

   .....

ข. ความถี่บีต

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. คลื่นเสียงสองคลื่นเคลื่อนที่มาพบกันวัดความถี่ของเสียงได้ 466 เฮิรตซ์ และให้เสียงบีต 4 ครั้งต่อวินาที จงหาความถี่ของคลื่นแต่ละคลื่น

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 23 การสั่นพ้องของเสียง

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1 การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด

1.1. การสั่นพ้องของเสียง

https://www.youtube.com/watch?v=swAAwh33NNo

1.2. การทดลองการสั่นพ้องของเสียง

https://www.youtube.com/watch?v=mD4I0WyUL6Y

1.3. โจทย์การสั่นพ้องของเสียง

https://www.youtube.com/watch?v=tWKXrZy-cOg

2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 23 การสั่นพ้องของเสียง

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 23 การสั่นพ้องของเสียง
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 23 การสั่นพ้องของเสียง

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 23 การสั่นพ้องของเสียง

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 23

การสั่นพ้องของเสียง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.... ....

1. หลอดปลายปิดและปลายเปิดยาว 1 เมตร ปล่อยคลื่นเสียงอัตราเร็ว 340 เมตรต่อวินาที จงหาความถี่ 3 ลำดับแรกที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในท่อทั้งสอง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

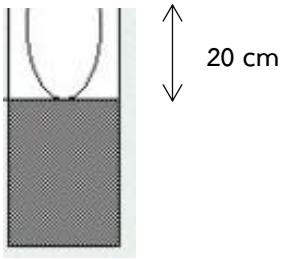
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. เติมน้ำลงไปในกระบอกตวงอันหนึ่งให้ผิวน้ำอยู่ต่ำกว่าปากหลอด 20 เซนติเมตร และขณะนั้น อากาศมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความถี่ที่ต่ำที่สุดที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในกระบอกตวงมีค่ากี่เฮิรตซ์



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. ท่อปลายเปิดอันหนึ่งมีความถี่มูลฐาน 100 Hz พบว่าโอเวอร์โทนที่ 1 ของท่อนี้มีความถี่เท่ากับโอเวอร์โทนที่ 2 ของท่อปลายปิดอันหนึ่ง จงหาความยาวของท่อปลายปิด (กำหนดให้อัตราเร็วเสียงในอากาศขณะนั้นเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 23

การสั่นพ้องของเสียง

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

<u>การสั่นพ้องของเสียง</u>

เนื่องจากเสียงเกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิด และการเคลื่อนที่ของเสียงเป็นการเคลื่อนที่แบบคลื่นขณะที่เสียงเคลื่อนทีผ่านตัวกลาง อนุภาคของตัวกลางจะสั่นด้วยความถี่เดียวกับความถี่ของแหล่งกำเนิด เช่น ถ้าเราส่งคลื่นเสียงจากลำโพงเข้าไปทางปากหลอดเรโซแนนซ์ อนุภาคของอากาศในหลอดเรโซแนนซ์จะถูกบังคับให้สั่นด้วยความถี่ของเสียงจากลำโพง ถ้าปรับความถี่ของคลื่นเสียงให้มีค่าเท่ากับความถี่ธรรมชาติของอนุภาคของอากาศภายในหลอดเรโซแนนซ์ อนุภาคจะสั่นแรงที่สุดทำให้เกิดเสียงออกจากปากหลอดเรโซแนนซ์ดังที่สุด ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ เรียกว่า **การสั่นพ้องของเสียง** หรือ **เรโซแนนซ์**

<u>การเกิดการสั่นพ้องของเสียงในหลอดที่มีความยาวคงที่</u>

ถ้าเราส่งคลื่นเสียงจากลำโพงเข้าไปทางปากหลอดคลื่นเสียงจะสะท้อนที่ปากหลอดทั้งสองกลับไปมาแล้วเกิดการแทรกสอดกัน ทำให้เกิดคลื่นนิ่ง เมื่อปรับความถี่ของคลื่นเสียงให้มีค่าเหมาะสมจะเกิดคลื่นนิ่งที่มีแอมพลิจูดกว้างมากขึ้นและถ้าที่ปากหลอด เป็นตำแหน่งของปฏิบัพของคลื่นการกระจัดพอดี เราจะได้ยินเสียงออกมาจากหลอดดังที่สุด แสดงว่า**เกิดการสั่นพ้องของเสียงความถี่ของคลื่นนิ่งที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในหลอด** มีได้หลายค่าดังนี้

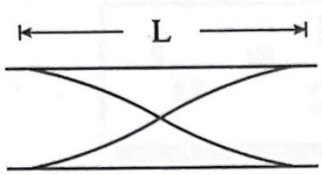
1. ความถี่มูลฐาน (Fundamental) คือความถี่ต่ำสุดของคลื่นนิ่งในหลอด ซึ่งมีความยาวคลื่นมากที่สุดแล้วทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียง

2. โอเวอร์โทน (Overtone) คือความถี่ของคลื่นนิ่ง ที่สูงขึ้นถัดจากความถี่มูลฐานแล้วทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในหลอดนั้นได้ มีค่าเป็นขั้น ๆ

3. ฮาร์โมนิค (Harmonic) คือตัวเลขที่บอกว่าความถี่นั้นเป็นกี่เท่าของความถี่มูลฐาน

การเกิดการสั่นพ้องของเสียงในหลอดปลายเปิด

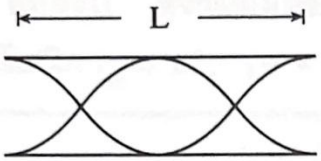
(1)



จากรูปที่ (1) $L = \frac{\lambda}{2}$

จะได้ว่า $\lambda_1 = 2L$ .....(1)

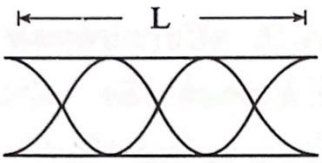
(2)



จากรูปที่ (2) $L = \lambda$

จะได้ว่า $\lambda_2 = L = \frac{2L}{2}$ .....(2)

(3)



จากรูปที่ (3) $L = \frac{3\lambda}{2}$

จะได้ว่า $\lambda_3 = \frac{2L}{3}$ .....(3)

รูปที่ 1 แสดงการเกิดคลื่นนิ่งในหลอดปลายเปิด

ทีมา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554 , หน้า 182)

จากสมการที่ (1), (2), (3) อาจจะสรุปได้ว่า ขณะเกิดการสั่นพ้องของเสียงในหลอดปลายเปิด

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}$$ เมื่อ n = 1, 2, 3, ...

และการหาความถี่ของคลื่นนิ่งขณะเกิดการสั่นพ้องของเสียงในลอดปลายเปิด จาก $f = v/\lambda$

จะได้ว่า $f_1 = \frac{v}{\lambda_1}$ หรือ $f_1 = \frac{v}{2L}$ เรียก **f_1 ว่าความถี่มูลฐาน หรือ ฮาร์มอนิกที่ 1**

และ $f_2 = \frac{v}{\lambda_2}$ หรือ $f_2 = \frac{2v}{2L} = 2f_1$ เรียก **f_2 ว่าความถี่โอเวอร์โทนที่ 1 หรือ ฮาร์มอนิกที่ 2**

และ $f_3 = \frac{v}{\lambda_3}$ หรือ $f_3 = \frac{3v}{2L} = 3f_1$ เรียก **f_3 ว่าความถี่โอเวอร์โทนที่ 2 หรือ ฮาร์มอนิกที่ 3**

สรุป ความถี่ของคลื่นเสียงที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในหลอดปลายเปิด

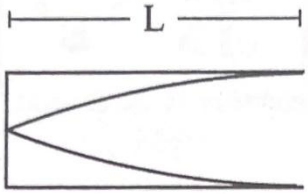
$$f_n = \frac{nv}{2L}$$ เมื่อ n = 1, 2, 3, ...

ข้อสรุป ความถี่ของคลื่นเสียง ที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในหลอดปลายเปิด มีได้ทุกฮาร์มอนิก $f_n = nf_1$; (n = 1, 2, 3, ...)

การเกิดการสั่นพ้องของเสียงในหลอดปลายปิด

หลอดปลายปิด เป็นหลอดที่ปลายข้างหนึ่งปิด ปลายอีกข้างหนึ่งเปิด เมื่อให้คลื่นเสียงเข้าทางปากหลอดด้านเปิด คลื่นเสียงจะเข้าไปสะท้อนที่ด้านปิด คลื่นการกระจัดจะมีเฟสเปลี่ยนไป 180° ที่ตำแหน่งผิวระนาบของด้านปิดจะเป็นตำแหน่งบัพของคลื่นนิ่งของคลื่นการกระจัด บริเวณปากหลอดด้านเปิดโมเลกุลของอากาศสั่นได้โดยอิสระจะเป็นตำแหน่งปฏิบัพของคลื่นนิ่งของคลื่นการกระจัด ขณะเกิดการสั่นพ้องของเสียงดัง

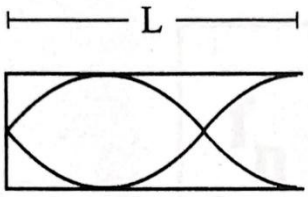
(1)



จากรูปที่ (1) $L = \frac{\lambda}{4}$

จะได้ว่า $\lambda_1 = 4L$ .....(4)

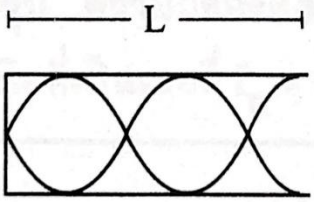
(2)



จากรูปที่ (2) $L = \frac{3\lambda}{4}$

จะได้ว่า $\lambda_2 = \frac{4\lambda}{3}$ .....(5)

(3)



ว่า ขณะเ

จากรูปที่ (3) $L = \frac{5\lambda}{4}$

จะได้ว่า $\lambda_3 = \frac{4\lambda}{5}$ .....(6)

รูปที่ 2 แสดงการเกิดคลื่นนิ่งในหลอดปลายปิด

ทีมา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554 , หน้า 183-184)

$$\lambda_n = \frac{4L}{2n-1}$$ เมื่อ n = 1, 2, 3, ...

และการหาความถี่ของคลื่นนิ่งขณะเกิดการสั่นพ้องของเสียงในลอดปลายปิด จาก $f = v/\lambda$

จะได้ว่า $f_1 = \frac{v}{\lambda_1}$ หรือ $f_1 = \frac{v}{4L}$ เรียก **f_1 ว่าความถี่มูลฐาน หรือ ฮาร์มอนิกที่ 1**

และ $f_2 = \frac{v}{\lambda_2}$ หรือ $f_2 = \frac{3v}{4L} = 3f_1$ เรียก **f_2 ว่าความถี่โอเวอร์โทนที่ 1 หรือ ฮาร์มอนิกที่ 3**

และ $f_3 = \frac{v}{\lambda_3}$ หรือ $f_3 = \frac{5v}{4L} = 5f_1$ เรียก **f_3 ว่าความถี่โอเวอร์โทนที่ 2 หรือ ฮาร์มอนิกที่ 5**

สรุป ความถี่ของคลื่นเสียงที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในหลอดปลายปิด

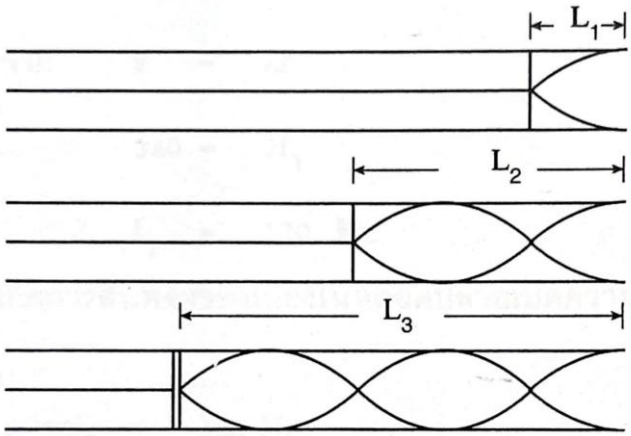
$$f_n = \frac{(2n-1)v}{4L}$$ เมื่อ n = 1, 2, 3, ...

ข้อสรุป ความถี่ของคลื่นเสียง ที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในหลอดปลายปิด มีได้เฉพาะฮาร์มอนิกที่เป็นเลขคี่ $f_n = (2n-1) f_1$; (n = 1, 2, 3, ...)

<u>การเกิดการสั่นพ้องของเสียงในหลอดที่ปรับความยาวได้</u>

เกิดการสั่นพ้องของเสียงใน**หลอดเรโซแนนซ์หรือหลอดที่ปรับความยาวได้** ทำได้โดยส่งคลื่นเสียงความถี่ค่าหนึ่งเข้าไปทางปากหลอดที่สามารถปรับความยาวของลำอากาศภายในหลอดได้จะเกิด คลื่นนิ่งภายในหลอดเมื่อปรับความยาวของลำอากาศ หรือความยาวของหลอดให้พอเหมาะจนเกิดเสียงดังมากกว่า ปกติออกมาจากหลอดนี้ แสดงว่าขณะนั้นเกิดการสั่นพ้องของเสียง

ถ้าหลอดที่ใช้ภายในมีลูกสูบที่สามารถเลื่อนเข้า-ออกได้เพื่อใช้ปรับความยาวของหลอดหรือลำอากาศภายในหลอด ขณะเกิดการสั่นพ้องของเสียง ตำแหน่งที่ผิวลูกสูบภายในหลอดเป็นตำแหน่งบัพของคลื่นการกระจัดของคลื่นนิ่ง และบริเวณปากหลอดเป็นตำแหน่งปฏิบัพของคลื่นการกระจัดของคลื่นนิ่งพบว่า ความยาวของหลอดหรือลำอากาศเป็น L_1, L_2, L_3, ... ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเกิดการสั่นพ้องของเสียงในหลอดปรับความยาวได้

ทีมา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554 , หน้า 185)

เมื่อ L_1 คือ ความยาวของลำอากาศที่น้อยที่สุดที่ก่อให้เกิดการสั่นพ้องของเสียง

L_2 คือ ความยาวของลำอากาศที่เกิดการสั่นพ้องของเสียงครั้งที่ 2

L_3 คือ ความยาวของลำอากาศที่เกิดการสั่นพ้องของเสียงครั้งที่ 3

จะได้ความสัมพันธ์ของ L_1, L_2, L_3 ว่า

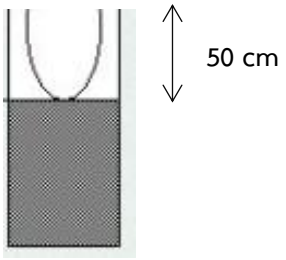
$$L_2 - L_1 = \frac{\lambda}{2}$$

$$L_3 - L_2 = \frac{\lambda}{2}$$

สรุป ในการเลื่อนลูกสูบแต่ละครั้งให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงความยาวของหลอดหรือลำอากาศที่เลื่อนเข้าหรือออกเท่ากับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น $\frac{\lambda}{2}$ และความยาวของหลอดหรือลำอากาศภายในหลอดที่น้อยที่สุดที่ก่อให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงเท่ากับ $\frac{\lambda}{4}$

ตัวอย่าง

1. กระบอกตวงใบหนึ่ง เมื่อเติมน้ำโดยผิวน้ำต่ำจากปากกระบอกตวง 50 เซนติเมตร และขณะนั้นอากาศมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะต้องให้คลื่นเสียงที่มีความถี่ต่ำที่สุดเท่าไร เข้าไปในกระบอกตวง นี้แล้วเกิดการสั่นพ้องของเสียงได้



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. จากการทดลองการสั่นพ้องของเสียง ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงมีความถี่ 1000 เฮิรตซ์และทำการทดลองในขณะมีอุณหภูมิ 15 ℃ อยากทราบว่าตำแหน่งของลูกสูบ ที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียง 2 ครั้งต่อเนื่องกัน จะห่างกันเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. ส้อมเสียงอันหนึ่งทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในหลอดเรโซแนนซ์สองครั้งติดต่อกันโดยระยะลูกสูบห่างกัน 25 เซนติเมตร จงหาความยาวของหลอดเรโซแนนซ์ที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงได้ 5 ครั้ง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4. คลื่นเสียงขบวนหนึ่งทำให้เกิดการสั่นพ้องลำดับที่ 1 ในกล่องไม้กลวงที่เปิดทุกด้านมีความยาว 0.5 เมตร ความถี่ธรรมชาติของกล่องไม้นี้เท่ากับกี่เฮิรตซ์ (กำหนดให้อัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 330 เมตรต่อวินาที)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

5. หลอดปลายเปิดยาว 2 เมตร ปล่อยคลื่นเสียงอัตราเร็ว 340 เมตรต่อวินาที จงหาความถี่ 3 ลำดับแรกที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงในท่อนี้

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

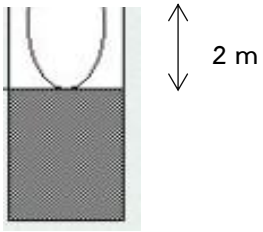
.....

ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 23

การสั่นพ้องของเสียง

ชื่อ.....**เลขที่**.....**ห้อง**.....

1. ท่อทรงกระบอกปลายปิดข้างหนึ่งยาว 2 เมตร ความถี่ต่ำที่สุดของคลื่นเสียงที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องในท่อนี้จะเท่ากับกี่เฮิรตซ์ กำหนดความเร็วของเสียงในอากาศเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. เมื่อกดคีย์ของเปียโนคีย์หนึ่งได้ยินเสียงความถี่ 256 เฮิรตซ์ อยากทราบว่าฮาร์มอนิกที่ 4 ของเสียงที่ได้ยินนั้นมีความถี่เท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. ในการทดลองการสั่นพ้องของเสียงกับหลอดเรโซแนนซ์ ซึ่งยาว 1 เมตร พบว่าตำแหน่งลูกสูบที่ทำให้เกิดเสียงดังมากกว่าปกติ 2 ครั้ง ติดกันห่างกัน 30 เซนติเมตร อยากทราบว่า สามารถทำให้เกิดเสียงดังโดยการเลื่อนลูกสูบได้กี่ครั้ง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4. ท่อทรงกระบอกปลายปิดข้างหนึ่งยาว 2.40 เมตร ถ้าเสียงมีอัตราเร็ว 343 เมตรต่อวินาที เสียงจากท่อนี้จะมีความถี่ต่ำสุดเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 24 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด

   1.1. ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

   https://www.youtube.com/watch?v=AQS0FWW3a3A

   https://www.youtube.com/watch?v=tiTwR_yz3Xk

   1.2. การทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

   https://www.youtube.com/watch?v=qAZIiOdVIMc

   1.3. โจทย์ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

   https://www.youtube.com/watch?v=YE09zTDWgK4

2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 24 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 24 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 24 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

ขั้นที่ 3 หลังเรียน

5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 24 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ข. ผู้ฟังและรถไฟวิ่งออกจากกัน

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. รถไฟวิ่งด้วยความเร็ว 30 เมตรต่อวินาที ในอากาศนิ่งความถี่หวูดรถไฟมีค่า 500 เฮิรตซ์ ถ้าเสียงมีอัตราเร็ว 330 เมตรต่อวินาที จงหาความยาวคลื่นเสียงที่ผู้สังเกตได้ยิน เมื่อ

ก. อยู่หน้ารถไฟ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ข. อยู่หลังรถไฟ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. ชายคนหนึ่งยืนที่ชานชลาสังเกตเห็นหวูดรถไฟ มีความถี่ต่ำลง 6/7 ขณะที่รถไฟผ่านชานชลา จงหาอัตราเร็วรถไฟ

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 24

ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

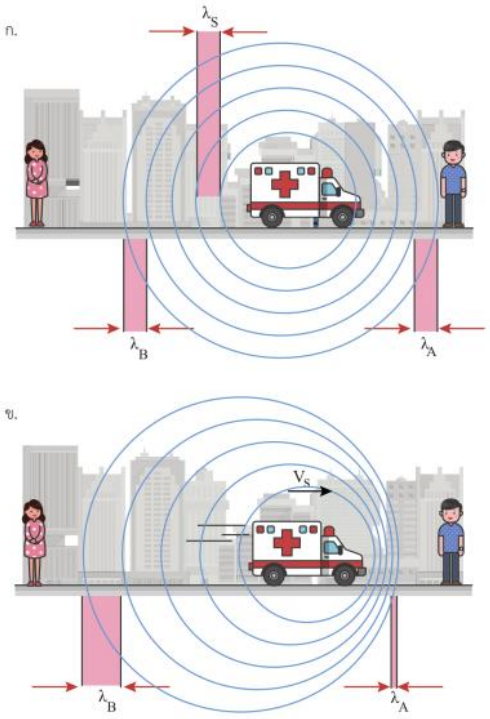
ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

เป็นปรากฏการณ์ที่ผู้สังเกตได้ยินเสียงมีระดับเสียงหรือความถี่ของเสียงเปลี่ยนไปจากความถี่เดิมของเสียงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียงที่ส่งออกมาอันเนื่องมาจากความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างผู้สังเกตกับแหล่งกำเนิดไม่เท่ากับศูนย์ ซึ่งสามารถแบ่งพิจารณาออกเป็น 3 กรณีคือ

1. แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ ผู้สังเกตอยู่นิ่ง
2. แหล่งกำเนิดเสียงอยู่นิ่ง ผู้สังเกตเคลื่อนที่
3. แหล่งกำเนิดเสียงและผู้สังเกตเคลื่อนที่

กรณีที่แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่แล้วผู้สังเกตอยู่นิ่ง



รูปที่ 1 ก. รถพยาบาลและผู้สังเกตอยู่นิ่ง ข. รถพยาบาลเคลื่อนที่โดยผู้สังเกตอยู่นิ่ง

เมื่อฝั่ง A คือด้านหน้ารถ และฝั่ง B คือด้านหลังรถ

จากภาพ ก. เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงและผู้สังเกตอยู่นิ่งคลื่นเสียงจะมีความยาวคลื่นที่ด้านหน้าและด้านหลังเท่ากับความยาวคลื่นจากแหล่งกำเนิด ($\lambda_A = \lambda_S = \lambda_B$)

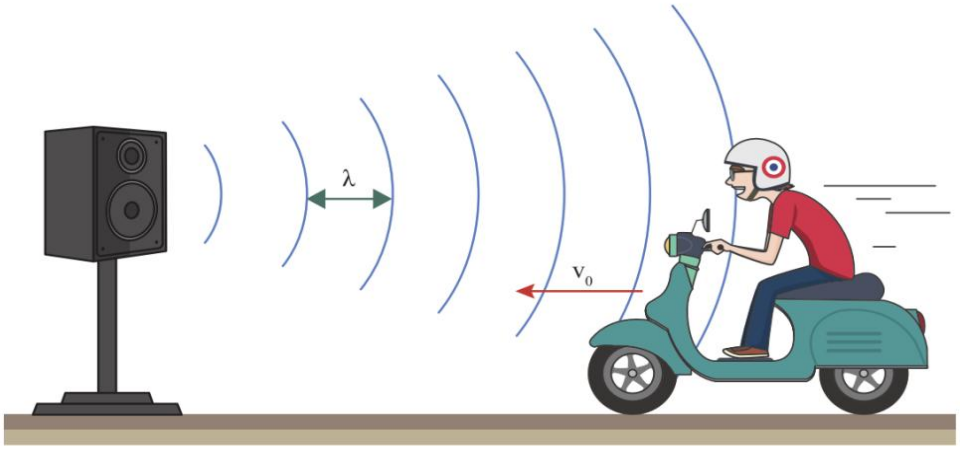
จากภาพ ข. เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่จะสังเกตเห็นว่า ความยาวคลื่นด้านหลัง (λ_B) จะยาวขึ้นมากกว่าความยาวคลื่นจากแหล่งกำเนิดเสียงและความยาวคลื่นด้านหน้า (λ_A) รถจะมีความยาวคลื่นสั้นลงกว่าความยาวคลื่นจากแหล่งกำเนิด ($\lambda_A < \lambda_S < \lambda_B$)

สามารถคำนวณความยาวคลื่นที่เปลี่ยนแปลงไปได้จาก $\lambda = v/f$

จะได้ $\lambda_A = \frac{v - v_S}{f}$, $\lambda_B = \frac{v + v_S}{f}$

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 4. (หน้า 52)

แหล่งกำเนิดเสียงอยู่นิ่งแต่ผู้สังเกตเคลื่อนที่



รูปที่ 2 แหล่งกำเนิดเสียงอยู่นิ่งแต่ผู้สังเกตเคลื่อนที่

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 4. (หน้า 53)

ถ้าผู้สังเกตเคลื่อนที่เข้าหาแหล่งกำเนิดเสียงด้วยอัตราเร็วคงตัว จะพบจำนวนหน้าคลื่นเสียงในหนึ่งหน่วยเวลาเพิ่มขึ้น **ทำให้เสียงที่ได้ยินเป็นเสียงที่มีความถี่มากกว่าความถี่ของแหล่งกำเนิด**

ถ้าผู้สังเกตเคลื่อนที่ออกห่างแหล่งกำเนิดเสียงด้วยอัตราเร็วคงตัว จะพบจำนวนหน้าคลื่นเสียงในหนึ่งหน่วยเวลาเพิ่มขึ้น **ทำให้เสียงที่ได้ยินเป็นเสียงที่มีความถี่มากกว่าความถี่ของแหล่งกำเนิด**

แหล่งกำเนิดเสียงและผู้สังเกตเคลื่อนที่

จากกรณีข้างต้นทั้งสอง อาจกล่าวได้ว่า เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงและผู้สังเกตเคลื่อนที่เข้าหากันผู้สังเกตจะได้ยินเสียงที่มีความถี่มากขึ้น แต่ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงและผู้สังเกตเคลื่อนที่ออกจากกันผู้สังเกตจะได้ยินเสียงที่มีความถี่น้อยลง

สมการที่ใช้ในการคำนวณความถี่ที่ปรากฏต่อผู้สังเกตในทุก ๆ กรณีเป็นดังนี้

$$f_o = \left(\frac{v \pm v_o}{v \pm v_s}\right) f_s$$

f_o คือ ความถี่เสียงที่ปรากฏต่อผู้ฟัง
f_s คือ ความถี่เสียงของแหล่งกำเนิด
v คือ อัตราเร็วเสียงในอากาศ
v_o คือ อัตราเร็วเสียงของผู้ฟังเสียง
v_s คือ อัตราเร็วของแหล่งกำเนิดเสียง

หลักการคิดเครื่องหมาย $\pm$ ของ $\mathbf{V_O}$ และ $\mathbf{V_S}$ แทนสูตร

1. ให้กำหนดทิศหลัก เป็น + เสมอ หรือก็คือทิศจากผู้ฟังไปยังแหล่งกำเนิด
2. กำหนดค่า $\mathbf{V_O}$ และ $\mathbf{V_S}$ เป็น + ถ้ามีทิศเดียวกับทิศหลัก
3. กำหนดค่า $\mathbf{V_O}$ และ $\mathbf{V_S}$ เป็น - ถ้ามีทิศสวนกับทิศหลัก

ความยาวคลื่นเสียง

ความยาวคลื่นเสียงด้านหน้า พิจารณาได้จากสมการ

$$\lambda = \frac{v - v_s}{f_s}$$

λ = ความยาวคลื่นเสียงที่ปรากฏด้านหน้า

v = อัตราเร็วเสียง

v_s = อัตราเร็วของแหล่งกำเนิดเสียง

f = ความถี่เสียงของแหล่งกำเนิด

ความยาวคลื่นเสียงด้านหลัง พิจารณาได้จากสมการ

$$\lambda = \frac{v + v_s}{f_s}$$

λ = ความยาวคลื่นเสียงที่ปรากฏด้านหลัง

v = อัตราเร็วเสียง

v_s = อัตราเร็วของแหล่งกำเนิดเสียง

f_s = ความถี่เสียงของแหล่งกำเนิด

ตัวอย่าง

1. รถพยาบาลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 20 เมตรต่อวินาที แล้วเปิดไซเรนซึ่งมีความถี่ 1000 เฮิรตซ์ ออกมาตลอดเวลา ถ้าขณะนั้นอัตราเร็วของเสียงในอากาศเป็น 340 เมตรต่อวินาที จงหาความยาวคลื่นเสียงบริเวณ
   ก. ด้านหน้า

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ข. ด้านหลัง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ค. ด้านข้าง

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. รถไฟขบวนหนึ่งกำลังเคลื่อนที่เข้าสู่ชานชลาสถานีรถไฟด้วยอัตราเร็ว 10 เมตรต่อวินาที พร้อมทั้งเปิดหวูดซึ่งมีความถี่ 100 เฮิรตซ์ รถยนต์คันหนึ่งกำลังวิ่งสวนทางกับรถไฟบนถนนขนานกับรางรถไฟด้วยอัตราเร็ว 30 เมตรต่อวินาที จงหาความถี่ปรากฏของเสียงหวูดต่อคนขับรถยนต์คันนั้น ถ้าความเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 330 เมตรต่อวินาที

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

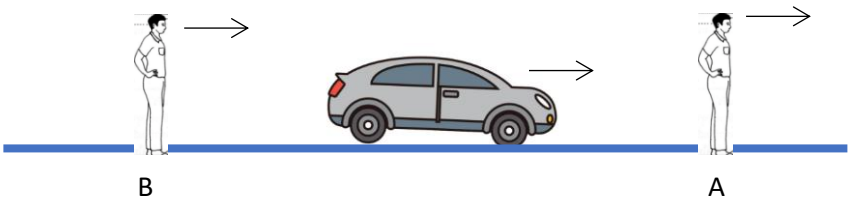
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

4. สมควรยืนอยู่ริมถนน ได้ยินเสียงไซเรนจากรถดับเพลิง ซึ่งกำลังแล่นเข้ามามีความถี่ 382.5 เฮิรตซ์ และหลังจากผ่านไปแล้วได้ยินเสียงไซเรนมีความถี่ 340 เฮิรตซ์ ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที สมควรทำการคำนวณหาอัตราเร็วของรถดับเพลิงและความถี่เสียงไซเรนที่แท้จริงจะได้เท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

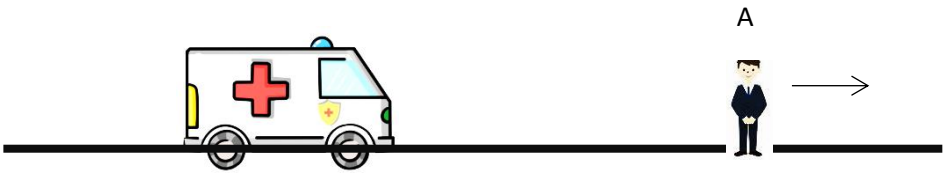
.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. ค้างคาวตัวหนึ่งบินเข้าหากำแพงด้วยความเร็ว 20 เมตรต่อวินาที ขณะบินค้างคาวส่งเสียงร้องด้วยความถี่ 20000 เฮิรตซ์ ตลอดเวลา ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 340 เมตรต่อวินาที จงหา

ก. ความยาวคลื่นด้านหน้า

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ข. เสียงจากค้างคาวจะกระทบกำแพงด้วยความถี่เท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

เรื่องที่ 25 คลื่นกระแทก

ขั้นที่ 1 ก่อนเรียน

1. การเรียนด้วยตนเองจากวีดีโอ จำนวน 4 ชุด

   1.1. คลื่นกระแทก

   https://www.youtube.com/watch?v=UyhKysLpe4s&t=137s

   1.2. การทดลองคลื่นกระแทก

   https://www.youtube.com/watch?v=iLcWfmKOgWE

   1.3. โจทย์คลื่นกระแทก

   https://www.youtube.com/watch?v=AETx9zLuRkk

2. ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 25 คลื่นกระแทก

ขั้นที่ 2 ระหว่างเรียน

3. ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 25 คลื่นกระแทก
4. ตัวอย่างระหว่างเรียนเรื่องที่ 25 คลื่นกระแทก

ขั้นที่ *3* หลังเรียน

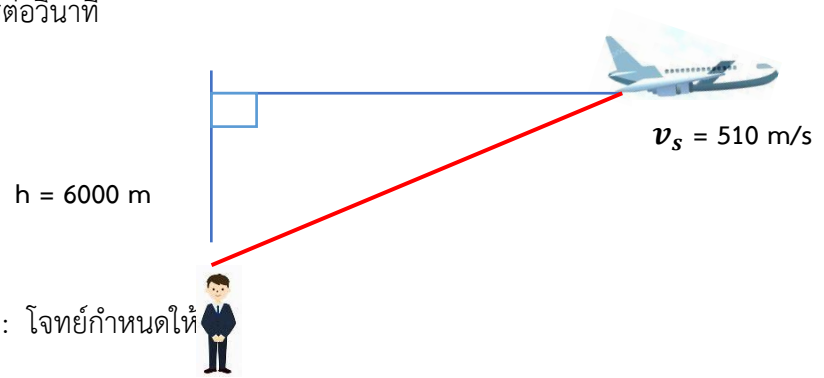
5. ใบงานหลังเรียนเรื่องที่ 25 คลื่นกระแทก

ใบงานก่อนเรียนเรื่องที่ 25

คลื่นกระแทก

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.... ....

1. เครื่องบินบินด้วยความเร็ว 510 เมตรต่อวินาที ในแนวระดับซึ่งสูงจากพื้นโลก 6 กิโลเมตร ชายคนหนึ่งยืนบนถนนจะได้ยินเสียงเครื่องบิน เมื่อเครื่องบินนั้นอยู่ห่างจากชายคนนั้นเป็นระยะทางเท่าใด กำหนดอัตราเร็วเสียง 340 เมตรต่อวินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

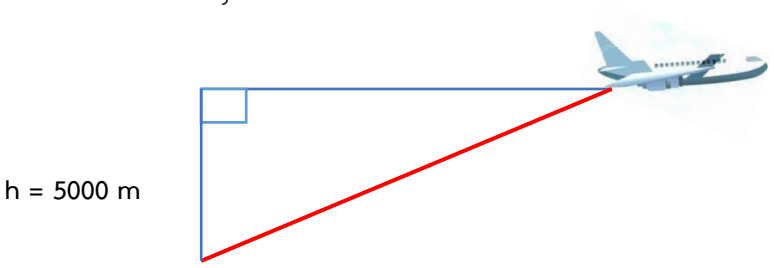
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. เครื่องบิน jet ลำหนึ่ง มีเพดานบิน 5,000 เมตร กำลังบินด้วยความเร็ว 1.5 มัค จงหามุมระหว่างคลื่นกระแทกกับแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องบิน jet



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

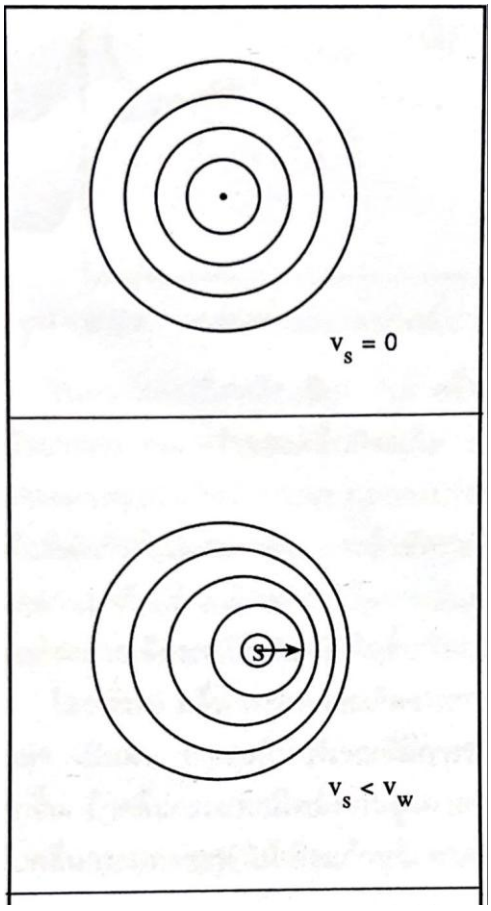
ใบความรู้ระหว่างเรียนเรื่องที่ 25

คลื่นกระแทก

ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

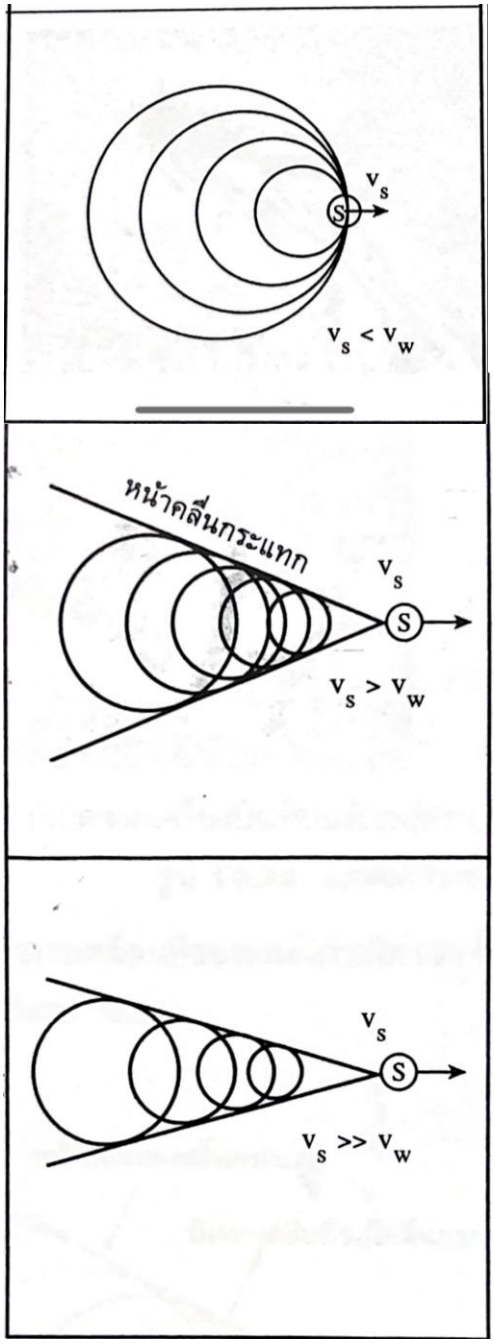
คลื่นกระแทก Shock Wave

คลื่นกระแทก คือ ปรากฏการณ์ที่หน้าคลื่นเคลื่อนที่มาเสริมกันในลักษณะที่เป็นหน้าคลื่นวงกลมซ้อนเรียงกันไป โดยที่มีแนวหน้าคลื่นที่มาเสริมกันมีลักษณะเป็นรูปตัว V อันเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่มากกว่าความเร็วของคลื่นในตัวกลาง (V_2>V) เช่นคลื่นกระแทกของคลื่นที่ผิวน้ำขณะที่เรือกำลังวิ่ง หรือคลื่นเสียงก็เกิดขึ้นเมื่อเครื่องบินบินเร็วกว่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศ



ในรูปแรก จุดกำเนิดคลื่นอยู่นิ่ง แผ่คลื่นออกมาอย่างสม่ำเสมอแนวหน้าคลื่นจะอยู่ห่างเท่า ๆ กัน

ในรูปที่สอง จุดกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่ช้ากว่าอัตราเร็วคลื่นในตัวกลาง แนวหน้าคลื่นทางด้านหน้าของแหล่งกำเนิดจะอยู่ห่างกันน้อยกว่าปกติ ส่วนทางด้านหลังของแหล่งกำเนิด จะอยู่ห่างกันมากกว่าปกติ



ในรูปที่สาม จุดกำเนิดคลื่นมีอัตราเร็วเท่ากับอัตราเร็วของคลื่น แนวหน้าคลื่นทางด้านหน้าของแหล่งกำเนิดจะอัดตัวชิดกันแอมพลิจูดของคลื่นรวมบริเวณแหล่งกำเนิดมีค่าสูงมาก ถ้าเป็นคลื่นเสียงก็จะเกิดเสียงดังที่แหล่งกำเนิดตลอดเวลา

ในรูปที่สี่ จุดกำเนิดคลื่นมีอัตราเร็วสูงกว่าอัตราเร็วคลื่นในตัวกลาง แหล่งกำเนิดจะเคลื่อนที่ผ่านพ้นหน้าคลื่นที่อัดตัวนั้นออกไป และหลังจากนั้นหน้าคลื่นจะอัดตัวกันในลักษณะที่หน้าคลื่นวงกลมซ้อนเรียงกันไปตามแนวการเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดโดยมีแนวหน้าคลื่นอัดตัวเป็นรูปมุมแหลมซึ่งเรียกว่า **หน้าคลื่นของคลื่นกระแทก** โดยมีจุดกำเนิดคลื่นอยู่ที่มุมแหลม

ในรูปที่ห้า จุดกำเนิดคลื่นมีอัตราเร็วสูงมาก ๆ มุมของหน้าคลื่นกระแทกจะเล็กลง พลังงานที่แต่ละหน้าคลื่นพาไปจะเสริมกันบนหน้าคลื่นกระแทก

รูปที่ 1 แสดงลักษณะหน้าคลื่น เมื่อแหล่งกำเนิดของคลื่นเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต่าง ๆ กัน

ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 212-213)

ในกรณีการเกิดคลื่นเสียง หน้าคลื่นเสียงเป็นรูปทรงกลม เมื่อแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงเคลื่อนที่ด้วย อัตราเร็วมากกว่าอัตราเร็วของคลื่นก็จะเกิด **คลื่นกระแทก** โดยมีแนวหน้าคลื่นกระแทกเป็นผิวรูปกรวย ถ้า อัตราเร็วของแหล่งกำเนิดมีค่ามาก มุมของกรวยยิ่งเล็กลง ๆ และพลังงานของคลื่นกระแทกยิ่งสูง เพราะจำนวน หน้าคลื่นที่อัดตัวกันมีค่ามากขึ้น และถ้าอัตราเร็วของแหล่งกำเนิดมีค่าน้อยลงมุมของกรวยจะใหญ่ขึ้น เมื่อคลื่น กระแทกผ่านมาถึงบริเวณใดจะทำให้ความดันอากาศบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงอย่างมากและรวดเร็ว เป็นผลให้ เกิดเสียงดังคล้ายเสียงระเบิดเสียงที่เกิดขึ้นเรียกว่า ซอนิกบูม (Sonic Boom)

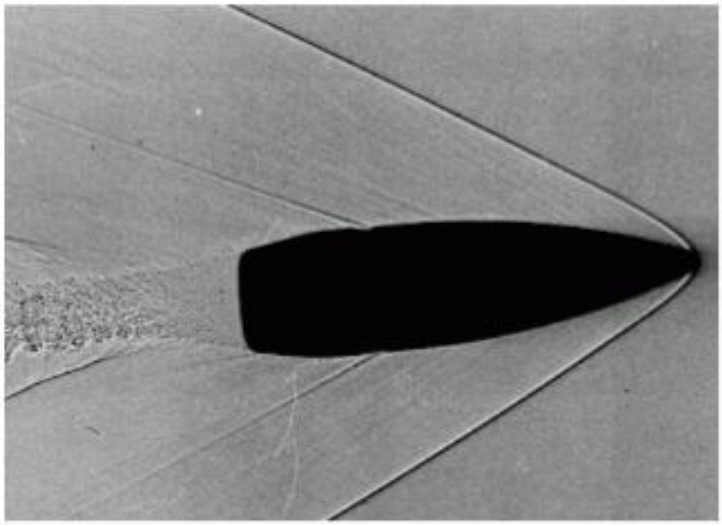
โดยทั่วไป คลื่นกระแทกจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดันอย่างรุนแรงและฉับพลัน เช่นการระเบิด หรือฟ้าผ่า เป็นต้น อากาศในบริเวณที่การระเบิด จะมีความร้อนสูงและขยายตัวอย่างรวดเร็วทำให้ เกิดคลื่นกระแทกขึ้น ถ้าคลื่นกระแทกมีพลังงานสูงมากพอ ก็อาจทำให้อาคารบ้านเรือนได้รับความเสียหาย และถ้าคน เราได้รับคลื่นกระแทกจะทำให้เยื่อแก้วหูฉีกขาดได้

รูปที่ 2 ซอนิกบูมจากเครื่องบินที่เคลื่อนที่เร็วเหนือเสียง

ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 4. (หน้า 57)

รูปที่ 3 คลื่นกระแทกจากเรือที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วมากกว่าอัตราเร็วของคลื่นผิวน้ำ

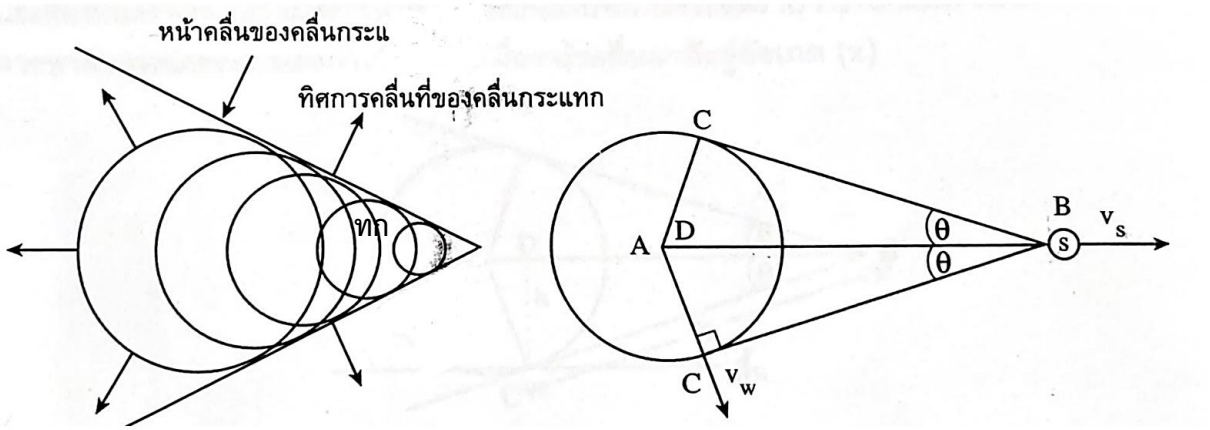
ทีมา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เล่ม 4. (หน้า 57)



รูปที่ 4 คลื่นกระแทกที่เกิดจากกระสุนปืน

ที่มา : https://medium.com/@riqy.sci/breaking-sound-visualizing-the-mach-cone-of-a-supersonic-bullet-2f5478f4ca1c

เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิด S ซึ่งมีอัตราเร็วมากกว่าอัตราเร็วของคลื่นจาก A ไป B ทำให้เกิดคลื่นกระแทกดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการเกิดคลื่นกระแทกของแหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่เร็วกว่าคลื่น

ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 214)

ให้ปริมาณต่าง ๆ ในการเกิดคลื่นกระแทก เป็นดังนี้

v_s คือ อัตราเร็วของแหล่งกำเนิด

v คือ อัตราเร็วของคลื่น

AB คือ ระยะทางที่แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ได้

AC คือ ระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้

BC คือ หน้าคลื่นกระแทก

t คือ เวลาที่แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่จาก A ถึง B และคลื่นเคลื่อนที่จาก A ถึง C

การหามุมระหว่างแนวทางการเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิดกับหน้าคลื่นกระแทก (θ)

จากสามเหลี่ยม ABC จะได้ว่า $\sin\theta = \frac{AC}{AB}$

$$= \frac{v \times t}{v_s \times t}$$

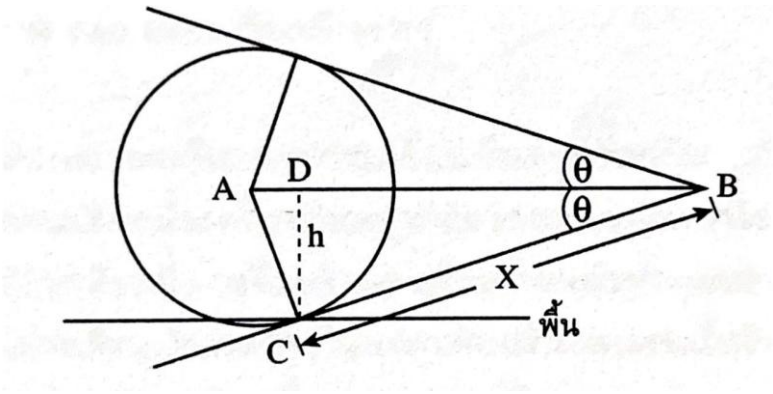
จะได้ $\sin\theta = \frac{v}{v_s}$

กรณีคลื่นเสียง อัตราส่วน $\frac{v_s}{v}$ เรียกว่า เลขมัค (Mach number)

ดังนั้น $$\text{เลขมัค} = \frac{v_s}{v} = \frac{1}{\sin\theta}$$

เลขมัค (Mach number) คือ ตัวเลขที่บอกให้ทราบว่าวัตถุนั้นเคลื่อนที่เร็วเป็นกี่เท่าของเสียง เช่น เครื่องบินบินด้วยอัตราเร็ว 1.5 มัค หมายความว่าเครื่องบินบินด้วยอัตราเร็ว 1.5 เท่าของอัตราเร็วเสียงถ้าขณะนั้นเสียงมีอัตราเร็ว 340 m/s เครื่องบินลำนี้จะบินด้วยอัตราเร็ว 510 m/s

การหาตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียงเมื่อหน้าคลื่นมาถึงผู้สังเกต (x)



รูปที่ 6 แสดงหน้าคลื่นกระแทกของแหล่งกำเนิด
ที่มา : นิรันดร์ สุวรัตน์ (2554, หน้า 215)

จากสามเหลี่ยม BDC ; $$\sin\theta = \frac{DC}{BC}$$

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

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

จาก $\text{เลขมัค} = \frac{1}{\sin\theta}$

จะได้ $$x = h \times \text{เลขมัค}$$

ตัวอย่าง

1. เครื่องบินเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 510 เมตรต่อวินาที ในแนวระดับเหนือพื้นดิน 4 กิโลเมตร ในขณะที่เสียงมีอัตราเร็วในอากาศ 340 เมตรต่อวินาที จงหาปริมาณต่อไปนี้

   ก. เลขมัค

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ข. มุมระหว่างหน้าคลื่นกระแทกกับแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องบิน

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

ค. เมื่อคนที่พื้นดินได้ยินเสียงนั้นเครื่องบินอยู่ห่างจากคนคนนั้นเท่าไร

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

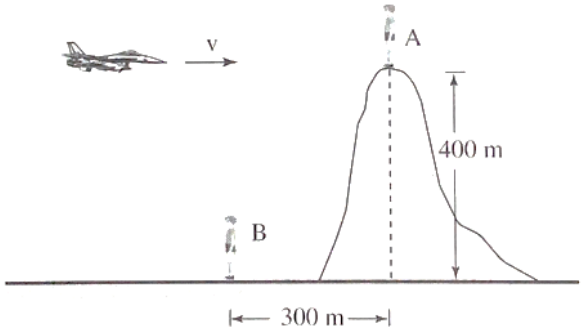
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. เครื่องบินไอพ่นบินเร็วกว่าเสียงบินผ่านบริเวณหนึ่ง มีชายสองคน คนหนึ่งอยู่บนยอดเขาสูง 400 เมตร อีกคนอยู่ที่พื้นดิน ถ้าชายทั้งสองคนได้ยินเสียงเครื่องบินไอพ่นพร้อมกัน เครื่องบินกำลังบินด้วยอัตราเร็วเท่าไร ถ้าอัตราเร็วของเสียงในอากาศเท่ากับ 342 เมตรต่อวินาที



ที่มา : มานัส มงคลสุข (2555 , หน้า 129)

ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

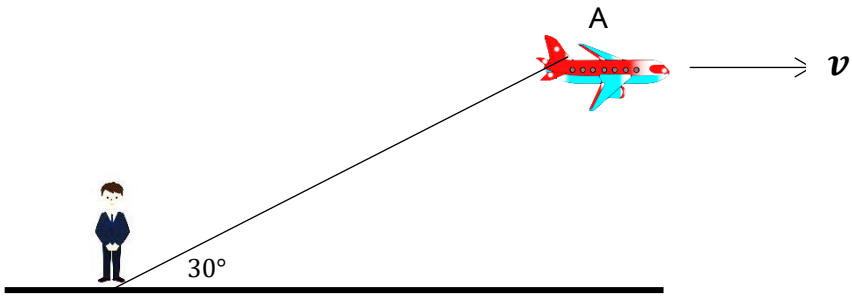
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

3. เครื่องบินความเร็วเหนือเสียงบินในแนวระดับผ่านเหนือศีรษะชายผู้หนึ่ง เมื่อเขาได้ยินเสียงของคลื่นกระแทก เขาจะมองเห็นตัวเครื่องบินมีมุมเงยจากพื้นดิน 30° เครื่องบินมีอัตราเร็วเท่าไรในหน่วยเมตรต่อวินาที ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 345 เมตรต่อวินาที



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้ B

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

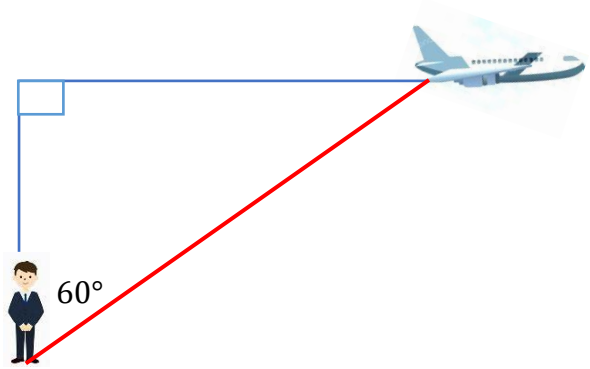
ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 L : สิ่งที่ได้เรียนรู้

.....

2. จากรูป ถ้าเครื่องบินกำลังบินในแนวระดับและคนยืนที่พื้นได้ยินเสียงดังมากพอดี จงคำนวณว่าเครื่องบินมีอัตรามัคเท่าไร



ขั้นที่ 1 K : โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 D : โจทย์ให้ค้นหาอะไร

.....

ขั้นที่ 3 R : วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 A : คำตอบ

.....

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-)