

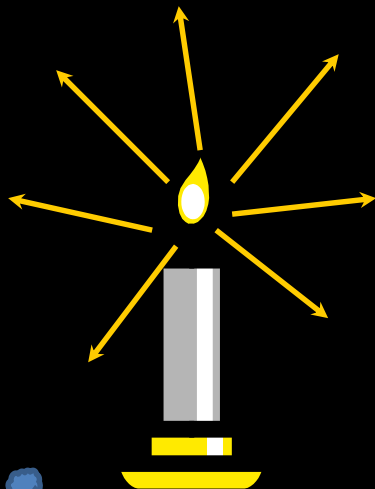


Geometric Optics

- Basics
- Reflection(การสะท้อน)
- Mirrors
 - Plane mirrors (กระจกเงาราบ)
 - Spherical mirrors (กระจกเงาทรงกลม)
 - Concave mirrors (กระจกโค้งเว้า)
 - Convex mirrors(กระจกโค้งนูน)
- Refraction(การหักเห)
- Thin Lens
 - Concave lens(เลนส์เว้า)
 - Convex lens(เลนส์นูน)
- Optical Instrumentation(ทัศนอุปกรณ์)



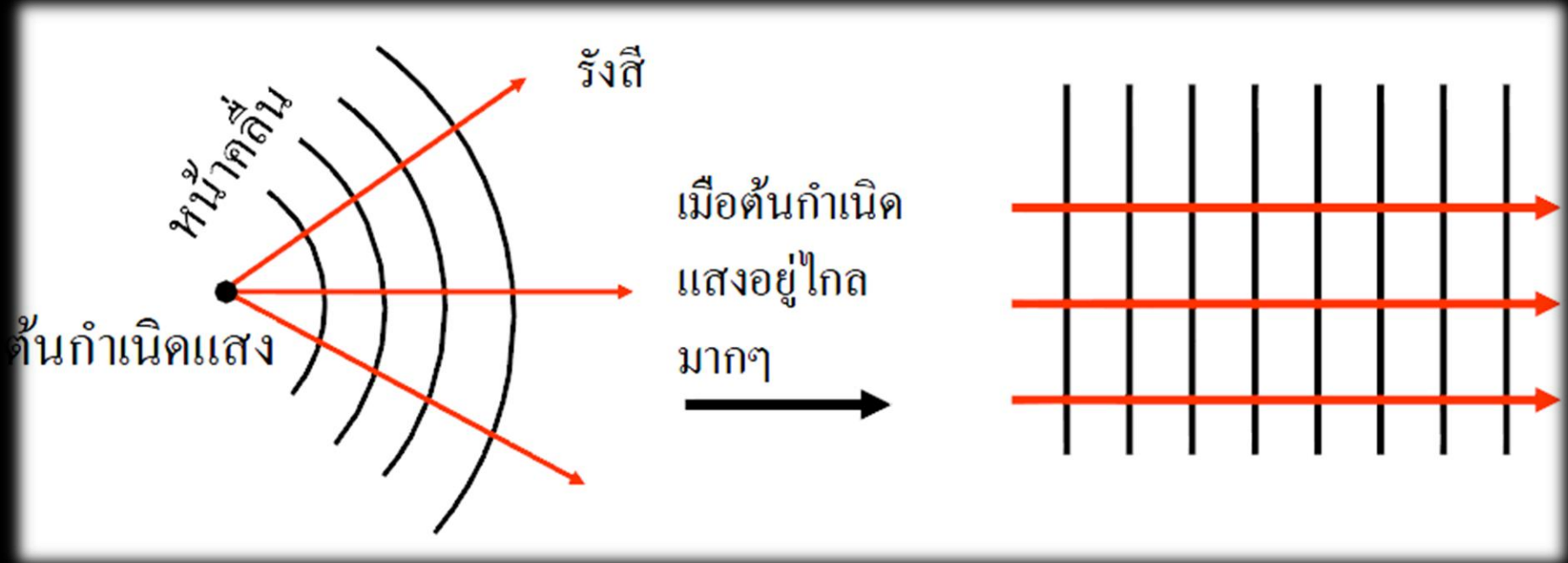
การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง



แสงคืออะไร

“แสง” เป็นคลื่นตามขวางชนิดหนึ่ง แสงจะเดินทางเป็นเส้นตรง ทิศทางการเคลื่อนที่ของแสงเราอาจใช้เส้นลูกศรแทนได้ เรียกลูกศรนี้ว่า **รังสีของแสง** ความเร็วแสงในสุญญากาศจะมีค่าเท่ากับ 3×10^8 เมตรต่อวินาที แต่ในตัวกลางต่างชนิดกันความเร็วแสงจะมีค่าไม่เท่ากัน

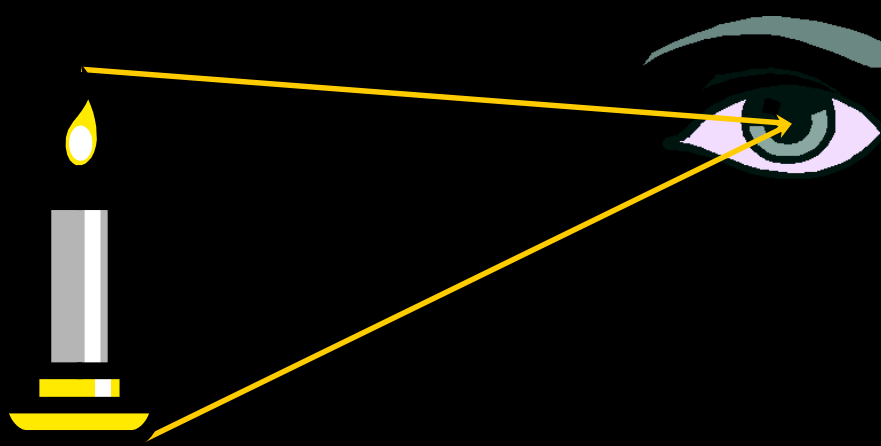
การศึกษาการเดินทางของแสง โดยการประมาณว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรงและสามารถใช้รังสี (Ray approximation) แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของแสง



Our eyes detect light rays.



object
&
image



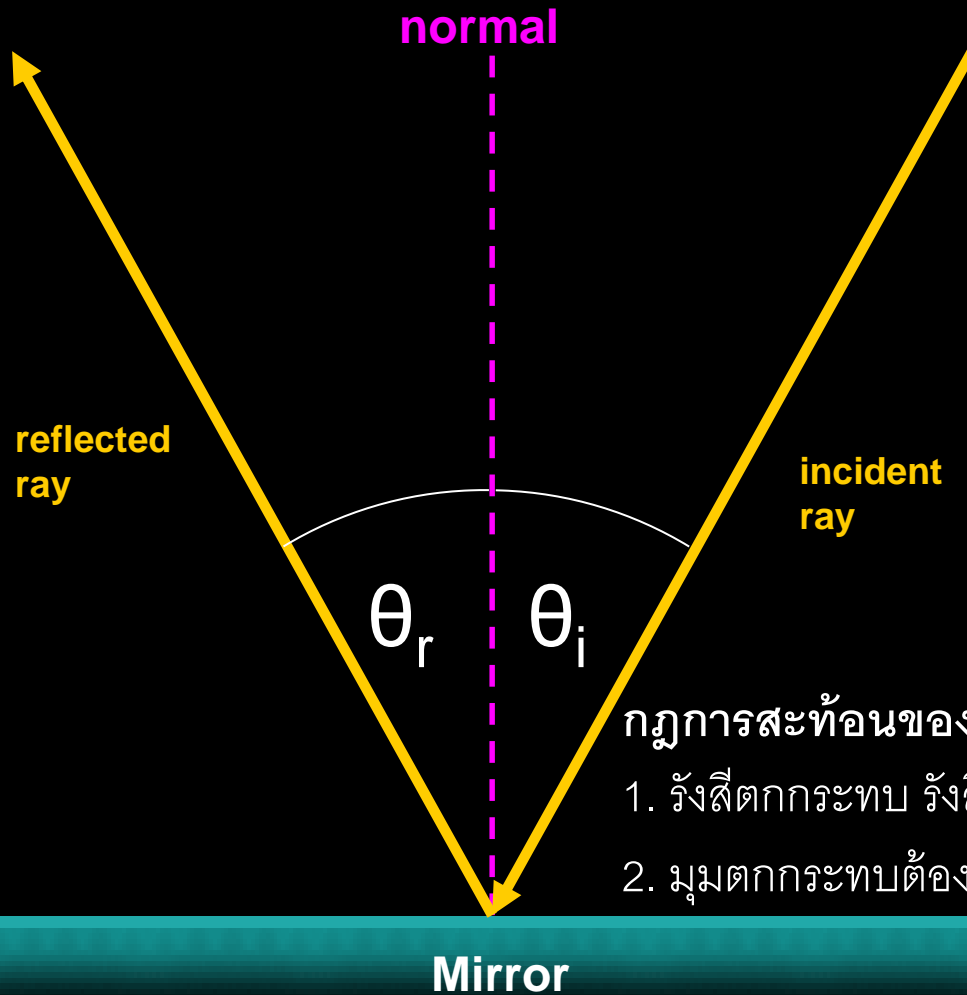
แล้วถ้าเรามองผ่านกระจกล่ะ??





การสะท้อนแสงของแสง

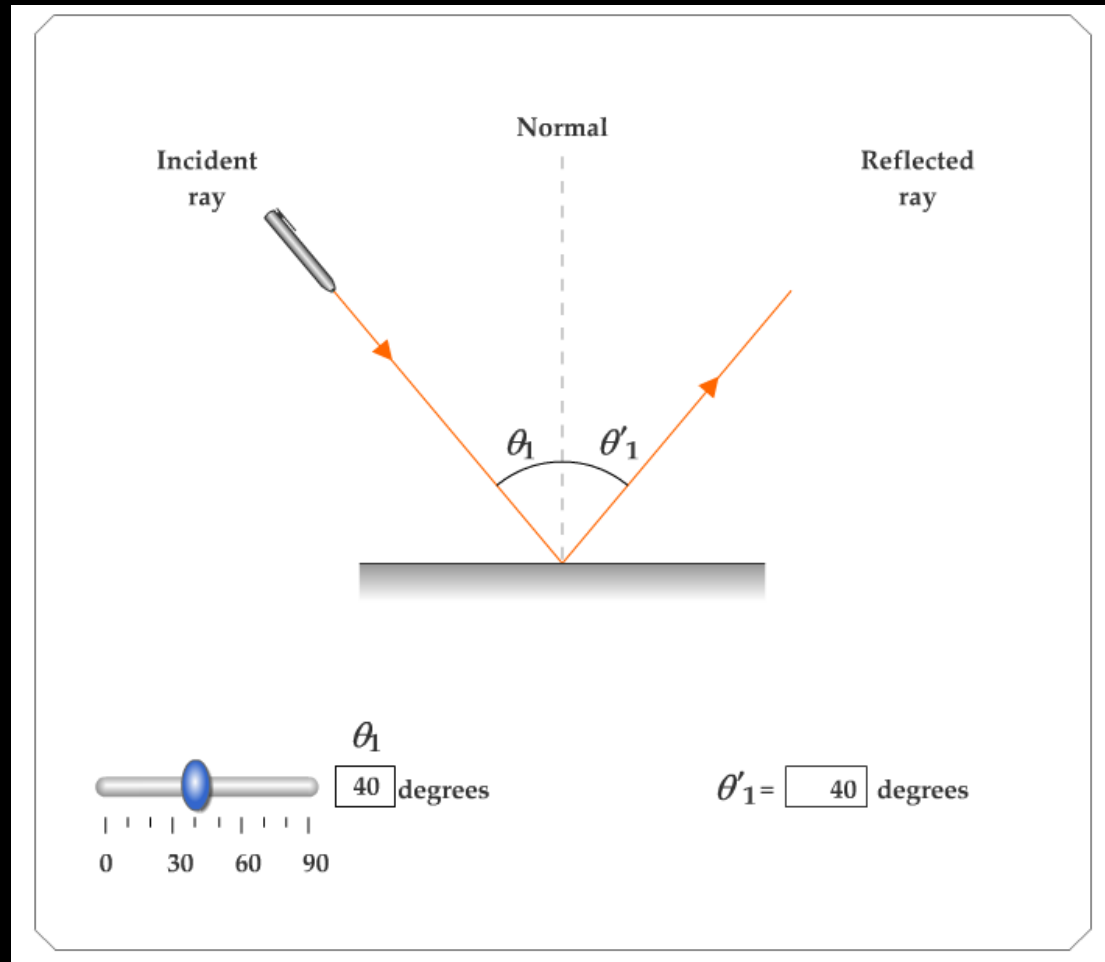
กฎการสะท้อนของแสง



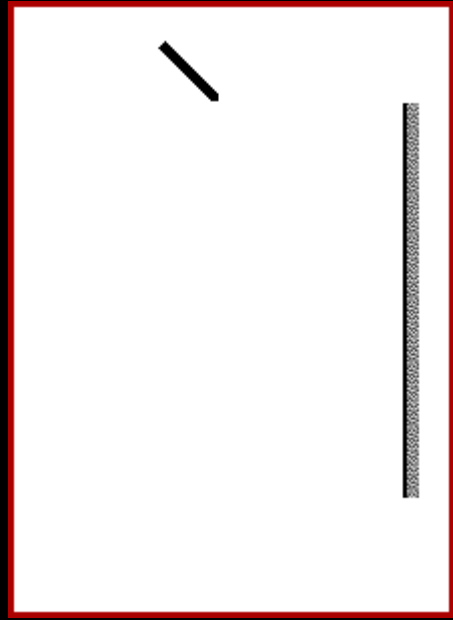
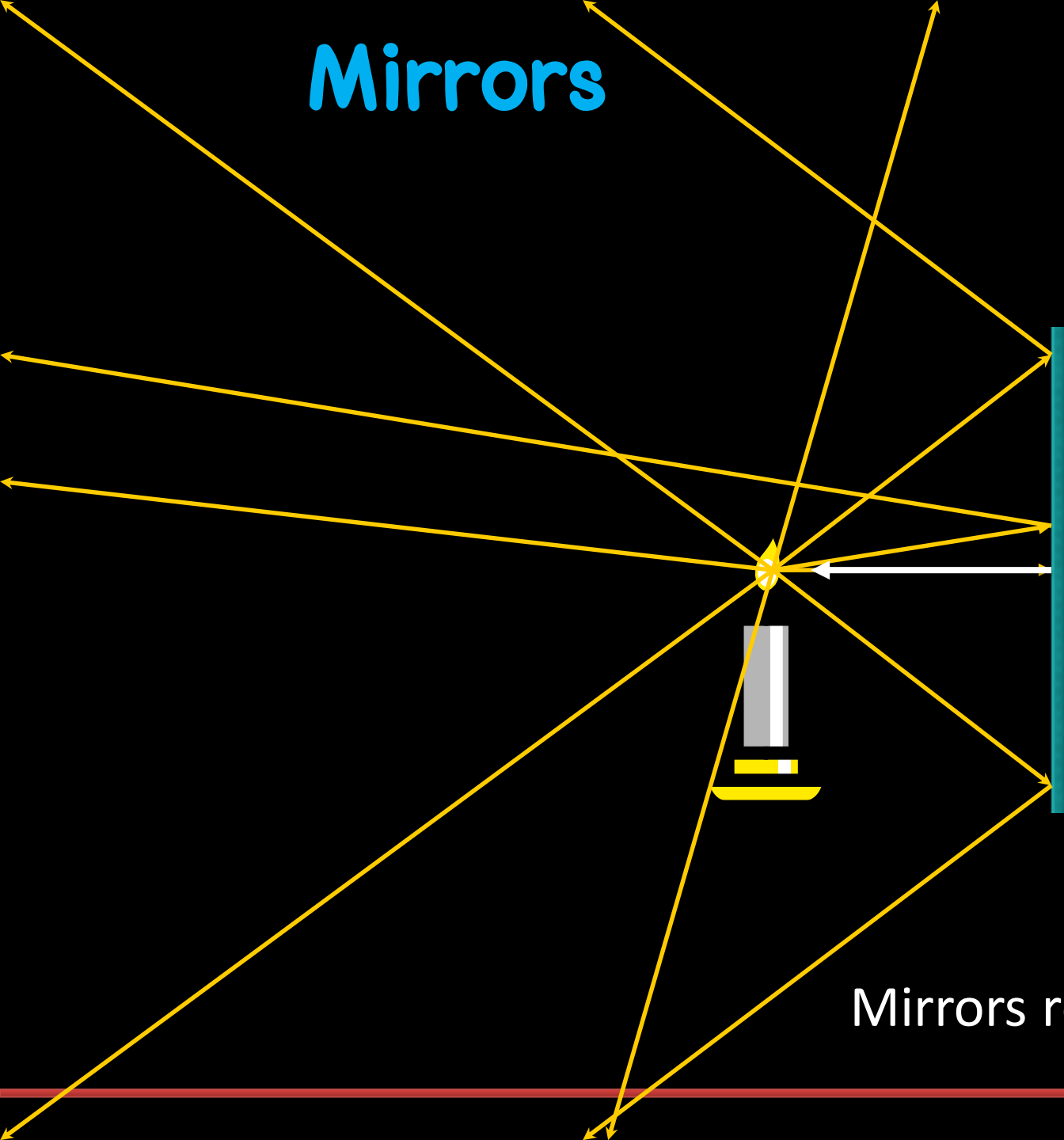
กฎการสะท้อนของแสง มีดังนี้

1. รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นปกติ ต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน
2. มุมตกกระทบต้องมีขนาดเท่ากับมุมสะท้อน

Law of reflection-Virtual experiment

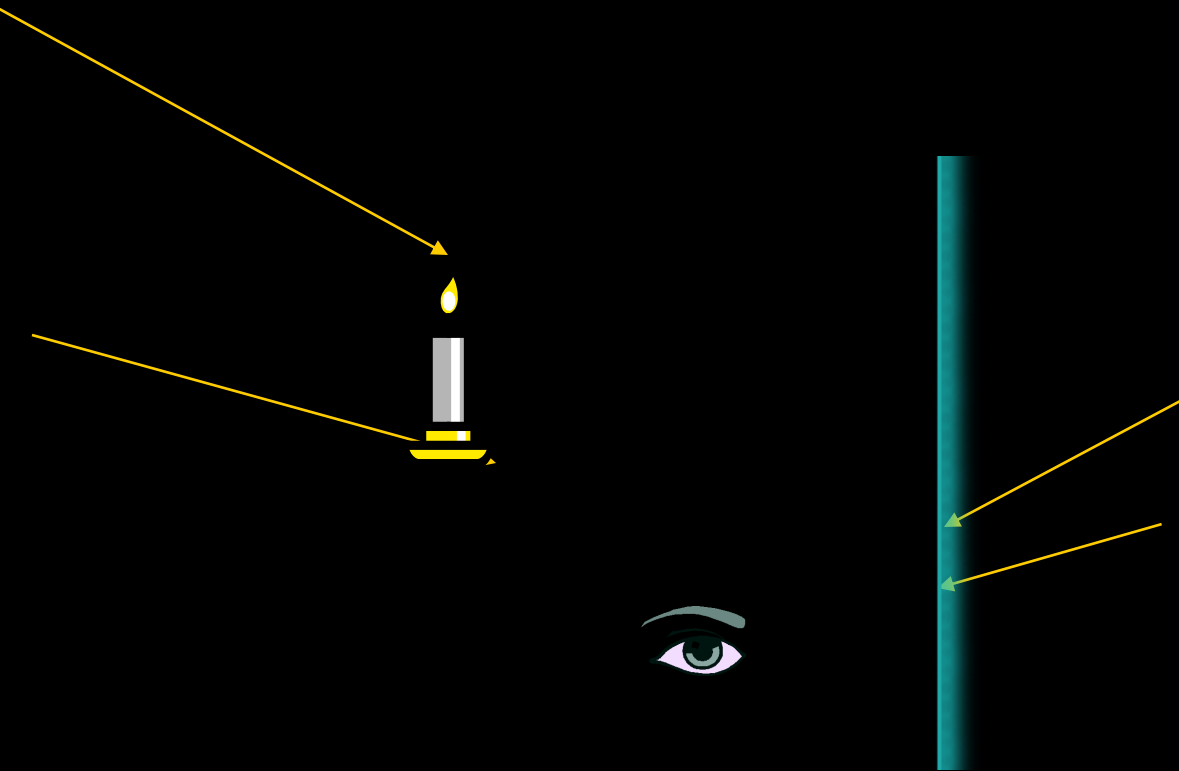


Mirrors

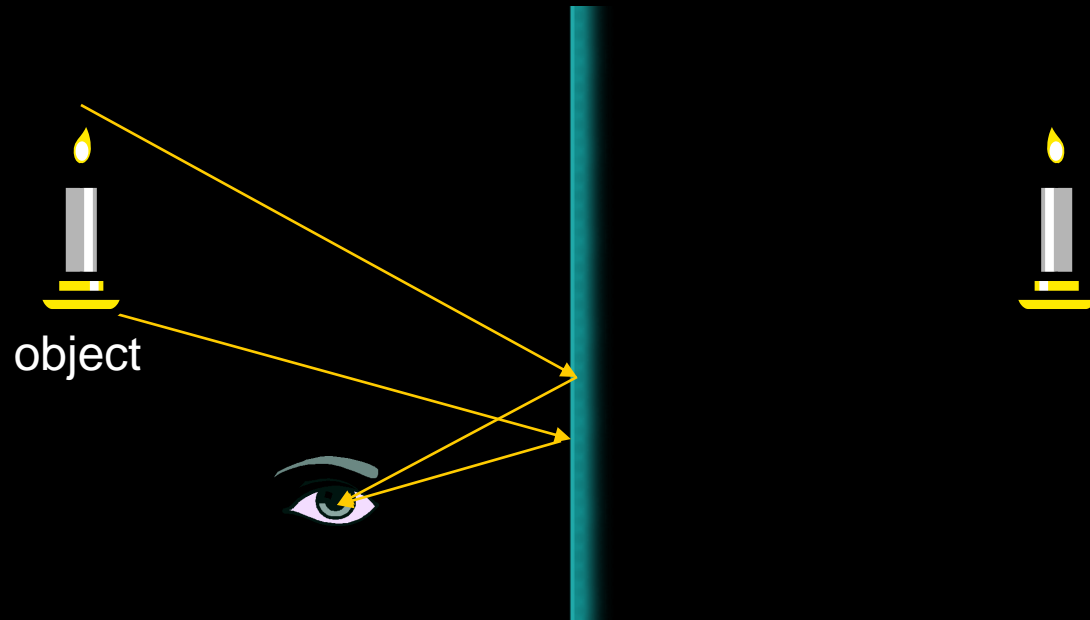


Mirrors reflect light rays

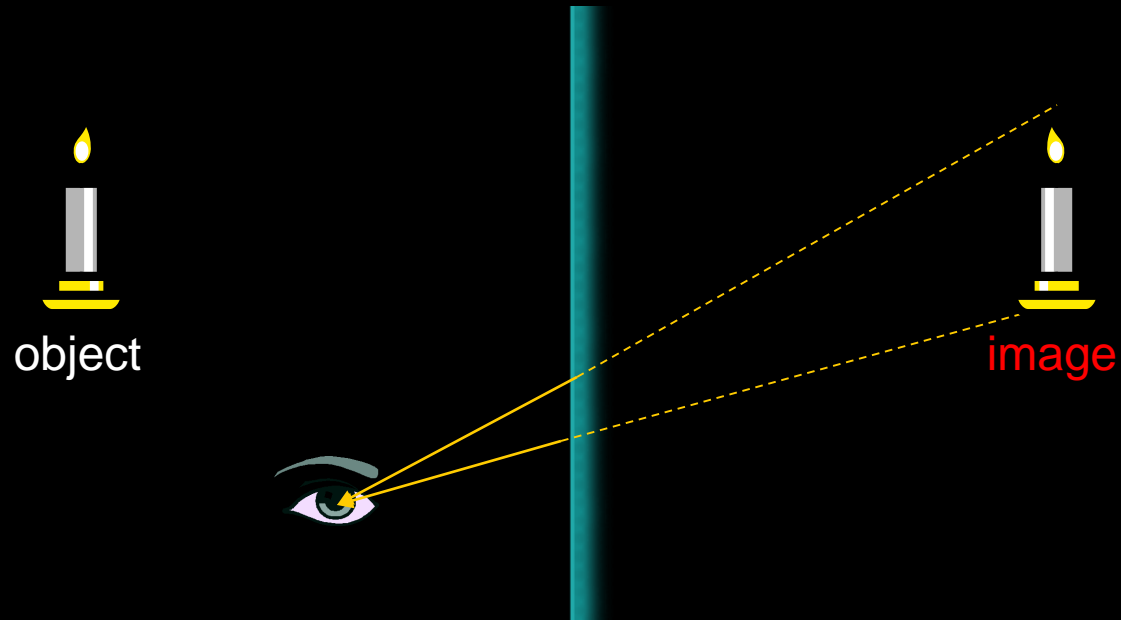
How do we see images in mirrors?

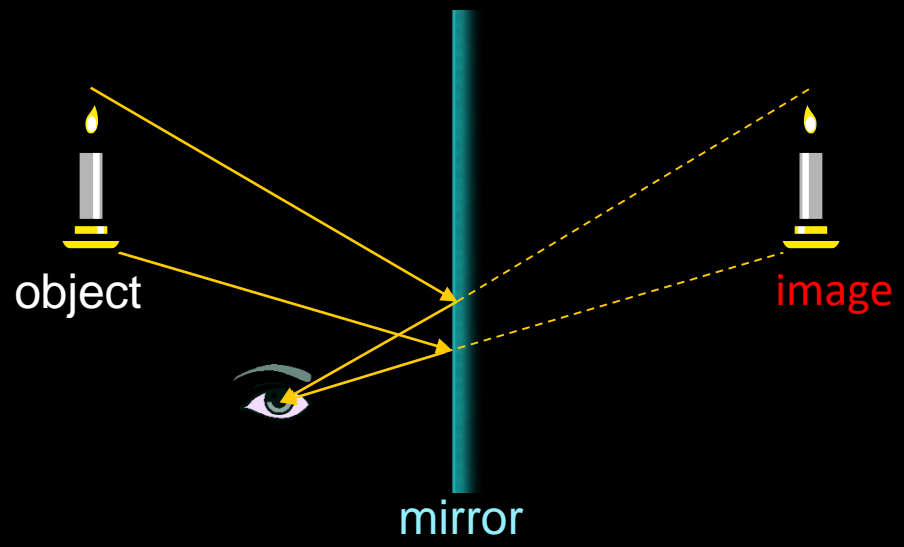
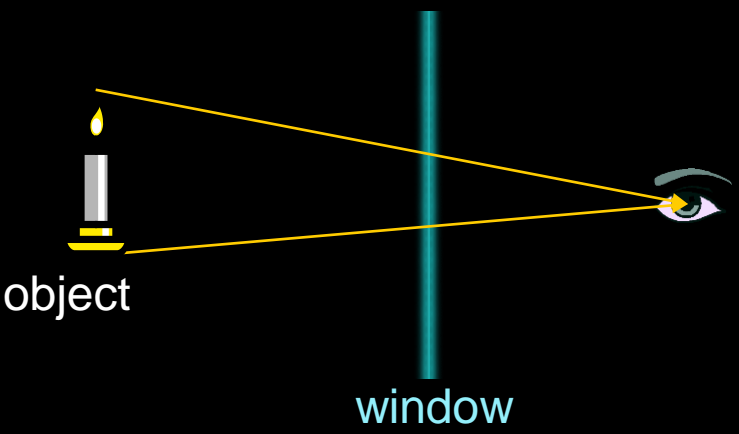


How do we see images in mirrors?

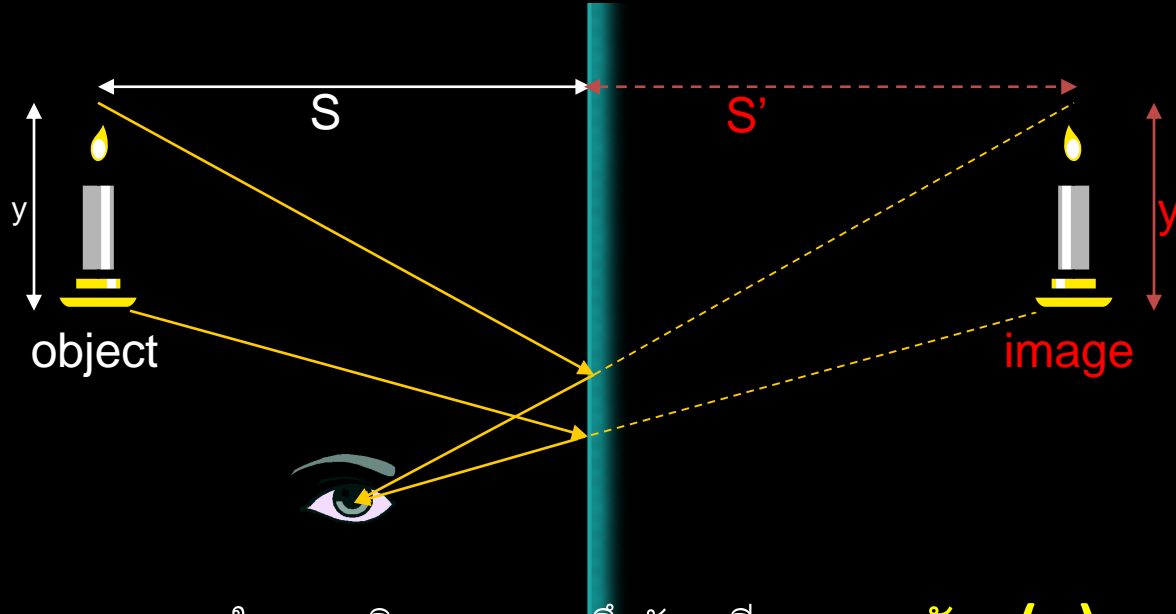


How do we see images in mirrors?





การสะท้อนของแสง



ระยะจากใจกลางพิวตกกระทบถึงวัตถุ เรียก **ระยะวัตถุ (s)**

ระยะจากใจกลางพิวตกกระทบถึงภาพ เรียก **ระยะภาพ (s')**

$s' =$ ระยะภาพ $s =$ ระยะวัตถุ

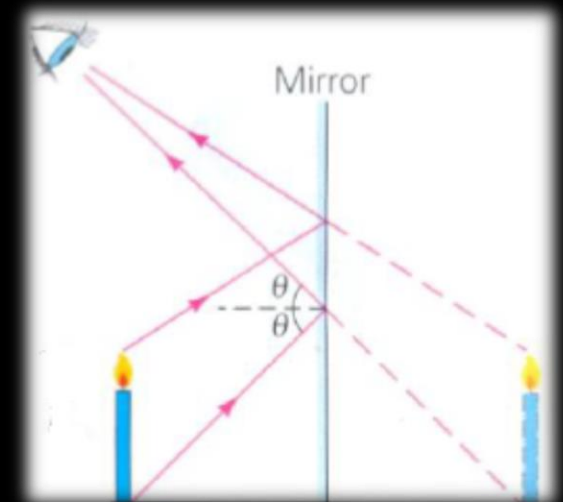
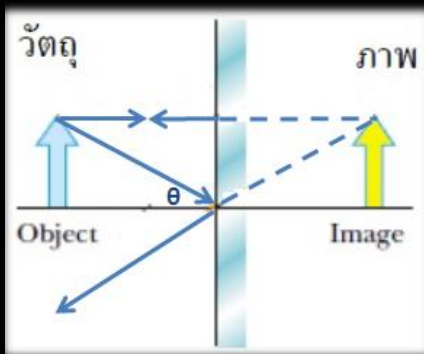
$y' =$ ขนาดภาพ $y =$ ขนาดวัตถุ

อัตราส่วนของระยะภาพต่อระยะวัตถุหรือขนาดภาพต่อขนาดวัตถุของการสะท้อนหนึ่งๆ จะมีค่าคงที่ เรียกว่า **กำลังขยาย (m)**

$$\text{กำลังขยาย (m)} = \frac{s'}{s} = \frac{y'}{y}$$

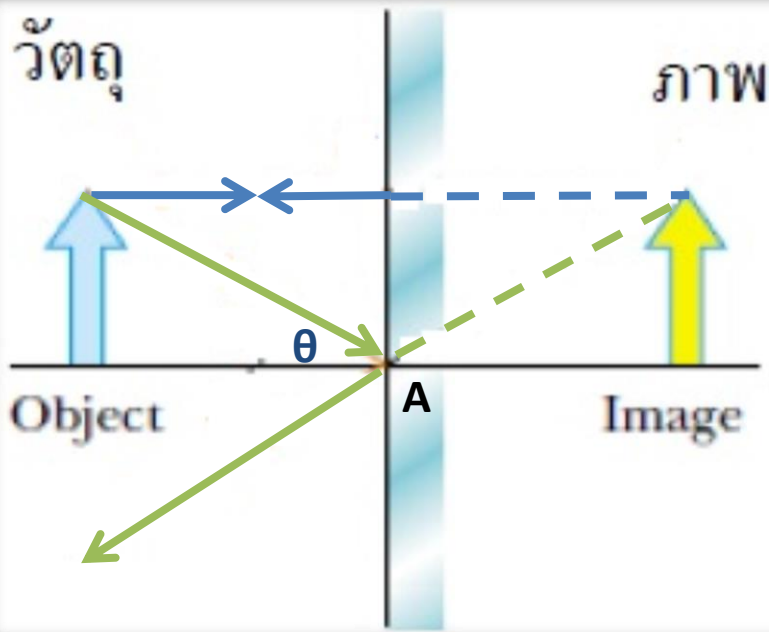
ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ

เมื่อยิงแสงออกจากวัตถุต้นกำเนิดแสง ไปตกกระทบบนกระจกตั้งรูป รังสีของแสงสะท้อนที่ 1 และ 2 จะกระจายออกจากกัน ดังนั้นรังสีสะท้อนนี้จะไม่สามารถตัดกัน แต่ถ้าเราต่อแนวรังสีสะท้อนทั้งสองย้อนไปด้านหลังกระจก จะพบว่าเส้นสมมติที่ต่อออกไปนี้จะไปตัดกันได้ที่จุดจุดหนึ่ง การตัดกันของเส้นสมมตินี้จะทำให้เกิดภาพหลังกระจก เรียกภาพที่เกิดขึ้นว่า **ภาพเสมือน**



1. ถ้ารังสีตกกระทบบนตangkตั้งฉากกับผิวของวัตถุ รังสีสะท้อนจะสะท้อนย้อนแนวเดิมออกมาโดยตลอด
2. หากรังสีสะท้อนอย่างน้อย 2 เส้น มาตัดกัน จะเกิดภาพของวัตถุต้นกำเนิดแสงขึ้น ณ.จุดตัดนั้น

การเขียนแผนภาพกระจกเงาระนาบ



ภาพเสมือน (virtual image)

คือ ภาพที่เกิดจากแนวรังสีเสมือนตัดกัน (เอามาจับไม่ได้)

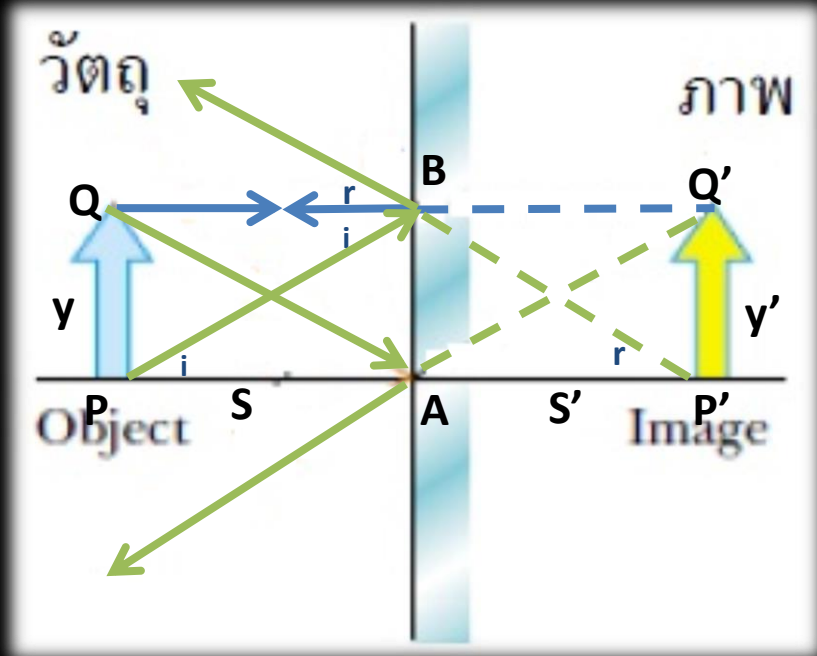


1. ลากรังสีแสงออกจากปลายวัตถุในแนวราบตกกระทบบนที่กระจก และสะท้อนกลับในทิศทางเดิม [รังสี 1]

2. ลากรังสีแสงออกจากปลายวัตถุ ไปยังกระจกที่ (จุด A) ด้วยมุมตกกระทบบน θ ภาพที่เกิดจากกระจกเงาระนาบ และสะท้อนกลับด้วยมุมเท่าเดิม (ตามกฎการสะท้อน) [รังสี 2]

3. ต่อแนวเส้นประของรังสีทั้งสองมาประกบกันจะได้ขนาดของภาพและตำแหน่งภาพดังรูป

การพิสูจน์กระจกเงาราบ



$$\Delta PBA ; \tan i = \frac{AB}{S}$$

$$\Delta P'BA ; \tan r = \frac{AB}{S'}$$

มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน $\therefore \frac{AB}{S} = \frac{AB}{S'}$

$$S = S'$$

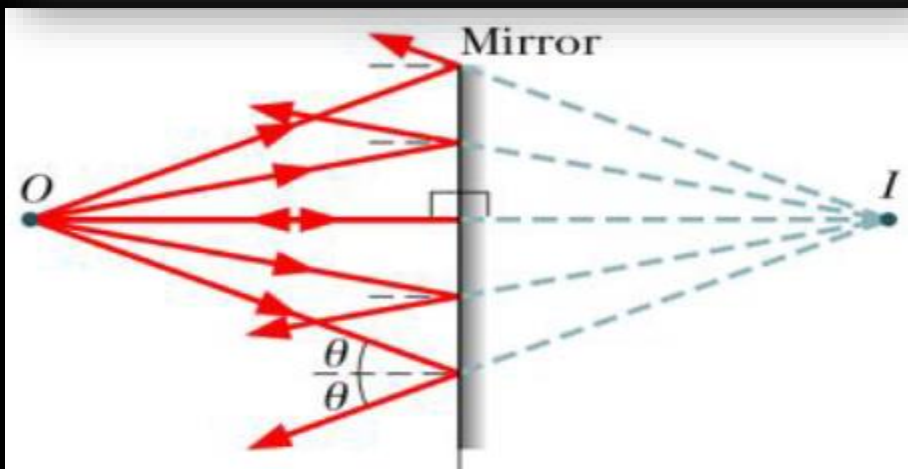
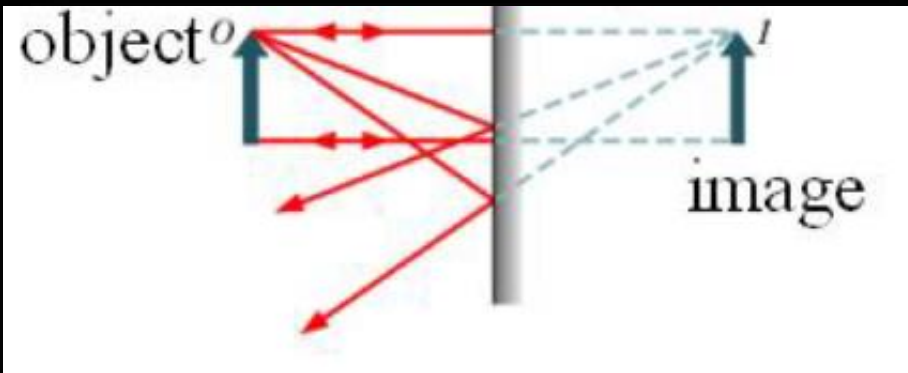
$$PA = AP'$$

$$QB = BQ'$$

$$PQ = P'Q'$$

$$y = y'$$

ภาพของกระจกเงาระนาบ

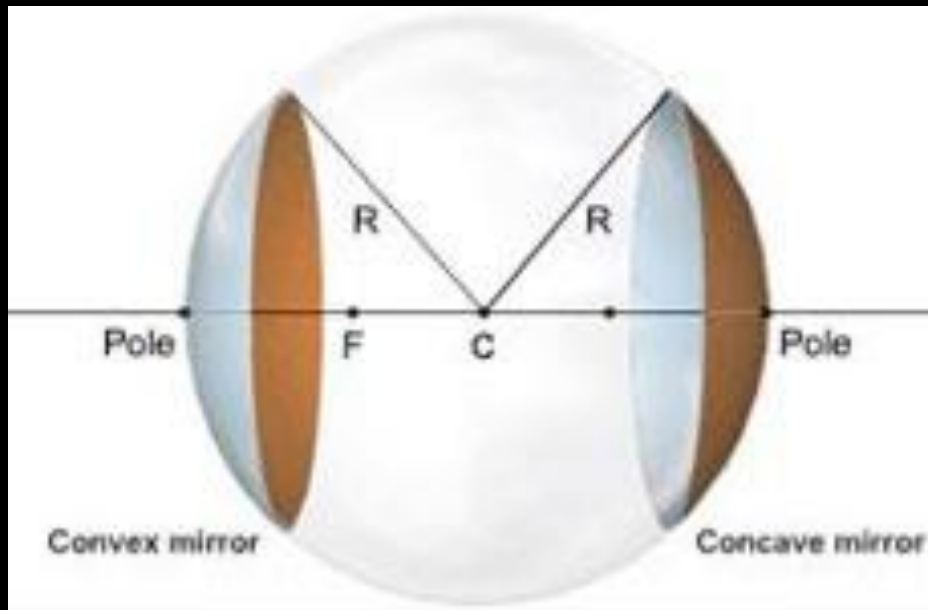


กระจกเงาราบให้

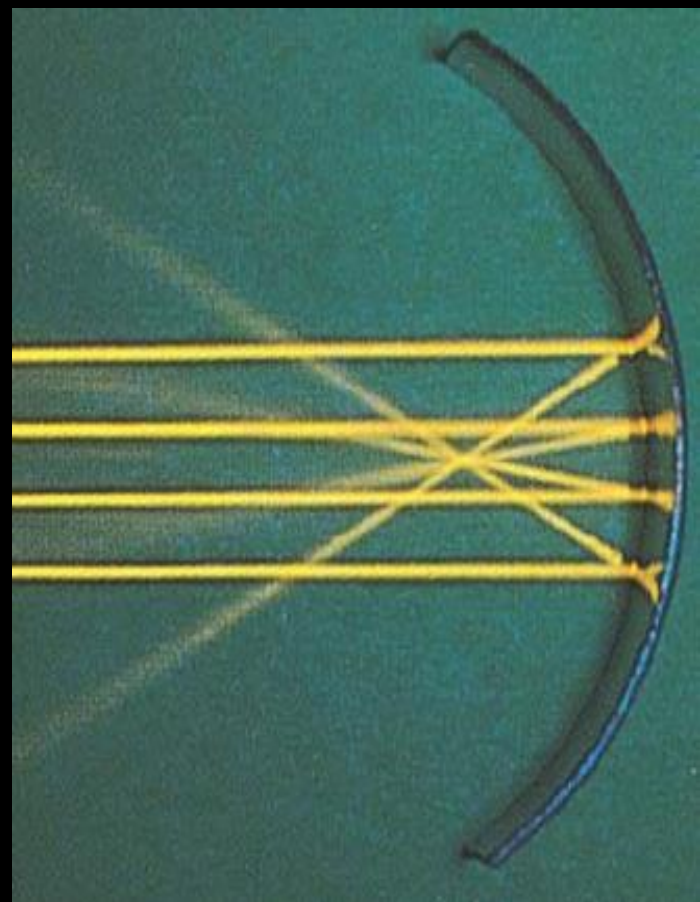
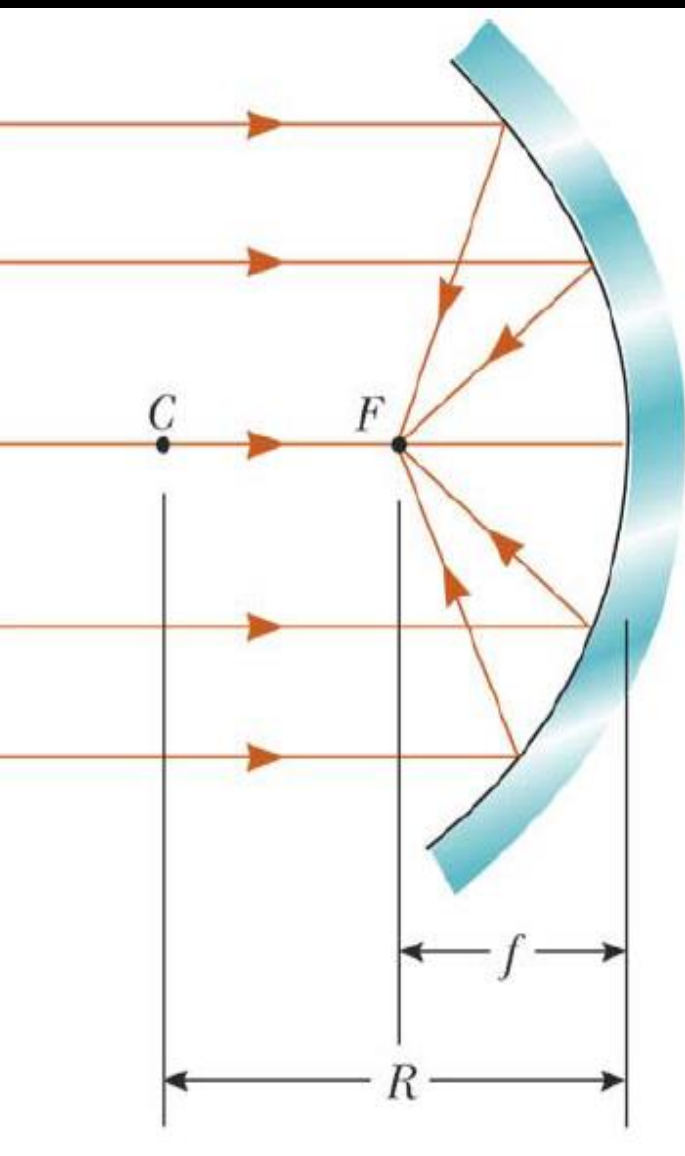
- » ภาพเสมือน หัวตั้ง
- » มีความสมมาตรรอบระนาบกระจก
- » มีขนาดภาพเท่ากับขนาดวัตถุ
- » ระยะภาพนั้นมีค่าเท่ากับระยะวัตถุ
- » ลักษณะของภาพนั้นจะมีลักษณะของการกลับซ้ายขวา



ภาพที่เกิดจากกระจกเงาทรงกลม

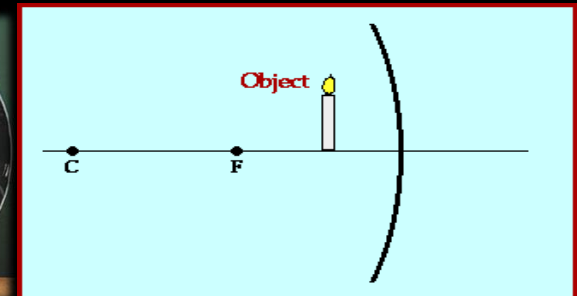
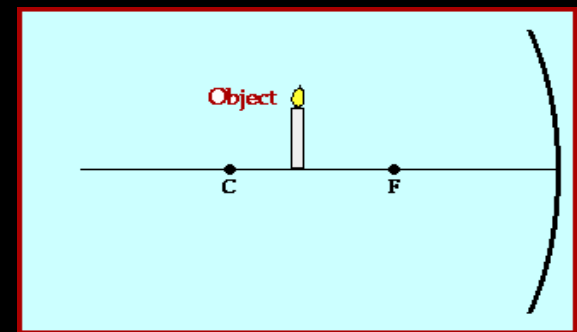
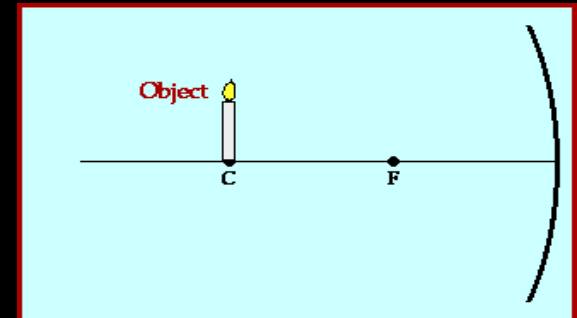
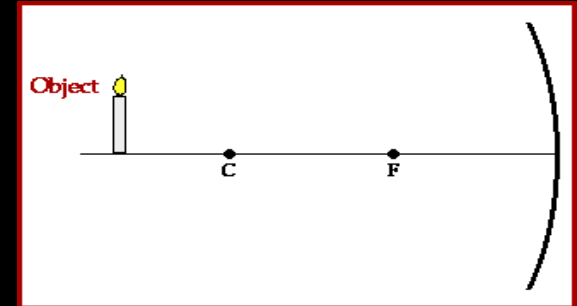
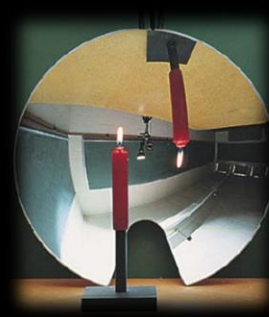
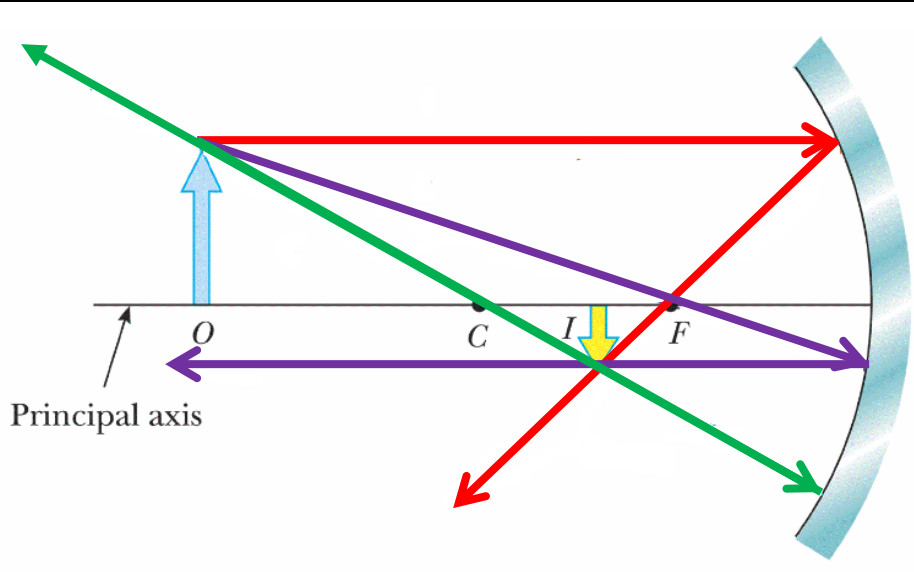


ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวโฟกัสกับรัศมีความโค้งกระจก

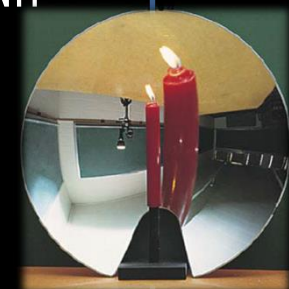


$$f = \frac{R}{2}$$

การเกิดภาพโดยกระจกโค้งเว้า



1. ลากรังสีของแสงออกจากปลายวัตถุขนานแกนหลัก กระทบกระจกและสะท้อนผ่านจุดโฟกัส [รังสี 1]
2. ลากรังสีแสงออกจากปลายวัตถุ ผ่านจุดโฟกัสกระทบกระจก แล้วสะท้อนขนานแกนหลัก [รังสี 2]
3. รังสีผ่านจุดศูนย์กลางความโค้ง จะตั้งฉากกับกระจก โค้ง และสะท้อนกลับทางเดิม [รังสี 3]



เกิดทั้งภาพจริงหัวกลับและภาพเสมือนหัวตั้ง

concave



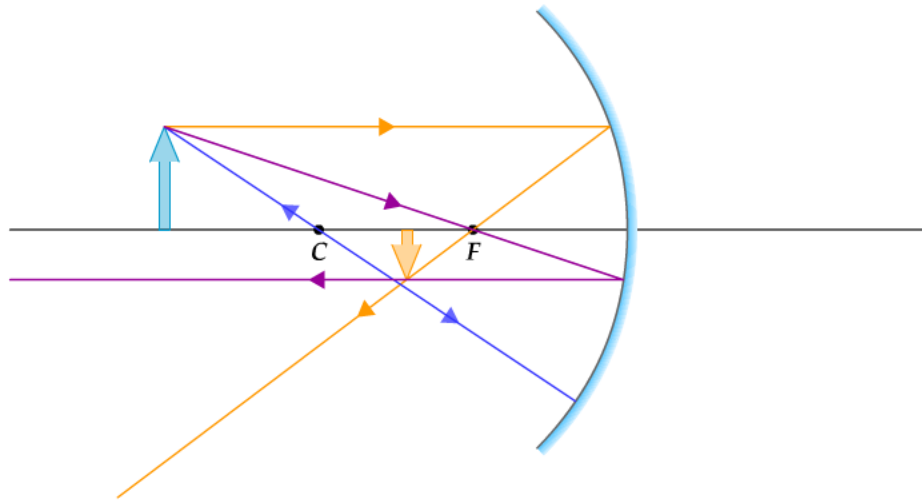
parabolic



convex



concave mirror



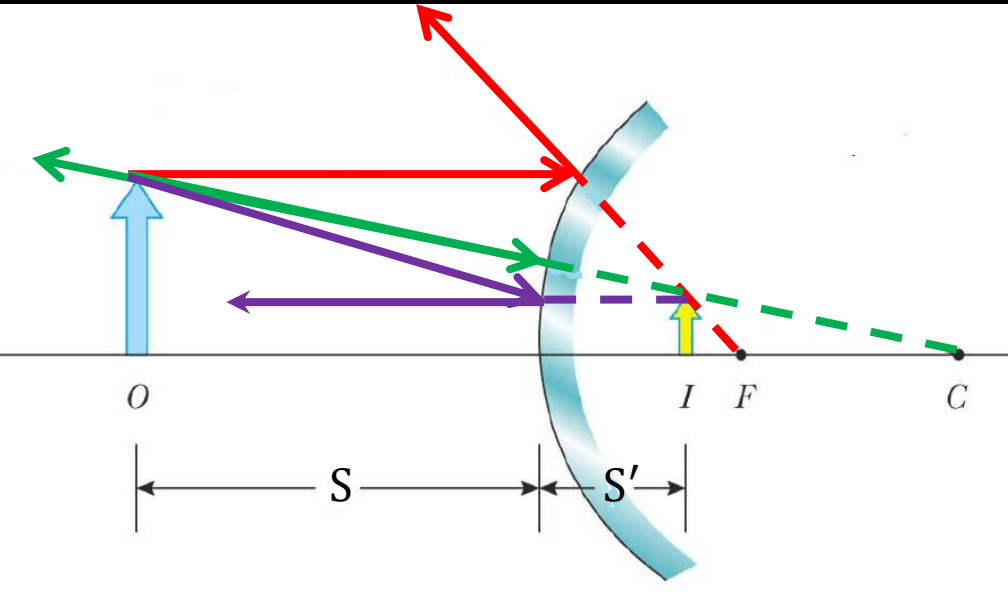
Object height m

Image height m

Object distance m

Image distance m

การเกิดภาพโดยกระจกโค้งนูน



1. ลากรังสีของแสงออกจากปลายวัตถุขนานแกนหลัก กระทบกระจกและสะท้อนผ่านจุดโฟกัส [รังสี 1]
2. ลากรังสีแสงออกจากปลายวัตถุ ผ่านจุดโฟกัสกระทบกระจก แล้วสะท้อนขนานแกนหลัก [รังสี 2]
3. รังสีผ่านจุดศูนย์กลางความโค้ง จะตั้งฉากกับกระจกโค้ง และสะท้อนกลับทางเดิม [รังสี 3]

เกิดภาพเสมือนหัวตั้งขนาดเล็ก

concave



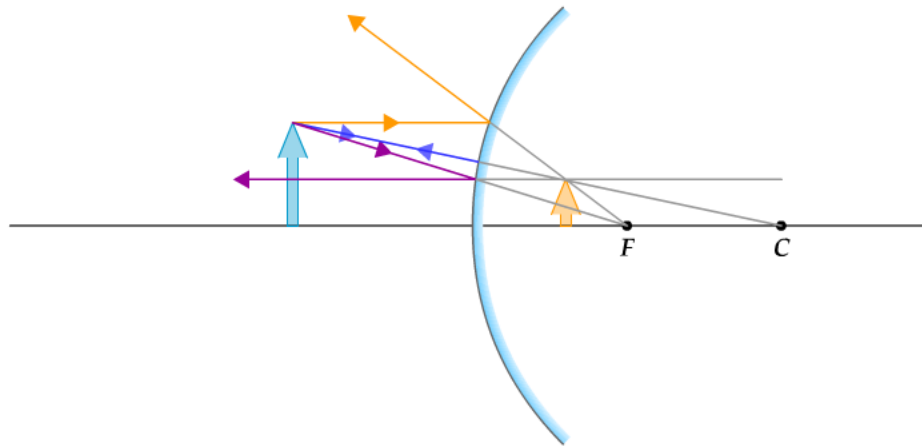
parabolic



convex



convex mirror



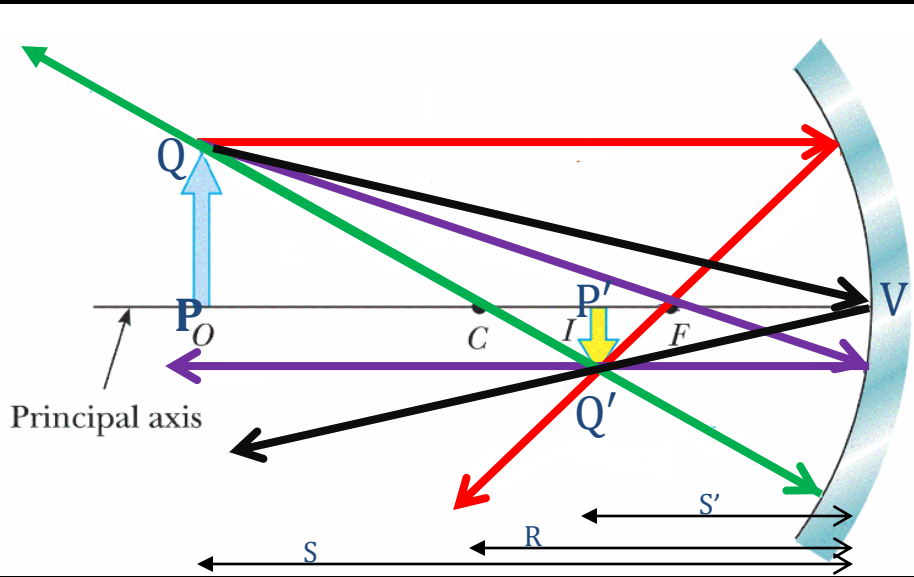
Object height m

Image height m

Object distance m

Image distance m

การพิสูจน์กระจกโค้ง



$$\Delta PQC; \tan P\hat{C}Q = \frac{PQ}{PC} = \frac{PQ}{S-R}$$

$$\Delta P'Q'C; \tan P'\hat{C}Q' = \frac{P'Q'}{P'C} = \frac{P'Q'}{R-S'}$$

มุม \hat{C} เป็นมุมตรงข้าม $\therefore \frac{PQ}{S-R} = \frac{P'Q'}{R-S'}$

$$\frac{R-S'}{S-R} = \frac{P'Q'}{PQ}$$

$$\Delta PQV; \tan P\hat{V}Q = \frac{PQ}{PV} = \frac{PQ}{S}$$

$$\Delta P'Q'V; \tan P'\hat{V}Q' = \frac{P'Q'}{P'V} = \frac{P'Q'}{S'}$$

มุม \hat{V} เป็นมุมตกกระทบ $\therefore \frac{PQ}{S} = \frac{P'Q'}{S'}$
 $\frac{S'}{S} = \frac{P'Q'}{PQ}$

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

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

$$\frac{R}{S'} - 1 = 1 - \frac{R}{S}$$

$$\frac{R}{S'} + \frac{R}{S} = 2$$

$$\frac{1}{S'} + \frac{1}{S} = \frac{2}{R}$$

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

สูตรที่ใช้คำนวณการเกิดภาพโดยกระจกเว้าและกระจกนูน

เมื่อ f = ความยาวโฟกัส
 s = ระยะวัตถุ
 s' = ระยะภาพ
 y = ขนาดวัตถุ
 y' = ขนาดภาพ
 m = กำลังขยาย
 R = รัศมีความโค้งกระจก

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

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

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{ms}$$
$$\frac{1}{f} - \frac{1}{s} = \frac{1}{ms}$$
$$\frac{s-f}{sf} = \frac{1}{ms}$$
$$ms = \frac{sf}{s-f}$$

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

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

***เงื่อนไข

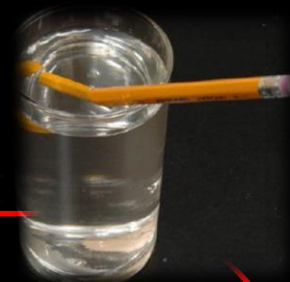
1. หากเป็นกระจกเว้า ต้องใช้ R, f มีค่าเป็น +
หากเป็นกระจกนูน ต้องใช้ R, f มีค่าเป็น -
2. หากภาพที่เกิดเป็นภาพจริง ต้องใช้ S', y', m มีค่าเป็น +
หากเป็นภาพที่เกิดเป็นภาพเสมือน ต้องใช้ S', y', m มีค่าเป็น -

หนังสือสมบัติการสะท้อนของแสง

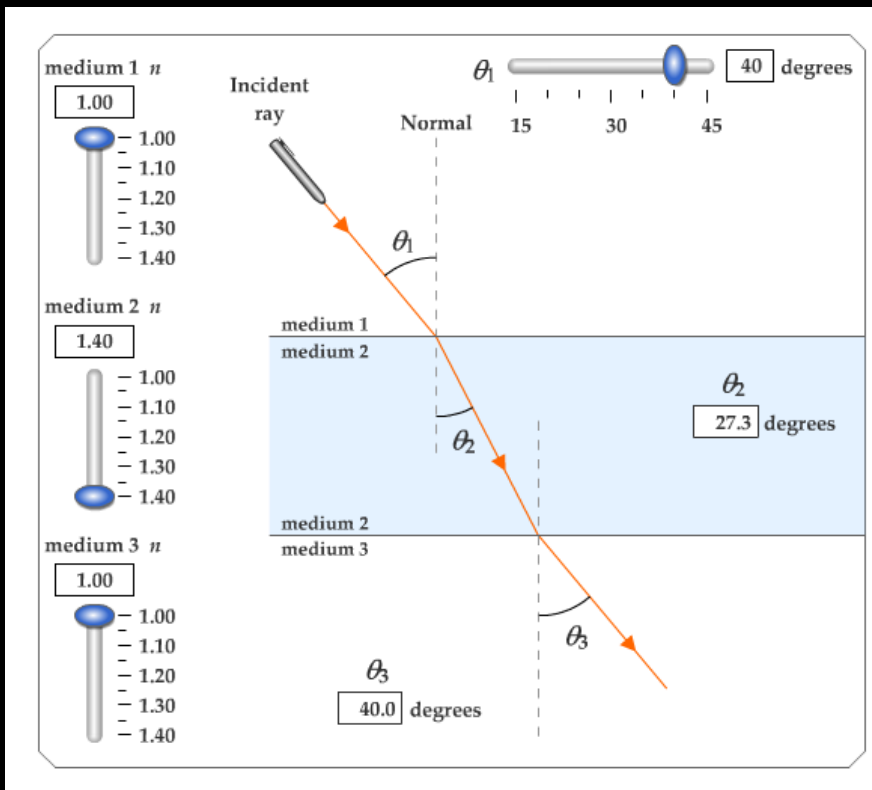




การหักเหของแสง



กฎการหักเหของแสง



$$n = \frac{c_{\text{แสง}}}{v_{\text{แสงในตัวกลาง}}}$$

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

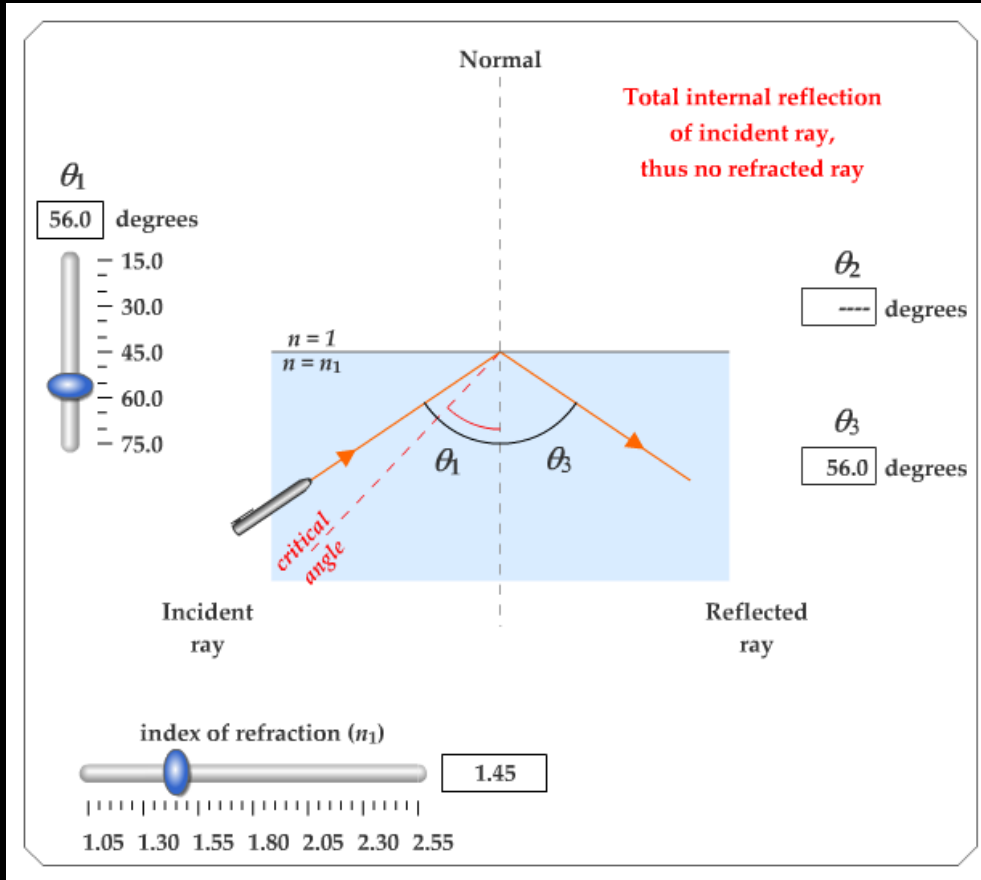
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Snell's law

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

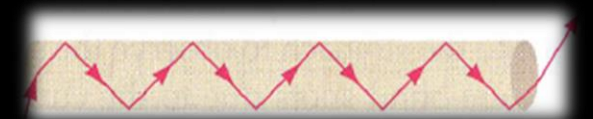
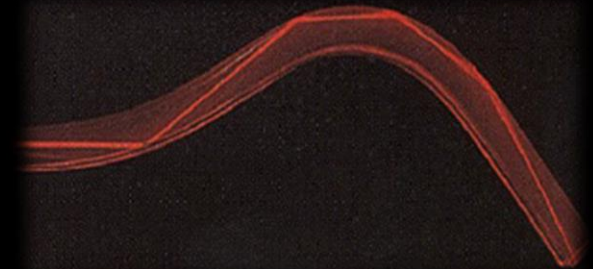
“แสงผ่านจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งซึ่งความหนาแน่นไม่เท่ากัน จะทำให้อัตราเร็ว แอมพลิจูดและความยาวคลื่นเปลี่ยนไป แต่ความถี่คงที่”

การสะท้อนกลับหมดของแสง



$$\frac{\sin\theta_c}{\sin 90} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$



“กรณีมุมตกกระทบขนาดโตกว่ามุมวิกฤต จะทำให้แสงเกิดการสะท้อนกลับหมด”

ความจริง ลึกลับ

ความจริง
ลึกลับ

สูตรคำนวณ

มุมจริง

n_2	$\sin \theta_2$	ลึกลับ
n_1	$\sin \theta_1$	ความจริง

มุมเลี้ยว

n_2	$\tan \theta_2$	ลึกลับ
n_1	$\tan \theta_1$	ความจริง

$\theta_{\text{จริง}} = 26.4$

$\theta_{\text{ลึกลับ}} = 36.4$

$n_{\text{น้ำ}} \rightarrow n_{\text{อากาศ}}$

น้ำ

อากาศ
 $n = 1$

$\theta_{\text{อากาศ}}$

ลึกจริง = 17.076 เมตร

ลึกลับ = 5 เมตร

น้ำ

$n = 1.333$

“แสงจากวัตถุ → สะท้อนออกสู่น้ำ → หักเหออกอากาศแล้วเข้าสู่ตาเรา... ลึกลับ ลึกลับ”

พิสูจน์ลึกจริง-ลึกปรากฏ

$$\frac{\text{ลึกจริง}}{\text{ลึกปรากฏ}} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\tan\theta_1 = \frac{x}{s} \quad \text{stan}\theta_1 = x$$

$$\tan\theta_2 = \frac{x}{s'} \quad s'\tan\theta_2 = x$$

$$\text{stan}\theta_1 = s'\tan\theta_2$$

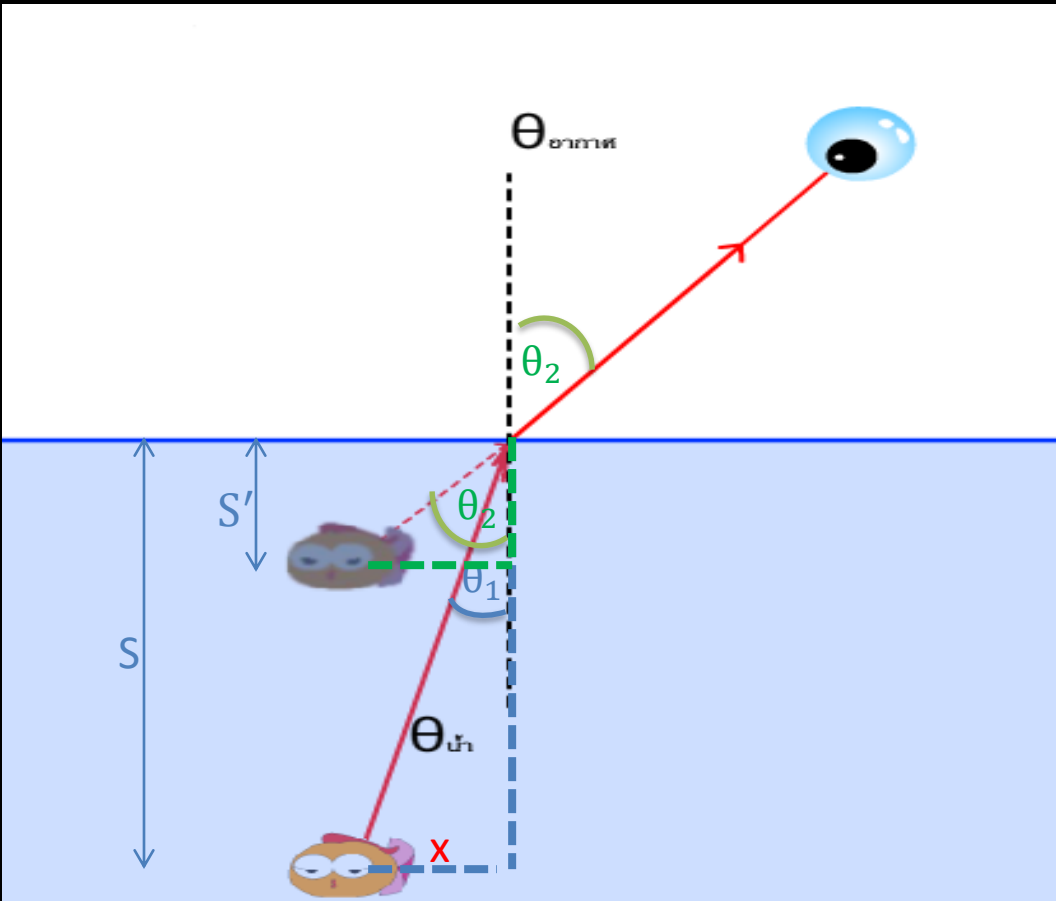
$$\frac{s}{s'} = \frac{\tan\theta_2}{\tan\theta_1}$$

$$\tan\theta \approx \sin\theta, \frac{s}{s'} = \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}$$

$$\text{จาก } n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$\frac{s}{s'} = \frac{n_1}{n_2}$$

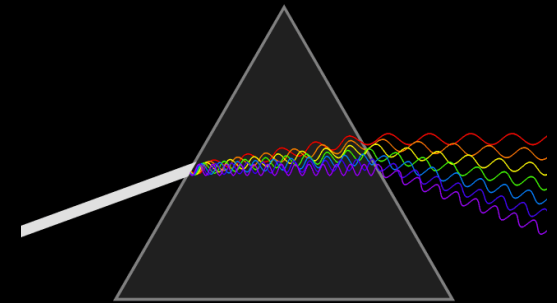
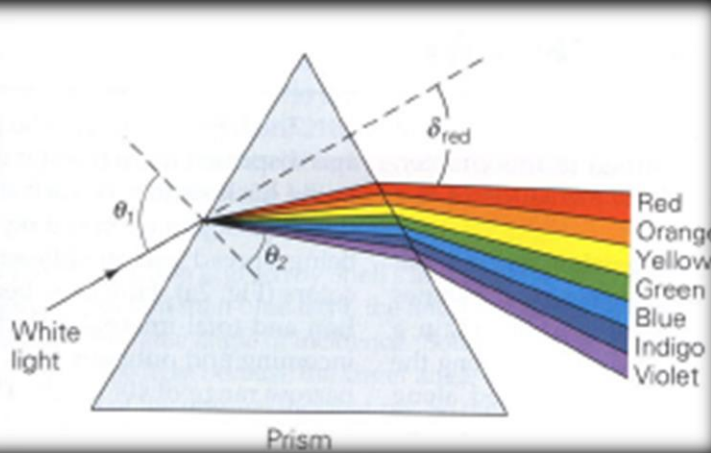
หมายเหตุ : มุม θ_2 ต้องเป็นมุมที่น้อยกว่าเท่านั้น





ปรากฏการณ์เกี่ยวกับแสง

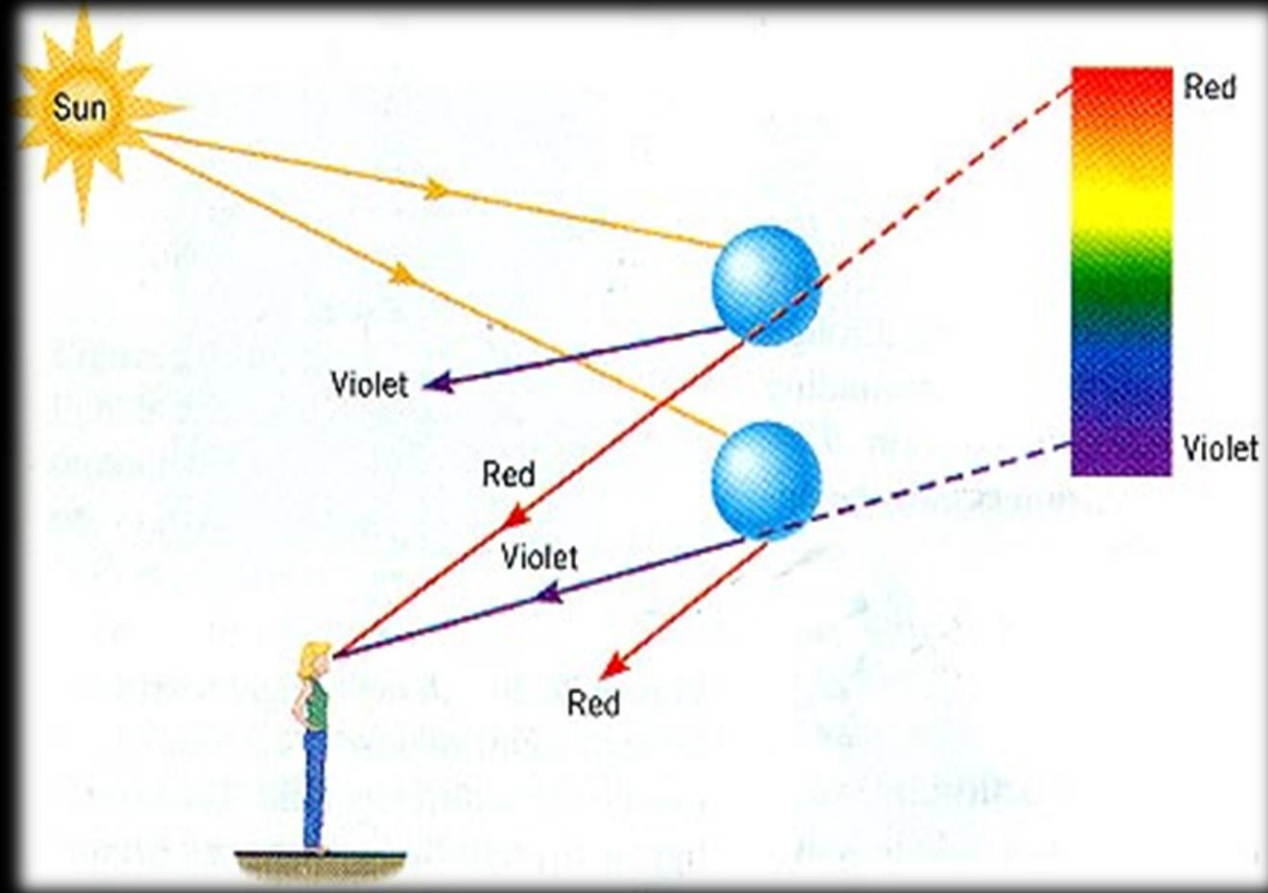
การกระจายของแสง



ความยาวคลื่นมากจะมีมุมเบี่ยงเบนน้อยสุด
ความยาวคลื่นน้อยจะมีมุมเบี่ยงเบนมากที่สุด

เมื่อแสงขาวซึ่งประกอบด้วยแสงหลายความยาวคลื่น ตกกระทบปริซึมแสงแต่ละความยาวคลื่น จะหักเหด้วยมุมไม่เท่ากันและแยก ออกจากกันเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “การกระจายแสง”

รุ้งกินน้ำ



“เมื่อแสงตกกระทบเข้าไปในละอองน้ำ จะเกิดหักเหและการสะท้อนกลับหมดออกมา 7 สี”

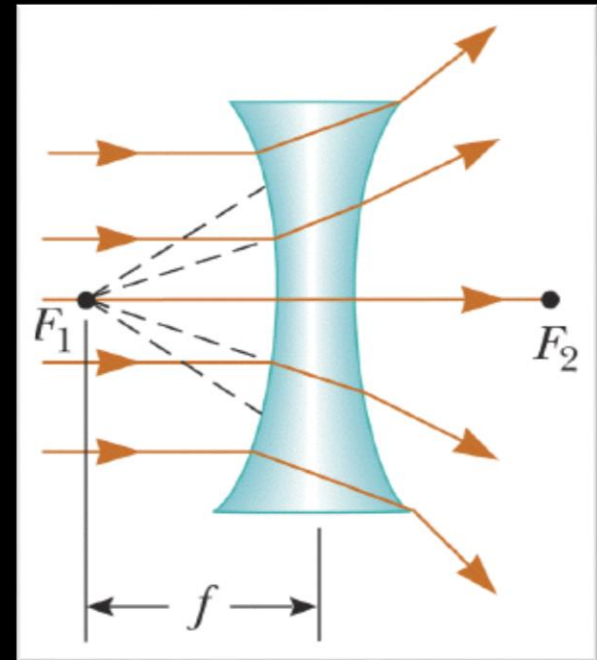
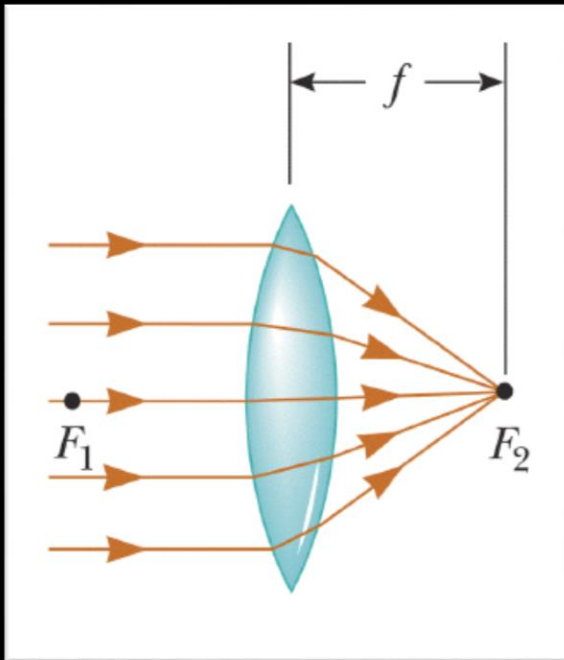
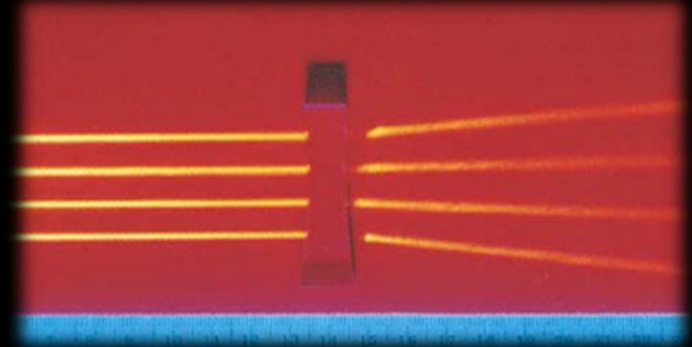
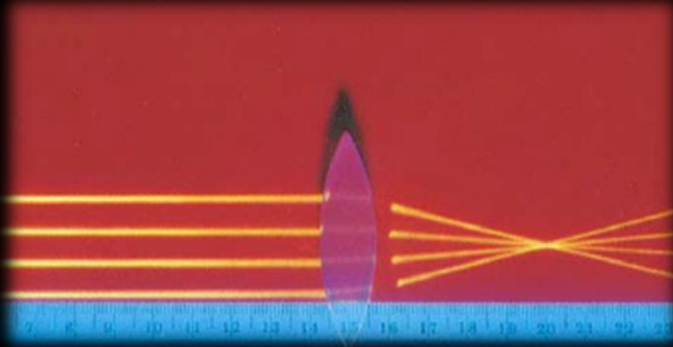
มิราจ



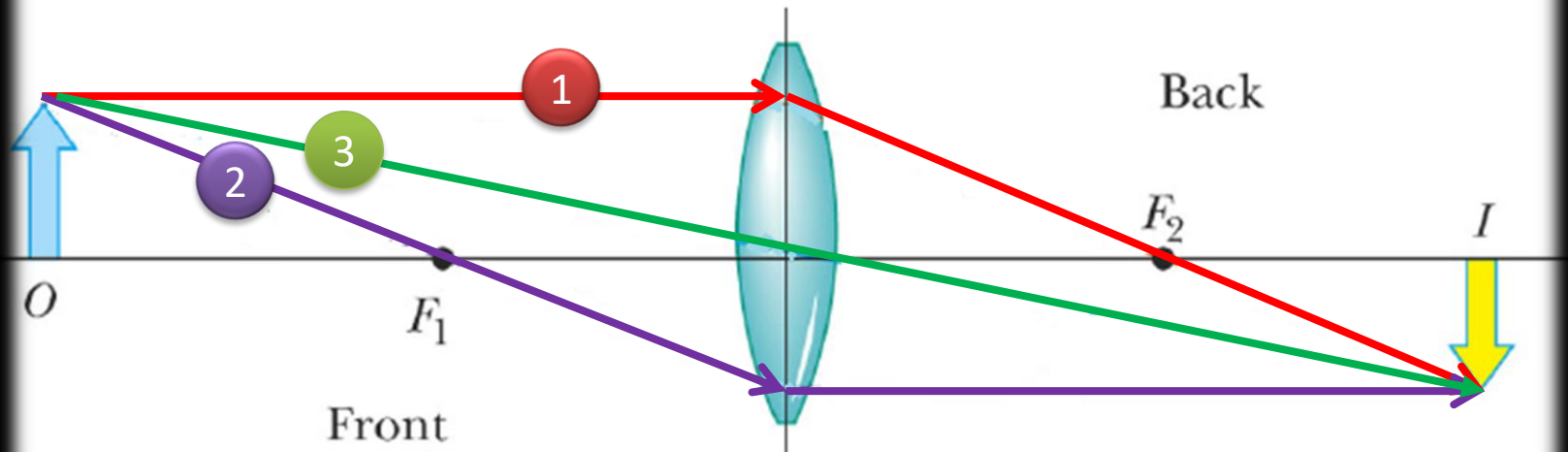
“เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากการหักเหของแสงในชั้นบรรยากาศแล้วมีการสะท้อนกลับหมดเนื่องจากความหนาแน่นของอากาศในชั้นต่างๆ ไม่เท่ากัน”



เลนส์บาง

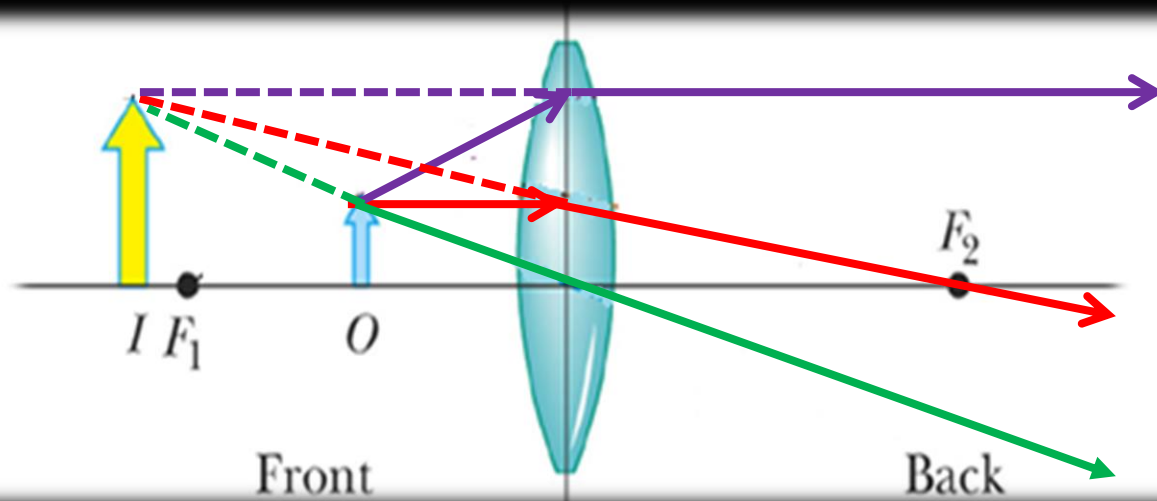


การเกิดภาพโดยเลนส์นูนบาง



เกิดภาพจริงหัวกลับ หลังเลนส์ เอาฉากรับได้

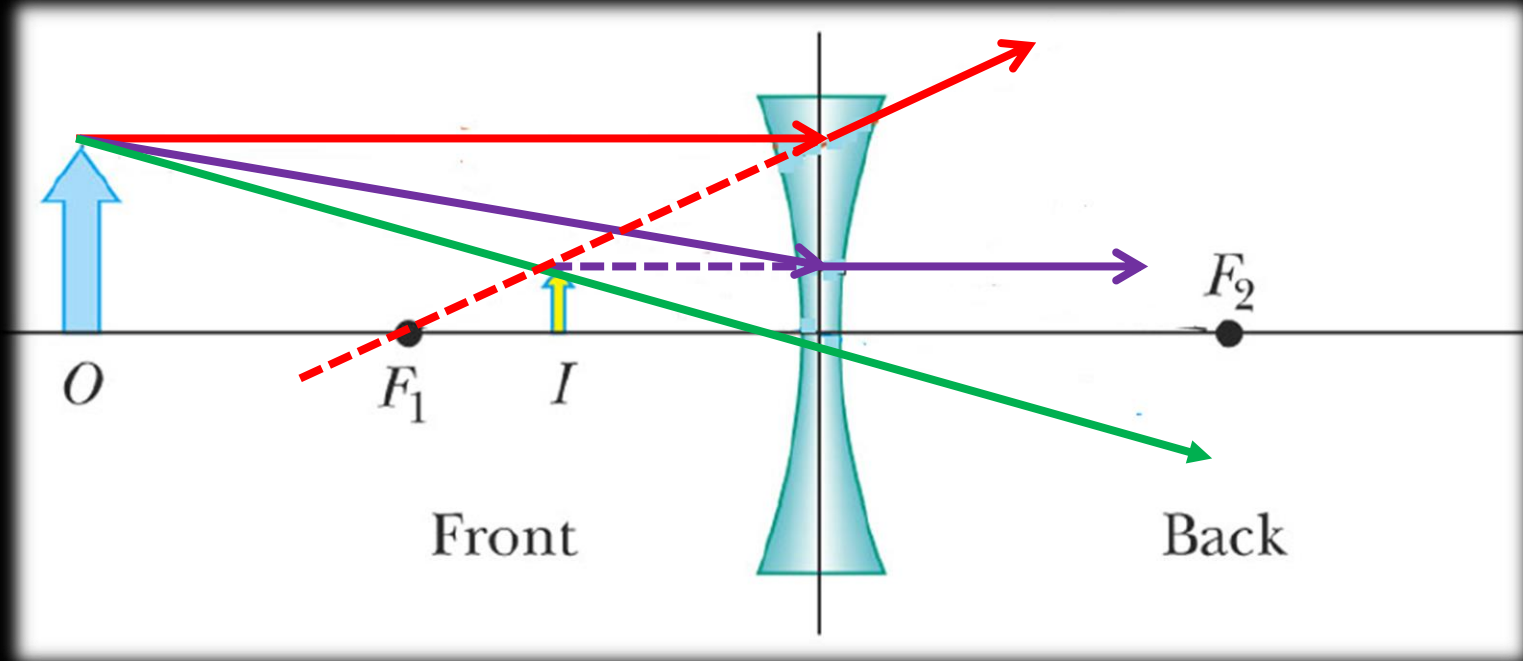
1. ลากรังสีขนานไปกับแกนमुखสำคัญและหักเหผ่านจุดโฟกัสที่อยู่ด้านหลังเลนส์
2. ลากรังสีผ่านจุดโฟกัสด้านหน้าเลนส์และทะลุผ่านเลนส์ออกไปในแนวขนานกับแกนमुखสำคัญ
3. ลากรังสีผ่านจุดตรงกลางเลนส์และลากต่อไปเป็นเส้นตรง



เกิดภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ

1. ลากรังสีขนานไปกับแกนमुखสำคัญและหักเหผ่านจุดโฟกัสที่อยู่ด้านหลังเลนส์
2. ลากรังสีผ่านจุดโฟกัสด้านหน้าเลนส์และทะลุผ่านเลนส์ออกไปในแนวขนานกับแกนमुखสำคัญ
3. ลากรังสีผ่านจุดตรงกลางเลนส์และลากต่อไปเป็นเส้นตรง

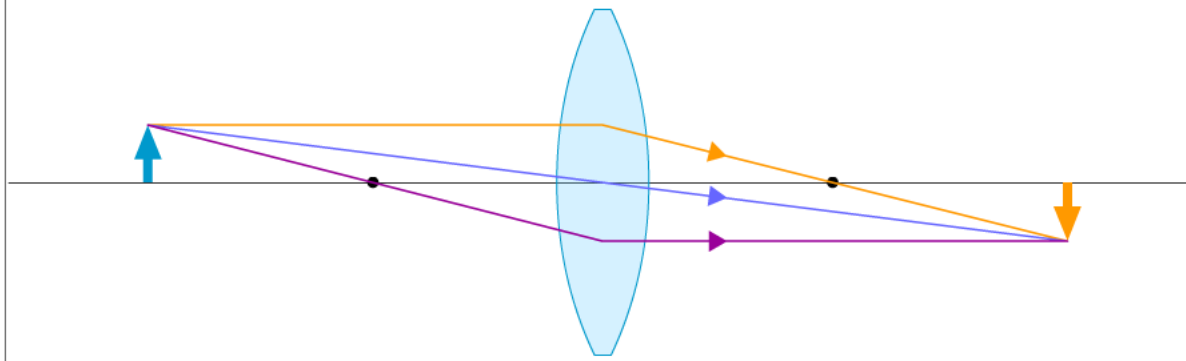
การเกิดภาพโดยเลนส์เว้าบาง



เกิดภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดภาพเล็กกว่าขนาดวัตถุ

1. ลากรังสีขนานแกนमुखสำคัญและหักเหผ่านเลนส์ออกไปเมื่อต่อแนวรังสีจะมาตัดที่จุดโฟกัสที่อยู่หน้าเลนส์
2. ลากรังสีไปยังจุดโฟกัสที่อยู่ด้านหลังเลนส์และทะลุออกมาเป็นเส้นขนานกับแกนमुखสำคัญ
3. ลากรังสีผ่านกึ่งกลางเลนส์และลากต่อไปเป็นเส้นตรง

Convex lens



Object height m

Image height m

Object distance m

Image distance m



สูตรที่ใช้คำนวณการเกิดภาพโดยเลนส์นูนและเลนส์เว้า

เมื่อ f = ความยาวโฟกัส
 s = ระยะวัตถุ
 s' = ระยะภาพ
 y = ขนาดวัตถุ
 y' = ขนาดภาพ
 m = กำลังขยาย
 R = รัศมีความโค้ง

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

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

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

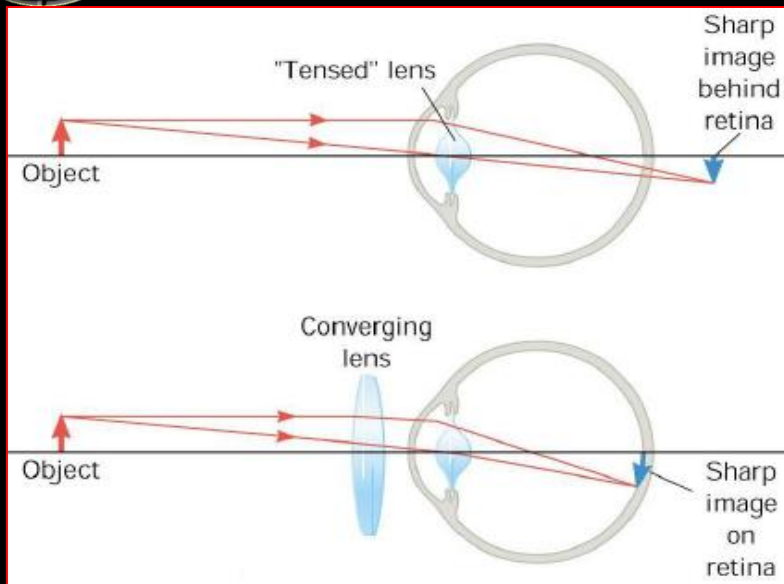
$$f = \frac{R}{2}$$

***เงื่อนไข

1. หากเป็นเลนส์นูน ต้องใช้ f มีค่าเป็น +
หากเป็นเลนส์เว้า ต้องใช้ f มีค่าเป็น -
2. หากภาพที่เกิดเป็นภาพจริง ต้องใช้ s', y', m มีค่าเป็น +
หากเป็นภาพที่เกิดเป็นภาพเสมือน ต้องใช้ s', y', m มีค่าเป็น -

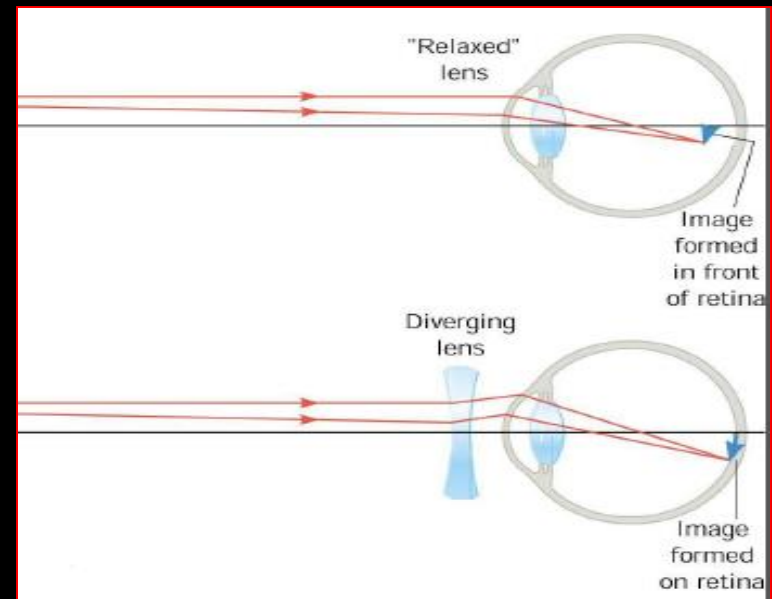


ตาและการมองเห็น



สายตาวาว เกิดจากการที่ระยะโฟกัสนั้นยาวมากเกินไป ทำให้แสงไปโฟกัสที่ด้านหลังของเรตินา คนที่มีสายตาวาว จะมีปัญหากับการมองวัตถุที่อยู่ใกล้ๆ

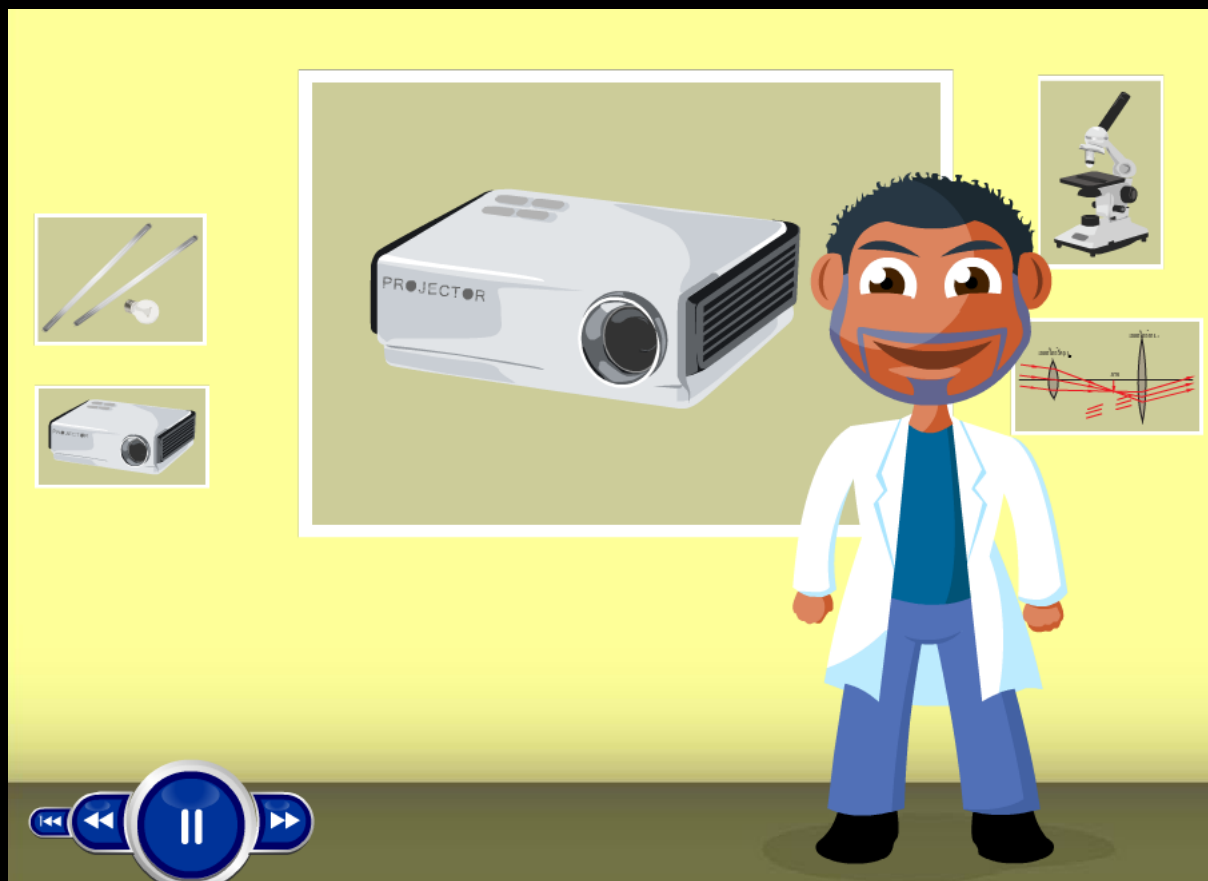
สายตาวาวสามารถแก้ไขได้โดยการใส่ เลนส์นูน ช่วย ในการหักเหแสง ให้ระยะโฟกัสนั้นใกล้เข้า โดยเกิดภาพที่เรตินา



สายตาสั้น เกิดจากการที่ระยะโฟกัสนั้นสั้นเกินไป ทำให้แสงไปโฟกัสและเกิดภาพก่อนจะถึงเรตินา สายตาสั้นสามารถแก้ไขได้โดยการใส่ เลนส์เว้า ช่วยในการที่จะกระจายแสง ทำแสงหักเหไปตกที่บริเวณเรตินาพอดี

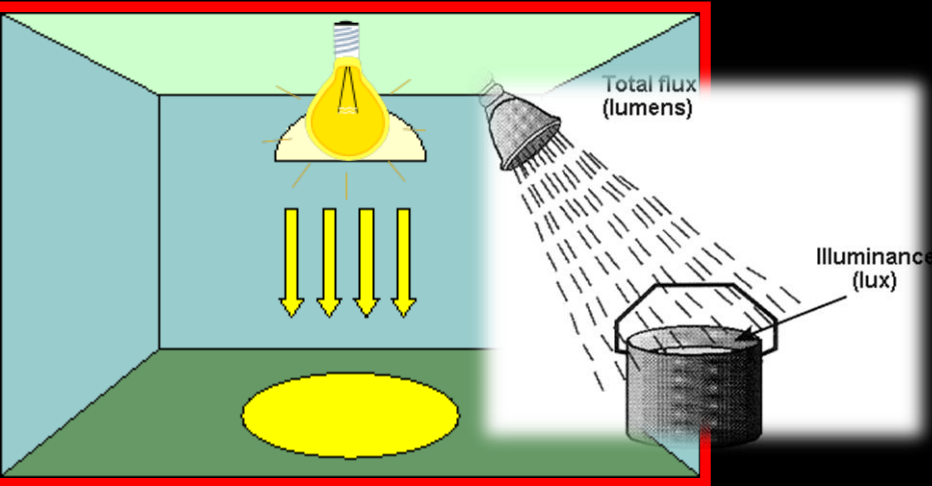


ทัศนอุปกรณ์



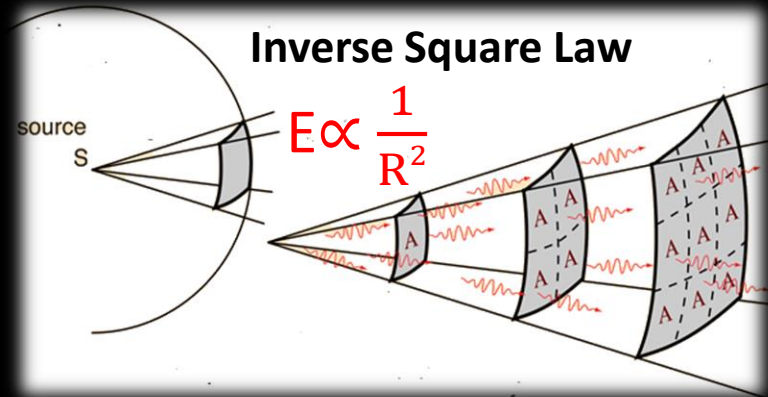


ความสว่าง



ความสว่าง = $\frac{\text{ฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกตั้งฉากกับพื้น}}{\text{พื้นที่รับแสง}}$

$E = \frac{F}{A}$ หน่วย ลูเมน/ตารางเมตรหรือ ลักซ์

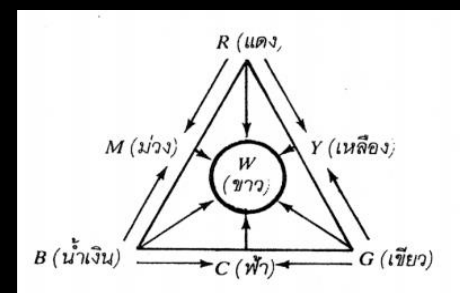
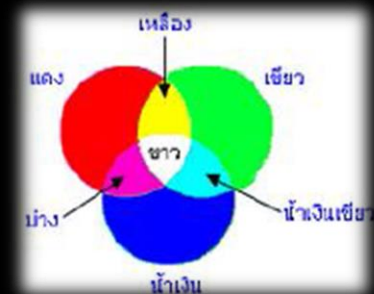
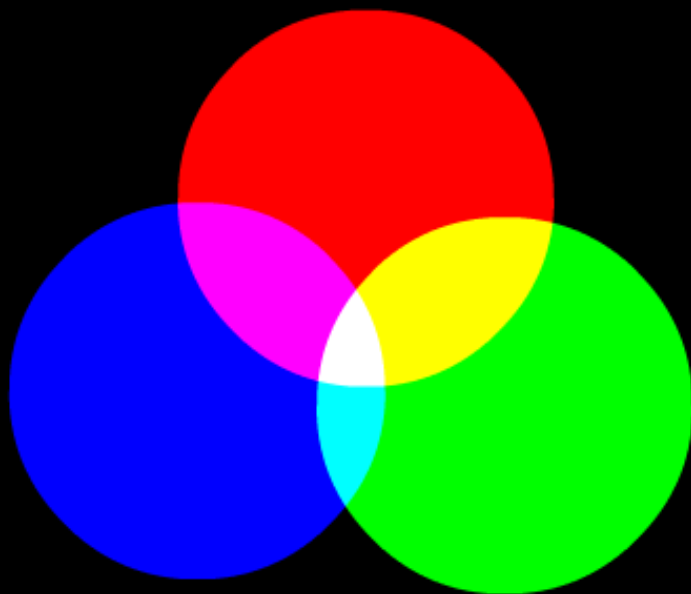


ความสว่าง = $\frac{\text{ความเข้มของการส่องสว่าง}}{\text{ระยะจากแหล่งกำเนิดแสงวัดมาตั้งฉากกับพื้นที่}}$

$E = \frac{I}{R^2}$ หน่วย แคนเดลลา/เมตร



แสงสีและการผสมสี



“ถ้าเรามองเห็นวัตถุมีสีแดง แสดงว่าวัตถุนั้นสะท้อนแสงสีแดง ออกมาเข้าตาเรา ส่วนแสงสีอื่นๆ จะถูกดูดกลืนหมด”

