

แสงและการมองเห็น

ทัศนศาสตร์

การศึกษาเรื่องแสงและการมองเห็นทั้งหมด
เป็นแขนงหนึ่งของวิชาฟิสิกส์ที่เรียกว่า¹
“ทัศนศาสตร์” (optics)



รูปที่ 14-1 แสดงร่องรอยของรังสี连续ไปในช่วงคลื่น
ยาวกี่ต้น 400-700 nm

ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต (Geometric Optics)

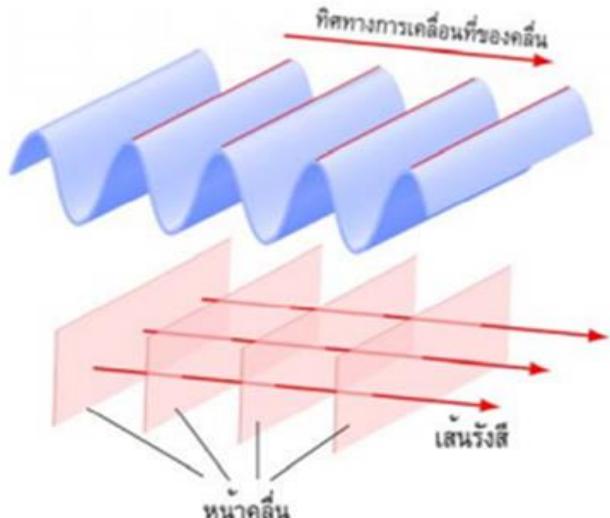
การสะท้อนและการหักเห

ทัศนศาสตร์เชิงกายภาพ (Physical Optics)

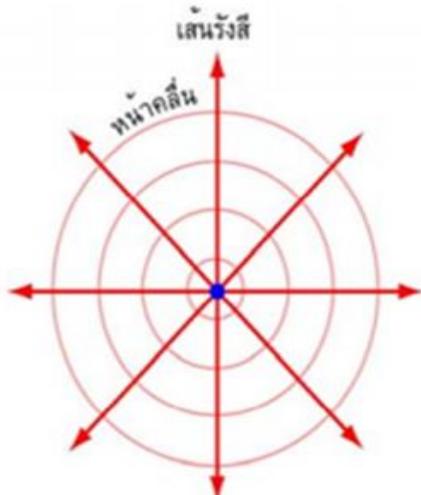
การแทรกสอดและการเลี้ยวเบน

วิธีอธิบายการเคลื่อนที่ของคลื่น

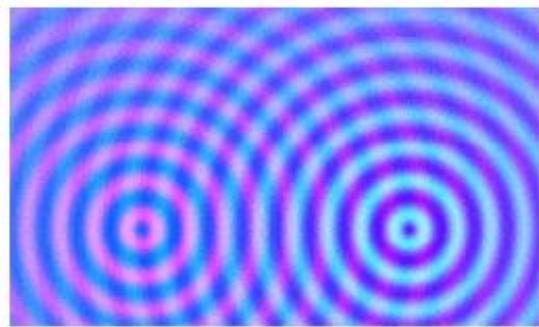
หน้าคลื่น (wavefront) คือบริเวณที่อนุภาคของตัวกลางอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน
เส้นรังสี (ray) แสดง ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น



(ก)

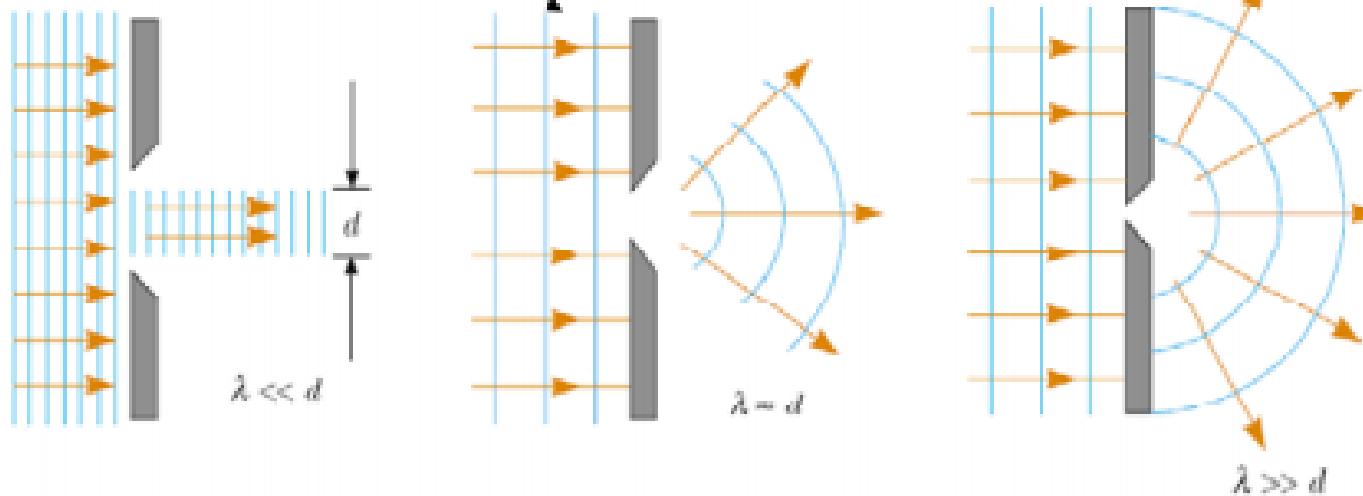
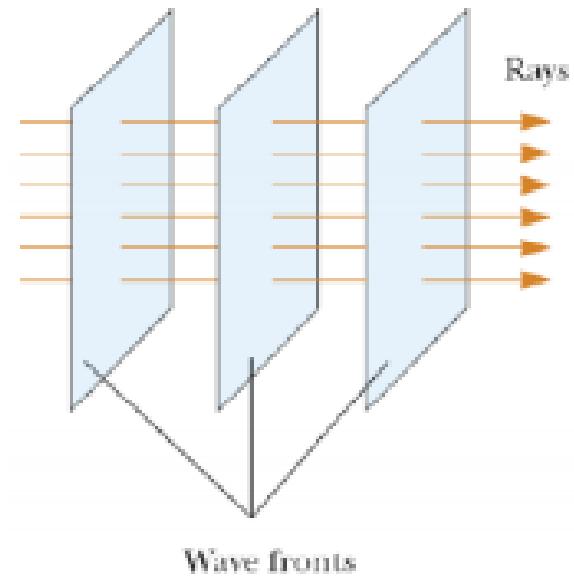


(ข)



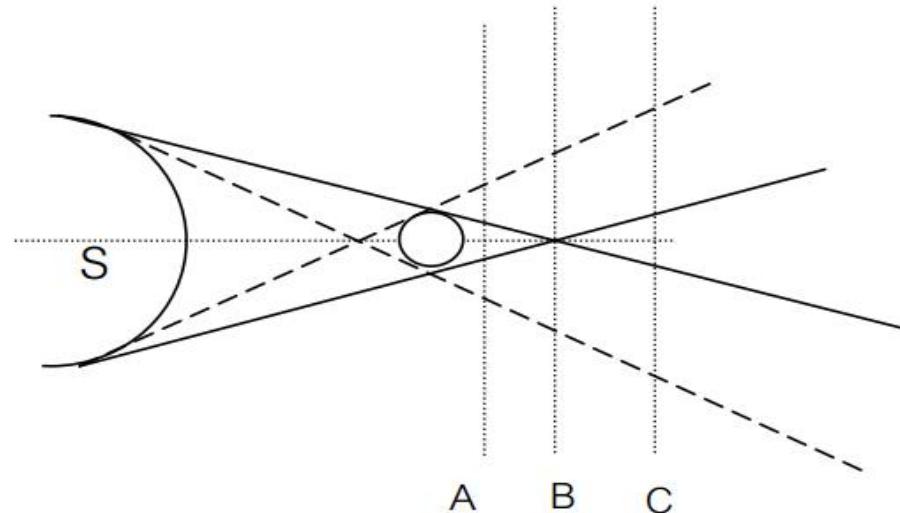
การเคลื่อนที่ของแสง (2)

แสงเชิงเรขาคณิต (geometric optics) ใช้ความจริง
ที่ว่า แสงเดินทางเป็นเส้นตรงตราบใดที่ไม่มีการ
เปลี่ยนตัวกลาง (medium) หรือ เคลื่อนที่ผ่านช่อง
เปิดเล็ก ๆ เพราะฉะนั้นเราสามารถอธิบายแสงได้
โดยใช้ เส้นรังสีแสง (rays) ที่ตั้งฉากกับหน้าคัลลิ่น
ของแสงเพื่อแทนเส้นทางการเคลื่อนที่ของแสง



แสงและเงา

- แสง จัดว่าเป็นพลังงานเดินทางแบบคลื่น (คลื่นตามขวาง) มีอัตราเร็วประมาณ $3 \times 10^8 \text{ m/s}$
- แสง จัดว่าเป็นอนุภาค เพราะมีโมเมนตัม ดังนี้แสงจึงมีคุณสมบัติทิวภาพ
- เงา เกิดจากวัตถุที่บ่งแสงมาขวางทางแสง จะเกิดเงาขึ้น เงาแบ่งได้ 2 ชนิดคือ
1. เงามีด
 2. เงามัว



ณ ตำแหน่งจาก A จะ ได้เงาทั้ง 2 แบบ เป็นวงแหวน วงในเป็นเงามีด

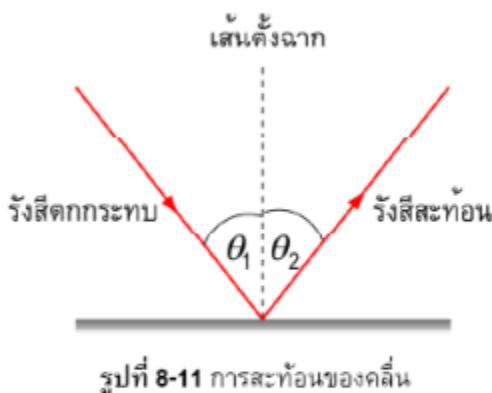
ณ ตำแหน่งจาก B จะ ได้เงามัวตรงกลางเป็นจุดเงามีด

ณ ตำแหน่งจาก C จะ ได้เงามัวอย่างเดียว

ปี๊ไฟกระเจ้าทรงกลมมีรัศมี 10 เซนติเมตร และลูกเทนนิสขนาดรัศมี 2 เซนติเมตรวาง ณ . ตำแหน่ง จุดศูนย์กลางหันส่องห่างกัน 1 เมตร เกิดเงามีดและเงามัวบนจานที่วางใกล้ลูกเทนนิส พอกลมควร จงหาตำแหน่งใกล้สุดจากลูกเทนนิสในแนวของเงาที่ไม่มีเงามีดเลย

1. 0.20 เมตร
2. 0.25 เมตร
3. 0.30 เมตร
4. 0.35 เมตร

ในการสะท้อนคลื่นจะประพฤติตัวตาม กฎของการสะท้อน (law of reflection)



1) มุมตัดกระบท เท่ากับ มุมสะท้อน

$$\theta_1 = \theta_2$$

2) รังสีตัดกระบท เส้นตั้งฉาก และรังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบเดียวกัน

รูปที่ 8-11 การสะท้อนของคลื่น

ภายหลังการสะท้อน ความถี่ ความยาวคลื่น และความเร็วของคลื่นหลังการสะท้อนจะยังคงมีค่าเท่ากับของคลื่นก่อนการสะท้อน และถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงานระหว่างการสะท้อน แอมเพลจูดของคลื่นสะท้อนจะมีค่าเท่าเดิมเช่นกัน

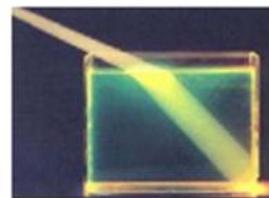
ทัศนศาสตร์เชิงเวชคณิต

เส้นตั้งฉาก

รังสีตัดกระบท

v_1

$v_2 < v_1$



(ก)

เส้นตั้งฉาก

รังสีตัดกระบท

v_1

$v_2 > v_1$

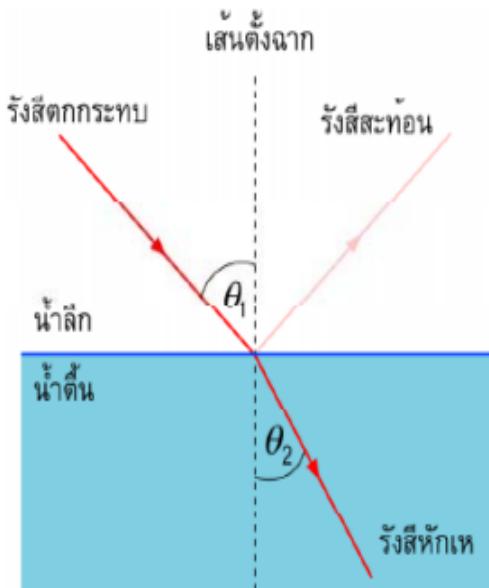
รังสีหักเห

(ข)

รูปที่ 8-13 (ก) การหักเหของแสงจากบริเวณเด็กกลางที่มีอัตราเร็วคลื่นมากไปยังอัตราเร็วคลื่นเนื้อบริเวณเด็กกลางที่มีอัตราเร็วคลื่นน้อย
(ข) การหักเหของแสงจากบริเวณเด็กกลางที่มีอัตราเร็วคลื่นน้อยไปยังอัตราเร็วคลื่นมาก

การหักเหเป็นไปตาม กฎของสเนลล์ (Snell's law)

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



เมื่อ v_1 และ v_2 คือความเร็วคลื่นของคลื่นตัดกระหบและของคลื่นหักเห θ_1 และ θ_2 คือมุมตัดกระหบและมุมหักเห (refraction angle) ส่วน λ_1 และ λ_2 คือความยาวคลื่นของคลื่นตัดกระหบและคลื่นหักเห

การระบุอัตราเร็วของแสงในตัวกลางต่างๆ มักใช้ปริมาณที่เรียกว่า
ดัชนีหักเหของแสง (index of refraction)

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

c คืออัตราเร็วของแสงในสูญญากาศ มีค่าเท่ากับ 3×10^8 m/s

v คืออัตราเร็วของแสงในตัวกลาง

$$n \geq 1$$

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

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

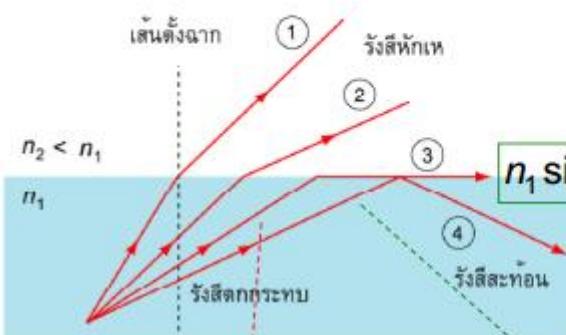
กฎของสเนลล์ (Snell's law)

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

การหักเหของแสง

กฎของสเนลล์ (Snell's law)

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$



รูปที่ 14-6 การหักเหของแสงจากบริเวณที่มีดัชนีหักเหของแสง
มากไปน้อย

$$\theta_c = \sin^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

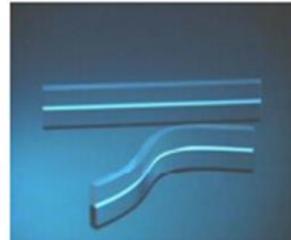
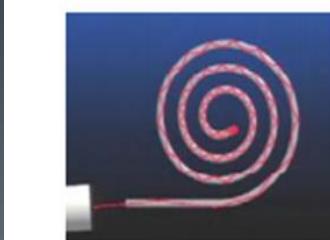
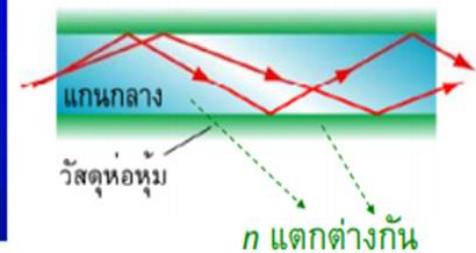
มุมวิกฤต (critical angle)
มุมวิกฤต คือมุมต่ำกระบที่ทำให้มุมหักเหเมื่อค่าเท่ากับ 90°

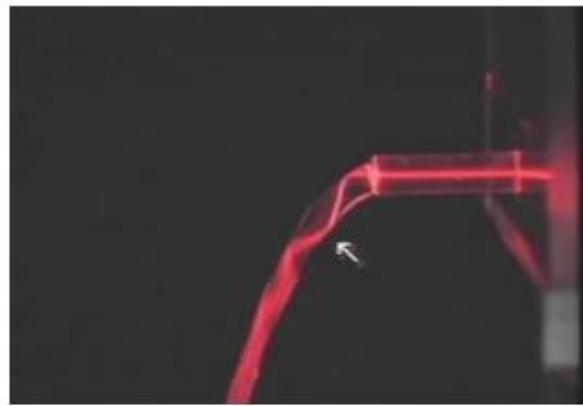
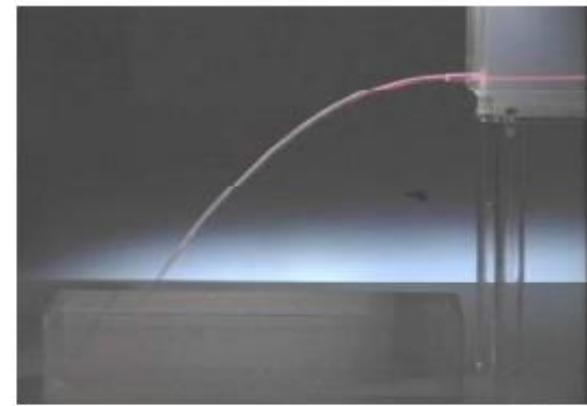
จะเห็นได้ว่ามุมวิกฤตจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อแสงเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีดัชนีหักเหสูงไปต่ำเท่านั้น

การสะท้อนกลับหมุดภายใน (total internal reflection)



การทำงานของไยแก้วนำแสง (optical fiber) ใช้หลักการสะท้อนกลับหมุด





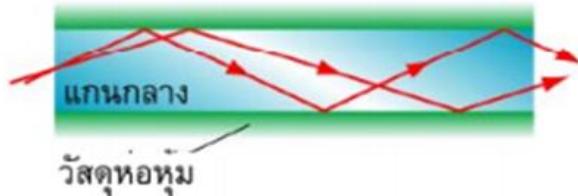
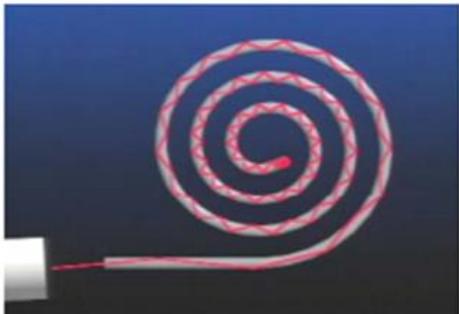
น้ำตกเลเซอร์ : ยิงแสงเลเซอร์ในขณะที่น้ำไหลออกจากห้องเกิดการสะท้อนกลับหมดเห็นเป็นน้ำตกเลเซอร์

ความสามารถในการนำเสนอให้เดินทางไปความลึกโดยไม่ต้องการโทรศัพท์มือถือเป็นอย่างมาก โดยมีแสงทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณแทนสายโทรศัพท์หรือสายเคเบิล ข้อดีของการใช้แสงในการส่งสัญญาณก็คือแสงไม่รบกวนเชิงกันและกัน เพราะจะไม่เต้นรhythmic แก้วหนึ่งเส้นจะสามารถบรรจุข้อมูลได้ในปริมาณมากในขณะที่มีระดับการรับกวนต่ำ



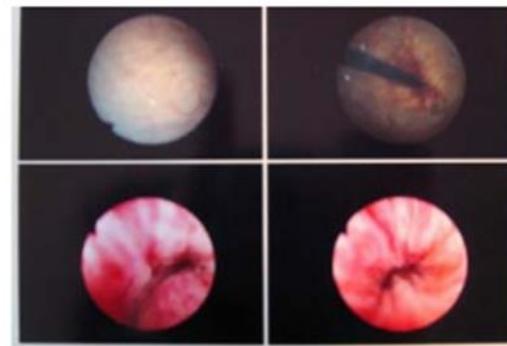
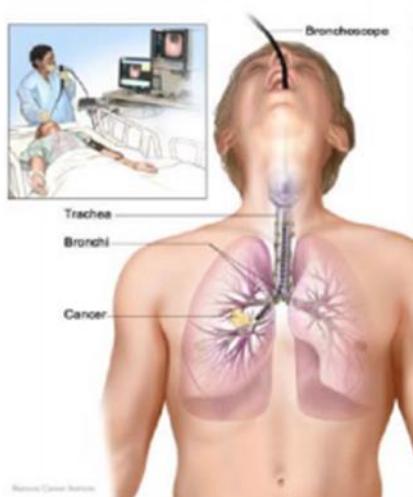
คำจำกัดความ

ยิงแมวว่าแสงสามารถเดินทางภายในแก้วน้ำแสงได้เนื่องจากการสะท้อนกลับหมด อย่างไรก็ตาม สำหรับเล้าน้ำในแก้วน้ำแสงหนึ่งๆ ผู้ผลิตจะระบุว่าความต้องการที่เราสามารถขอหรือบิดเล้าน้ำในแก้วน้ำแสงเล้าน้ำได้ (ยังคงมีความต้องการของขดเล้าน้ำอยู่) เพราะเหตุใดผู้ผลิตจึงต้องระบุความต้องการที่สุดนี้





Link with Medical Science 14-1 กล้องเอโนดิสโคป



รูปที่ 14-9 ตัวอย่างของ bronchoscopy

ตัวอย่างที่ 14.3 แสงเดลี่อนที่จากแก้ว ($n = 1.5$) ไปอากาศ โดยมีมุมดกกระทบ 60° จงคำนวณหามุมหักเห
รีซิ่ฟ้า

ให้อากาศเป็นตัวกล่องที่ 1 (นั่นคือ $n_1 = 1$) ส่วนแท่งแก้วเป็นตัวกล่องที่ 2 ($n_2 = 1.5$) จากกฎของสเนลล์จะได้ว่า

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$(1) \sin \theta_1 = (1.5) \sin 60^\circ$$

$$\sin \theta_1 = 1.3$$

เนื่องจากไม่มีมุมที่ทำให้ sine มีค่ามากกว่า 1 นั่นคือในกรณีนี้ไม่มีการหักเหเกิดขึ้น แต่เป็นการสะท้อนกลับหมวด

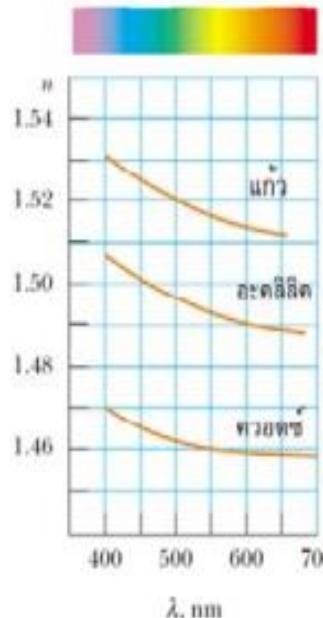
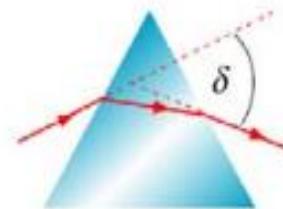
เราริบนายโดยใช้กฎ
ของสเนลล์ได้หรือไม่?

ไม่ได้โดยตรง
เราต้องอาศัยความจริง
ที่ว่าดัชนีหักเหของแสง
เป็นพึ่งกันของความ
ยาวคลื่นด้วย

$$n = n(\lambda)$$

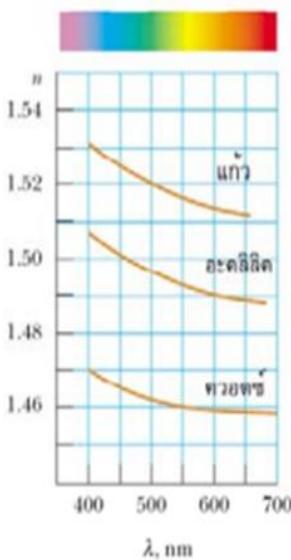
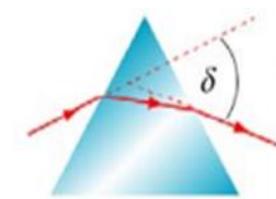
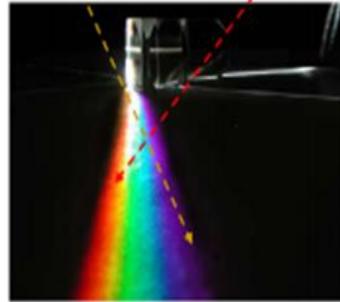


รูปที่ 14-10 การแยกแสงขาวหรือ
แสงอาทิตย์ออกเป็นเจ็ดสีด้วยปริซึม



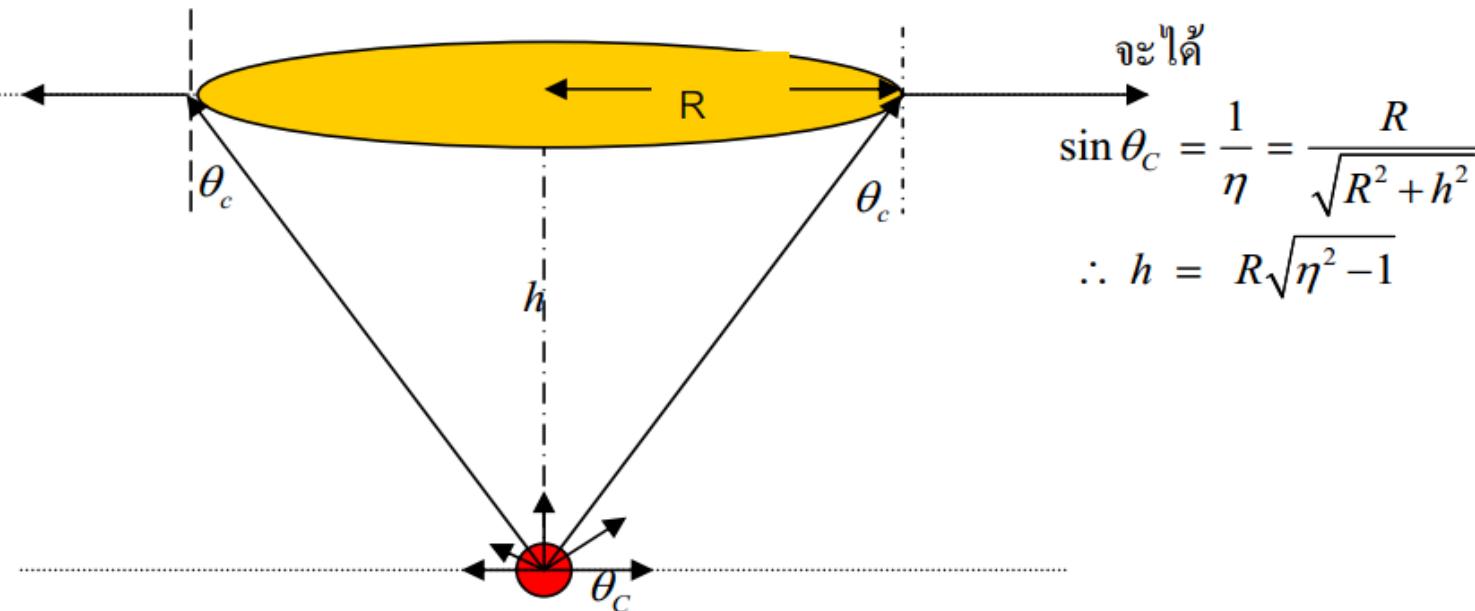
มุมเบียงเบน (angle of deviation)
เป็นมุมที่รังสีของแสงตกร่างกายทำกับ
รังสีของแสงหักเห

แสงสีม่วงจะมีมุมหักเหมากที่สุด และ
น้อยลงเรื่อยๆ ไปจนถึงแสงสีแดง



ปรากฏการณ์ของหลอดไฟใต้น้ำ

เมื่อตื้นกำเนิดแสงจากตัวกลางที่มีดัชนีหักเหมากไปสู่ตัวกลางที่มีดัชนีหักเหน้อย จะเกิดมุมวิกฤต ได้ เช่น ตื้นกำเนิดแสงอยู่ใต้น้ำ ทำให้คนที่อยู่บนบกเห็นลำแสงเป็นวงกลม



ปรากฏการลึกริง ลักษณะ

$$\text{รัศมี } \eta_{\text{คง}} = \frac{s' \cos \theta_1}{s \cos \theta_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\eta_{\text{คง}}}{\eta_{\text{รัศมี}}} \quad \text{เมื่อมองเฉียงๆ}$$

$$\text{รัศมี } \eta_{\text{คง}} = \frac{s'}{s} = \frac{\eta_{\text{คง}}}{\eta_{\text{รัศมี}}} \quad \text{เมื่อมองตรง}$$

ในการณ์ที่มีข้องหลวงหลายๆ ชนิด ซ้อนทับกัน จะได้ $S'_{\text{รวม}} = \text{ลักษณะรวม}$ และดาวอยู่ในอากาศ จะ

$$\text{ได้ } S'_{\text{รวม}} = \sum \left(\frac{S_i}{\eta_i} \right) = \frac{S_1}{\eta_1} + \frac{S_2}{\eta_2} + \frac{S_3}{\eta_3} + \dots$$

ตัวอย่างโจทย์ การหักเหของแสง

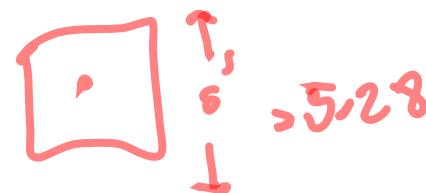
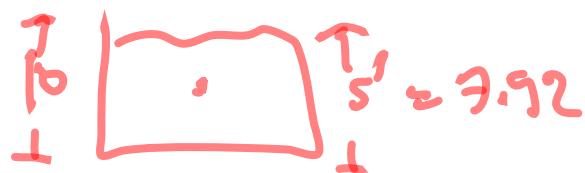
น้ำแข็งก้อนหนึ่งมีพิวนหน้าเรียบขนาด กัน หนา 10 ซม. ภายในก้อนน้ำแข็งมีเศษผงฝังอยู่ เมื่อมองในแนวคี่จากพิวน จะเห็นเศษผงอยู่ต่ำลงไป 7.92 ซม. ถ้าพลิกก้อนน้ำแข็งในพิวล่างกลับไปอยู่ข้างบนแล้วมองดูใหม่ จะเห็นเศษผงอยู่ห่างจากพิว 5.28 ซม. ระยะที่เศษผงอยู่ห่างจากพิวน้ำแข็งคือ

1. 8 , 2 ซม.

2. 7.5 , 2.5 ซม.

3. 6 , 4 ซม.

4. 5.5 , 4.5 ซม.



$$\frac{T_1}{T} = \frac{m}{m_1} = \frac{1.35}{1}$$

ถ้ามุมวิกฤตของเพชรเทียบกับอากาศมีค่า $\sin^{-1} 0.42$ ความเร็วของแสงในเพชรลดลงร้อยละเท่าใดของความเร็วแสงในอากาศ ซึ่งเท่ากับ 3×10^8 เมตร/วินาที

1. 42

$$\sin \theta_2 = \frac{V_1}{V_2} \xrightarrow{\text{ดูภาพ}} \sin \theta_2 = \frac{V_1}{V_2} \xleftarrow{\text{ดูภาพ}}$$

3. 52

2. 48

4. 58

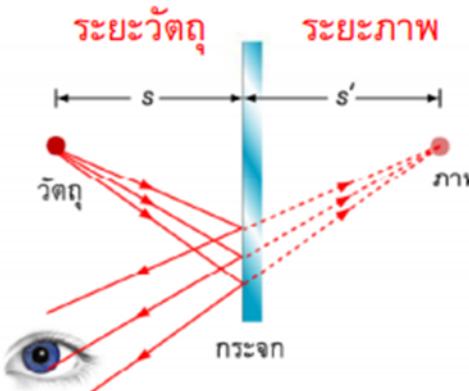
$$\theta_C \xrightarrow{\sin^{-1} 0.42}$$

$$V_1 = 0.42 \times 3 \times 10^8$$

การสร้างรูปภาพจากกระจก

รังสีแสงจากวัตถุที่เราสามารถดูได้นั้นมีไม่จำกัด (ขอให้เป็นเส้นตรง เป็นไปตามกฎ การสะท้อน และ กฎการหักเหนั้นถือว่าใช้ได้เสมอ) ในทางปฏิบัติ ถ้าเราสามารถหาตำแหน่งที่รังสีของแสง **สองเส้น** ไปตัดกันได้ ก็ถือว่าเพียงพอต่อการระบุตำแหน่งของภาพแล้ว เพราะไม่ว่าเราจะพิจารณารังสีของแสงกี่เส้น รังสีทั้งหมดต้องไปตัดกันที่จุดเดียวกันทั้งสิ้น

ด้วยเหตุนี้เราจะเลือกรังสีสองที่สะดวกต่อ การวิเคราะห์สองเส้น



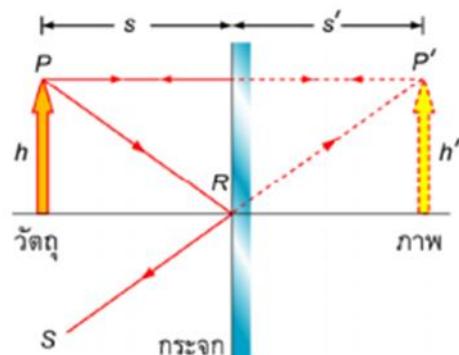
รูปที่ 14-14 การเกิดภาพจากกระจก

รังสีของแสง “เสมือนว่าตัดกัน”
เรียกว่า **ภาพเสมือน (virtual image)**

(ภาพที่ได้จากการตัดกันจริงของแสง
จะเรียกว่า **ภาพจริง (real image)**)

“ภาพจริง จะรับภาพได้” และ
“ภาพเสมือน จะรับภาพไม่ได้”

ภาพที่ได้จากการเป็นภาพเสมือนเสมอ



รูปที่ 14-15 การวิเคราะห์ภาพจากกระจก

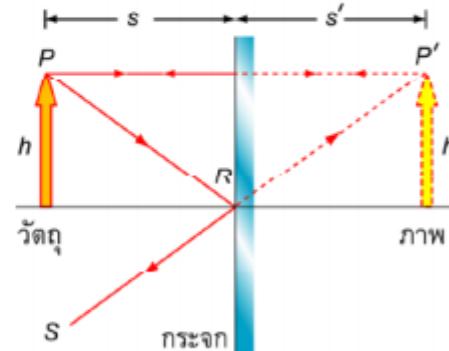
โดยทั่วไปแล้วขนาดความสูงของภาพ (h') จะมีขนาดแตกต่างไปจากขนาดความสูงของวัตถุ (h)

เรานิยามขนาดขยาย (magnification) ใช้สัญลักษณ์ M ว่า

$$M = \frac{h'}{h}$$

สำหรับกระจก平面 $M = 1$

ภาพที่ได้มีขนาดเท่ากับขนาดของวัตถุ ไม่มีการย่อหรือขยายแต่อย่างใด



รูปที่ 14-15 การวิเคราะห์ภาพจากกระจก平面

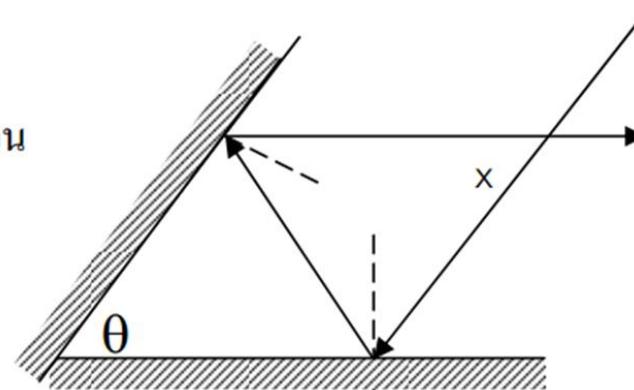
สำหรับกระจก平面 2 บาน

1. กระจก 2 บาน ทำมุมกัน θ จะทำให้ภาพของวัตถุที่เกิดขึ้น n ภาพโดยที่

$$n = \frac{360}{\theta} - 1 \quad (\text{ปีดเศษขึ้น})$$

2. กระจก 2 บาน ทำมุมกัน θ เมื่อแสงตกกระทบกระจกบานที่ 1 แล้วสะท้อน 2 ครั้ง ออก แสงออกตัดกับ แสงเข้าเป็นมุม X องศา ดังรูปจะได้

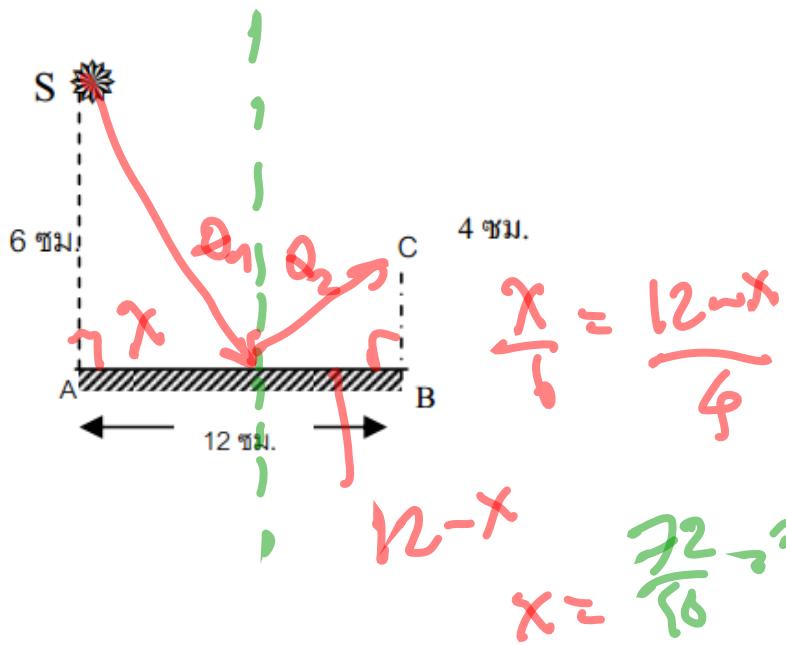
$$X = 180 - 2\theta$$



ตัวอย่างโจทย์ การสะท้อนกระจกเงาวรับ

ถ้าชายคนหนึ่งสูง 170 cm. และตาของเขารอยู่ห่างจากส่วนที่สูงที่สุดในร่างกายเป็นระยะ 10 cm.
มีกระจกรามตั้งอยู่บนพื้นในแนวคิ่ง ขอบบนของกระจกต้องอยู่สูงจากพื้นมากที่สุดเท่าใดจึงจะทำ
ให้เขามองเห็นเอวซึ่งอยู่สูงจากพื้น 100 cm.

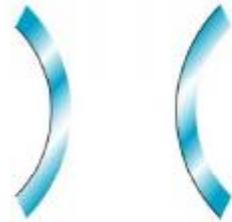
1. 100 cm
3. 160 cm



จุดกำเนิดแสงสว่าง วางไว้เหนือกระจกระนาบเป็น
ระยะ 6 เซนติเมตร และแสงจากจุดกำเนิดนี้
สะท้อนกระจกไปยังจุด C ซึ่งอยู่เหนือกระจกเป็น
ระยะ 4 เซนติเมตรตามแนวคิ่ง ดังรูป ระยะ AB
ห่างกัน 12 เซนติเมตร ตำแหน่งบนกระจกเงาวรับ
ที่แสงตกห่างจาก A เท่ากัน

1. 4.0 ซม.
2. 7.2 ซม.
3. 8.5 ซม.
4. 9.7 ซม.

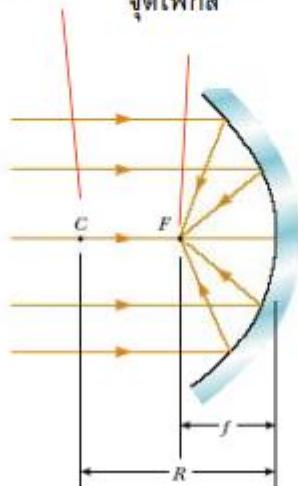
เราจะพิจารณา
การกระจายน้ำที่โค้ง
แบบวงกลม ซึ่ง
มีสองแบบ



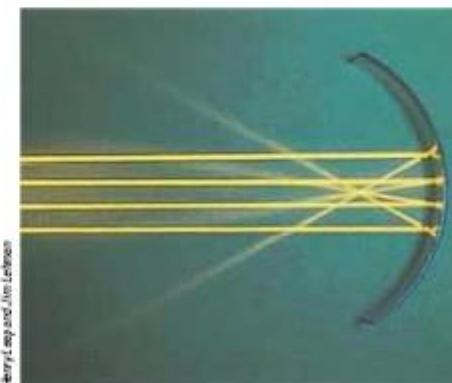
รูปที่ 14-16 กระจกเว้า (ซ้าย)
และกระจกมน (ขวา)

จุดศูนย์กลาง
ความโค้ง

จุดโฟกัส

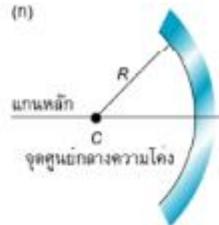


(a)



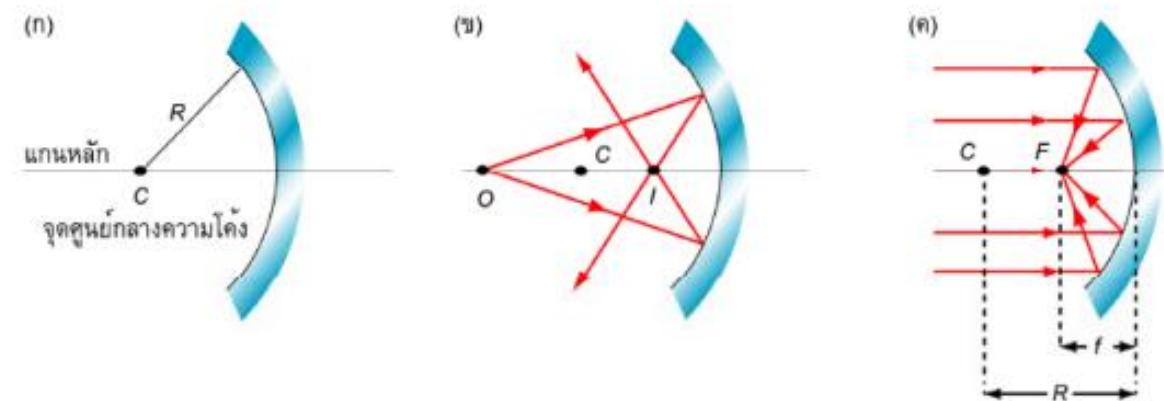
(b)

$$f = \frac{R}{2}$$



(n)

การสะท้อนภาพจากกระจกโค้ง



รูปที่ 14-17 (ก) กระจกเงา และค่าต่างๆ ที่แสดงถึงลักษณะของกระจก (ข) การสะท้อนบนกระจกเงามีเวลทุ (อ) อุตสุนย์กลางความโค้ง (ค) เมื่อวัตถุอยู่ในระยะอันดับที่

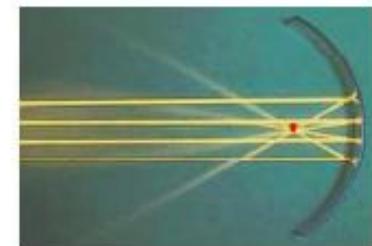
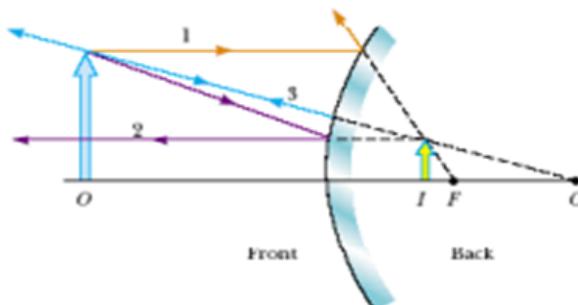
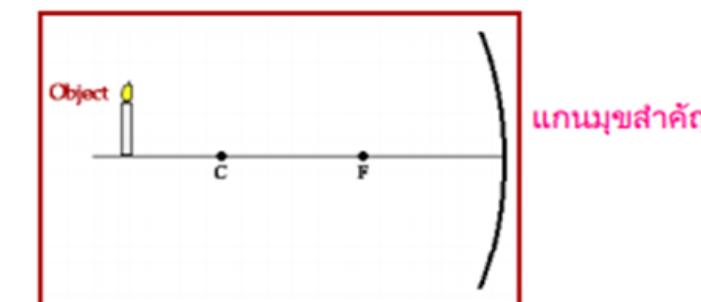
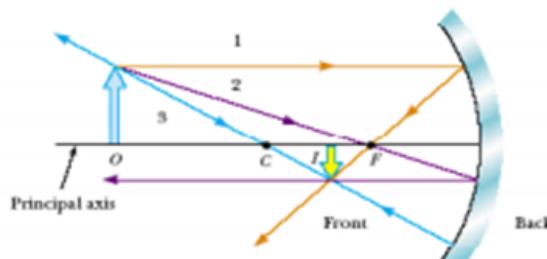
การหาตำแหน่งของภาพจากกระจกโค้ง

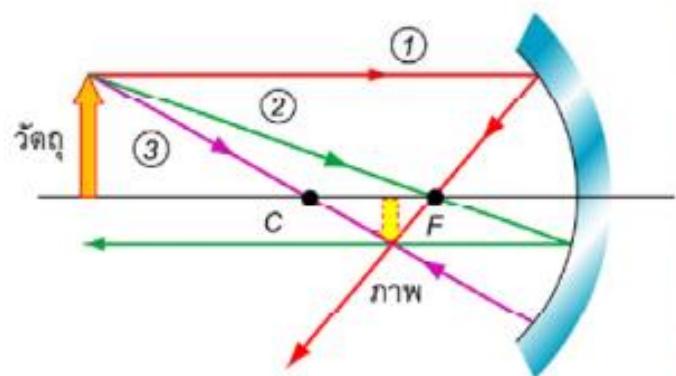
ทำได้สองวิธี (1) วัดรูปรังสี (2) ใช้สมการกระจก

(1) รังสีขานาน

(2) รังสีตัดจุดโฟกัสหน้ากระจก

(3) รังสีตัดจุด $C = 2f$

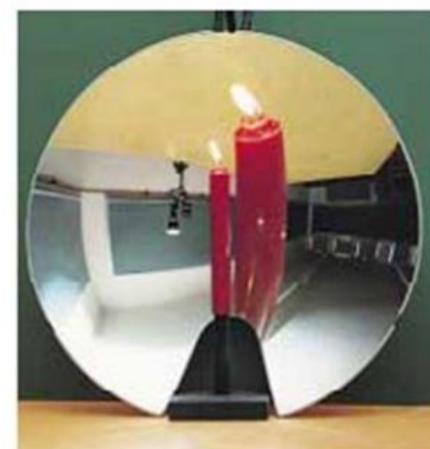
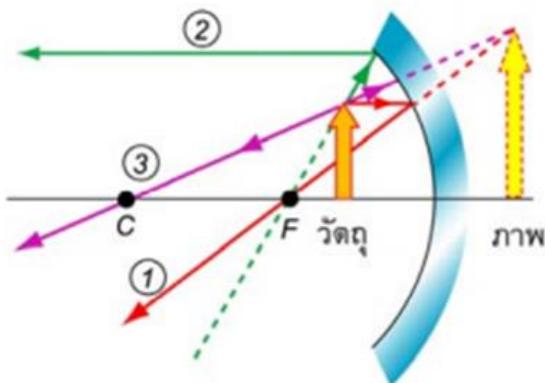




รูปที่ 14-18 การทำจำเพาะเมื่อภาพจากกระจกเว้าโดยการวัดเดินรังสีแสง

วัตถุอยู่หน้ากระจกเว้า ไกลกว่าจุด C

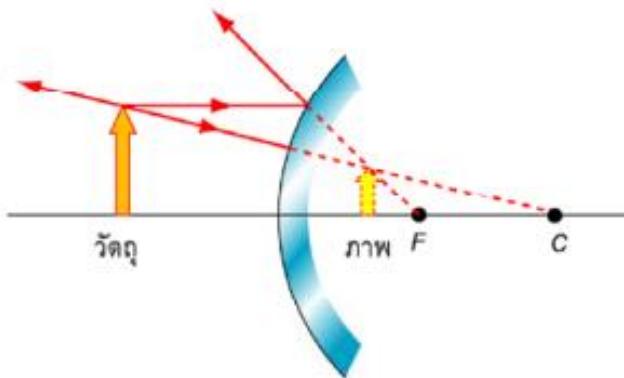
ภาพที่ได้เป็นภาพจริง หัวกลับขนาดเล็กลง



รูปที่ 14-19 จำเพาะเมื่อภาพจากกระจกเว้าในการนี้
ที่วัตถุอยู่ภายในระยะโฟกัสของกระจก

วัตถุอยู่ระหว่างกระจกเว้ากับจุดโฟกัส

ภาพที่ได้เป็นภาพเสมือน หัวดึ้ง ขนาดใหญ่



รูปที่ 14-20 การ反射เลนส์สองเพื่อหาตำแหน่งและชนิดของภาพจากกระจกนูน



วัตถุอยู่หน้ากระจกนูน

ภาพที่ได้เป็นภาพเสมือน หัวด้าน ขนาดเล็ก

การหาตำแหน่งของภาพจากกระจกโค้ง

ทำได้สองวิธี (1) วัดรูปรังสี (2) ใช้สมการกระจก

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ (s) ระยะภาพ (s') และความยาวโฟกัส (f) หรือรูមีความโค้งของกระจก (R)

สมการกระจก

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

ภาพ

ความยาวโฟกัส

$$f = \frac{R}{2}$$

วัตถุ

ขนาดขยาย

$$M = \frac{h'}{h} = \frac{s'}{s}$$

สรุปสูตรการคำนวณ กระจกโค้ง

สมการกระจก

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

การใช้เครื่องหมาย

- * f, R เป็น + เมื่อเป็นกระจกเว้า หน้ากระจก และ เป็น - เมื่อเป็นกระจกนูน หลังกระจก
- s เป็น + เมื่อวัตถุอยู่หน้ากระจก และ เป็น - เมื่อวัตถุอยู่หลังกระจก
- s' เป็น + เมื่อภาพอยู่หน้ากระจก (**ภาพจริง**) หน้ากระจก
และ เป็น - เมื่อภาพอยู่หลังกระจก (**ภาพเสมือน**) หลังกระจก

ตัวอย่างโจทย์ กระจกเงาโค้ง

ตัวอย่างที่ 14.6 วัตถุสูง 1 cm วางห่างจากกระจกโค้ง 10 cm ให้ภาพเสมือนสูง 2.5 cm ตามว่าภาพเสมือนที่ได้ออยู่ต่ำเท่าไร กระจกที่ใช้เป็นกระจกโค้งเว้าหรือกระจกโค้งบุบ
วิธีทำ

เนื่องจากภาพเสมือนที่ได้มีขนาดขยาย เพราะฉะนั้นกระจกที่ใช้ต้องเป็นกระจกโค้งเว้า เพราะกระจกโค้งบุบจะให้ภาพเสมือนขนาดย่อเท่านั้น ตัวแทนของภาพหาได้จากสมการที่ 14.13

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

$$\frac{-2.5 \text{ cm}}{1 \text{ cm}} = \frac{s' \text{ cm}}{10 \text{ cm}}$$

$$s' = -25 \text{ cm}$$

นั่นคือภาพจะเกิดที่ระยะ 25 cm จากกระจก ตรงข้ามกับวัตถุ

กระจกเว้ามีความยาวโฟกัส 40 เซนติเมตร จะต้องวางวัตถุบนแกนของกระจกห่างจากกระจกเท่าไร จึงจะทำให้เกิดภาพหัวตื้นที่มีขนาดเป็น 4 เท่าของขนาดวัตถุ

1. 60 cm

$$f = +40 \quad \left| \begin{array}{l} \frac{r'}{s} = -4 \\ M = -4 \end{array} \right.$$

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

$$\frac{1}{r'} = \frac{1}{-60} + \frac{1}{40}$$

$$\frac{1}{r'} = -\frac{1}{120} + \frac{1}{40}$$

$$\frac{1}{r'} = \frac{1}{60}$$

$$r' = 60 \text{ cm}$$

3. 30 cm

2. 50 cm

4. 20 cm

$$\frac{1}{r'} = \frac{1}{-40} + \frac{1}{40}$$

$$\frac{1}{r'} = \frac{1}{-40} + \frac{1}{40}$$

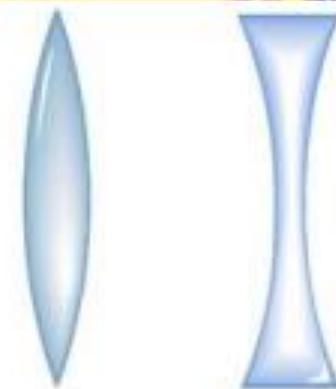
$$\frac{1}{r'} = 0$$

$$r' = \infty$$

การหักเหแสงและการเกิดภาพเลนส์บาง

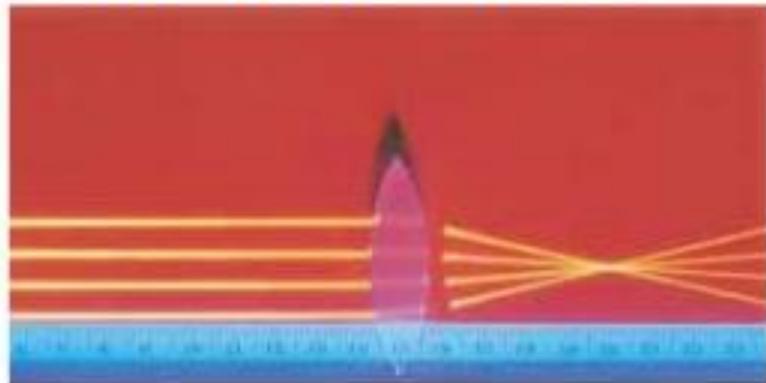
เลนส์ (lens) เป็นอุปกรณ์ที่ศูนย์ความสัตร์ที่อาศัยการหักเหของแสงในการเปลี่ยนเส้นทางของแสง ทำให้เกิดภาพชนิดต่างๆ เลนส์แบ่งออกเป็นสองประเภทใหญ่ๆ คือ

เลนส์บาน (convex lens) และ เลนส์เว้า (concave lens)

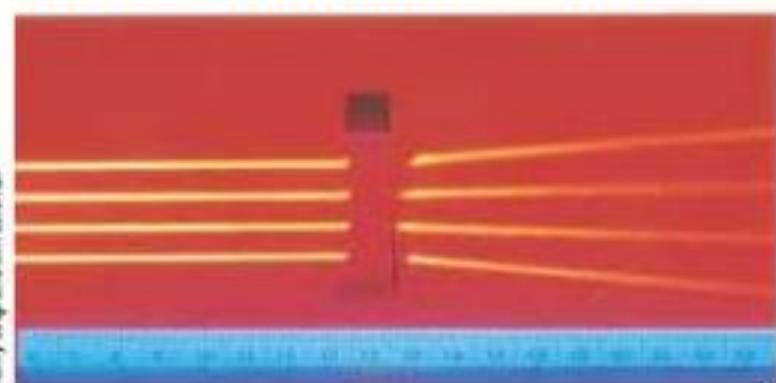


รูปที่ 14-22 เลนส์บาน (ซ้าย)
และเลนส์เว้า (ขวา)

เลนส์บาน ทำหน้าที่รวมแสง



เลนส์เว้า ทำหน้าที่กระจายแสง



เราจะถือว่าเลนส์ที่กำลังจะพิจารณาทั้งหมดเป็นเลนส์บาง (thin lens)

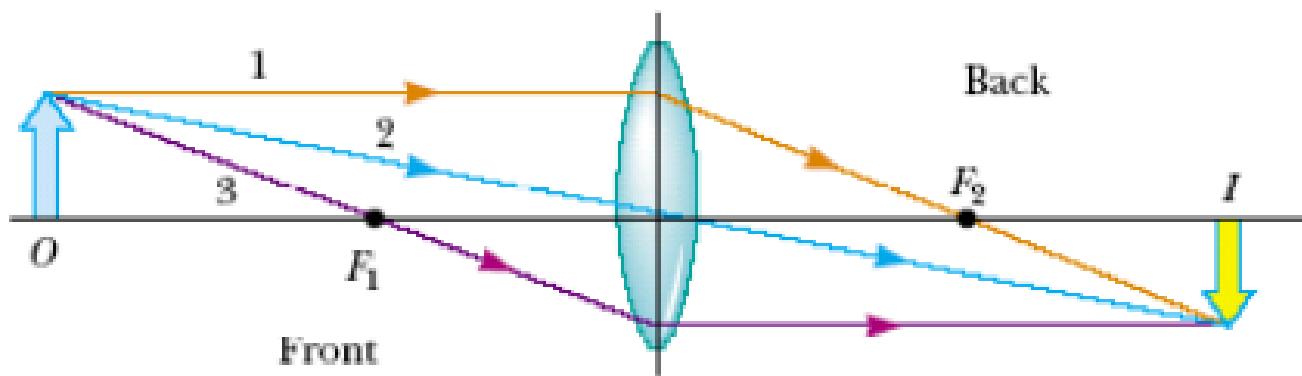
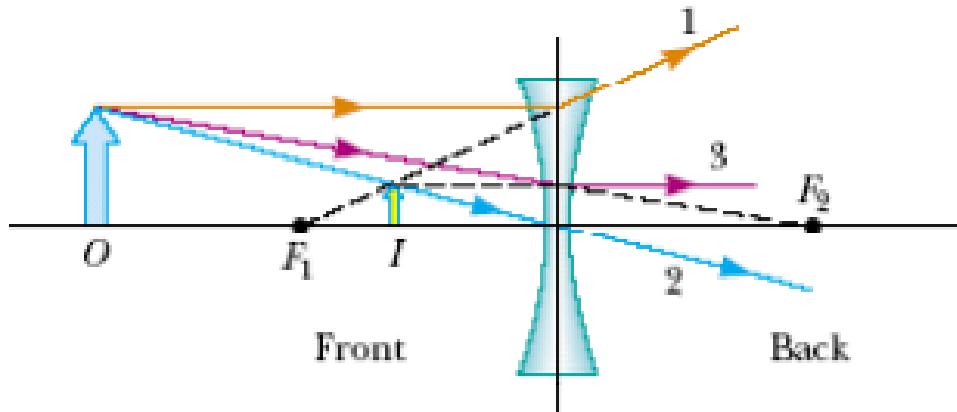
การเขียนเส้นรังสีเลนส์บาง

ทำได้สองวิธี (1) วิเคราะห์ (2) ใช้สมการเลนส์บาง

(1) รังสีขานาน

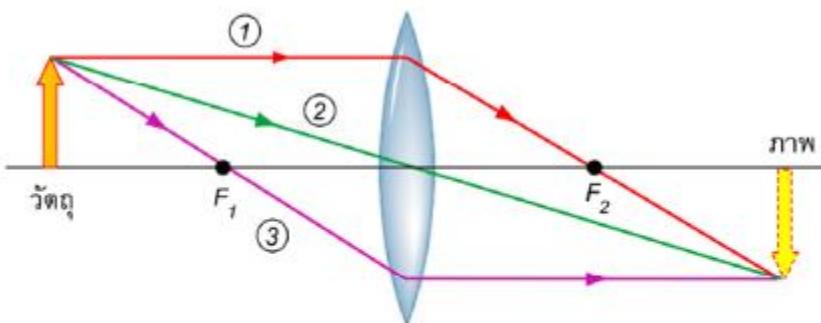
(2) รังสีตัดจุดศูนย์กลางเลนส์

(3) รังสีตัดจุดโฟกัสของเลนส์

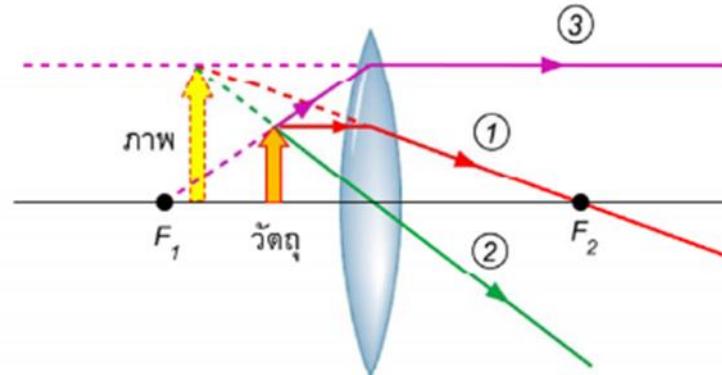


(a)

ภาพจากเลนส์บาน



ภาพจากเลนส์บาน



รูปที่ 14-23 การวัดเส้นรังสีเพื่อหาตำแหน่งและชนิดของภาพจากเลนส์บาน

รูปที่ 14-24 การวัดเส้นรังสีเพื่อหาตำแหน่งและชนิดของภาพจากเลนส์บานเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้จุดโฟกัส

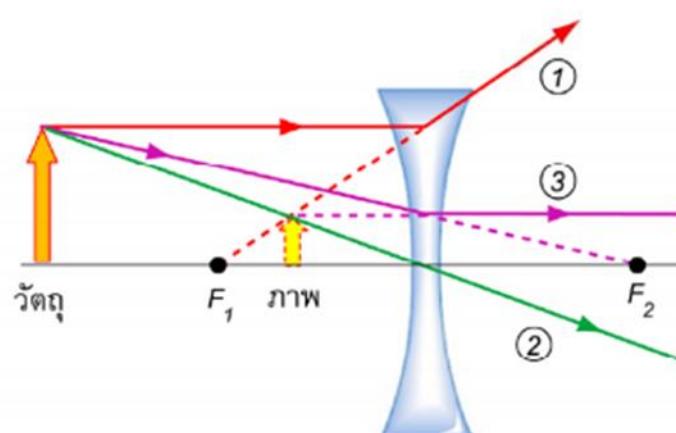
วัตถุอยู่หน้าเลนส์บาน ไกลกว่าจุด F

ภาพที่ได้เป็นภาพจริง หัวกลับขนาดเล็กลง ผึ้งตรงข้าม

วัตถุอยู่ระหว่างเลนส์บานกับจุดโฟกัส

ภาพที่ได้เป็นภาพเสมือน หัวดั้ง ขนาดใหญ่ ผึ้งเดียวกับวัตถุ

ภาพจากเลนส์เว้า



วัตถุอยู่หน้าเลนส์เว้า

ภาพที่ได้เป็นภาพเสมือน
หัวดั้ง ขนาดเล็ก
ด้านเดียวกับวัตถุ

รูปที่ 14-25 การวัดเส้นรังสีเพื่อหาตำแหน่งและชนิดของภาพจากเลนส์เว้า

สรุปสูตรการเกิดภาพเลนส์บาง

ทำได้สองวิธี (1) วัดรูปรังสี (2) ใช้สมการเลนส์บาง

สมการเลนส์บาง
สัญลักษณ์

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

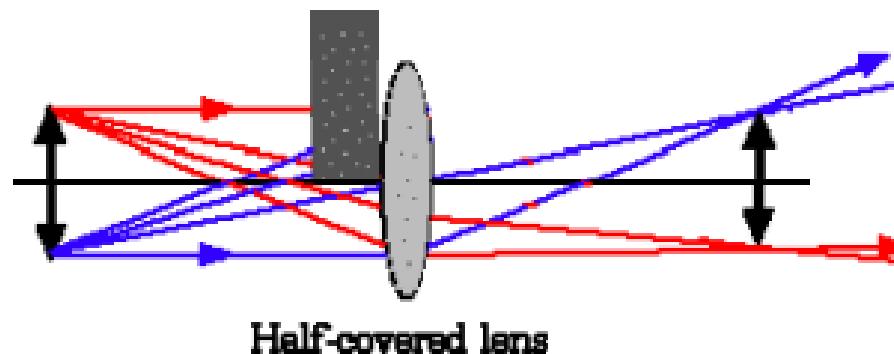
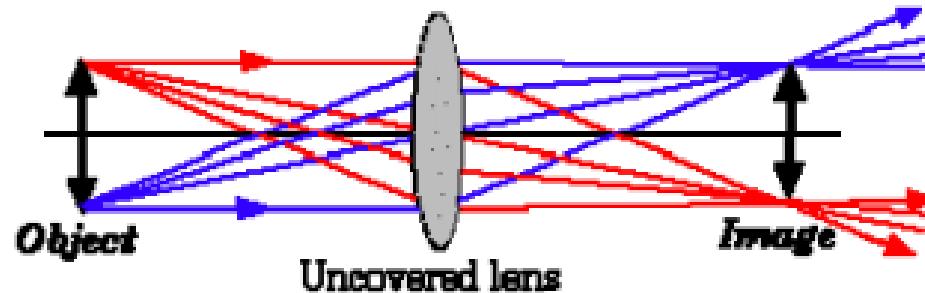
$$M = \frac{h'}{h} = \frac{s'}{s}$$

| | | |
|---------------------------|-------------------------------|---------------------|
| | (+) | (-) |
| เป็นวงเมื่อ | เป็นลบเมื่อ | |
| s' , วัตถุอยู่หน้าเลนส์ | วัตถุอยู่หลังเลนส์ | |
| s' , ภาพอยู่หลังเลนส์ | ภาพอยู่หน้าเลนส์ | |
| (ภาพจริง) | (ภาพเสมือน) | เลนส์เว้า หน้าเลนส์ |
| C อยู่หลังเลนส์ | C อยู่หน้าเลนส์ | |
| $f+$ เลนส์บาน | $f-$ เลนส์เว้า | |
| ภาพหัวดึง | ภาพหัวกลับ | |
| ด้านเดียวกับวัตถุ | ด้านตรงข้ามกับวัตถุ | |

คำถกนคิด

เลนส์ถูกนำมาใช้ไฟกสภาวตถุลงบนจอ เกิดอะไรขึ้นถ้าเรามีอปิดครึ่งหนึ่งของเลนส์ เราจะยังเห็นภาพวตถุเต็มตัว หรือว่าครึ่งหนึ่ง

ภาพวตถุที่ได้จะยังเต็มตัวเหมือนเดิม แต่เนื่องจากการสีแสงลดลงครึ่งหนึ่ง ความเข้มของภาพจะลดลงครึ่งหนึ่ง



ตัวอย่างโจทย์ เลนส์บาง

ต้องการให้เกิดภาพทางด้านเดียว กับรังสีทักระยะ มีขนาดเป็น $1/3$ เท่าของวัตถุ และอยู่ห่างเลนส์เป็นระยะ 10 ซม. จะต้องใช้เลนส์ชนิดใด และมีความยาวโฟกัสกี่เซนติเมตร = งานนี้สนุก

1. เลนส์นูน ทางยาวโฟกัส 15

3. เลนส์เว้า ทางยาวโฟกัส 15

2. เลนส์นูน ทางยาวโฟกัส 30

4. เลนส์เว้า ทางยาวโฟกัส 30

$$M = -\frac{1}{3} \approx \frac{5}{5}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{10} - \frac{3}{10} \leftarrow$$

$$f = -5 \text{ cm}$$

$$s' = 10 \\ s' \approx -\frac{10}{3}$$

ปัญญาณ

วางแผนวัตถุไว้หน้าเลนส์นูนให้ห่างจากเลนส์ 150 เซนติเมตร เกิดภาพที่ระยะ 5 เซนติเมตรด้านหลังเลนส์ ถ้านำเลนส์เว้าวางแผนหน้าเลนส์นูนให้ห่างจากเลนส์ 5 เซนติเมตรจะได้ภาพของวัตถุที่อยู่ไก่มากอยู่ที่ตำแหน่ง 5 เซนติเมตรหลังเลนส์นูนเหมือนเดิม จงหาความยาวโฟกัสของเลนส์เว้านี้

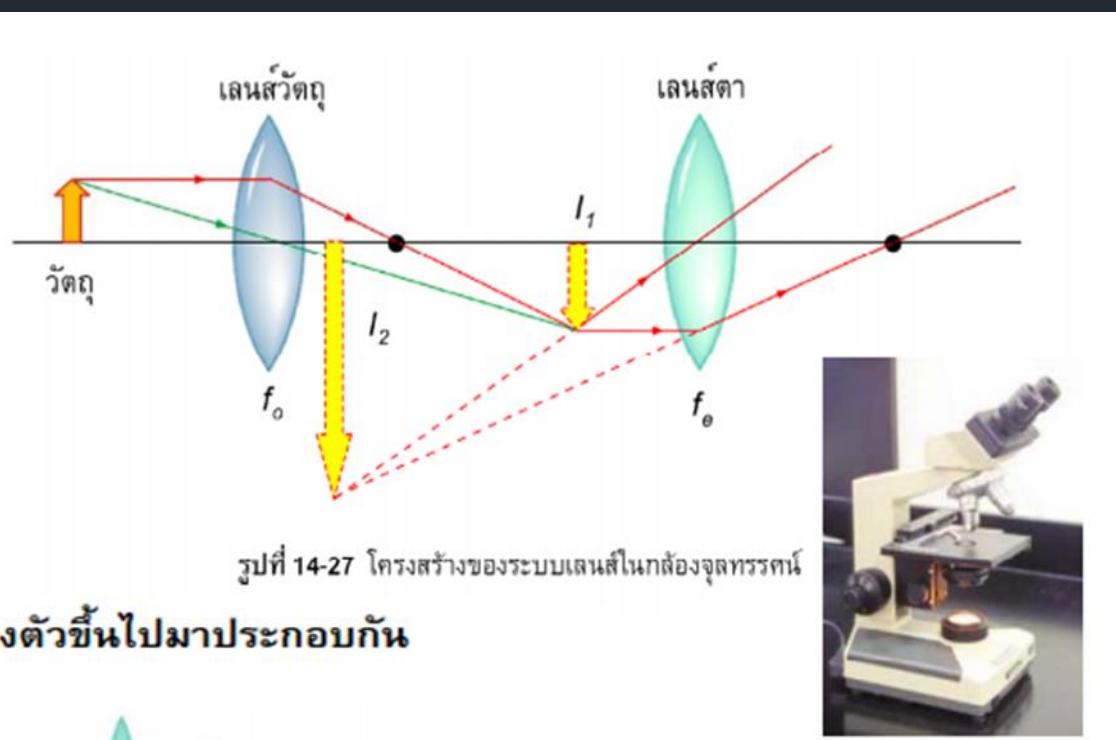
1. 35 cm

2. 75 cm

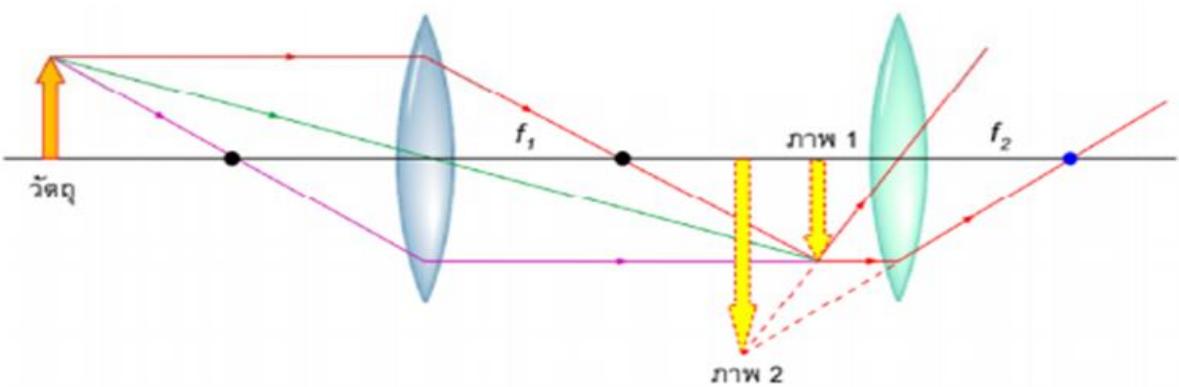
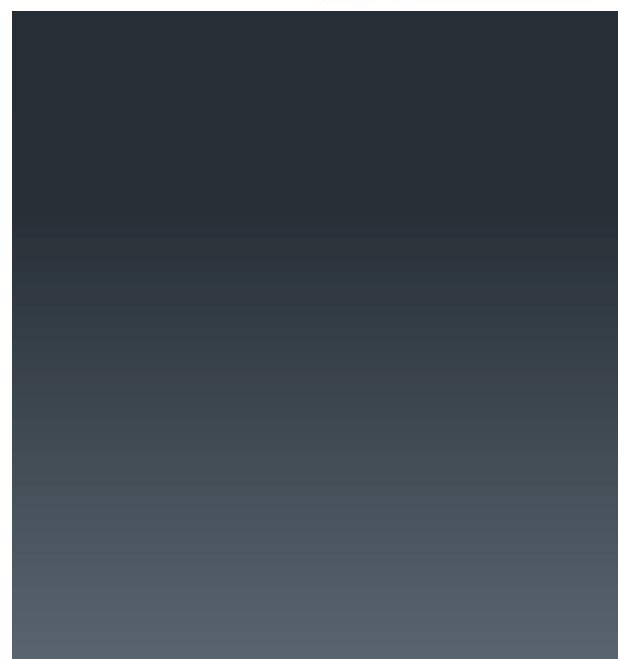
3. 145 cm

4. 150 cm

ทัศนอุปกรณ์ และระบบเลนส์



ระบบของเลนส์ คือ ระบบที่มีเลนส์มากกว่าสองตัวขึ้นไปมาประกอบกัน



รูปที่ 14-26 การวิเคราะห์รังสีเพื่อหาที่แท้แห่งและชนิดของภาพจากระบบเลนส์

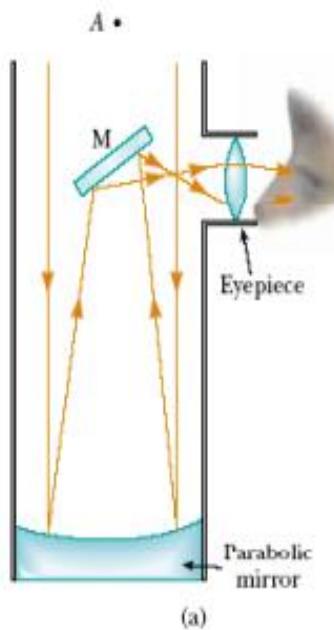
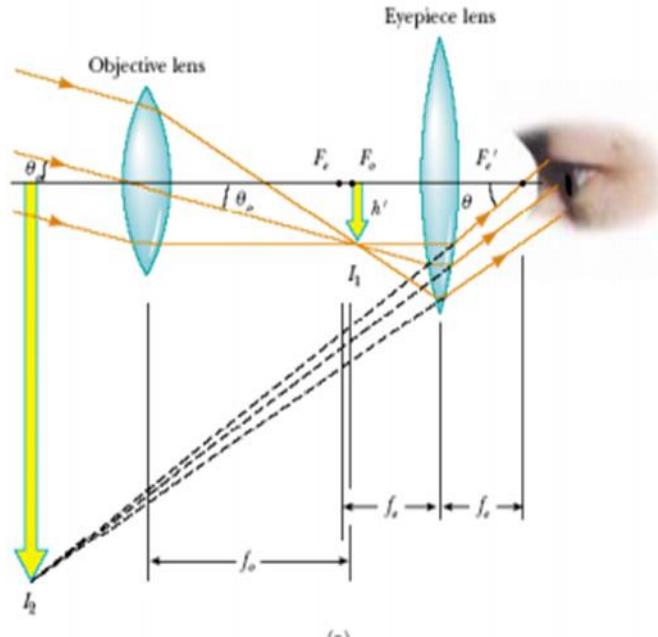
ภาพที่ได้จากตัวเรกจะกลับเป็นวัตถุสำหรับตัวที่สอง ภาพที่ได้จากตัวที่สอง จะเป็นวัตถุสำหรับตัวที่สาม และต่อ ๆ ไปเรื่อย ๆ จนถึงตัวสุดท้าย ภาพที่ได้จากตัวสุดท้ายคือภาพที่เรามองเห็น

มีสองชนิด **reflecting telescope** และ **refracting telescope**

กล้องโทรทรรศน์

กล้องโทรทรรศน์

มีสองชนิด **reflecting telescope** และ **refracting telescope**



ตัวอย่างโจทย์ ทัศนอุปกรณ์

ตัวอย่างที่ 14.10 กล้องจุลทรรศน์ มีเลนส์วัตถุที่มีระยะโฟกัส 0.60 cm เลนส์像มีระยะโฟกัส 5.00 cm ห้องเลนส์วางห่างกัน 23 cm วัดดูมีขนาด 0.01 cm วางอยู่ห่างจากเลนส์วัตถุ 0.62 cm

(ก) ให้คำนวณหาตำแหน่ง ขนาด และกำลังขยายของภาพที่เกิดจากเลนส์วัตถุ

(ข) ใช้ภาพที่เกิดจากเลนส์วัตถุเป็นวัตถุสำหรับเลนส์像 คำนวณหา ตำแหน่ง ขนาด และกำลังขยายของภาพที่เกิดจากเลนส์像

(ค) หากลังขยายรวมของกล้องจุลทรรศน์

วิธีทำ

(ก) ระยะภาพที่เกิดจากเลนส์วัตถุ (s'_o) คำนวณได้จาก

$$\frac{1}{s'_o} = \frac{1}{f_o} - \frac{1}{s_o} = \frac{1}{0.60 \text{ cm}} - \frac{1}{0.62 \text{ cm}} = 0.0538 \text{ cm}^{-1}$$

$$s'_o = 18.6 \text{ cm}$$

กำลังขยายเท่ากัน

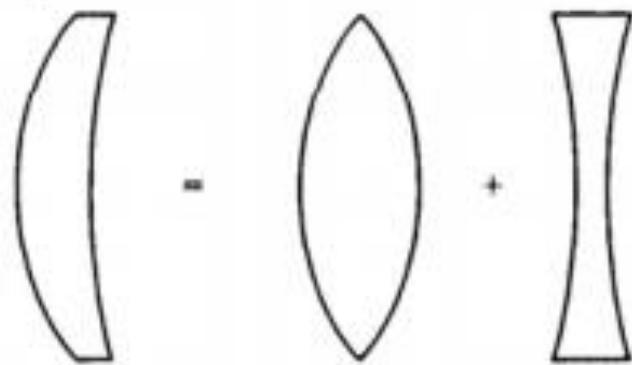
$$M_o = \frac{s'_o}{s_o} = \frac{18.6 \text{ cm}}{0.62 \text{ cm}} = 30$$

และขนาดของภาพจากเลนส์วัตถุเท่ากัน

$$h'_o = M_o h_o = 30(0.01 \text{ cm}) = 0.3 \text{ cm}$$

การหาไฟกัสรของเลนส์ประกอบ

ความยาวไฟกัสรของเลนส์ประกอบ

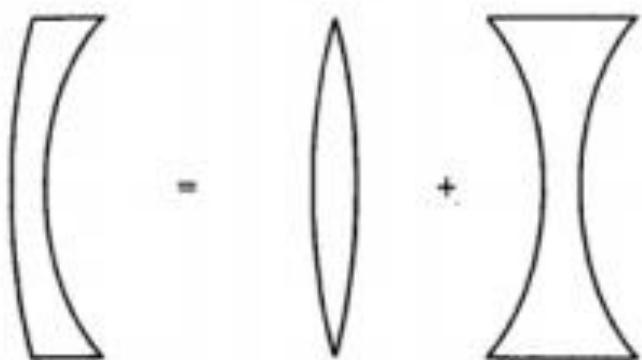


สมการจากเลนส์ตัวที่ 1

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{s_1} + \frac{1}{s'_1}$$

สมการจากเลนส์ตัวที่ 2

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{s_2} + \frac{1}{s'_2}$$



แต่เรารู้ว่า

$$s_2 = -s'_1$$

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{s_1} + \frac{1}{s'_2}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

ถ้าเลนส์หรือกระจก อยู่ใกล้กันมาก เราคิด
ทั้งหมดเป็นเลนส์ตัวเดียวที่มีความยาวไฟกัสร

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \cdots + \frac{1}{f_n}$$

กำลังและอัตราการขยายของเลนส์ประกอบ

$$\text{กำลังของเลนส์ (S)} = 1/f$$

$$D = \frac{1}{f}$$

หน่วยของกำลังของเลนส์คือ $1/m$ แต่นิยมเรียกว่า diopter (D)



รูปที่ 12-5 (ก) ความยาวโฟกัสมาก กำลังน้อย

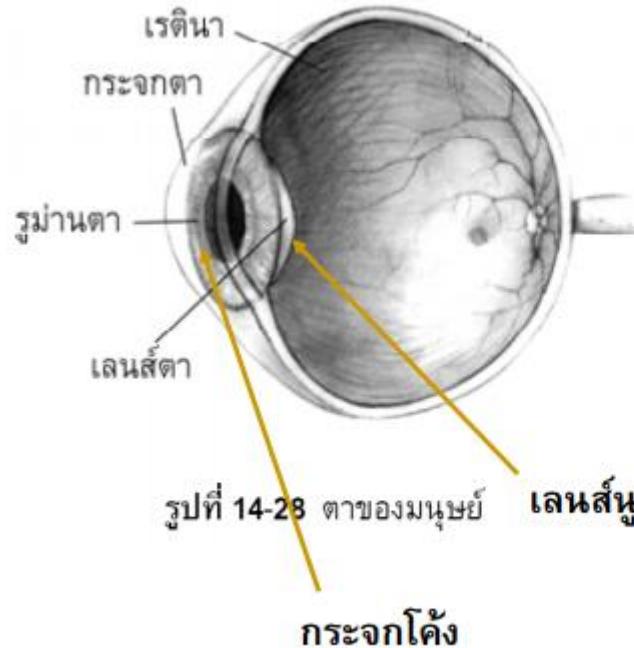


รูปที่ 12-5 (ก) ความยาวโฟกัสสั้น ค่า เลนส์นี้ กำลังมาก

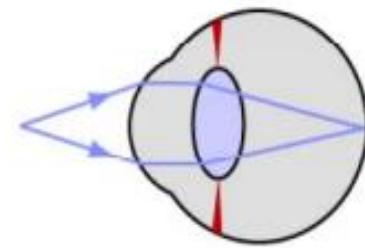
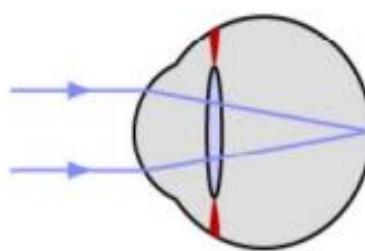
ดังนั้น ในการนิ่วี่เลนส์อยู่ติดกัน
กำลังสมมูล (equivalent power)

$$D = D_1 + D_2 + \dots$$

การมองเห็นของมนุษย์



ระยะจากระบบเลนส์ตาถึงเรตินาของตามนุษย์โดยปกติจะมีค่าคงที่เสมอ โดยจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 2 cm ซึ่งระยะนี้ก็คือระยะภาพของระบบเลนส์ตาแห่งนั้นเอง แต่เวลาที่เรามองวัตถุ ระยะวัตถุจะแตกต่างกันออกไป นั่นคือระยะวัตถุ (s) มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการที่ต้องมองเห็นภาพให้ได้ชัดเจนนั้น สิ่งที่จะต้องเปลี่ยนแปลงคือความยาวโฟกัสของเลนส์ตา หรือ กำลังของเลนส์ตา



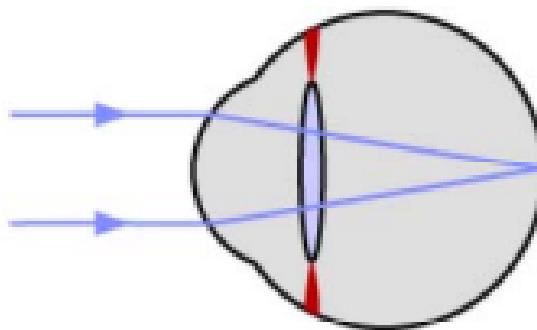
รูปที่ 14-29 ลักษณะของเลนส์ตาเมื่อมองวัตถุที่ (ก) ระยะอนันต์ (วัตถุอยู่ไกลมาก) และ (ข) ระยะใกล้ด้วยตา

ดวงตามนูชย์

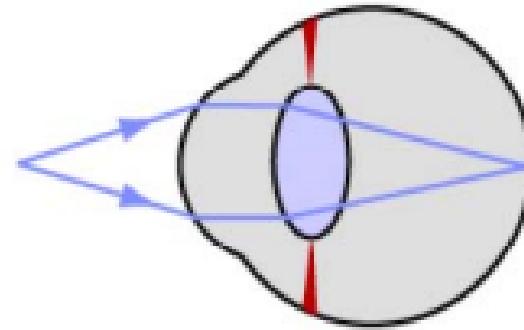
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

s' คงที่เสมอ ส่วน s เปลี่ยนแปลง
ตั้งนั้น f หรือ D ต้องเปลี่ยนแปลงตาม

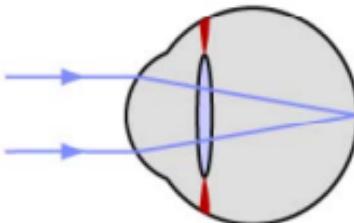
เมื่อวัตถุอยู่ใกล้ D น้อย (f มาก)
กล้ามเนื้อตาอยู่ในสภาพพักผ่อน (relax)
เลนส์ติดบางหรือเลนส์ผอม



เมื่อวัตถุอยู่ไกล D มาก (f น้อย)
กล้ามเนื้อตาทำงานหนัก เลนส์ติดหนา
หรือเลนส์อ้วน



สำหรับคนที่มีสายตาปกติ เมื่อมองวัตถุที่ระยะไกล (นั่นคือระยะวัตถุเป็นอนันต์) แสงจะต้องตกลงบนเรตินาเพอดี (ซึ่งอยู่ห่างจากเลนส์ตาเป็นระยะ 2 cm)



กำลังของเลนส์ตา

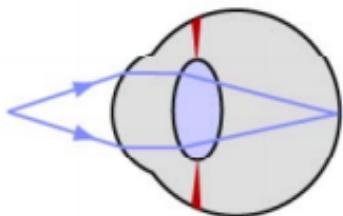
$$D = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$D = \frac{1}{f}$$

โดยระยะวัตถุ (s) เป็นอนันต์

$$D_{\infty} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{2.0 \text{ cm}} = 0 + \frac{1}{2.0 \times 10^{-2} \text{ m}} = 50.0 \text{ D}$$

ระยะวัตถุ (เฉลี่ย) ที่ใกล้ที่สุดที่คนสายตาปกติสามารถมองเห็นได้ชัดเจนคือ 25 cm)
เช่นกัน แสงจะต้องตกลงบนเรตินาเพอดี (ซึ่งอยู่ห่างจากเลนส์ตาเป็นระยะ 2 cm)



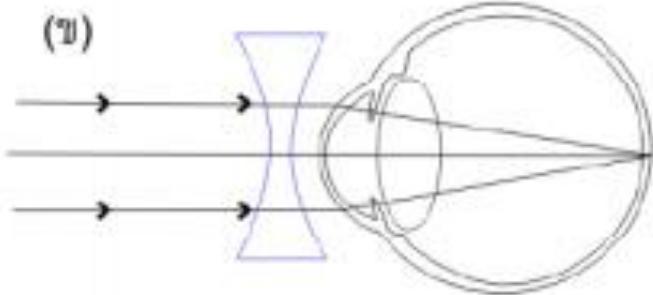
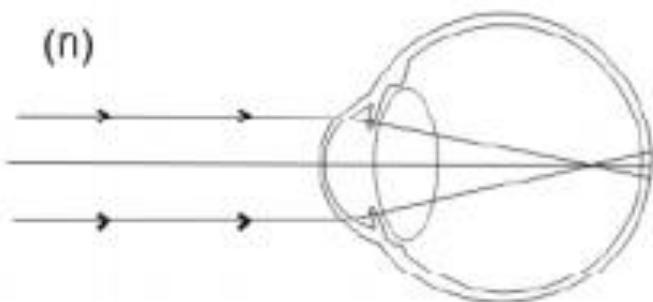
กำลังของเลนส์ตา

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

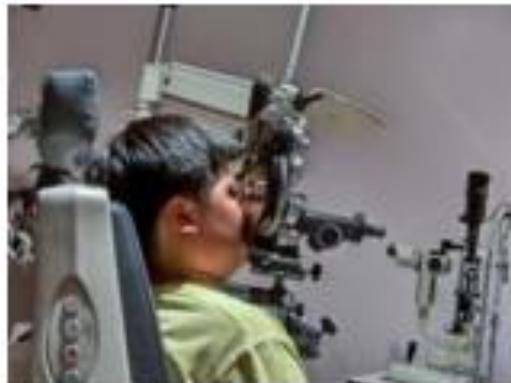
$$D_{\max} = \frac{1}{25.0 \text{ cm}} + \frac{1}{2.0 \text{ cm}} = \frac{1}{25.0 \times 10^{-2} \text{ m}} + \frac{1}{2.0 \times 10^{-2} \text{ m}} = 54.0 \text{ D}$$

สรุปว่า สำหรับผู้ที่มีสายตาปกติ กล้ามเนื้อดำสามารถปรับเปลี่ยนกำลังของเลนส์ตาให้อยู่ในช่วงตั้งแต่ 50.0D เมื่อมองวัตถุที่ระยะไกล ถึง 54.0D เมื่อมองวัตถุที่ระยะ 25 cm นั่นเอง

แเว่นคนสายตาสั้น



รูปที่ 14-30 สายตาสั้น



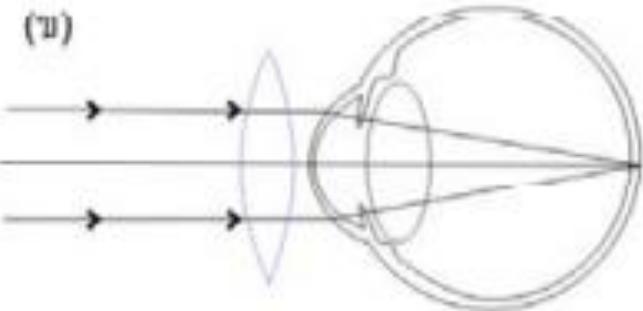
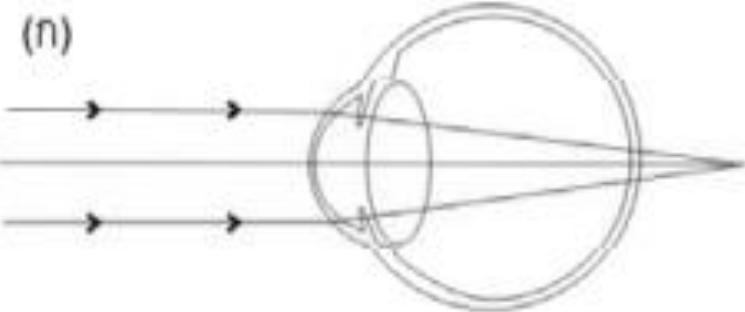
สายตาสั้น (Myopia; nearsightedness)

อาการ มองใกล้ได้ชัด แต่มองไกลได้ไม่ชัด

สาเหตุ สำรวจรวมกันก่อนที่ถึงเรตินา เนื่องจาก
เลนส์ติดหัวไป หรือระยะเลนส์ถึงเรตินายาว
เกินไป หรือเลนส์ตามีกำลังมากไป คือ^{f < 50}
มากกว่า 50.0D

การแก้ไข ต้องใช้เลนส์ที่มีกำลังเป็นลบ เพื่อ^{f < 50}
มาหักล้างกับค่ากำลังที่เกินเพื่อให้มีรวมกัน^{f = 50}
แล้วได้ 50.0 D เลนส์ที่ใช้จึงเป็นเลนส์เว้า

แgn คนสายตา远



รูปที่ 14-31 สายตา远

สายตา远 (Hyperopia; farsightedness)

อาการ มองใกล้ได้ชัด แต่มองไกลได้ไม่ชัด

สาเหตุ แสงรวมกันที่หลังเรตินา เนื่องจากเลนส์ต้านางไป หรือระยะเลนส์ถึงเรตินาสั้นเกินไป หรือเลนส์ตามีกำลังน้อยกว่า 54.0 D

การแก้ไข ต้องใช้เลนส์ที่มีกำลังเป็นบวกเพื่อมาเพิ่มกับค่ากำลังที่น้อยไป เพื่อให้มื่อรวมกันแล้วได้ 54.0 D เลนส์ที่ใช้จึงเป็นเลนส์บวก (+)

ในการคำนวณกำลังของเลนส์สำหรับใช้แก้สายตาบกพร่อง เนื่องจากเลนส์จะอยู่ใกล้ตามาก ดังนั้นเราจะคิดว่าห้องระบบเลนส์ตัว (นั่นคือห้องเลนส์ตาและกระจกตา) และเลนส์ของแว่นตาร่วมเป็นเลนส์ตัวเดียวที่มีกำลังของเลนสร่วม

$$D_{\text{total}} = D_{\text{eye}} + D_{\text{glasses}}$$

โดย D_{eye} และ D_{glasses} คือกำลังของระบบเลนส์ตาและกำลังของแว่นตา ตามลำดับ

ตัวอย่างที่ 14.15 ชายตาดีคนหนึ่งเห็นวัตถุได้ในไกลกว่า 1 m มีระยะเลนส์ถึง retina 2 cm ให้หากำลังเลนส์ แว่นตาที่ทำให้ชายคนนี้เห็นไกลให้เป็นปกติ

วิธีทำ

วิธีที่ 1 คำนวณด้วยคุณปกติเมื่อมองที่ระยะไกลๆ มีค่าเท่ากับ 50.0 D ดังนั้น ถ้าเราต้องการแก้คนสายตาดีให้มองไกลๆ เราจะต้องทำ $D_{\text{total}} = 50.0 \text{ D}$ หรือพูดให้ว่า ในกรณีนี้ ระยะอันดับของชายคนนี้คือระยะ 1m ดังนั้น เราต้องแก้ให้ระยะอันดับของชายคนนี้จาก 1 m เป็นอนันต์

จากโจทย์ $s = 1 \text{ m}$, $s' = 0.02 \text{ m}$ ดังนั้น

$$D \approx 1 \Rightarrow \frac{1}{f}$$

$$D_{\text{eye}} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{1.0 \text{ m}} + \frac{1}{0.02 \text{ m}} = 1.0 \text{ D} + 50.0 \text{ D} = 51.0 \text{ D}$$

กำลังตามากไปกว่าปกติ 1.0 D เพราะฉะนั้นจะต้องใช้แว่นที่มีกำลังข้างตัด -1.0 D มาช่วย (ซึ่งเป็นเลนส์ร้าว)

ร้านตัดแว่นของเมืองไทยนั้นระบุค่านี้เป็นจำนวนเต็มร้อย นั่นคือในกรณีนี้ชายคนนี้จะมีสายตาดี 100 ดังนั้น ถ้าสายตาดี 250 หมายความว่าต้องใช้แว่นที่มีกำลัง -2.5 D นั่นเอง

ตัวอย่างที่ 14.16 คนสายตายาวจะมองเห็นในระยะใกล้ไม่ชัดเห็นคนปักดิ ระยะใกล้เดลี่ยที่คนปักดิมองเห็นคือที่ระยะ 25.0 cm และนายวีระน้องเห็นระยะใกล้ที่สุดที่ชัดเจนคือ 50 cm นายวีระต้องใส่แว่นตาที่ทำมาจากเลนส์อะไร และมีกำลังเท่าไร

วิธีทำ

เนื่องจากระยะที่ใกล้ที่สุดที่นายวีระสามารถมองเห็นวัดถูกใจชัดคือ 50 cm ซึ่งมากกว่าระยะปักดิที่ 25.0 cm ในการแก้ก็คือทำให้ระยะวัดถูกใจ 50 cm มาอยู่ที่ระยะ 25 cm สมมติให้ระยะระหว่างเลนส์ตา กับ retina เป็น 2.0 cm เช่นเดิม

$$D = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{50.0 \text{ cm}} + \frac{1}{2.0 \text{ cm}} = \frac{1}{50.0 \times 10^{-2} \text{ m}} + \frac{1}{2.0 \times 10^{-2} \text{ m}} = 52.0 \text{ D}$$

เปรียบเทียบกับคนสายตาปกติที่เลนส์ตา มีกำลัง 54.0 D เมื่อมองวัดถูกใจที่ระยะใกล้ (คือที่ระยะ 25 cm) และง่าว่าเลนส์ตาของนักเรียนคนนี้มีกำลังน้อยเกินไปถึงที่คนสายตายาวจะจะเป็น เพราะฉะนั้นเราสามารถแก้ไขความบกพร่องนี้ได้โดยใส่แว่นที่ทำให้มีกำลังรวมของตาและแว่นมีค่าเท่ากับ 54.0 D นั่นคือ เราสามารถหาค่าอัจฉริยะที่ต้องการได้จากการคำนวณการที่ 14.23 ดังนี้

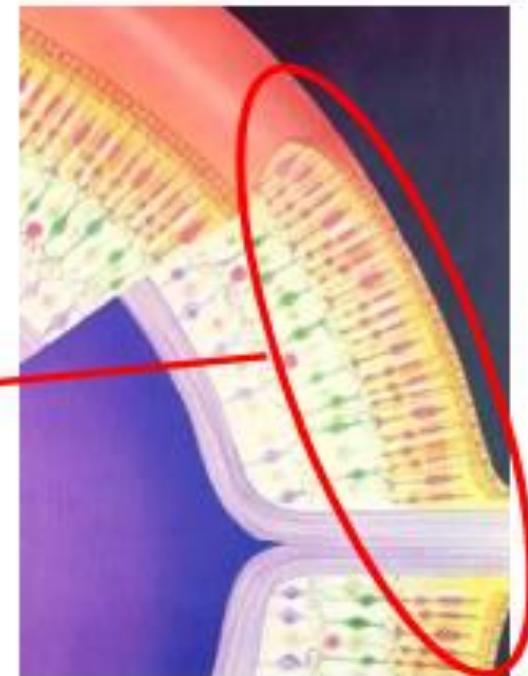
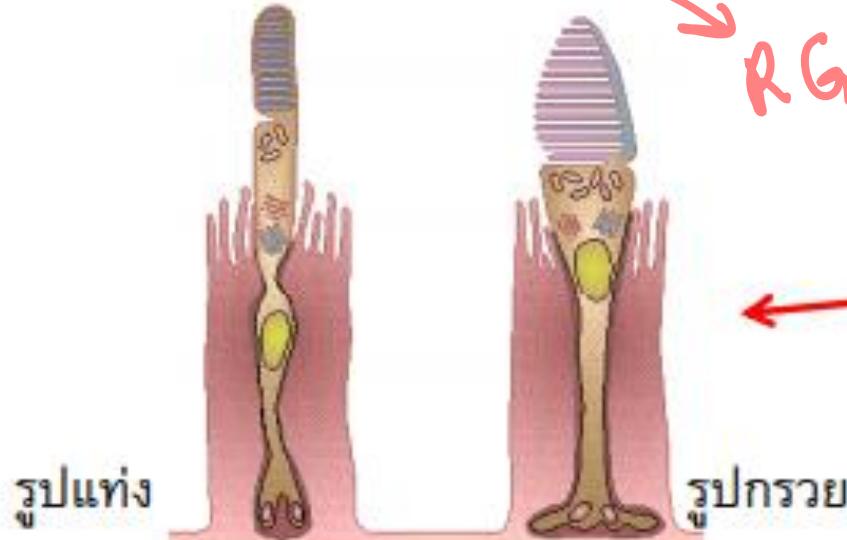
$$\begin{aligned} D_{\text{total}} &= D_{\text{eye}} + D_{\text{glasses}} \\ 54.0 \text{ D} &= 52.0 \text{ D} + D_{\text{glasses}} \\ D_{\text{glasses}} &= +2.0 \text{ D} \end{aligned}$$

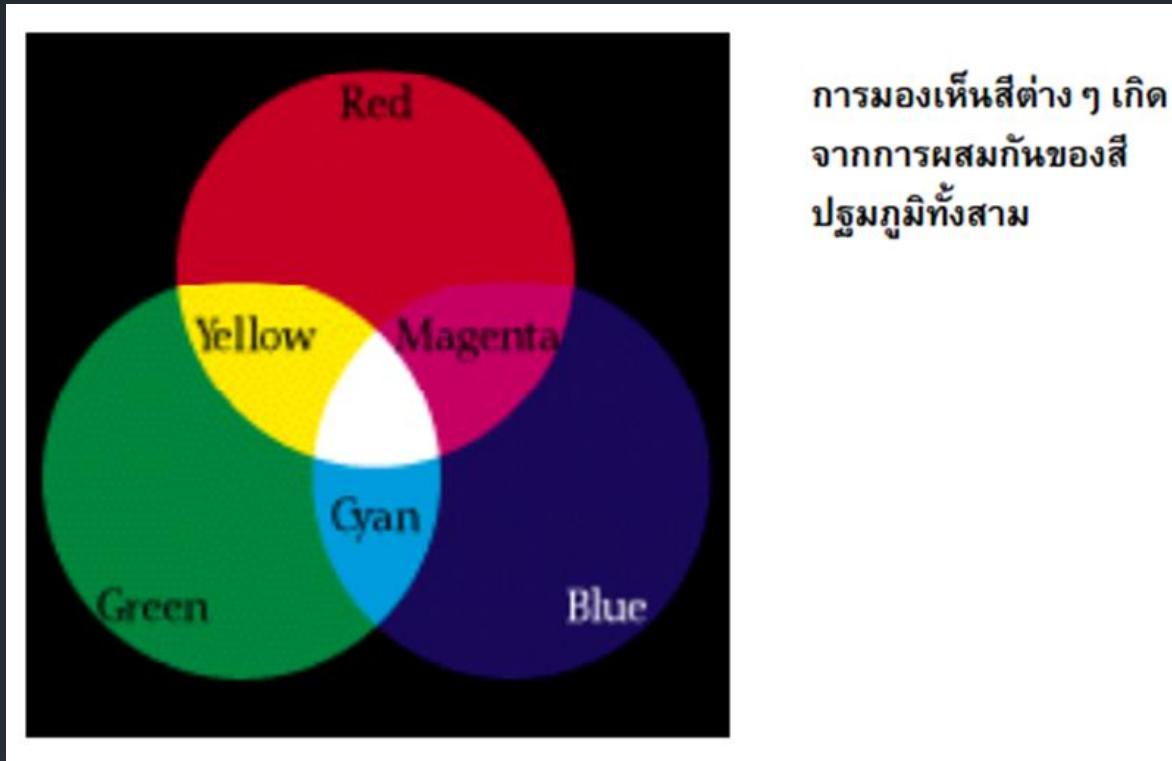
นั่นคือแว่นจะต้องมีกำลังเท่ากับ +2.0 D เครื่องหมายบวกบอกว่าต้องเป็นเลนส์บูบ ซึ่งเป็นเลนส์ที่คนสายตายาวใช้

ประสาทตา

สำหรับการมองเห็นสีต่างๆ ของ瞳瞞นเกี่ยวข้องกับการทำงานของเรตินา ที่เรตินาจะมีเซลล์รับแสงจำนวนมากแบ่งได้ออกเป็นสองชนิด คือ

- **เซลล์รูปแท่ง (rods)** ไวต่อแสงมาก แต่ไม่สามารถจำแนกสีได้ ดังนั้นการมองในที่มืดหรือมีแสงน้อย เซลล์รูปแท่งจะทำงาน ภาพที่ได้จะเป็นในลักษณะของภาพขาวดำ
- **เซลล์รูปกรวย (cones)** จะเกี่ยวข้องกับการจำแนกสีของแสง แบ่งได้เป็นสามชนิด แต่ละชนิดจะไวต่อแสงสีปฐมภูมิ (ประกอบไปด้วยสีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดง) สีอื่นๆ ที่เรามองเห็นจะเป็นสีที่เกิดจากการผสมกันของสีทั้งสามสีนี้





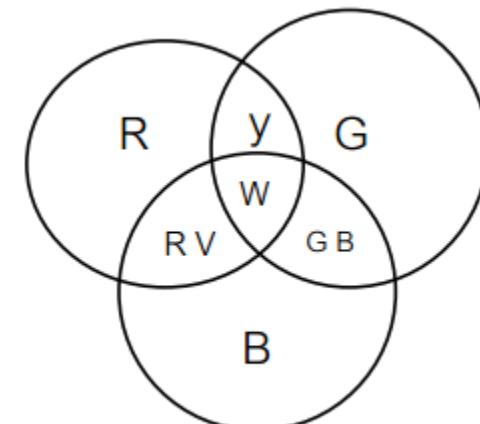
แสงสี มี 3 ตัว คือ R G Blue

$$\text{เมื่อ } R + G + B = W$$

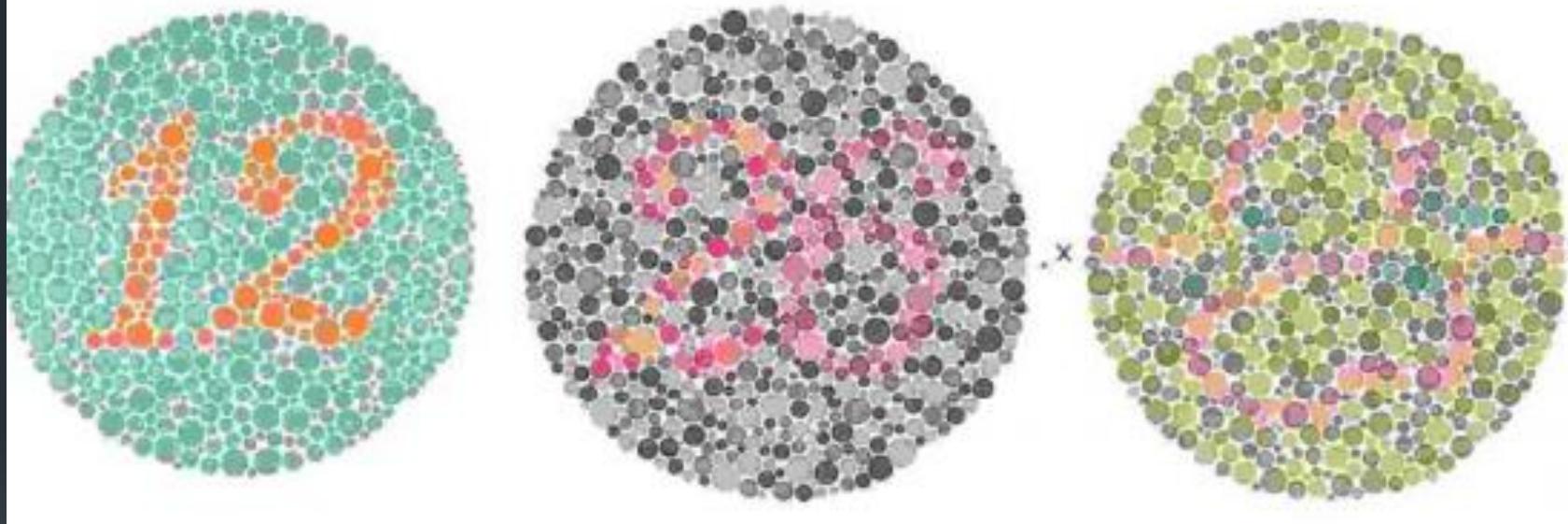
$$R + G = \text{เหลือง}$$

$$R + B = \text{ม่วงแดง}$$

$$G + B = \text{น้ำเงินเขียว}$$

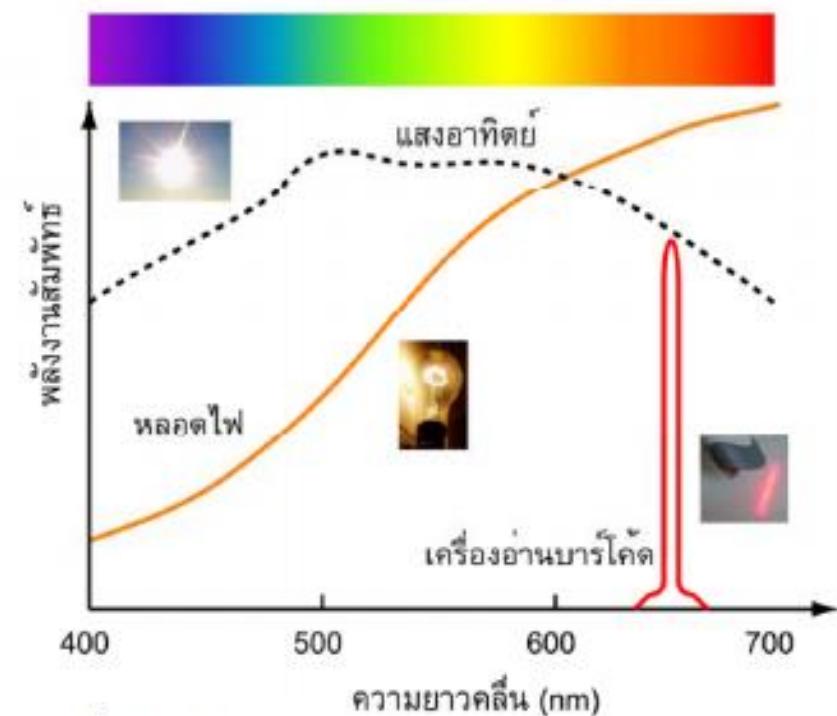


ในคนปกติ อาจจะมีเซลล์รับสีทั้งหมดสามสี แต่สำหรับบางคนแล้วเซลล์รับแสงบางสี อาจจะไม่ทำงาน ทำให้รับแสงสีนั้นไม่ได้ เรียกว่าเป็น ตาบอดสี (**color blindness**) ซึ่งเป็นมาแต่กำเนิดถูกถ่ายทอดผ่านทางกรรมพันธุ์ เราพบว่าประมาณ 8% ของผู้ชาย จะเป็นตาบอดสี ในขณะที่เพียง 1% ของผู้หญิงเท่านั้นที่เป็นตาบอดสี



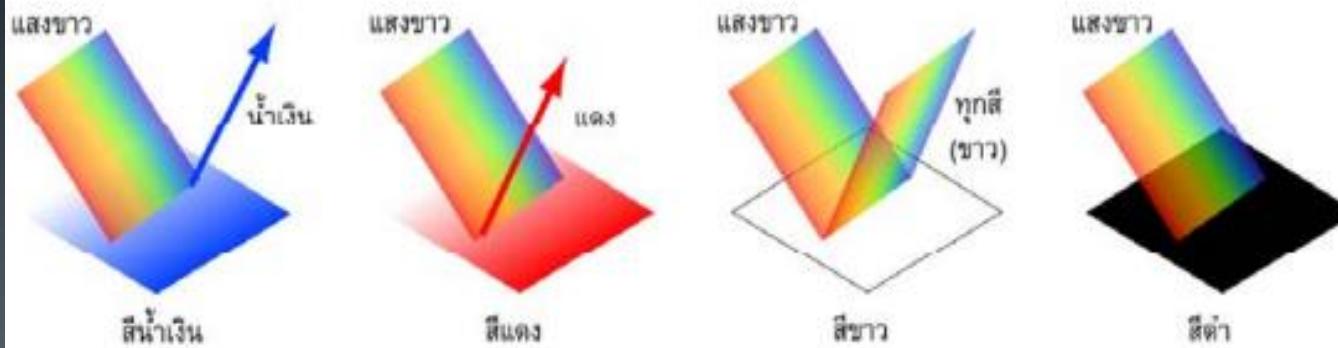
ความเมื่อยล้าของเรตินา (retina fatigue) เกิดขึ้นได้เมื่อเรามองแสงสีเดียวเป็นเวลานานๆ เมื่อเปลี่ยนไปมองสีอื่นจะทำให้การผสมสีของเซลล์ไม่ดีพอ

การที่เราเห็นแสงจากแหล่งกำเนิดแสงเป็นสีต่างๆ กันก็ เพราะแหล่งกำเนิดแสงปล่อย (emit) แสงในช่วงความยาวคลื่นบางค่าออกมาเท่านั้น



การที่วัดถูกแสดงสีต่างๆ กันก็ เพราะว่าคุณสมบัติการดูดกลืนแสงสีของวัสดุนั้นต่างกัน

จะเป็นครรภ์ของแหล่งกำเนิดแสงต่างๆ



รูปที่ 14-34 สีของวัสดุเกิดจากการดูดกลืนและบางช่วงของสเปกตรัมไป

การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนแสง

การแทรกสอด เมื่อใช้แผ่น Slit คู่ (Double Slit) และ Grating แบบการแทรกสอดที่ได้ จะมีระยะห่างระหว่างริ้วเท่ากัน โดยที่

$$\left| \text{ผลต่างระยะทาง} \right| = d \sin \theta = \frac{dx}{L} = n\lambda, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \dots \text{ได้แบบสว่าง}$$

A.

$$\left| \text{ผลต่างระยะทาง} \right| = d \sin \theta = \frac{dx}{L} = \left(n - \frac{1}{2} \right) \lambda, \quad n = 1, 2, 3, \dots \dots \text{ได้แบบมืด}$$

ในการณ์ที่เป็น Grating, $d = \frac{y}{x} = \frac{\text{ความยาว 1 ช่องเกรตติง}}{\text{จำนวนช่องต่อความยาว}}$

↑
S₁
S₂

การเลี้ยวเบน สำหรับแสงจะพบการเลี้ยวเบนใน Single Slit และที่ได้จากการเลี้ยวเบนจะได้ความกว้างเท่าๆ กัน ยกเว้นแบบสว่างตรงกลาง และสูตรคำนวณได้แต่แบบมืด

$$d \sin \theta = \frac{dx}{L} = n\lambda, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \dots \text{ได้แบบมืด}$$

การส่องสว่าง

การส่องสว่าง (ความสว่าง) ($= E$) คือ ความสว่างบนพื้นที่ หรือ ปริมาณของแสงที่ตกตึ้งจากกับจาก

$$E = \frac{F}{A} = \frac{4\pi I}{4\pi R^2} = \frac{I}{R^2} \quad (\text{ลูเมน/ตารางเมตร} = \text{ลักช์} = \text{lx})$$

F = Flux ของแสง (ลูเมน; lm) = $4\pi I$

I = ความเข้มแห่งความสว่าง (cd)

ในกรณีที่ไม่ตั้งจาก $E = \frac{I}{R^2} \cos \theta$

หรือ $\frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^2$

ตัวอย่างโจทย์ การแทรกสอด

ให้แสงที่มีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ผ่าน สลิตรุ่นในแนวตั้งจาก เกิดความถี่การแทรกสอด บนจากที่อยู่ห่างจาก สลิต 1.5 เมตร ระยะระหว่างกึ่งกลางของแฉบสว่าง 2 แฉบที่ถัดกันได้ 5 มิลลิเมตร สลิตรุ่นนี้มีระยะห่างระหว่างช่อง สลิตเท่าไรในหน่วยมิลลิเมตร

1. 0.5

2. 1.0

3. 1.5

4. 2.0



$$\frac{dx}{L} = \frac{\lambda}{\lambda} \quad | \quad d = \frac{500 \times 10^{-9}}{5 \times 10^{-3}} \times 1.5$$

ถ้าภาพการแทรกสอดจาก สลิตรุ่นที่ปราศจากน้ำเป็นดังรูป จากอยู่ห่างจาก สลิตเท่ากับ 1.20 m ระยะห่างช่องสลิตเป็น 0.24 มิลลิเมตร ความยาวคลื่นของแสงที่ใช้เป็นเท่าไร

1. 500 nm

λ

2. 550 nm

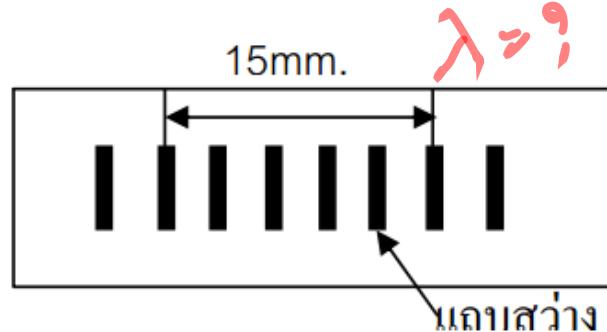
$$x = \frac{15}{5}$$

3. 600 nm

$$x = \frac{15}{6}$$

4. 650 nm

\hookrightarrow แทนน้ำ



ตัวอย่างโจทย์ การเลี้ยวเบนแสงและการส่องสว่าง

แสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ผ่าน สลิตเดี่ยวกว้าง 0.55 มิลลิเมตร ไปปรากฏเป็นลวดลายการเลี้ยวเบนบนกระจก อยากทราบว่าจะต้องวางจากทางด้านหลัง สลิตห่างจาก สลิตกี่เซนติเมตร จึงจะทำให้ແຄນมีดແຄນແຮກบนกระจกห่างจากจุดกึ่งกลางเป็นระยะ 2.4 มิลลิเมตร X

1. 110
3. 330



2. 220
4. 440

$n=1$

$$\text{Given: } d = 0.55 \text{ mm}, n = 1, L = 2.4 \text{ m}$$

$$\text{Find: } R$$

$$R = \frac{d \times L}{\lambda} = \frac{0.55 \times 10^{-3} \times 2.4 \times 10^3}{600 \times 10^{-9}} = 220 \text{ m}$$

หลอดไฟฟ้า 60 watt มีประสิทธิภาพของการส่องสว่าง 22 lm/watt แขวนไว้สูง 2 เมตร จากโต๊ะ การส่องสว่างบนโต๊ะตรงจุดได้หลอดไฟมีค่า

1. 105 lx
3. 26.25 lx

$$E = \frac{I}{R} \Rightarrow \frac{105}{4}$$

2. 52.5 lx
4. หายใจเพราข้อมูลไม่เพียงพอ

$$4\pi I = 60 \times 22 \Rightarrow I = \frac{60 \times 22}{4\pi} = \frac{420}{4} = 105$$