

แบบฝึกทักษะวิชาฟิสิกส์
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม (ว 30203) เรื่อง แสง

ชุดที่ 2

เรื่อง การสะท้อนของแสง (Refraction of Light)

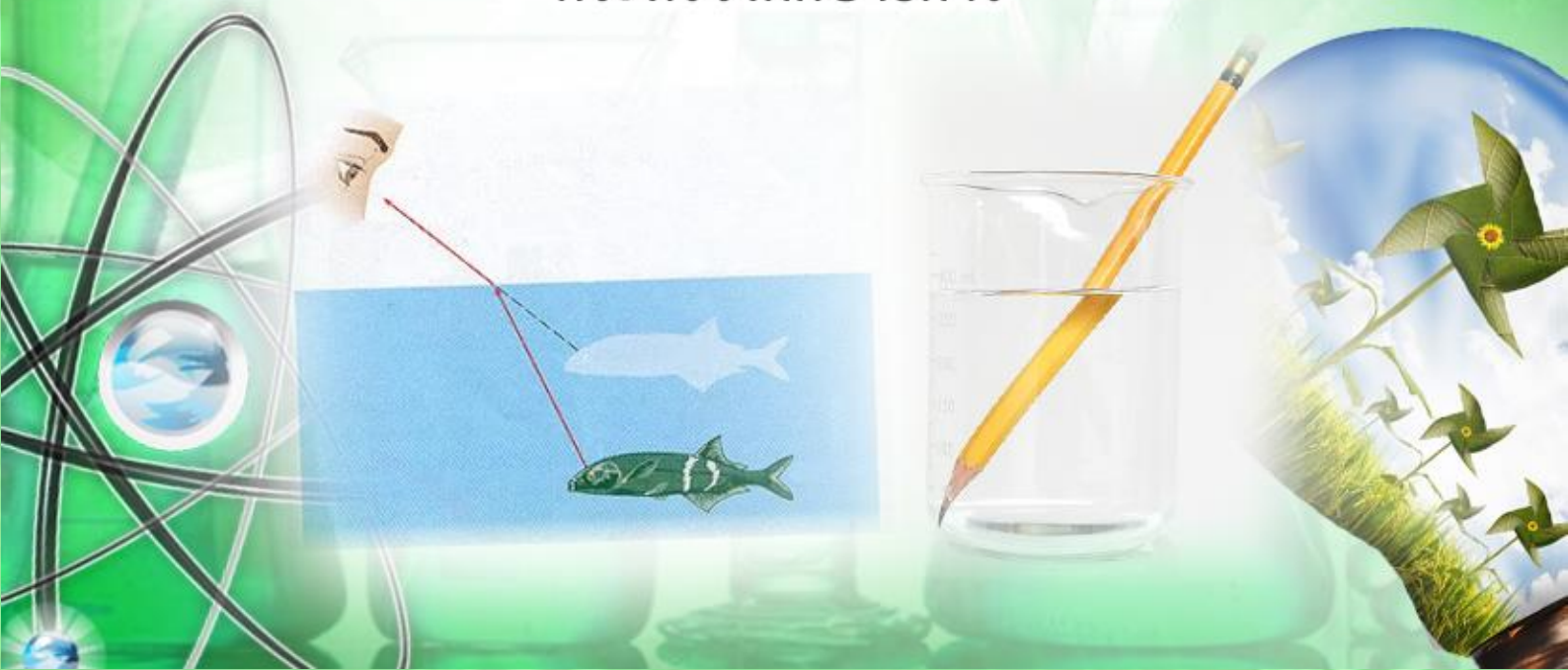
โดย

นางสาวพิภพร วงษ์ปัดตา

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ

โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ หอวัง นนทบุรี
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 3
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กระทรวงศึกษาธิการ



คำนิยม

การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง แสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบฝึกทักษะประกอบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น โดยนางสาวพิภาพร วงษ์ปัตตา ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ ได้จัดทำแบบฝึกทักษะประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง แสง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 6 ชุด นับว่าเป็นประโยชน์ต่อนักเรียน ครูผู้สอน และผู้ที่เกี่ยวข้อง เพราะการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนบรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งและเป็นการส่งเสริมด้านการผลิตสื่อนวัตกรรมที่เป็นการพัฒนาการเรียนรู้ ซึ่งนวัตกรรมแห่งการเรียนรู้ในครั้งนี้คือ แบบฝึกทักษะการจัดทำนวัตกรรมจึงนับว่าเป็นหัวใจของความคิดสร้างสรรค์ที่จะพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถแก้ปัญหาที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอชื่นชม นางสาวพิภาพร วงษ์ปัตตา ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ หอวัง นนทบุรี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 3 ที่ได้ทุ่มเทความรู้ความสามารถและเวลา มุ่งมั่นที่จะพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ความสามารถตามจุดมุ่งหมายของการจัดการศึกษา หวังว่าการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง แสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบฝึกทักษะประกอบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น จะเป็นประโยชน์ต่อนักเรียน ครู และผู้ที่เกี่ยวข้อง และเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อไป

ขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องทำให้แบบฝึกทักษะชุดนี้ บรรลุจุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ดร.วิทยา ศรีชมภู

ผู้อำนวยการโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ หอวัง นนทบุรี



ตำนาน

การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง แสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบฝึกทักษะประกอบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ประกอบด้วยแบบฝึกทักษะ จำนวน 6 ชุด ชุดนี้คือ ชุดที่ 2 เรื่อง การสะท้อนของแสง

ผู้ศึกษาหวังว่าพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง แสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบฝึกทักษะประกอบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นจะเป็นเครื่องมือในการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสามารถในการเรียนรู้ เรื่อง แสง ในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมได้เป็นอย่างดี และเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพต่อไป



คำแนะนำสำหรับครู

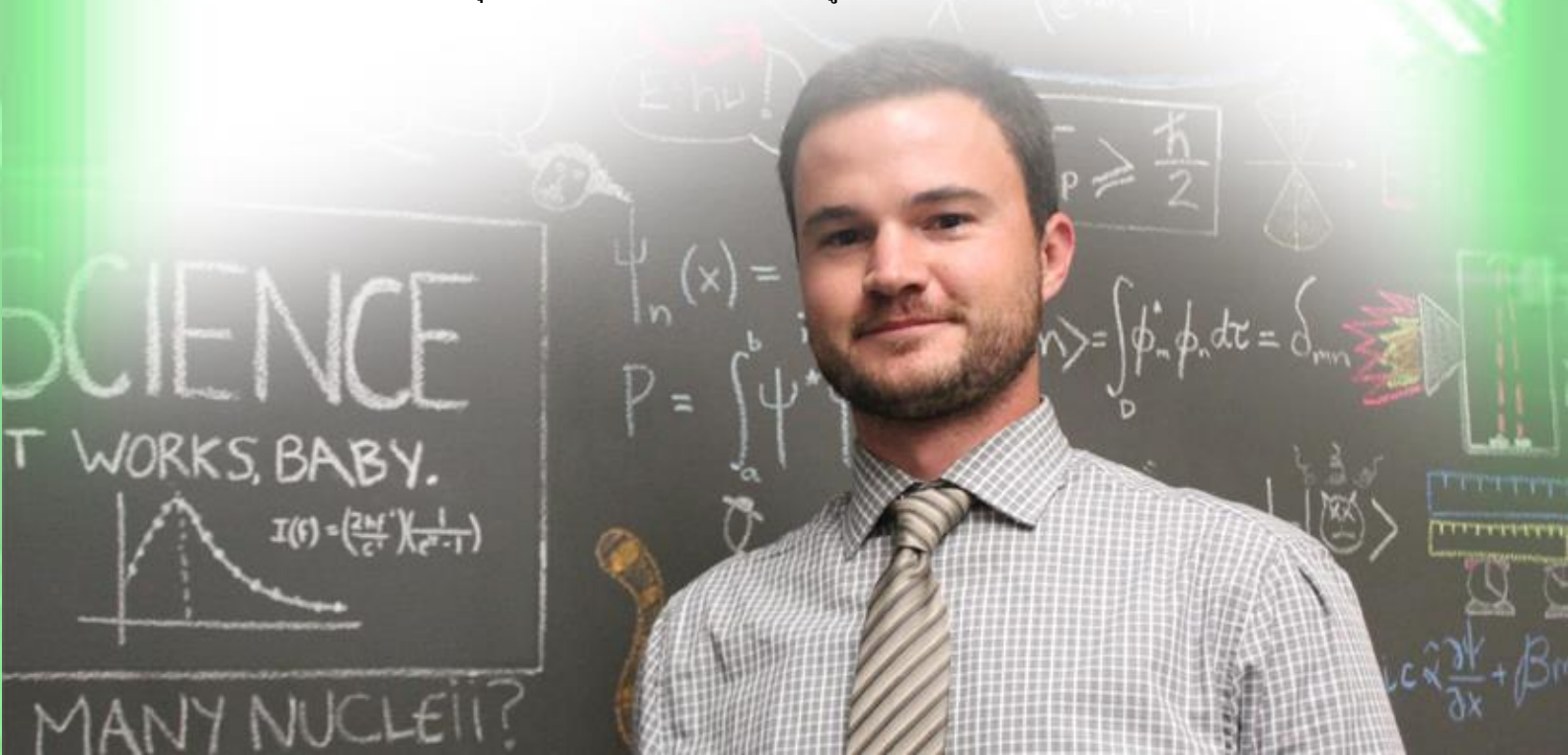
การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง แสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบฝึกทักษะประกอบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นเป็นแบบฝึกทักษะที่นักเรียนสามารถศึกษาเรียนรู้ด้วยการศึกษาด้วยตนเองและการเรียนรู้ผ่านกระบวนการกลุ่ม ครูผู้สอนควรแนะนำในเรื่องต่อไปนี้

1. แบบฝึกทักษะ เรื่อง แสง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีทั้งหมดจำนวน 6 ชุด ซึ่งเนื้อหาแต่ละชุดจะประกอบด้วย แบบทดสอบก่อนเรียน ใบความรู้ แบบฝึกทักษะ แบบทดสอบหลังเรียน เฉลยแบบฝึกทักษะ เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

2. ครูควรแนะนำการศึกษาใบความรู้และการทำแบบฝึกทักษะในรูปแบบฝึกทักษะ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากเรียนรู้พร้อมให้กำลังใจ ซึ่งจะทำให้นักเรียนไม่รู้สึกลำบาก เพื่อเป็นการปลูกฝังนิสัยรักการอ่าน คิดวิเคราะห์ และการเขียนของนักเรียน

3. ครูควรแนะนำให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเองอย่างแท้จริง ใช้กระบวนการกลุ่มในการศึกษาเรียนรู้ สมาชิกในกลุ่มจะต้องช่วยเหลือซึ่งกันและกัน คนเก่งหรือความสามารถระดับสูงจะต้องคอยช่วยเหลือเพื่อนที่มีความสามารถระดับปานกลางหรืออ่อนให้สามารถเรียนรู้ไปด้วยกัน นักเรียนจะต้องซื้อสัตย์ต่อตนเอง ไม่ดูคำตอบล่วงหน้าก่อนทำแบบฝึกทักษะ โดยมีครูคอยให้กำลังใจและแก้ไขปัญหาในกรณีที่นักเรียนไม่เข้าใจในการทำแบบฝึกทักษะ

4. แบบฝึกทักษะชุดนี้ใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ 3 ชั่วโมง



คำแนะนำสำหรับนักเรียน

แบบฝึกทักษะ เรื่อง แสง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่นักเรียนจะศึกษาเรียนรู้นี้ เป็นแบบฝึกทักษะที่นักเรียนจะต้องใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ซึ่งจะต้องฝึกปฏิบัติด้วยตนเองและเรียนรู้ผ่านกระบวนการกลุ่ม สมาชิกในกลุ่มจะต้องช่วยเหลือซึ่งกันและกันคนเก่งหรือความสามารถระดับสูงจะต้องคอยช่วยเหลือเพื่อนที่มีความสามารถระดับปานกลางหรืออ่อนให้สามารถเรียนรู้ไปด้วยกัน ตามกิจกรรมที่กำหนด ซึ่งนักเรียนควรปฏิบัติดังนี้

1. นักเรียนอ่านคำชี้แจงของแต่ละแบบฝึกทักษะให้เข้าใจ
2. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน
3. ศึกษาใบความรู้ ทำแบบฝึกทักษะ ในแบบฝึกทักษะให้ครบ
4. ตรวจสอบคำตอบจากเฉลยแบบฝึกทักษะหลังทำแบบฝึกแต่ละแบบฝึกและต้องซื่อสัตย์ต่อตัวเอง โดยไม่เปิดดูเฉลยก่อนการทำแบบฝึกทักษะ
5. ทบทวนการทำแบบฝึกทักษะให้ถูกต้องอีกครั้งจากใบเฉลยแต่ละแบบฝึก เสร็จแล้วทำแบบทดสอบหลังเรียน
6. ใช้เวลาในการศึกษาเรียนรู้ 3 ชั่วโมง



สารบัญ

คำแนะนำสำหรับครู.....	ก
คำแนะนำสำหรับนักเรียน	ข
ส่วนประกอบของแบบฝึกทักษะ	1
คำชี้แจง.....	3
ตอนที่ 1 ส่วนประกอบของเนื้อหา	4
แบบทดสอบก่อนเรียน	5
ใบความรู้ที่ 2.1	10
ใบความรู้ที่ 2.2.....	19
แบบฝึกทักษะที่ 2.1	33
แบบฝึกทักษะที่ 2.2	35
ตอนที่ 2 แบบทดสอบหลังเรียน	38
แบบทดสอบหลังเรียน	39
ตอนที่ 3 ใบเฉลยคำตอบ	44
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน	45
แบบฝึกทักษะที่ 2.1	46
แบบฝึกทักษะที่ 2.2.....	48
เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน	51
บรรณานุกรม.....	ค

ส่วนประกอบของแบบฝึกทักษะ: เรื่อง แสง ชุดที่ 2 เรื่อง การสะท้อนของแสง

ประกอบด้วย 3 ตอน ดังนี้

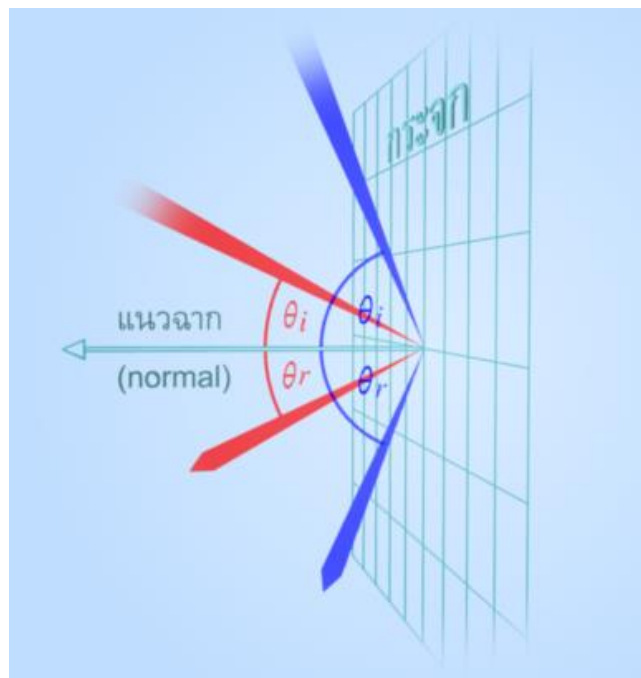
ตอนที่ 1 ส่วนประกอบของเนื้อหา เรื่อง การสะท้อนของแสง

- แบบทดสอบก่อนเรียน
- ใบความรู้ที่ 2.1 ใบความรู้ที่ 2.2
- แบบฝึกทักษะที่ 2.1 แบบฝึกทักษะที่ 2.2

ตอนที่ 2 แบบทดสอบหลังเรียน

- แบบทดสอบ เรื่อง การหักเหของแสง จำนวน 10 ข้อ เป็นแบบทดสอบชนิด 4 ตัวเลือก

ตอนที่ 3 ใบเฉลยคำตอบ

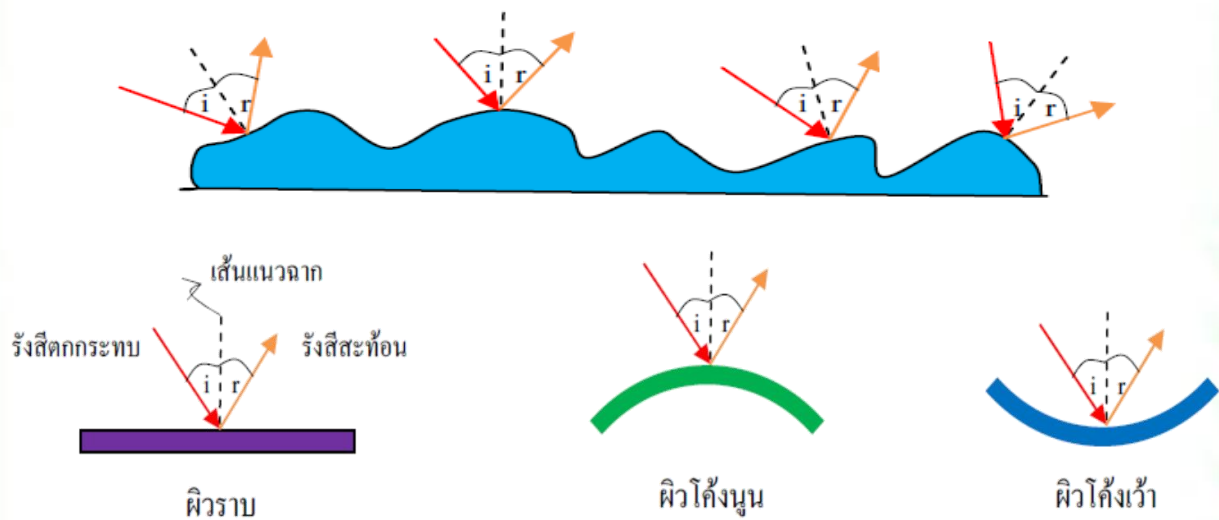


สาระสำคัญ

การสะท้อนของแสง เมื่อแสงตกกระทบผิววัตถุจะเกิดการสะท้อนของแสง (Reflection) โดยเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง ดังนี้

1. รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉากและรังสีสะท้อนอยู่ในระนาบเดียวกันเสมอ
2. มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

ถ้าวางวัตถุหน้ากระจกเงาราบ จะเกิดภาพของวัตถุโดยระยะภาพ s' เท่ากับระยะวัตถุ s และความสูงของภาพเท่ากับความสูงของวัตถุ แต่ถ้าวางวัตถุหน้ากระจกเงาโค้ง (เว้าและนูน) ระยะวัตถุ s ระยะภาพ s' และความยาวโฟกัส f มีความสัมพันธ์ ดังสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ และขนาดของภาพมีทั้งใหญ่กว่า เท่ากับและเล็กกว่าวัตถุ



รูป 2.1 ลักษณะการสะท้อนของแสงที่ผิววัตถุ

ที่มา: บุญถึง แนนทนา : 2544

จุดประสงค์การเรียนรู้

เข้าใจและอธิบายการสะท้อนของแสง การหาตำแหน่ง ขนาดและชนิดของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลม ทั้งโดยการเขียนภาพและการคำนวณได้

เวลาที่ใช้ 180 นาที

คำชี้แจง

1. สมาชิกในกลุ่มทุกคนอ่านคำชี้แจง แล้วร่วมกันศึกษา แบบฝึกทักษะ เรื่องแสง ชุดที่ 2 เรื่อง การสะท้อนของแสง ตามลำดับขั้นตอน นักเรียนไม่ควรข้ามเนื้อหา หรือขั้นตอนตามที่กำหนดและไม่ควรเปิดดูบัตรเฉลยก่อนโดยสมาชิกทุกคนในกลุ่มได้แสดงความคิดเห็นตกลงร่วมกันเกี่ยวกับเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ที่ได้ศึกษา
2. สมาชิกทุกคนในกลุ่มทำแบบทดสอบก่อนเรียน ชุดที่ 2 เรื่อง การสะท้อนของแสง
3. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมลงในแบบฝึกทักษะตามลำดับ เสร็จแล้วนำเสนอต่อกลุ่มเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ แล้วช่วยกันเพิ่มเติมผลงานให้สมบูรณ์แล้วมอบหมายให้ตัวแทนกลุ่มเตรียมนำเสนอผลงานที่เป็นของกลุ่มต่อเพื่อนนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ทั้งชั้นเรียน เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และร่วมแสดง ความคิดเห็น
4. เมื่อหมดเวลาการปฏิบัติกิจกรรม แต่ละกลุ่มรวบรวมผลงานส่งครู โดยส่งแบบฝึกทักษะของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม แล้วเตรียมพร้อมรับฟังการนำเสนอของตัวแทนแต่ละกลุ่มที่ได้รับการคัดเลือกให้นำเสนอ โดยสมาชิกแต่ละกลุ่มร่วมกับครูร่วมกันอภิปรายและประเมินผลงาน
5. สมาชิกแต่ละกลุ่มหรือนักเรียนคนใดมีปัญหาหรือข้อสงสัยให้แสดงความคิดเห็นและร่วมกันอภิปราย ซักถามร่วมกัน จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ สาระสำคัญ ที่ได้รับจากการเรียนด้วยแบบฝึกทักษะ ชุดที่ 2 เรื่อง การสะท้อนของแสง
6. นักเรียนแต่ละคนทำแบบทดสอบหลังเรียนแบบฝึกทักษะ ชุดที่ 2 เรื่อง การสะท้อนของแสง
7. หลังจากนักเรียนปฏิบัติกิจกรรมเสร็จเรียบร้อยแล้วนักเรียนสามารถตรวจสอบคำตอบหรือศึกษาเพิ่มเติมด้วยตัวเอง โดยศึกษาจากใบเฉลยคำตอบ

ตอนที่ 1

ส่วนประกอบของเนื้อหา

ส่วนประกอบของเนื้อหา

แบบฝึกทักษะเรื่องแสง ชุดที่ 2 เรื่อง การสะท้อนของแสง
ประกอบด้วย



1. แบบทดสอบก่อนเรียน
2. ใบความรู้ที่ 2.1
3. ใบความรู้ที่ 2.2
4. แบบฝึกทักษะที่ 2.1
5. แบบฝึกทักษะที่ 2.2

แบบทดสอบก่อนเรียนแบบฝึกทักษะเรื่องแสง ชุดที่ 2 เรื่อง การสะท้อนของแสง

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีจำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาทำ 15 นาที
2. นักเรียน โปรดอย่าเขียนข้อความหรือทำเครื่องหมายใดๆ ลงบนแบบทดสอบ
3. ให้นักเรียนเขียนหัวกระดาษให้สมบูรณ์ และอ่านคำชี้แจงก่อนตอบข้อสอบ
4. แบบทดสอบเป็นแบบปรนัยเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกคำตอบ ที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวด้วยเครื่องหมาย X ในกระดาษคำตอบ

ตัวอย่าง ถ้านักเรียนต้องการตอบข้อ ก ให้ทำดังนี้

ข้อ 0.	ก	ข	ค	ง
	(X)	()	()	()

ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบจากข้อ ก เป็นข้อ ค ให้ทำดังนี้

ข้อ 0.	ก	ข	ค	ง
	(X)	()	(X)	()

5. เมื่อนักเรียนทำข้อสอบเสร็จหรือหมดเวลาแล้วให้ส่งกระดาษคำตอบพร้อมกับแบบทดสอบ

นางสาวพิภพร วงษ์ปัดดา
ครูผู้สอน

1. วัตถุอันหนึ่งวางอยู่กึ่งกลางระหว่างกระจกเงาราบ 2 แผ่น ซึ่งวางเอียงทำมุม 30 องศา จะเกิดภาพจำนวน

- ก. 12 ภาพ
- ข. 11 ภาพ
- ค. 9 ภาพ
- ง. 3 ภาพ

ข้อมูลสำหรับข้อ 2-3

เลื่อนกระจกเงาราบเข้าหาคนจากระยะทาง 6 เมตร ถึง 1.5 เมตร จากคนในเวลา 3 วินาที ความเร็วของภาพและความเร็วของกระจกเทียบกับคนเป็นกี่เมตรต่อวินาที

2. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ข้อ	สิ่งที่โจทย์ให้หา	สมการที่ใช้
ก.	ความเร็วของกระจก	$V_{\text{คน}} = \frac{\text{ระยะทางของกระจก}}{\text{เวลา}}$
ข.	ความเร็วของคน	$V_{\text{คน}} = \frac{\text{ระยะทางของกระจก}}{\text{เวลา}}$
ค.	ระยะทางของกระจก	$s = \text{ความเร็วของกระจก} \times \text{เวลา}$
ง.	ระยะทางของคน	$s = \text{ความเร็วของคน} \times \text{เวลา}$

3. คำตอบของสถานการณ์ที่กำหนดให้ คือข้อใด

- ก. 2 , 1.5
- ข. 3 , 1.5
- ค. 3 , 3
- ง. 1.5 , 6

ข้อมูลสำหรับข้อ 4-6

จะต้องวางวัตถุ ณ ตำแหน่งใด จึงจะทำให้เกิดภาพหลังกระจกนูน ห่างจากกระจกนูน 10 เซนติเมตร กระจกนูนมีรัศมีความโค้ง 30 เซนติเมตร

4. ปริมาณใดที่โจทย์ กำหนดให้ได้ถูกต้อง

- ก. ระยะวัตถุ (s) = 10 เซนติเมตร
- ข. รัศมีความโค้ง (R) = 30 เซนติเมตร
- ค. ระยะวัตถุภาพ (s') = 10 เซนติเมตร
- ง. ความยาวโฟกัส (f) = 30 เซนติเมตร

5. สมการที่ใช้หาคำตอบของสถานการณ์นี้คือข้อใด

- ก. $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$
- ข. $\frac{1}{s} = \frac{1}{s'} + \frac{1}{f}$
- ค. $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} - \frac{1}{s'}$
- ง. $\frac{1}{s} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{f}$

6. การแทนค่าในสมการเพื่อคำตอบของสถานการณ์นี้คือข้อใด

ข้อ	แทนค่า	คำตอบ
ก.	$-\frac{1}{15} = \frac{1}{s} + \frac{1}{10}$	30 เซนติเมตร
ข.	$\frac{1}{s} = -\frac{1}{10} + \frac{1}{15}$	6 เซนติเมตร
ค.	$-\frac{1}{15} = \frac{1}{s} + \frac{1}{10}$	20 เซนติเมตร
ง.	$\frac{1}{s} = -\frac{1}{10} + \frac{1}{15}$	60 เซนติเมตร

ข้อมูลสำหรับข้อ 7-8

วัตถุอันหนึ่งอยู่ห่างจากกระจกเว้า 25 เซนติเมตร จะเกิดภาพมีความสูงเท่ากับวัตถุ กระจกเว้านี้มีรัศมีความโค้งเท่าใด

7. ข้อใดถูกต้อง

ข้อ	โจทย์กำหนดให้	โจทย์ให้หา
ก.	ระยะวัตถุ (s) 25 เซนติเมตร, ระยะภาพ (s') 25 เซนติเมตร	ระยะวัตถุ
ข.	กำลังขยาย (m) = 25 เท่าของขนาดวัตถุ	ความยาวโฟกัส
ค.	กำลังขยาย (m) = 1 เท่าของขนาดวัตถุ	ระยะวัตถุ
ง.	ระยะวัตถุ 25 เซนติเมตร, ระยะภาพ 25 เซนติเมตร	ความยาวโฟกัส

8. คำตอบของสถานการณ์นี้คือข้อใด

- ก. 100 เซนติเมตร
- ข. 75 เซนติเมตร
- ค. 50 เซนติเมตร
- ง. 25 เซนติเมตร

ข้อมูลสำหรับข้อ 9-10

วางวัตถุขึ้นหนึ่งห่างจากกระจกเว้า 20 เซนติเมตร จะเกิดภาพที่เดียวกับวัตถุ จะต้องเลื่อนวัตถุออกจากตำแหน่งเดิมเท่าใด จึงจะเกิดภาพที่มีกำลังขยาย 5 เท่า

9. ข้อใดคือระยะทาง 1 ปีแสง

ข้อ	โจทย์ให้หา	สมการ
ก.	$S_1 - S_2$	$m = \frac{f}{s-f}$
ข.	$S_1 - S_2$	$m = \frac{s' - f}{s'}$
ค.	$S_2 - S_1$	$m = \frac{f}{s-f}$
ง.	$S_2 - S_1$	$m = \frac{s' - f}{s'}$

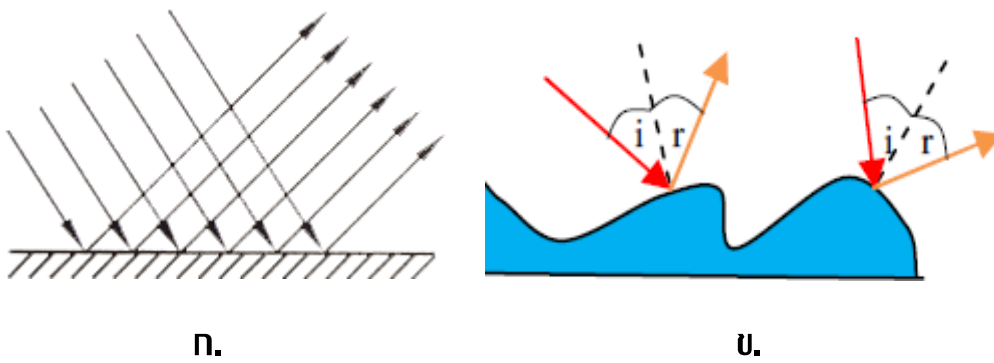
10. คำตอบของสถานการณ์นี้คือข้อใด

- ก. 12 เซนติเมตร
- ข. 10 เซนติเมตร
- ค. 8 เซนติเมตร
- ง. 6 เซนติเมตร

ใบความรู้ที่ 2.1 เรื่อง การสะท้อนของแสง ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ

การสะท้อนของแสงเกิดขึ้นเมื่อ แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นหนึ่งไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นอีกค่าหนึ่ง หรือการที่แสงเดินทางไปกระทบสิ่งกีดขวาง หรือผิวสะท้อน จึงทำให้เกิด **การสะท้อน (Reflection)**

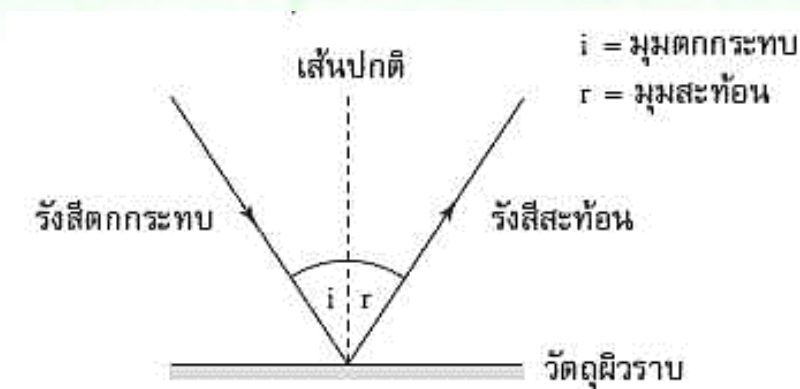
โดยมีลักษณะการสะท้อนของผิวสะท้อนต่างๆ เกิดขึ้นดังนี้



รูปที่ 2.2 ลักษณะการสะท้อนของแสงที่ผิววัตถุ

ที่มา: http://www.cpn1.go.th/media/thonburi/lesson/13_LightEquipment/images/pic_reflect/reflect1.gif และ บุณถึง นนทบุรี : 2544

การสะท้อนของแสงขึ้นกับลักษณะผิวของวัตถุสำหรับวัตถุที่มีผิวเรียบเช่นกระจกเงารังสีสะท้อนจะไปในทิศทางเดียวกัน โดยที่มุมตกกระทบ i จะมีค่าเท่ากับมุมสะท้อน r ดังรูป 2.2 ก. แต่สำหรับวัตถุที่มีผิวขรุขระ เช่น ผ้า กระดาษ แผ่นไม้ที่ไม่ได้ขัด รังสีสะท้อนจะมีทิศทางต่าง ๆ กัน ดังรูป 2.2 ข. เพราะผิวขรุขระประกอบด้วยผิวเรียบจำนวนมากที่วางท่ามุมต่างๆ กัน



รูปที่ 2.3 การสะท้อนของแสงที่ผิวเรียบ

ที่มา: http://www.maceducation.com/e-knowledge/2432209100/18_files/18-2.JPG

สรุปกฎการสะท้อนมีดังนี้ (law of reflection) ที่ผิววัตถุใดๆ ได้ดังนี้

1. ณ ตำแหน่งที่แสงตกกระทบ รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉาก อยู่ในระนาบเดียวกัน
2. มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

การเกิดภาพในกระจกเงาราบ

เมื่อวางวัตถุไว้หน้ากระจกเงาราบ เราสามารถเห็นทั้งวัตถุและภาพของวัตถุในกระจกเงาราบได้ เพราะมีแสงจากวัตถุมาเข้าตา แต่การเห็นภาพของวัตถุนั้นเกิดจาก แสงเดินทางจากวัตถุไปตกกระทบผิวกระจกเงาราบแล้วสะท้อนกลับมาเข้าตาเรา

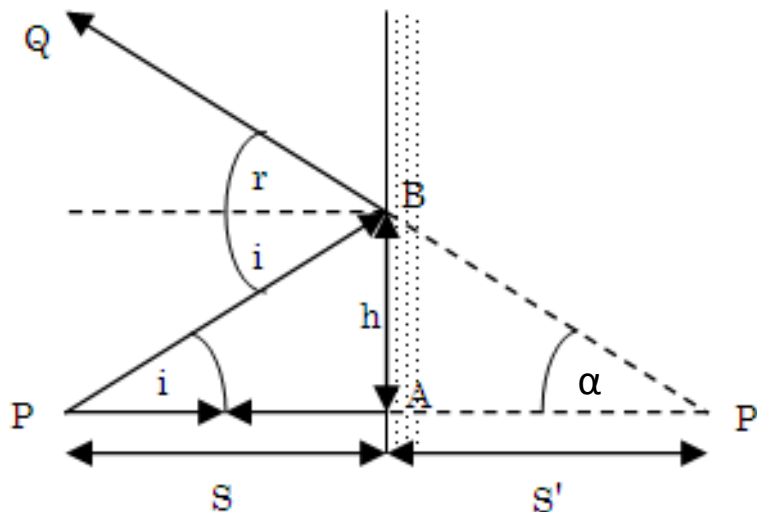
ตามปกติแสงจากวัตถุจะกระจายออกไปทุกทิศทางและจะตกกระทบเต็มพื้นที่ผิวของกระจกเงาราบ ถ้าพิจารณาแสงจากวัตถุเป็นรังสีจะมีรังสีของแสงจำนวน มากมายจากวัตถุตกกระทบผิวของกระจกเงาราบ ทำให้สามารถแสดงที่มาของภาพในกระจกเงาราบได้ ด้วยการ ใช้กฎการสะท้อนของแสงเขียนรังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉากจากนั้นต่อแนวรังสีสะท้อนไปทางด้านหลังของกระจกเงาราบ จากสมบัติเชิงเรขาคณิตของแสง อาจแสดงได้ว่ารังสีสะท้อนเหล่านี้ เสมือนออกมาจาก จุดจุดหนึ่ง ซึ่งก็คือตำแหน่งภาพของวัตถุนั้นเอง

วิธีการหาตำแหน่งภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ

1. เมื่อวัตถุเป็นจุด วางอยู่หน้ากระจกเงาราบ การหาตำแหน่งของภาพในกระจกเงาราบ หรือวัตถุผิวราบใดๆ ทำได้โดยการเขียนรังสีตกกระทบออกจากวัตถุอย่างน้อยสองแนวตกระทบที่กระจกแล้วอาศัยกฎการสะท้อนของแสงมาช่วยในการเขียนรังสีสะท้อนคังรูป

ระยะวัตถุ (s) คือระยะที่วัตถุอยู่ห่างจากผิวกระจก

ระยะภาพ (s') คือระยะที่ภาพอยู่ห่างจากผิวกระจก



รูป 2.4 การเขียนรังสีของแสงเพื่อหาตำแหน่ง และขนาดภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาราบ กรณีวัตถุเป็นจุด

ที่มา: บุณถึง แนนหนา : 2544

จากรูปวัตถุ P เป็นจุดวางหน้ากระจกห่างเป็นระยะ s เรียก ระยะวัตถุ (Object distance) ลากรังสี PA, PB จากวัตถุไปยังกระจก รังสี PA สะท้อนกลับมาทางเดิม รังสีสะท้อน PB อยู่ในแนว B_2 เมื่อต่อ PA และ QB ออกไปพบกันที่จุด P' ซึ่งเป็นตำแหน่งภาพอยู่ด้านหลังกระจก ห่างจากกระจกเป็นระยะ s' เรียก ระยะภาพ (Picture distance)

จากรูป

$$i = r \quad (\text{มุมตกกระทบ} = \text{มุมสะท้อน})$$

พิจารณา $\triangle ABP$

$$\tan \widehat{ABB} = \tan \alpha$$

$$\tan \alpha = \frac{AB}{PA} = \frac{AB}{s}$$

พิจารณา $\triangle ABP'$

$$\tan \widehat{A'P'B} = \tan \alpha'$$

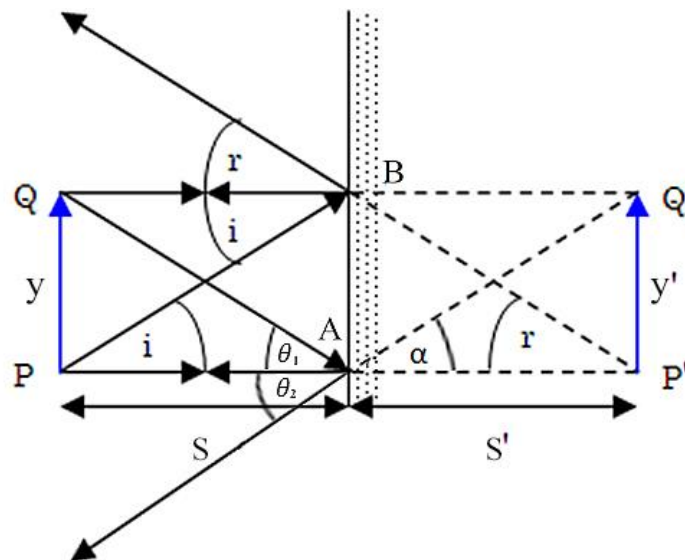
$$\tan \alpha' = \frac{AB}{s'}$$

เพราะว่า $\hat{i} = \hat{r}$ จะได้

$$\frac{AB}{s} = \frac{AB}{s'}$$

นั่นคือ $s = s'$ สรุปได้ว่า ระยะวัตถุเท่ากับระยะภาพเสมอ

2. เมื่อวัตถุมีขนาด การหาขนาดของภาพจากกระจกเงาราบสามารถใช้วิธีเดียวกันกับข้อที่ 1 ได้ดังรูป



รูป 2.4 การเขียนรังสีของแสงเพื่อหาตำแหน่ง และขนาดภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาราบกรณีวัตถุมีขนาด

ที่มา: บุญถึง แน่นหนา : 2544

จากความสัมพันธ์ของด้านและมุม

ระหว่าง

$$\Delta PQA \text{ และ } \Delta P'Q'A$$

พบว่า

$$\Delta PQA = \Delta P'Q'A$$

ดังนั้น

$$PQ = P'Q'$$

$$y = y'$$

ขนาดวัตถุ = ขนาดภาพ

สรุปได้ว่าขนาดของวัตถุเท่ากับขนาดของภาพเสมอ

จาก

$$\theta_1 = \theta_2 = \alpha$$

$$\tan \theta_1 = \tan \theta_2$$

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

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

กำลังขยาย (m) = อัตราส่วนของขนาดภาพต่ออัตราส่วนวัตถุ

จะเห็นได้ว่าการเกิดภาพในกระจกเงาราบความยาวของภาพเท่ากับความยาวของวัตถุเสมอ

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

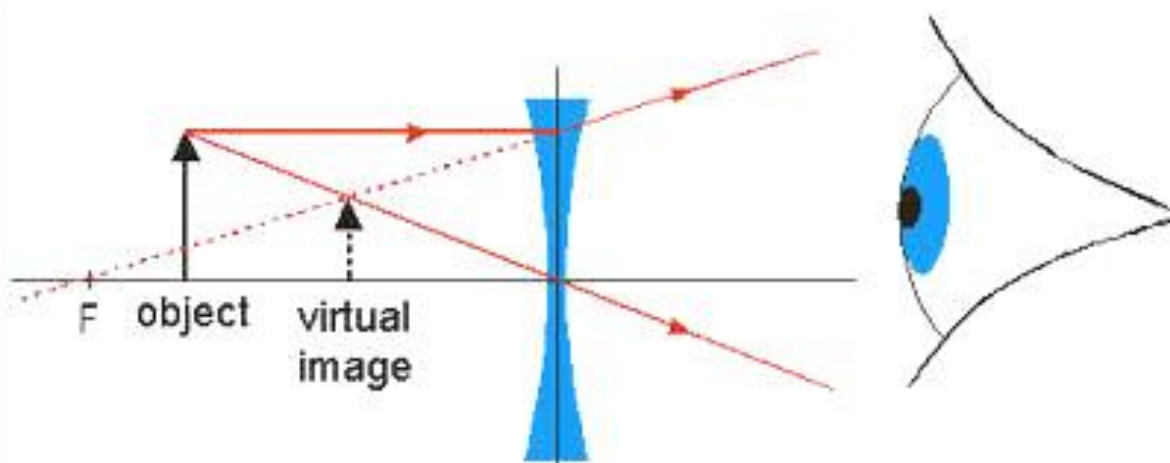
สรุปเกี่ยวกับภาพของวัตถุที่อยู่หน้าผิวสะท้อนนูนได้ว่า

1. ระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ
2. ความยาวของภาพเท่ากับความยาวของวัตถุ เป็นภาพเสมือนหัวตั้ง (เหมือนวัตถุ)

การศึกษาภาพของวัตถุที่เกิดในกระจกเงาราบที่ผ่านมาเป็นกรณีที่วัตถุมีขนาด เล็กกว่า กระจกเงาราบ ถ้าวัตถุมีขนาดใหญ่กว่ากระจกเงาราบ เราก็สามารถเขียนรังสีโดยใช้กฎการ สะท้อนแสงเพื่อแสดงการเกิดภาพในกระจกเงา ราบได้เช่นกัน

สำหรับวัตถุที่มีรูปทรงเช่นกล่องหรือเก้าอี้ ซึ่งประกอบด้วยจุดจำนวนมาก ดังนั้น เมื่อ วัตถุวางอยู่หน้ากระจกเงาราบ เพราะภาพของจุดแต่ละจุดที่เกิดขึ้นจะมี ระยะภาพเท่ากับระยะ วัตถุ ทำให้องค์ประกอบอื่นๆ ของวัตถุที่ปรากฏเป็นภาพก็จะมีขนาดเท่ากันด้วย จึงทำให้สรุปได้ ว่า ขนาดของภาพที่ได้จากการวางวัตถุไว้หน้า ผิวสะท้อนนูนใดๆ จะเท่ากับขนาดของวัตถุเสมอ

ภาพของวัตถุในกระจกเงาราบนั้น เป็นภาพที่เกิดจากรังสีสะท้อนมาเข้าตาจึงทำให้ดู เสมือนว่า รังสีเหล่านั้นมาจากภาพอยู่หลังกระจก และถ้าเรานำฉากไปวาง ณ ตำแหน่งที่เห็นภาพ นั้นก็จะไม่มีภาพใดๆ ปรากฏบนฉาก ภาพที่เกิดขึ้นในลักษณะเช่นนี้ เรียกว่า ภาพเสมือน (virtual image)

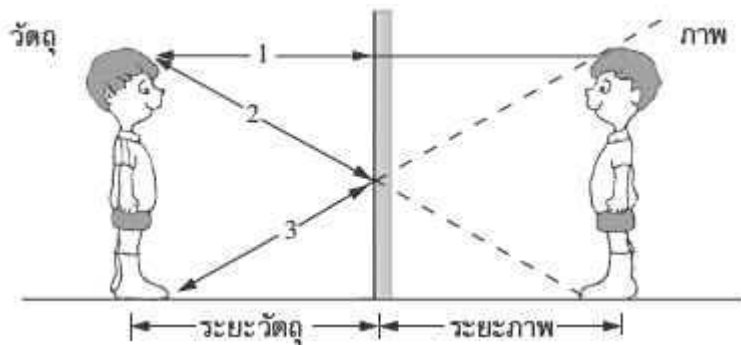


รูป 2.5 ภาพเสมือน (Virtual Image)

ที่มา: <http://www.saburchill.com/physics/images5/04010306.jpg>

การหารูปภาพในกระจกเงาราบ

กระจกเงาราบ คือ กระจกแบนราบ ซึ่งมีด้านหนึ่งสะท้อนแสง ดังนั้นภาพที่เกิดขึ้นจึงเป็นภาพเสมือน อยู่หลังกระจก มีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ และขนาดภาพเท่ากับขนาดวัตถุ ภาพที่ได้จะกลับด้านกัน จากขวาเป็นซ้ายของวัตถุจริง



รูป 2.6 รูปแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาราบ
ที่มา: <http://www.oknation.net/blog/print.php?id=754963>

การหาจำนวนภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ 2 บาน วางทำมุมกัน หาได้จากสูตร

$$n = \frac{360}{\theta} - 1$$

กำหนดให้

n = จำนวนภาพที่มองเห็น

θ = มุมที่กระจกเงาราบ 2 บานวางทำมุมต่อกัน

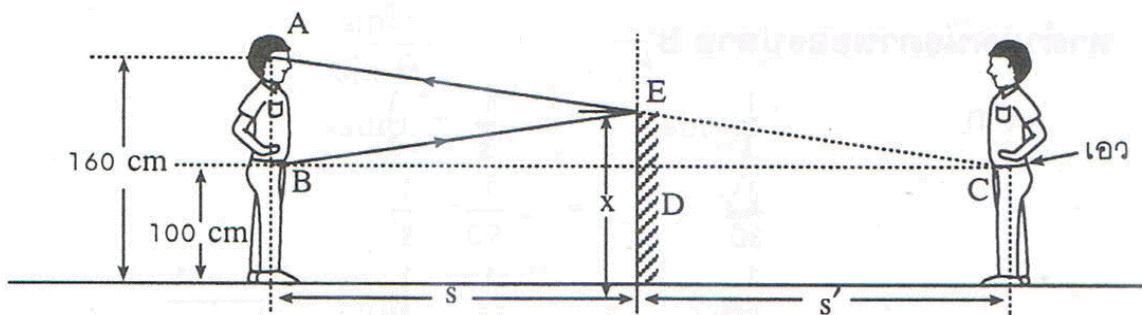
ถ้าผลลัพธ์ n ที่ได้ไม่ลงตัว ให้ปัดเศษขึ้นเป็นหนึ่งได้

ตัวอย่าง ถ้าชายคนหนึ่งสูง 170 เซนติเมตร และตาของเขาอยู่ห่างจากส่วนที่สูงที่สุดในร่างกายเป็นระยะ 10 เซนติเมตร ถ้ากระจกวางตั้งอยู่บนพื้นในแนวตั้ง ขอบบนของกระจกต้องอยู่สูงจากพื้นเท่าใดจึงจะทำให้เขามองเห็นเอวซึ่งอยู่สูงจากพื้น 100 เซนติเมตร

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจในปัญหา

1. จากโจทย์ เขียนรูป กำหนดตำแหน่งต่าง ๆ



2. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหา

ขอบ 17 บนของกระจก ที่สามารถทำให้มองเห็นตำแหน่งที่ต้องการ

3. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- ความสูงของวัตถุ = 170 เซนติเมตร
- ระดับสายตา = 170 - 10 เซนติเมตร
- ตำแหน่งที่ต้องการมอง = 100 เซนติเมตร

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญห

จากรูปที่โจทย์กำหนดให้ จะเห็นว่าแสงจากเอวไปกระทบขอบบนของกระจกแล้วสะท้อนเข้าสู่ตาของชายคนนี้ ถ้าจะเห็นเอวขอบบนของกระจกต้องสูงอย่างน้อย x

4. สมการ

$$\frac{AB}{s} = \frac{AB}{s'} \text{ ----- (a)}$$

5. แทนการ

จากรูป $\triangle EDC$ คล้ายกับ $\triangle ABC$

$$\text{จะได้ } \frac{ED}{AB} = \frac{DC}{BC}$$

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

6. แก้สมการ

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad \frac{ED}{160-100} &= \frac{s'}{s+s'} \\ \frac{ED}{60} &= \frac{1}{2} \\ ED &= 30 \text{ cm.} \end{aligned}$$

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบ

7. ตอบคำถาม ทวนโจทย์

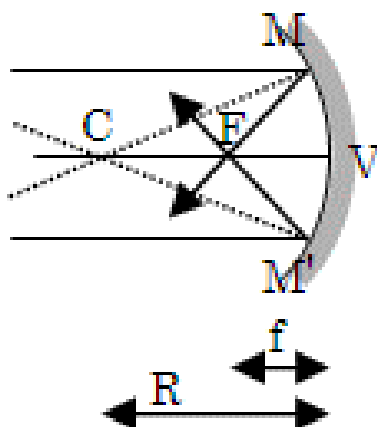
นั่นคือ กระจกต้องอยู่สูงจากพื้นอย่างน้อย เท่ากับ $100+30 = 130$ เซนติเมตร

ใบความรู้ที่ 2.2

เรื่อง ภาพที่เกิดจากการสะท้อนของแสงบนกระจกพัวโค้งทรงกลม

วัตถุผิวโค้งทรงกลมที่พิจารณา ในที่นี้ คือ กระจกเงาโค้งทรงกลม ได้แก่

1. กระจกเงาเว้า (Concave mirror) คือกระจกโค้งที่มีผิวสะท้อนอยู่ด้านในของส่วนโค้งของทรงกลม ดังรูป



จากรูป

C = ศูนย์กึ่งกลางของความโค้ง (Center of curvature) ของกระจก และของทรงกลม

R = รัศมีของความโค้ง (Radius of curvature) ของกระจก และรัศมีของทรงกลม

V = จุดยอดของกระจก (Vertex)

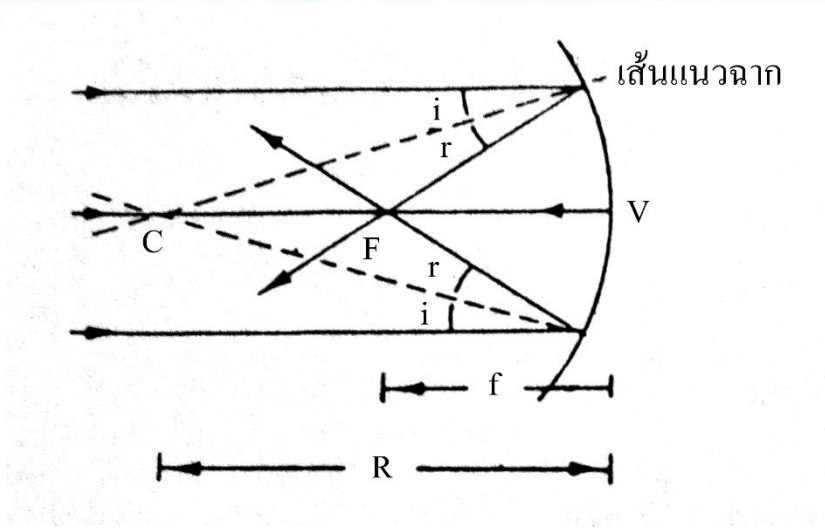
MM' = ความกว้างของกระจก

CK = เส้นแกนमुखสำคัญ (Principle Axis)

F = จุดโฟกัส (Focus)

f = ความยาวโฟกัส (Focal length)

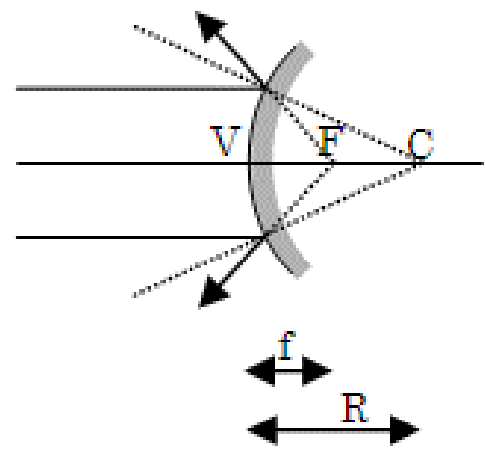
เมื่อวัตถุอยู่ไกลจากกระจกเว้ามากๆ รังสีจากวัตถุที่ตกกระทบบนกระจก จะเป็นรังสีขนานกับแกนमुखสำคัญรังสีสะท้อนจะพบกันที่จุดๆหนึ่ง อยู่ระหว่าง V กับ C เรียกจุดโฟกัส (F) และพบว่าจุด F อยู่ตรงกลางระหว่าง V กับ C พอดี ดังรูป



ดังนั้น

$$f = \frac{R}{2} \quad (1)$$

ในกรณีของกระจกนูน รังสีตกกระทบของแสงที่มีแนวขนานกับเส้นแกนमुखสำคัญ จะสะท้อนที่กระจกนูนตามกฎการสะท้อนของแสงดังรูป



ถ้าต่อแนวของรังสีสะท้อนให้ย้อนกลับไปพบกันจะได้จุดตัดของรังสีสะท้อนหรือโฟกัสของกระจกนูนอยู่ด้านหลังบนแกนमुखสำคัญของกระจก ความยาวโฟกัสของกระจกนูนเป็นครึ่งหนึ่งของรัศมีความโค้งเช่นเดียวกับกรณีกระจกเว้า ดังสมการ (1)

การหาตำแหน่งภาพของวัตถุมีขนาดที่อยู่หน้ากระจกเว้า สรุปลงเป็นหลักที่ใช้ในการเขียนรูปแสดงการเกิดภาพดังนี้

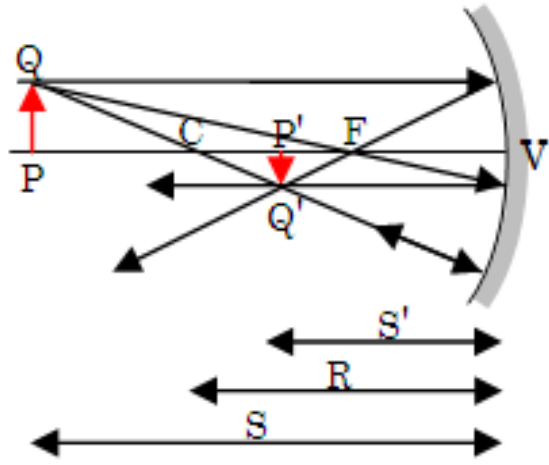
1. เขียนรังสีตกกระทบจากปลายวัตถุถึงผิวกระจกในแนวซึ่งขนานกับเส้นแกนमुखสำคัญ จะได้รังสีสะท้อนจากผิวกระจกผ่านโฟกัส
2. เขียนรังสีตกกระทบจากปลายวัตถุผ่านโฟกัสถึงผิวกระจก จะได้รังสีสะท้อนจากผิวกระจกขนานกับแกนमुखสำคัญ
3. เขียนรังสีตกกระทบจากปลายวัตถุผ่านศูนย์กลางความโค้งถึงผิวกระจก จะได้รังสีสะท้อนจากผิวกระจกย้อนกลับทางเดิม

รังสีสะท้อนทั้งหลายตัดกันจริงหน้ากระจกเว้า ภาพที่เกิดเป็น ภาพจริง ที่สามารถฉายมารับภาพได้ พบว่า ถ้าวัตถุอยู่ห่างจากกระจกเว้าไกลกว่าความยาวโฟกัส f จะเกิดภาพจริงทุกครั้งไป แต่ถ้าวัตถุอยู่ระหว่างโฟกัสกับกึ่งกลางกระจก หากการเขียนรังสีของแสงสะท้อนพบว่า รังสีสะท้อนเสมือนตัดกันหลังกระจกเว้า ภาพที่เกิด หลังกระจกเว้าจึงเป็น ภาพเสมือน

สำหรับขนาดของภาพมีทั้งใหญ่กว่า เล็กกว่าและเท่ากันกับวัตถุ เรียกการเปรียบเทียบขนาดของภาพกับขนาดของวัตถุว่า **กำลังขยาย** ให้ m แทนกำลังขยาย จะได้

$$m = \frac{\text{ขนาดของภาพ}}{\text{ขนาดวัตถุ}}$$

การหาตำแหน่งภาพ นอกจากจะใช้วิธีเขียนรังสีของแสงตกกระทบและรังสีของแสงสะท้อนแล้ว ยังสามารถใช้วิชาคณิตศาสตร์ กำหนดหาตำแหน่งภาพได้ พิจารณารูปตัวอย่างสำหรับกระจกเว้า ดังนี้



ใน

$$\Delta CPQ \tan \widehat{PCQ} = \frac{PQ}{PC} = \frac{PQ}{s-R}$$

ใน

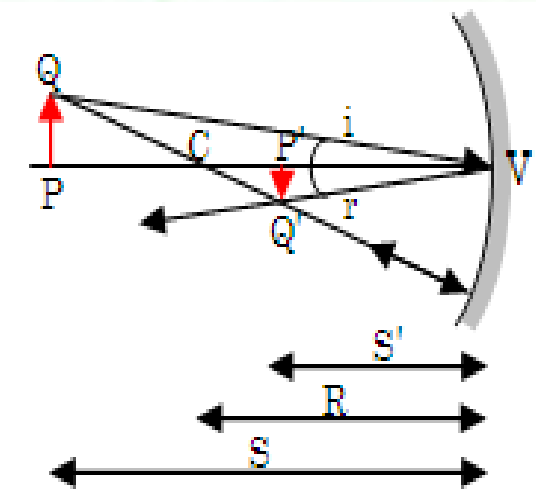
$$\Delta CP'Q' \tan \widehat{P'Q'C} = \frac{P'Q'}{P'C} = \frac{P'Q'}{R-s'}$$

เนื่องจาก

$$\widehat{PCQ} = \widehat{P'Q'C}$$

ดังนั้น

$$\frac{P'Q'}{PQ} = \frac{R-s'}{s-R} \quad \text{(A)}$$



ถ้าเขียนรังสีจาก Q อีกหนึ่งรังสีไปตกกระทบบนกระจกเว้าที่ V แสงจะสะท้อนผ่าน Q' เช่นกันซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อน ดังรูป

$$\Delta PQV \quad \tan i = \tan \widehat{P\hat{V}Q} = \frac{PQ}{s'}$$

$$\Delta P'Q'V \quad \tan r = \tan \widehat{P'\hat{V}Q'} = \frac{PQ}{s'}$$

เนื่องจาก $\widehat{P\hat{V}Q} = \widehat{P'\hat{V}Q'}$ (มุมตกกระทบบนกระจก = มุมสะท้อน)

ดังนั้น

$$\frac{P'Q'}{PQ} = \frac{s'}{s} \quad \text{--- (B)}$$

(A) = (B) จะได้

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R} \quad \text{--- (1)}$$

จากสมการ (1) จะได้

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \quad (2)$$

เมื่อใช้สมการ (2) วิเคราะห์จะได้

$$\frac{P'Q'}{PQ} = \frac{s'}{s}$$

นั่นคือ กำลังขยายเท่ากับอัตราส่วนระหว่างระยะภาพกับระยะวัตถุ

$$M = \frac{s'}{s} \quad (3)$$

หลักที่ใช้ในการเขียนรูปแสดงการเกิดภาพ หรือการคำนวณหาตำแหน่งภาพ หรือการหาการขยายสำหรับกระจกนูนก็เป็นเช่นเดียวกันกับกระจกเว้า

การใช้สมการ (3) หาตำแหน่งของภาพหรือการขยายจะต้องกำหนดเครื่องหมาย + หรือ - สำหรับ s , s' และ f ดังนี้

1. ให้ระยะวัตถุและระยะภาพมีเครื่องหมาย + เมื่อวัตถุระยะจากกึ่งกลางกระจกไปยังวัตถุและภาพที่อยู่หน้ากระจกเงา
2. สำหรับภาพที่เกิดหลังกระจกเงาระยะภาพมีเครื่องหมาย -
3. โฟกัสที่อยู่ด้านหน้ากระจกเงาความยาวโฟกัสมีเครื่องหมาย + แต่ถ้าโฟกัสอยู่ด้านหลังกระจกเงา ความยาวโฟกัสมีเครื่องหมาย -

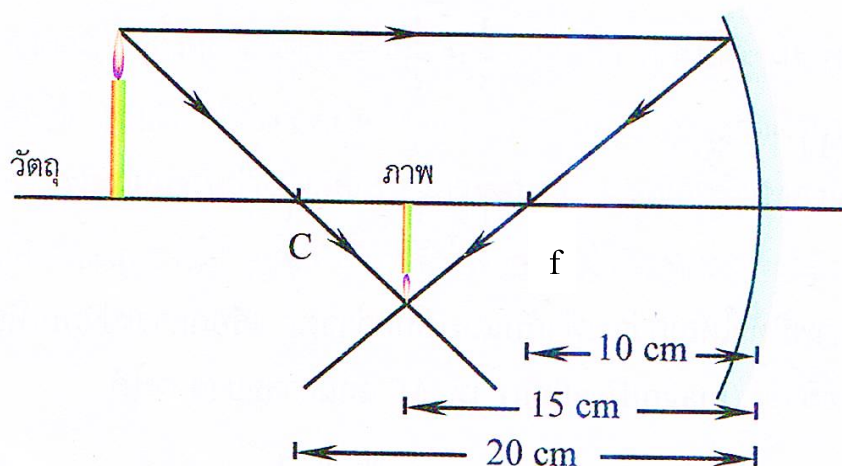
การเขียนรูปแสดงการเกิดภาพจากกระจกเว้าและกระจกนูน ถ้าวัตถุมีขนาดใหญ่กว่ากระจกโค้งก็สามารถเขียนรังสีต่างๆ โดยใช้กฎการสะท้อนของแสง เพื่อแสดงการเกิดภาพจากกระจกโค้งได้เช่นกัน

ตัวอย่าง เทียนไขสูง 20 เซนติเมตร ตั้งอยู่บนแกนमुखสำคัญของกระจกเว้าที่มีความยาวโฟกัส 10 เซนติเมตร ทำให้เกิดภาพหน้ากระจกเว้า ห่างจากกระจกเว้า 15 เซนติเมตร เทียนไขอยู่ห่างกระจกเว้ากี่เซนติเมตร และภาพเทียนไขสูงกี่เมตร

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจในปัญหา

- จากโจทย์ นำเอาความรู้เกี่ยวกับการเขียนทางเดินแสงแสดงการเกิดภาพ กำหนดตำแหน่งต่าง ๆ



- วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหา

ระยะวัตถุ และขนาดของภาพ

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

ความสูงของวัตถุ = 20 เซนติเมตร

ความยาวโฟกัส = 10 เซนติเมตร

ระยะภาพ = 15 เซนติเมตร

ขั้นที่ 2 วางแผนปัญหา

จากรูปที่โจทย์กำหนดให้ ใส่เครื่องหมาย +, - หน้าปริมาณต่าง ๆ ตามสถานการณ์ที่กำหนด เพราะภาพเทียนไขเกิดหน้ากระจกเงาเว้า ดังนั้นภาพจึงเป็นภาพจริง และโฟกัสอยู่หน้ากระจกเงาเว้าทำให้

$$s' = +15 \text{ cm. และ } f = +10 \text{ cm.}$$

1. สมการ

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

หาขนาดของภาพจากสมการ $m = \frac{\text{ขนาดภาพ}}{\text{ขนาดวัตถุ}} = \frac{\text{ระยะภาพ}}{\text{ระยะวัตถุ}}$

2. แทนค่า ในสมการ

จะได้ $\frac{1}{s} = \frac{1}{+10} - \frac{1}{15}$

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

3. แก้สมการ

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{+10} - \frac{1}{15}$$

$$s = +30 \text{ cm.}$$

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบ

4. ตอบคำถามทวนโจทย์

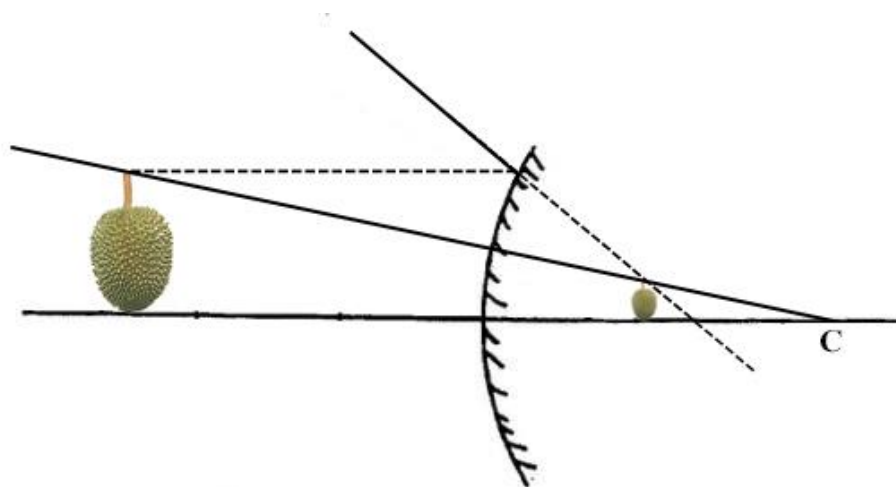
นั่นคือ เทียนไขอยู่หน้ากระจกเงาเว้า 30 เซนติเมตร และภาพเทียนไขสูง 10 เซนติเมตร

ตัวอย่าง วาดทุเรียนไว้หน้ากระจกนูน ซึ่งมีรัศมีความโค้ง 20 เซนติเมตร ปรากฏว่าได้ภาพเสมือน โดยมีกำลังขยาย 0.2 อยากทราบว่าวาดทุเรียนไว้ห่างจากกระจกนูนกี่เซนติเมตร

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจในปัญหา

5. จากโจทย์ นำเอาความรู้เกี่ยวกับการเขียนทางเดินแสงแสดงการเกิดภาพ กำหนดตำแหน่งต่าง ๆ



6. วิเคราะห์โจทย์ว่า ต้องการหา

ระยะภาพ และระยะวัตถุ

7. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

รัศมีความโค้ง = 20 เซนติเมตร

กำลังขยาย = 0.2

ขั้นที่ 2 วางแผนปัญหา

จากรูปที่โจทย์กำหนดให้ ใส่เครื่องหมาย +, - หน้าปริมาณต่าง ๆ ตามสถานการณ์ที่กำหนด เพราะภาพทุเรียนเกิดหน้ากระจกเงาเว้า ดังนั้นภาพจึงเป็นภาพเสมือน และโฟกัสอยู่หน้ากระจกเงาทำให้

$$m = -0.2 \text{ และ } R = 20 \text{ cm.} \rightarrow f = \frac{20}{2} = 10$$

1. สมการ

$$\text{หาระยะของภาพจากสมการ } m = \frac{s'}{s}$$

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

2. แทนค่า ในสมการ

$$3. \quad \text{จะได้} \quad -0.2 = \frac{s'}{s}$$

$$s' = -0.2s$$

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

4. แก้สมการ

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

$$-\frac{1}{10} = \frac{1}{s} + \frac{1}{-0.2s}$$

$$-\frac{1}{10} = \frac{0.25 - 1}{0.2s}$$

$$0.2s = -0.8 (-10)$$

$$s = \frac{8}{0.2}$$

$$s = 40 \text{ cm.}$$

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบ

1. ตอบคำถามทวนโจทย์

นั่นคือ เทียนไขอยู่หน้ากระจกเงานูน 40 เซนติเมตร และภาพทุเรียนสูง 10 เซนติเมตร

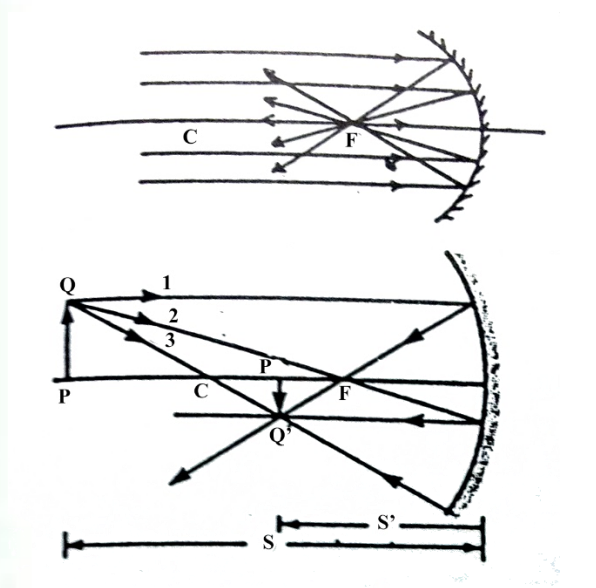
หลักสำคัญในการคำนวณเกี่ยวกับกระจกโค้ง

การคำนวณเกี่ยวกับกระจกโค้งจำเป็นต้องคำนึงถึงเครื่องหมายของแต่ละตัวที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

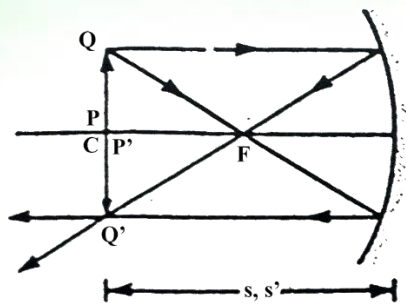
ปริมาณ	เครื่องหมาย	ความหมาย
ระยะวัตถุ (s)	+	ถ้าวัตถุอยู่หน้ากระจก
	-	ถ้าวัตถุอยู่หลังกระจก
ระยะภาพ (s')	+	ภาพจริง
	-	ภาพเสมือน
ความยาวโฟกัส (f)	+	กระจกเว้า
	-	กระจกนูน

ตาราง 1 แสดงเครื่องหมายที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณกระจกโค้ง

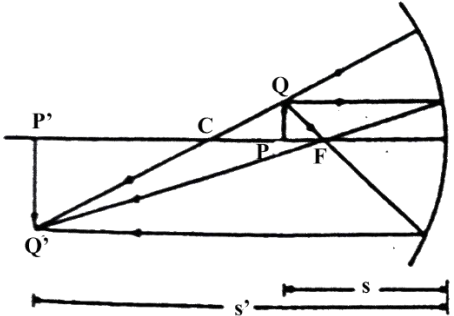
ภาพที่เกิดจากกระจกเว้าเมื่อวัตถุอยู่ที่ระยะต่างๆ



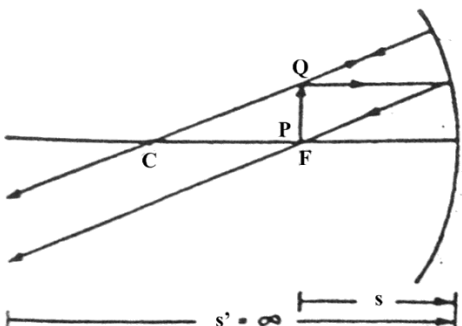
1. เมื่อวัตถุอยู่ไกลมาก ($s = \infty$) แสงจากวัตถุที่ตกกระทบกระจกจะขนานกับแกนमुखสำคัญทำให้รังสีสะท้อนไปตัดกันที่จุดโฟกัส F ($s' = f$) ได้ภาพจริงขนาดเล็กที่สุดที่โฟกัส (F)
2. เมื่อวัตถุอยู่เลยจุดศูนย์กลางความโค้ง (C) ($R > s > \infty$) ได้ภาพจริงหัวกลับขนาดเล็กกว่าวัตถุอยู่ระหว่าง F กับ C ($f < s' < R$)



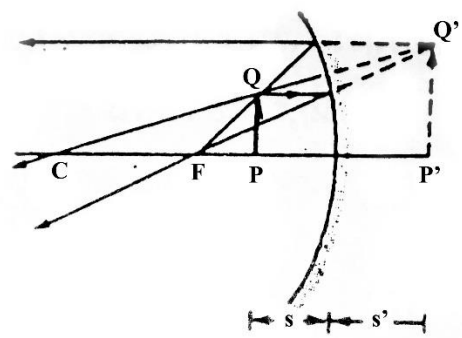
3. วัตถุที่จุดศูนย์กลางความโค้ง (C) ($s = R$) ได้ภาพจริงหัวกลับขนาดเท่าวัตถุ อยู่ที่เดียวกับวัตถุ ($s' = R$)



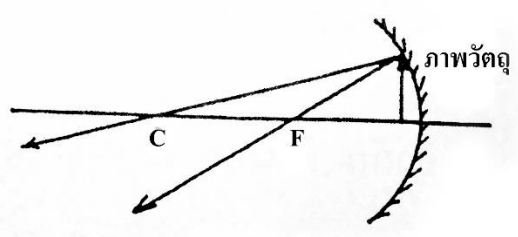
4. วัตถุอยู่ที่จุดศูนย์กลางความโค้ง (C) กับจุดโฟกัส (F) ($f < s < R$) ได้ภาพจริงหัวกลับ ขนาดใหญ่กว่าวัตถุอยู่เลยจุด C ออกไป ($R < s' < \infty$)



5. วัตถุอยู่ที่จุดโฟกัส (F) ($s = f$) ได้ภาพขนาดใหญ่ที่สุดไกลมากบอกไม่ได้ว่าเป็นภาพชนิดใด ($s' = \infty$)

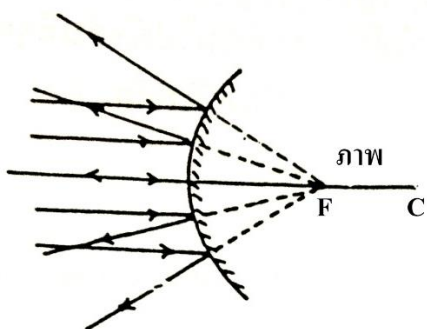


6. วัตถุอยู่ระหว่างขั้วกระจกกับจุดโฟกัส (F) ($0 < s < f$) ได้ภาพเสมือนใหญ่กว่าวัตถุหัวตั้งอยู่หลังกระจก ($0 < s' < \infty$)

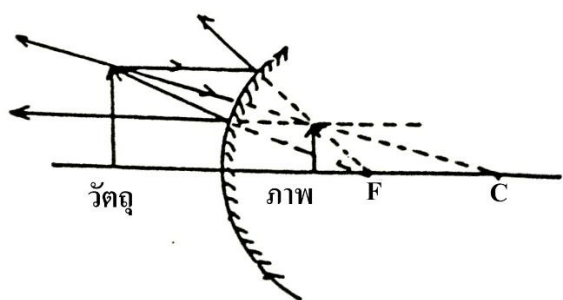


7. วัตถุอยู่ชิดกับกระจก ($s = 0$) ได้ภาพเสมือนหัวตั้งขนาดเท่าวัตถุ และอยู่ที่เดียวกับวัตถุ ($s' = 0 = s$)

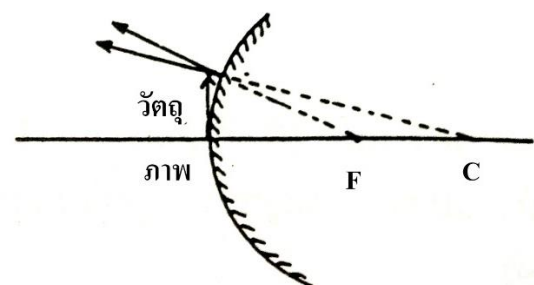
ภาพที่เกิดจากกระจกนูนเมื่อวัตถุอยู่ที่ระยะต่างๆ



1. เมื่อวัตถุอยู่ไกลมาก ($s = \infty$) แสงจากวัตถุที่ตกกระทบกระจกจะขนานกับแกนमुखสำคัญทำให้รังสีสะท้อนกระจายออกเสมือนออกไปจากจุดโฟกัสได้ภาพเสมือนขนาดเล็กที่สุดที่จุด F ($s' = f$)



2. วัตถุอยู่หน้ากระจกไกลน้อยกว่าระยะอนันต์ $0 < s' < \infty$ จะได้ภาพเสมือนหัวตั้งขนาดเล็กกว่าวัตถุอยู่ระหว่างกระจกกับจุดโฟกัส ($0 < s' < f$)



3. วัตถุอยู่ชิดกระจก ($s = 0$) ได้ภาพเสมือนหัวตั้งขนาดเท่าวัตถุอยู่ที่เดียวกับวัตถุ ($s' = 0 = s$)

สรุปภาพที่เกิดจากกระจกโค้งทรงกลม

1. ภาพจากกระจกเว้า เป็นภาพจริงมีได้ทุกขนาด ถ้าเป็นภาพเสมือนจะมีขนาดใหญ่กว่าวัตถุเสมอ ยกเว้นขณะวางวัตถุชิดกระจกจะได้เป็นภาพเสมือนขนาดเท่าวัตถุ
2. ภาพจากกระจกนูน เป็นภาพเสมือนขนาดเล็กกว่าวัตถุ ยกเว้นเมื่อวางวัตถุชิดกระจกจะได้ภาพเสมือนขนาดเท่าวัตถุ

ลักษณะของภาพจริง และภาพเสมือนจากกระจกโค้ง

1. **ภาพจริง** เกิดจากแสงจากวัตถุมาตกกระทบที่ผิวกระจกแล้วสะท้อนมาตัดกันจริงๆ บริเวณด้านหน้ากระจกลักษณะภาพจะกลับหัวกับวัตถุ ภาพที่เกิดต้องนำฉากมารับ บริเวณด้านหน้ากระจกจึงจะปรากฏภาพบนฉาก
2. **ภาพเสมือน** เกิดจากแสงจากวัตถุมาตกกระทบที่ผิวกระจก แล้วสะท้อนแสงในลักษณะกระจายออกคล้ายว่า ออกมาจากแหล่งกำเนิดบริเวณด้านหลังกระจก ลักษณะภาพหัวตั้งแบบเดียวกับวัตถุที่เกิดจะปรากฏด้านหลังกระจก สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าไม่ต้องนำฉากมารับ

ตอนที่ 2

แบบทดสอบหลังเรียน

แบบทดสอบหลังเรียน

แบบฝึกทักษะเรื่องแสง ชุดที่ 2 เรื่อง การสะท้อนของแสง



แบบทดสอบหลังเรียนแบบฝึกทักษะ:เรื่องแสง ชุดที่ 2 เรื่อง การสะท้อนของแสง

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีจำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาทำ 15 นาที
2. นักเรียน โปรดอย่าเขียนข้อความหรือทำเครื่องหมายใดๆ ลงบนแบบทดสอบ
3. ให้นักเรียนเขียนหัวกระดาษให้สมบูรณ์ และอ่านคำชี้แจงก่อนตอบข้อสอบ
4. แบบทดสอบเป็นแบบปรนัยเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกคำตอบ ที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวด้วยเครื่องหมาย X ในกระดาษคำตอบ

ตัวอย่าง ถ้านักเรียนต้องการตอบข้อ ก ให้ทำดังนี้

ข้อ 0.	ก	ข	ค	ง
	(X)	()	()	()

ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบจากข้อ ก เป็นข้อ ค ให้ทำดังนี้

ข้อ 0.	ก	ข	ค	ง
	(X)	()	(X)	()

5. เมื่อนักเรียนทำข้อสอบเสร็จหรือหมดเวลาแล้วให้ส่งกระดาษคำตอบพร้อมกับแบบทดสอบ

นางสาวพิภพร วงษ์ปัดดา
ครูผู้สอน

ข้อมูลสำหรับข้อ 1-2

เลื่อนกระจกเงาราบเข้าหาคนจากระยะทาง 6 เมตร ถึง 1.5 เมตร จากคนในเวลา 3 วินาที ความเร็วของภาพและความเร็วของกระจกเทียบกับคนเป็นกี่เมตรต่อวินาที

1. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ข้อ	สิ่งที่โจทย์ให้หา	สมการที่ใช้
ก.	ความเร็วของกระจก	$V_{\text{คน}} = \frac{\text{ระยะทางของกระจก}}{\text{เวลา}}$
ข.	ความเร็วของคน	$V_{\text{คน}} = \frac{\text{ระยะทางของกระจก}}{\text{เวลา}}$
ค.	ระยะทางของกระจก	$s = \text{ความเร็วของกระจก} \times \text{เวลา}$
ง.	ระยะทางของคน	$s = \text{ความเร็วของคน} \times \text{เวลา}$

2. คำตอบของสถานการณ์ที่กำหนดให้ คือข้อใด

- ก. 2 , 1.5
- ข. 3 , 1.5
- ค. 3 , 3
- ง. 1.5 , 6

3. วัตถุอันหนึ่งวางอยู่กึ่งกลางระหว่างกระจกเงาราบ 2 แผ่น ซึ่งวางเอียงทำมุม 30 องศา จะเกิดภาพจำนวน

- ก. 12 ภาพ
- ข. 11 ภาพ
- ค. 9 ภาพ
- ง. 3 ภาพ

ข้อมูลสำหรับข้อ 4-5

วัตถุอันหนึ่งอยู่ห่างจากกระจกเว้า 25 เซนติเมตร จะเกิดภาพมีความสูงเท่ากับวัตถุ กระจกเว้านี้มีรัศมีความโค้งเท่าใด

4. ข้อใดถูกต้อง

ข้อ	โจทย์กำหนดให้	โจทย์ให้หา
ก.	ระยะวัตถุ (s) 25 เซนติเมตร, ระยะภาพ (s') 25 เซนติเมตร	ระยะวัตถุ
ข.	กำลังขยาย (m) = 25 เท่าของขนาดวัตถุ	ความยาวโฟกัส
ค.	กำลังขยาย (m) = 1 เท่าของขนาดวัตถุ	ระยะวัตถุ
ง.	ระยะวัตถุ 25 เซนติเมตร, ระยะภาพ 25 เซนติเมตร	ความยาวโฟกัส

5. คำตอบของสถานการณ์นี้คือข้อใด

- ก. 100 เซนติเมตร
- ข. 75 เซนติเมตร
- ค. 50 เซนติเมตร
- ง. 25 เซนติเมตร

ข้อมูลสำหรับข้อ 6-7

วางวัตถุชิ้นหนึ่งห่างจากกระจกเว้า 20 เซนติเมตร จะเกิดภาพที่เดียวกับวัตถุ จะต้องเลื่อนวัตถุออกจากตำแหน่งเดิมเท่าใด จึงจะเกิดภาพที่มีกำลังขยาย 5 เท่า

6. ข้อใดคือระยะทาง 1 ปีแสง

ข้อ	โจทย์ให้หา	สมการ
ก.	$s_1 - s_2$	$m = \frac{f}{s-f}$
ข.	$s_1 - s_2$	$m = \frac{s' - f}{s'}$
ค.	$s_2 - s_1$	$m = \frac{f}{s-f}$
ง.	$s_2 - s_1$	$m = \frac{s' - f}{s'}$

7. คำตอบของสถานการณ์นี้คือข้อใด

- ก. 12 เซนติเมตร
- ข. 10 เซนติเมตร
- ค. 8 เซนติเมตร
- ง. 6 เซนติเมตร

ข้อมูลสำหรับข้อ 8-10

จะต้องวางวัตถุ ณ ตำแหน่งใด จึงจะทำให้เกิดภาพหลังกระจกนูน ห่างจากกระจกนูน 10 เซนติเมตร กระจกนูนมีรัศมีความโค้ง 30 เซนติเมตร

8. ปริมาณใดที่โจทย์ กำหนดให้ได้ถูกต้อง

- ก. ระยะวัตถุ (s) = 10 เซนติเมตร
- ข. รัศมีความโค้ง (R) = 30 เซนติเมตร
- ค. ระยะวัตถุภาพ (s') = 10 เซนติเมตร
- ง. ความยาวโฟกัส (f) = 30 เซนติเมตร

9. สมการที่ใช้หาคำตอบของสถานการณ์นี้คือข้อใด

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

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

ค. $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} - \frac{1}{s'}$

ง. $\frac{1}{s} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{f}$

10. การแทนค่าในสมการเพื่อคำตอบของสถานการณ์นี้คือข้อใด

ข้อ	แทนค่า	คำตอบ
ก.	$-\frac{1}{15} = \frac{1}{s} + \frac{1}{10}$	30 เซนติเมตร
ข.	$\frac{1}{s} = -\frac{1}{10} + \frac{1}{15}$	6 เซนติเมตร
ค.	$-\frac{1}{15} = \frac{1}{s} + \frac{1}{10}$	20 เซนติเมตร
ง.	$\frac{1}{s} = -\frac{1}{10} + \frac{1}{15}$	60 เซนติเมตร

ตอนที่ 3 ไวยากรณ์

เฉลย

แบบทดสอบก่อนเรียน แบบฝึกทักษะและแบบทดสอบหลังเรียน

แบบฝึกทักษะเรื่องแสง ชุดที่ 2 เรื่อง การสะท้อนของแสง



ประกอบด้วย

1. เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน
2. เฉลยแบบฝึกทักษะที่ 2.1
3. เฉลยแบบฝึกทักษะที่ 2.2
4. เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนแบบฝึกทักษะ:เรื่องแสง
ชุดที่ 2 เรื่อง การสะท้อนของแสง

1. ข
2. ก
3. ข
4. ก
5. ก
6. ก
7. ง
8. ง
9. ก
10. ก

แบบฝึกหัดที่ 2.1

เรื่อง ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. เมื่อเลื่อนกระจกเงาระนาบเข้าหาคน จากระยะ 6 เมตร ถึง 1.5 เมตรจากคน ในเวลา 3 วินาที
จงหา

ก. ระยะที่ภาพเคลื่อนที่

สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา	ก) ระยะที่ภาพเคลื่อนที่
โจทย์กำหนดมา	ระยะกระจก เริ่มต้น = 6 เมตร , จุดสุดท้าย = 1.5 เมตร ($\Delta s = 4.5$)
สมการที่ใช้คือ	ระยะภาพที่เคลื่อนที่ = 2 เท่าของระยะที่กระจกเคลื่อนที่
แทนค่าได้ดังนี้	$= 2 (\Delta s)$ $= 2 \times 4.5$ $= 9 \text{ เมตร}$
ตอบคำถามทวนโจทย์	<u>ตอบ</u> ภาพเคลื่อนที่ได้ 9 เมตร

ข. อัตราเร็วที่ภาพเคลื่อนที่

สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา	ข) อัตราเร็วที่ภาพเคลื่อนที่ (v)
โจทย์กำหนดมา	ระยะที่ภาพเคลื่อนที่ได้ (s) = 9 เมตร , เวลา (t) = 3 วินาที
สมการที่ใช้คือ	$v = \frac{s}{t}$
แทนค่าได้ดังนี้	$\text{อัตราเร็วที่ภาพเคลื่อนที่} = \frac{9}{3}$ $= 3$
ตอบคำถามทวนโจทย์	<u>ตอบ</u> ภาพเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 3 เมตร/วินาที

2. ชายคนหนึ่งสูง 180 เซนติเมตร ยืนมองภาพตนเองในกระจกเงาซึ่งติดไว้ที่ฝาผนัง ถ้ำตาของเขาอยู่สูงจากพื้น 164 เซนติเมตร อยากทราบว่า

ก. ชายคนนี้จะต้องใช้กระจกสั้นที่สุดเท่าใด

ก. สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา	→ ความยาวของกระจก (เท่ากับครึ่งของความยาววัตถุ)
โจทย์กำหนดมา	ความสูงของคน = 180 เซนติเมตร
สมการที่ใช้คือ	ความยาวของกระจกที่ใช้ = $\frac{1}{2}$ ของความสูงคน
แทนค่าได้ดังนี้	$= \frac{1}{2} \times 180 \text{ เซนติเมตร}$ $= 90 \text{ เซนติเมตร}$
ตอบคำถามทวนโจทย์	ตอบ ชายคนนี้จะต้องใช้กระจกสั้นที่สุด 90 เซนติเมตร

ข. จะต้องแขวนกระจกโดยมีขอบล่างสูงจากพื้นเท่าใด

ข. สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา	ความสูงของขอบกระจกล่างสูงจากพื้น → (เท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะจากเท้าถึงตา)
โจทย์กำหนดมา	ความสูงของขอบกระจกล่างสูงจากพื้น = $\frac{1}{2}$ ของระยะจากเท้าถึงตา
สมการที่ใช้คือ	ความสูงของขอบกระจกล่างสูงจากพื้น = $\frac{1}{2}$ ของระยะจากเท้าถึงตา
แทนค่าได้ดังนี้	$= \frac{1}{2} \times 164 \text{ เซนติเมตร}$ $= 82 \text{ เซนติเมตร}$
ตอบคำถามทวนโจทย์	ตอบ ความสูงของขอบกระจกล่างสูงจากพื้น 82 เซนติเมตร

แบบฝึกทักษะที่ 2.2

เรื่อง ภาพที่เกิดจากการสะท้อนของแสงบนกระจกพิวโค้งทรงกลม

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. ถ้าต้องการเห็นภาพหน้าของนักเรียนเองเมื่อยืนอยู่ห่างจากกระจก 20 เซนติเมตร ขยายขึ้นเป็น 2 เท่า จะต้องเลือกใช้กระจกที่มีรัศมีความโค้งเท่าใด

วิเคราะห์โจทย์ ภาพนักเรียนในกระจกเป็นภาพหัวตั้ง แสดงว่าภาพนั้นเป็นภาพเสมือน ฉะนั้น m จึงต้องมีค่าเป็น ลบ (-)

สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา	รัศมีความโค้งของกระจก (R) ซึ่ง $R = 2f$
โจทย์กำหนดมา	ระยะห่างจากกระจก 20 เซนติเมตร ($s = 20$) กำลังขยาย 2 เท่า ($m = 2$)
สมการที่ใช้คือ	$m = \frac{f}{s-f}$
แทนค่าได้ดังนี้	$-2 = \frac{f}{20-f}$ $-2(20 - f) = f$ $-40 + 2f = f$ $2f - f = 40$ $f = 40 \text{ เซนติเมตร}$ <p>และจาก $R = 2f$</p> <p>จะได้ $R = 2 \times 40$</p> $R = 80 \text{ เซนติเมตร}$
ตอบคำถามทวนโจทย์	ตอบ ใช้กระจกเว้า เพราะ R เป็นบวก (+)

2. วางวัตถุหน้ากระจกนูนความยาวโฟกัส 20 เซนติเมตร เป็นระยะห่าง 40 เซนติเมตร จงหาตำแหน่งและชนิดของภาพ

สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา	หาตำแหน่ง และชนิดของภาพ คือ ระยะภาพ (s')
โจทย์กำหนดมา	กระจกนูนความยาวโฟกัส 20 เซนติเมตร (f = -20) ระยะวัตถุห่างจากกระจก 40 เซนติเมตร (s = 40)
สมการที่ใช้คือ	$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$
แทนค่าได้ดังนี้	$\frac{1}{40} + \frac{1}{s'} = \frac{-1}{20}$ $\frac{1}{40} + \frac{1}{20} = \frac{1}{s'}$ $\frac{1}{40} + \frac{2}{40} = \frac{1}{s'}$ $\frac{3}{40} = \frac{1}{s'}$ s' = 13.3 เซนติเมตร
ตอบคำถามทวนโจทย์	ตอบ ได้ภาพเสมือนหัวตั้งอยู่ห่างกระจกไปทางด้านหลัง 13.3 เซนติเมตร



อย่ามัวเฝ้าจรร้าน
ขยันทำแบบฝึกหัดนะ

3. วัตถุหนึ่งสูง 6 เซนติเมตร ตั้งอยู่หน้ากระจกเงานูนซึ่งมีความยาวโฟกัส 20 เซนติเมตร โดยห่างจากกระจก 30 เซนติเมตร ตำแหน่งและความสูงของภาพเป็นเท่าใด

สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา	ตำแหน่งของภาพ หรือ ระยะภาพ (s') และความสูงของภาพ (y')
โจทย์กำหนดมา	วัตถุสูง 6 เซนติเมตร ($y = 6$) กระจกเงานูนมีความยาวโฟกัส 20 เซนติเมตร ($f = 20$) วางวัตถุจากกระจก 30 เซนติเมตร ($s = 30$)
สมการที่ใช้คือ	หาระยะภาพ (s') จาก $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$ และหา ความสูงของภาพ (y') จาก $\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$
แทนค่าได้ดังนี้	แทนใน $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$ $\frac{1}{30} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{-20}$ $-\frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{1}{s'}$ $-\frac{3}{60} + \frac{2}{60} = \frac{1}{s'}$ $-\frac{5}{60} = \frac{1}{s'}$ $s' = \frac{60}{-5} \rightarrow s' = -12$ (ภาพเสมือนห่างจากกระจก 12 เซนติเมตร) แทนใน $\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$ $y' = \frac{s'}{s}y$ $y' = \frac{-12}{30} \times 6$ $y' = -2.4$ (ได้ภาพเสมือน ความสูง 2.4 เซนติเมตร)
ตอบคำถามทวนโจทย์	ตอบ ภาพเสมือนความสูง 2.4 เซนติเมตร ห่างจากกระจก 12 เซนติเมตร

**เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนแบบฝึกทักษะเรื่องแสง
ชุดที่ 2 เรื่อง การสะท้อนของแสง**

1. ก
2. ข
3. ข
4. ง
5. ง
6. ก
7. ก
8. ก
9. ก
10. ก

บรรณานุกรม

The Open Door Team. **Virtual Image Picture [Online]** from

<http://www.saburchill.com/physics/images5/04010306.jpg>

จักรินทร์ วรรณโพธิ์กลาง. **คู่มือรวมสุดยอดเทคนิค ฟิสิกส์ Entrance**. สำนักพิมพ์

พัฒนศึกษา, กรุงเทพฯ, 2550

นิรันดร์ สุวรรณ์. **คู่มือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2 (แสง เสียง แสงกับทัศนอุปกรณ์)**. สำนักพิมพ์พัฒนศึกษา, กรุงเทพฯ, 2552.

ประกิตเผ่า ทมทิตชง. **คู่มือเตรียมสอบวิชาฟิสิกส์ 4 ม.5**. สำนักพิมพ์ไฮเอ็ดพับลิชชิง

บมจ., กรุงเทพฯ, 2550.

บุญถึง แน่นหนา. **ปฏิบัติการแนวใหม่ วิศวกรรมวิทยาศาสตร์**. นานมีบุ๊คส์, กรุงเทพฯ, 2544

แม็ค เอดูเคชั่น. **ภาพการสะท้อนของแสงที่ผิวเรียบ [ออนไลน์]**. เข้าถึงได้จาก

http://www.maceducation.com/e-knowledge/2432209100/18_files/18-2.JPG

ศึกษาธิการ, กระทรวง. **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษา**

ปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ, 2554.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้**

พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544.

โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ, 2546.

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา ชุมพร เขต 1. **ภาพลักษณะการสะท้อนของแสงที่ผิว**

วัตถุ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.cpn1.go.th/media/thonburi/lesson>

[/13_LightEquipment/images/pic_reflect/reflect1.gif](http://www.cpn1.go.th/media/thonburi/lesson/13_LightEquipment/images/pic_reflect/reflect1.gif)



ทำแบบทดสอบออนไลน์เพิ่มเติมที่
<http://physicsm5hwn.weebly.com/>



