Lecture 9 : กระจกและเลนส์บาง

- ธรรมชาติของแสง
- กฎการสะท้อนของแสง
- ภาพจริงและภาพเสมือน
- กระจกเงาระนาบ
- กระจกเว้าและกระจกนูน
- หลักการหักเหของแสง
- เลนส์นูนและเลนส์เว้า

ธรรมชาติของแสง

แสง (light)

แสงเป็นพลังงานรูปหนึ่ง เดินทางในรูปแบบของคลื่นด้วยอัตราเร็วสูง 300,000 กิโลเมตรต่อวินาที

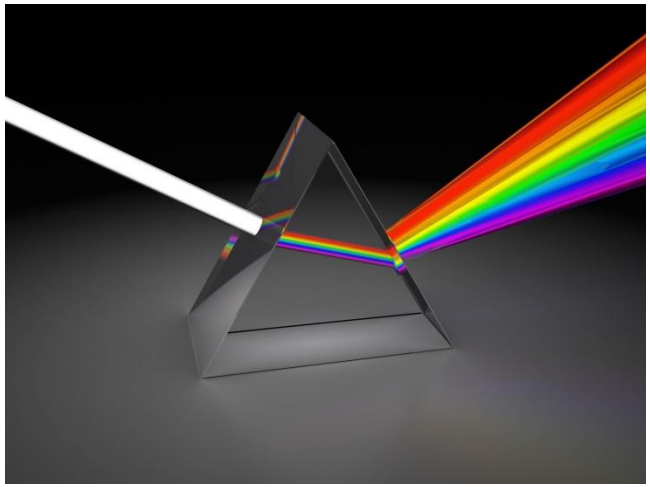
- แหล่งกำเนิดแสงมีทั้งแหล่งกำเนิดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น แสงดวงอาทิตย์
- แหล่งกำเนิดแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น แสงสว่างจากหลอดไฟ

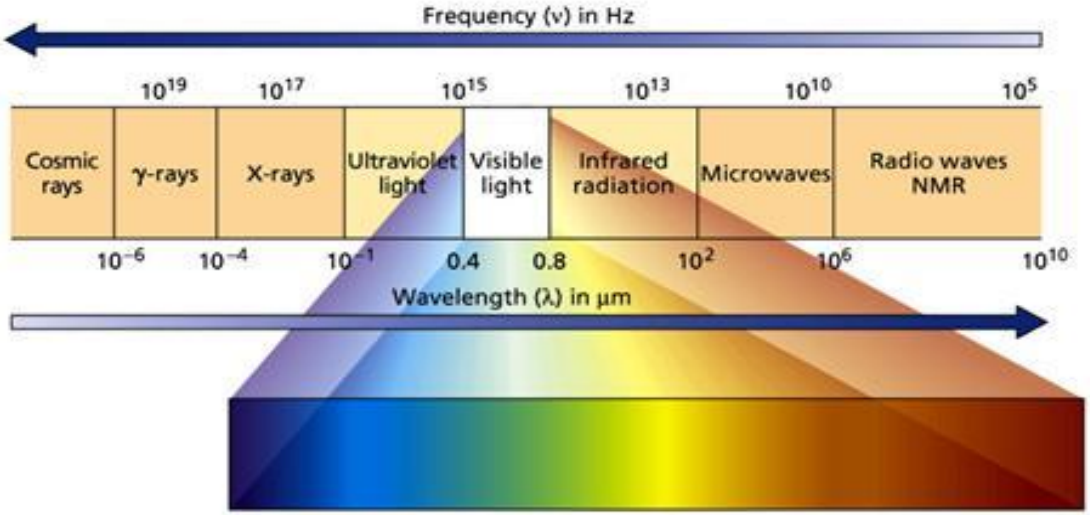
“แสงเดินทางเป็นเส้นตรง”

ธรรมชาติของแสง

สเปกตรัมของแสง

แสงจากดวงอาทิตย์เป็นแสงขาว ซึ่งเราสามารถใช้ปริซึมแยกแสงที่เป็นองค์ประกอบของแสงขาวออกจากกันได้เป็นแถบสีต่าง ๆ 7 สีเรียงติดกัน เราเรียกแถบสีที่เรียงติดกันนี้ว่า สเปกตรัม





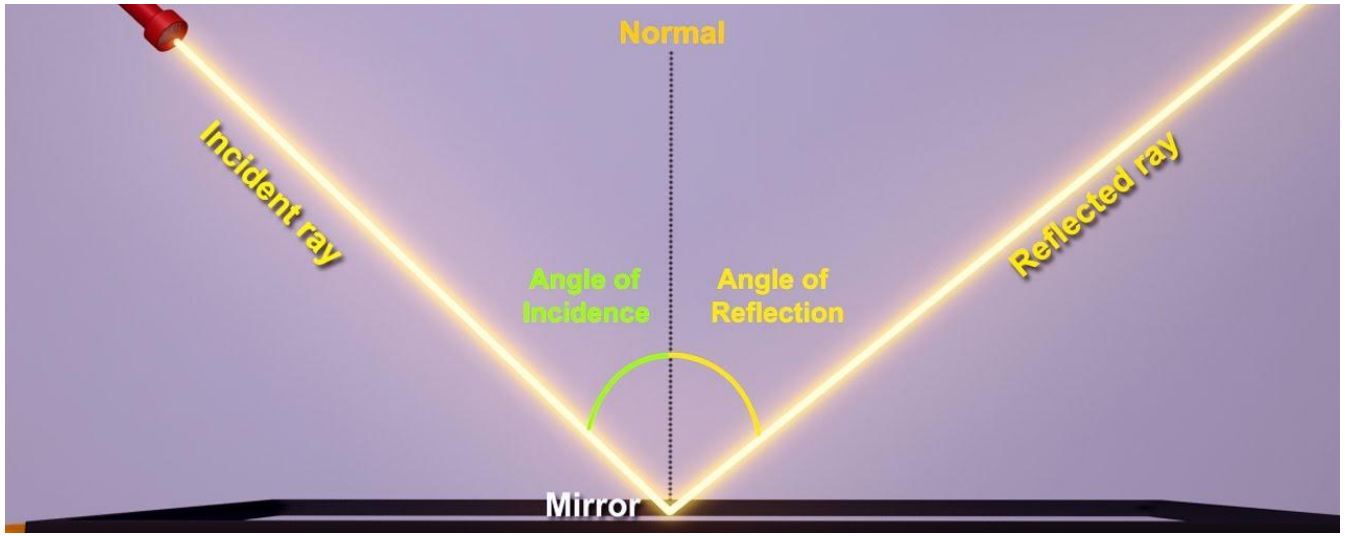
ภาพแสดงสเปกตรัมของคลื่นแสงขาว

http://the66books.com.au/wp-content/uploads/2014/05/Fotolia_50428778_Subscription_Monthly_M.jpg

การสะท้อนของแสง

กฎของการสะท้อนกล่าวว่า

"เมื่อเกิดการสะท้อนแสงทุกครั้งมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ"



- รังสีตกกระทบ (Incident Ray) คือ รังสีของแสงที่พุ่งเข้าหาพื้นผิวของวัตถุ
- รังสีสะท้อน (Reflected Ray) คือ รังสีของแสงที่พุ่งออกจากพื้นผิวของวัตถุ
- เส้นปกติ (Normal) คือ เส้นที่ลากตั้งฉากกับพื้นผิวของวัตถุตรงจุดที่แสงกระทบ
- มุมตกกระทบ (Angle of Incidence) คือ มุมที่รังสีตกกระทบทำกับเส้นปกติ
- มุมสะท้อน (Angle of Reflection) คือ มุมที่รังสีสะท้อนทำกับเส้นปกติ

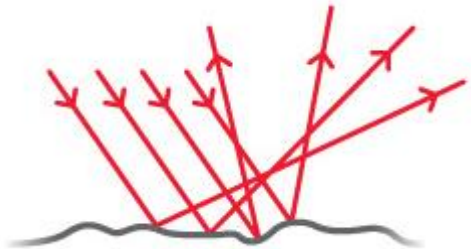
https://i.ytimg.com/vi/dwxaq4c9K6k/maxresdefault.jpg

การสะท้อนของแสง

การสะท้อนของแสงที่ผิวน้ำ

ผิวน้ำเรียบ

ผิวน้ำไม่เรียบ



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ef/Mount_Hood_reflected_in_Mirror_Lake,_Oregon.jpg

http://www.justrenttoown.com/blog/wp-content/uploads/2015/06/mt.-hood-and-burnt-lake.jpg

ภาพจริงและภาพเสมือน

ลักษณะภาพจริงและภาพเสมือน

- *ภาพจริง* (Real image): เกิดจากการตัดกันจริงของรังสีสะท้อน (หรือรังสีหักเห) เป็น*ภาพหัวกลับกับวัตถุที่ทำให้เกิดภาพ* สามารถเอา*ฉากมารับภาพ* ได้ และมีอยู่จริงเสมอ โดยไม่ขึ้นกับการมองเห็นของตามนุษย์
- *ภาพเสมือน* (Virtual image): เป็นภาพที่ไม่ได้เกิดจากการตัดกันของรังสีของแสงโดยตรง แต่เกิดจากการตัดกันของเส้นแนวรังสีที่ต่อมาจากแนวรังสีสะท้อน หรือแนวรังสีหักเห จะเป็น*ภาพหัวตั้งเหมือนวัตถุที่ทำให้เกิดภาพ* ไม่มีอยู่จริงจึงเอาฉากมารับไม่ได้ มองเห็นได้เพราะเป็นการสร้างภาพในสมองส่วนการมองเห็นภาพของมนุษย์

กำลังขยาย

ภาพมีขนาดโตขึ้นหรือเล็กลงเมื่อเทียบกับขนาดของวัตถุ

กำลังขยาย (m) : คือ อัตราส่วนระหว่างขนาดภาพกลับขนาดวัตถุ

$$m = \frac{h'}{h} = \frac{\text{ขนาดภาพ}}{\text{ขนาดวัดถุ}}$$

- *ภาพโตกว่าวัตถุ คือการขยาย จะได้ กำลังขยายมากกว่าหนึ่ง* $m > 1$
- *ภาพเล็กกว่าวัตถุ คือการย่อ จะได้ กำลังขยายน้อยกว่าหนึ่ง* $m < 1$
- *ภาพขนาดเท่าวัตถุ จะได้กำลังขยายเท่ากับหนึ่ง* $m = 1$

การเกิดภาพจากการสะท้อน-จากกระเงาราบ

กระจกเงาระนาบให้

- ภาพเสมือน หัวตั้ง
- มีความสมมาตรรอบระนาบกระจก
- มีขนาดเท่ากับวัตถุ
- ระยะภาพนั้นมีค่าเท่ากับระยะวัตถุ
- ลักษณะของภาพนั้นจะมีลักษณะของการกลับซ้ายขวา (Lateral inversion)

http://www.physics.science.cmu.ac.th/courses/207187/download/lightII_2_2554_st.pdf
https://www.linkedin.com/pulse/man-mirror-insight-personal-reflection-bridget-smith

กระจกเงาระนาบ

การเกิดภาพของกระจกเงาระนาบ

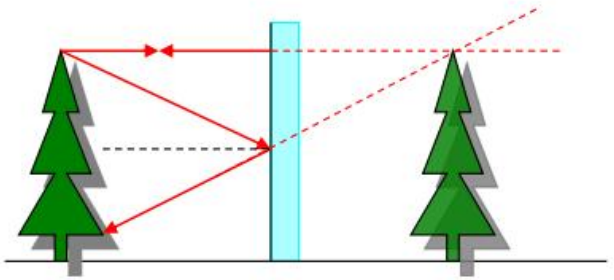
ในการแสดงการเกิดภาพนั้นจะสะดวกขึ้นมากถ้าใช้แผนภาพ ray diagram

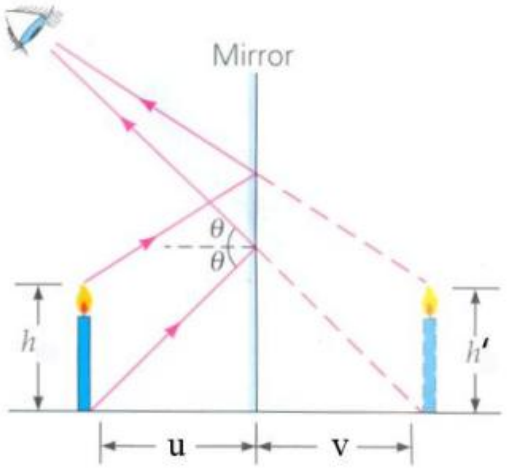
1) เลือกหนึ่งจุดบนวัตถุที่ต้องการจะหาตำแหน่งของภาพ แล้วลากเส้นแนวรังสีของแสงที่ผ่านจุดนั้นไปตกกระทบบนกระจก แล้วลากแนวรังสีสะท้อนที่ออกมาจากกระจก

2) ลากเส้นแนวรังสีเส้นใหม่ที่ผ่านจุดเดิมที่เลือกไว้ไปตกกระทบกับกระจก แล้วลากแนวรังสีสะท้อน

3) เส้นที่ต่อจากแนวรังสีสะท้อนมาตัดกันจะเป็นจุดที่เกิดภาพ

4) ในการวาดเส้นแนวรังสีสะท้อนนั้น กฎการสะท้อนเป็นจริงสำหรับเส้นแนวรังสีตกกระทบแต่ละเส้น





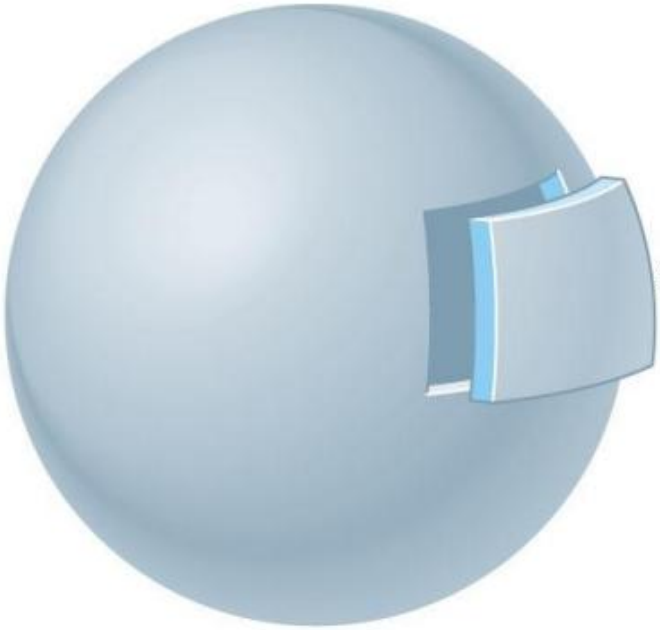
u = ระยะวัตถุ
v = ระยะภาพ

กระจกเว้าและกระจกนูน

การเกิดภาพจากการสะท้อน-จากกระเงาโค้ง

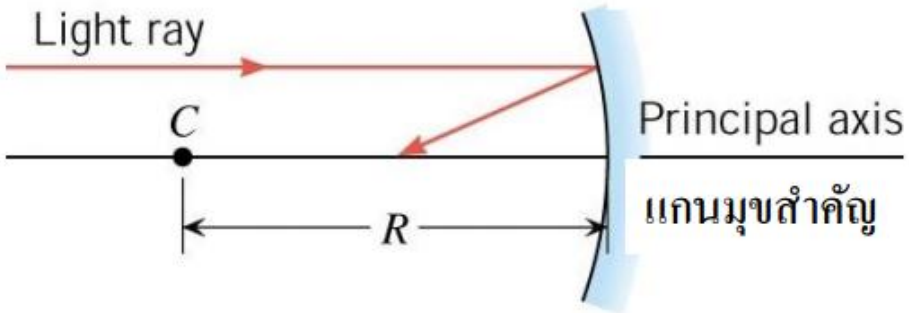
C คือศูนย์กลางความโค้ง

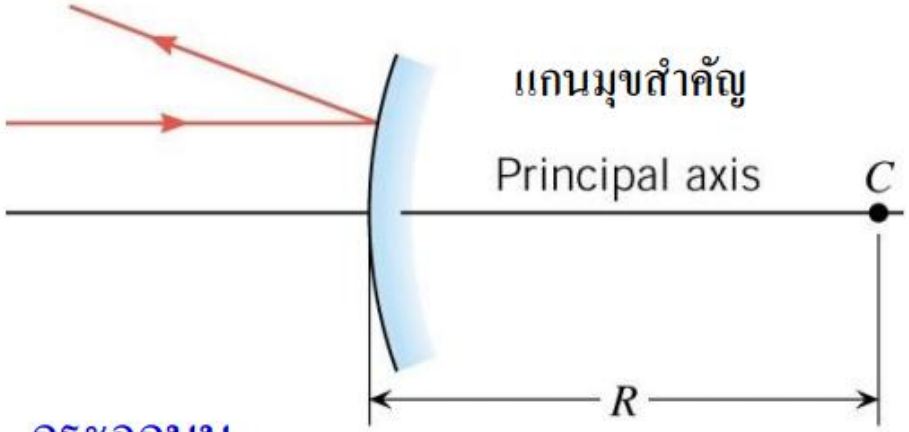
R = รัศมีความโค้ง



กระจกทรงกลม

กระจกเว้า





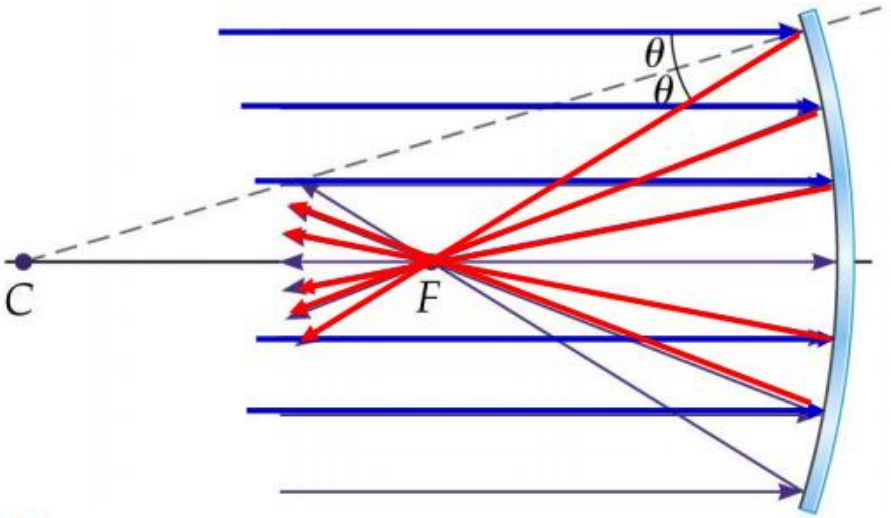
กระจกนูน

กระจกเว้าและกระจกนูน

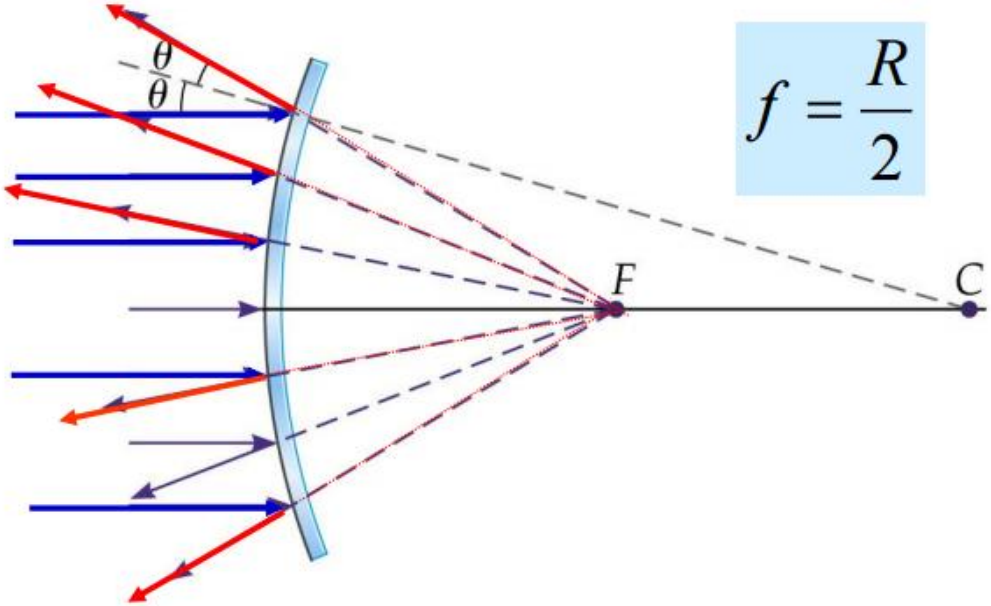
กระจกโค้งและจุดโฟกัส

จุดโฟกัสคือจุดที่ ลำแสงขนานไปตัดกันเมื่อสะท้อนมาจากกระจกทรงกลม

กระจกเว้า มีจุดโฟกัส F จริง และระยะโฟกัสเป็นบวก $+f$



กระจกนูน มีจุดโฟกัสเสมือน อยู่หลังกระจก และระยะโฟกัสเป็นลบ $-f$



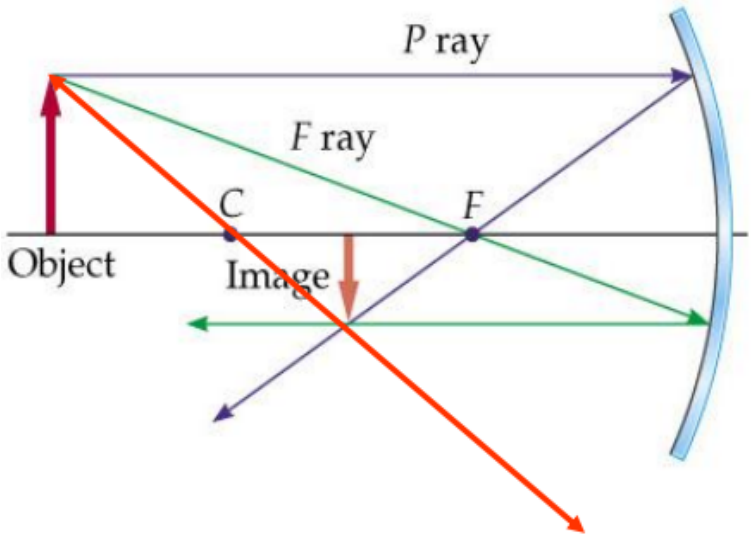
$$f = \frac{R}{2}$$

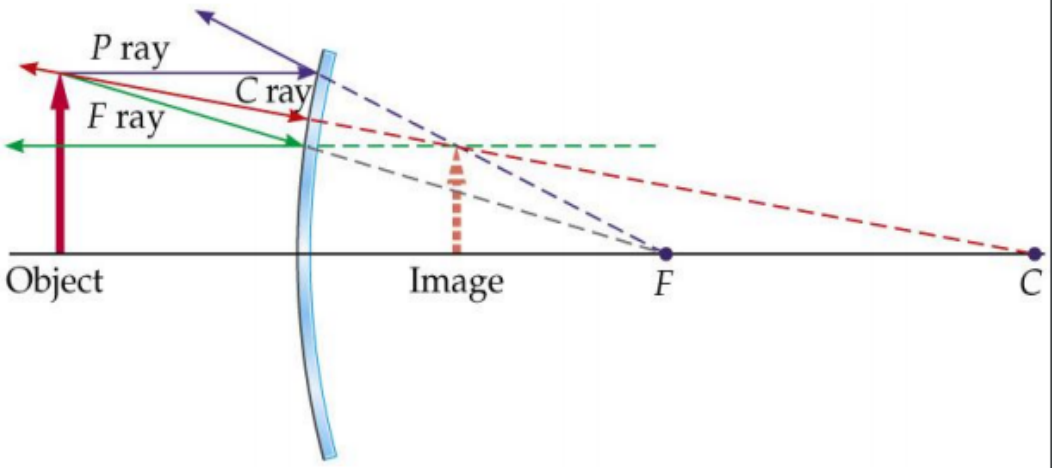
C คือ จุดศูนย์กลางความโค้ง

F คือ จุดโฟกัส

กระจกเว้าและกระจกนูน

การเขียนแผนภาพแสดงการเกิดภาพจากกระจก





P Ray ลากเส้นแนวรังสีของแสงจากหัวของวัตถุขนานกับแกนมุขสำคัญ แล้ว สะท้อนจากกระจกไปยังจุดโฟกัส F

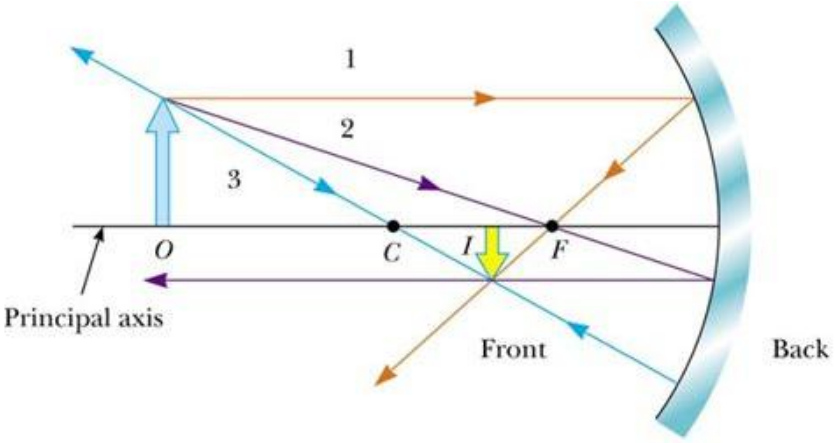
C Ray ลากเส้นแนวรังสีของแสงจากหัวของวัตถุผ่านจุดศูนย์กลางทรงกลม C แล้วสะท้อนทับเส้นเดิม

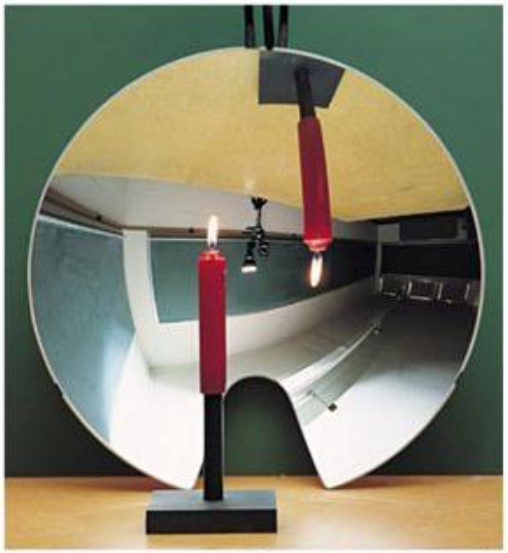
F Ray ลากเส้นแนวรังสีของแสงจากหัวของวัตถุผ่านจุดโฟกัส แล้วสะท้อนออกจากกระจกขนานกับแกนมุขสำคัญ

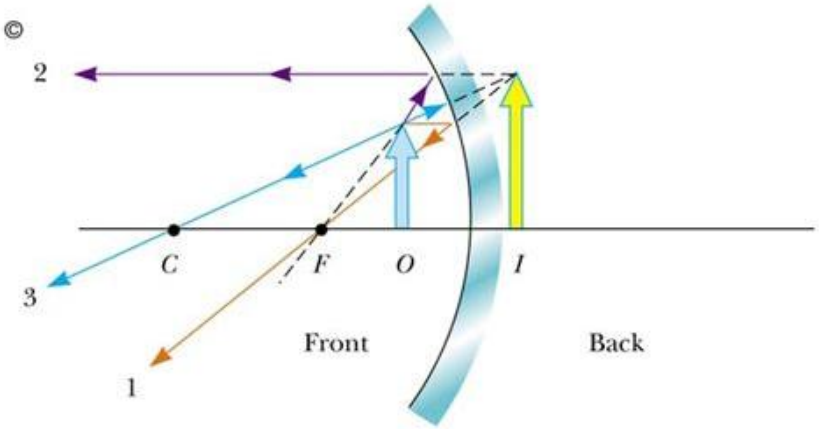
จุดตัดกันของรังสีสะท้อนอย่างน้อยสองเส้น จะเป็นตำแหน่งของภาพจริง แต่ถ้าต้องต่อย้อนรังสีสะท้อนไปตัดกัน ก็จะได้ตำแหน่งของภาพเสมือน

กระจกเว้าและกระจกนูน

ตัวอย่างการเกิดภาพกับกระจกเว้า

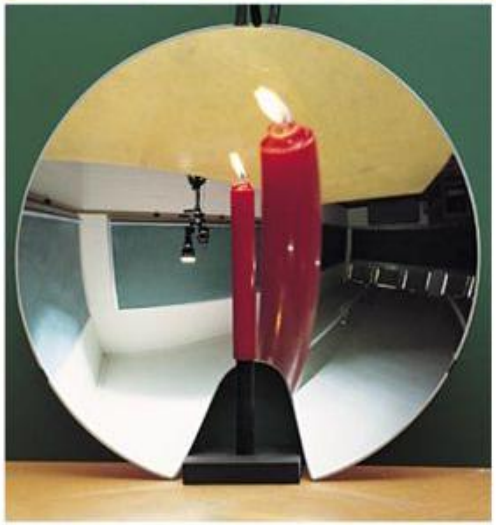






© 2003 Thomson - Brooks Cole

(b)

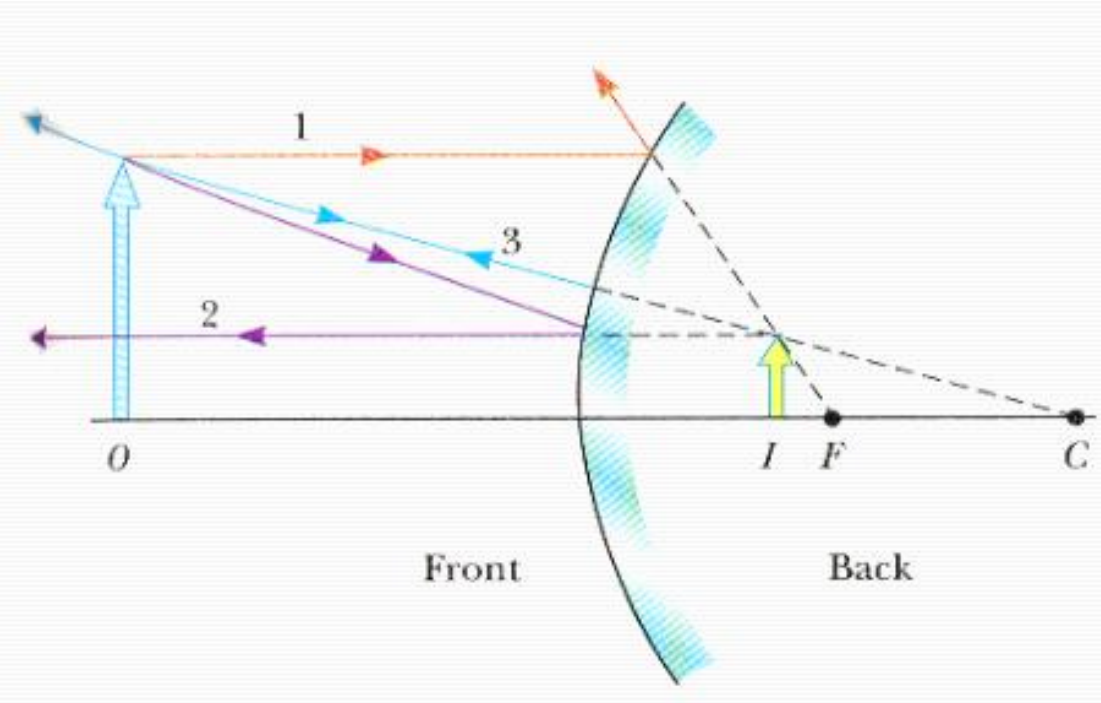


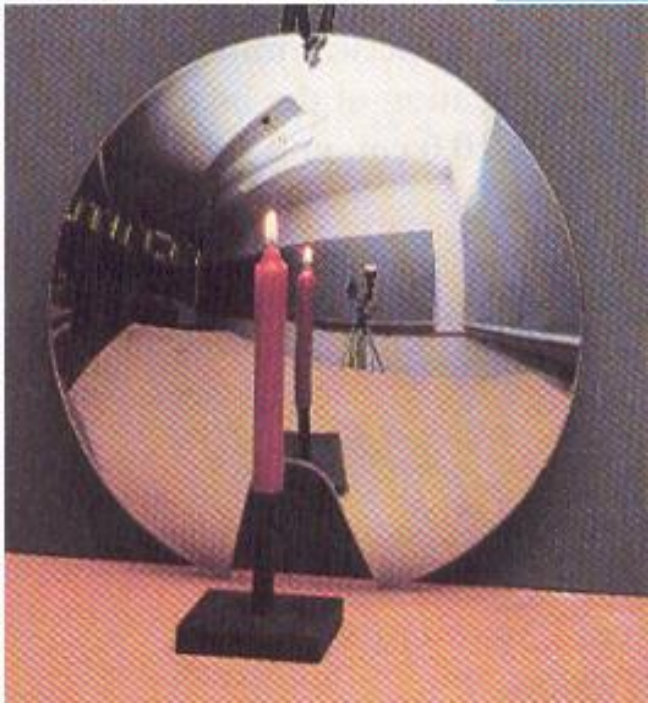
http://images.slideplayer.com/13/3916036/slides/slide_8.jpg

สรุปการเกิดภาพกับกระจกเว้า เมื่อวางวัตถุที่ระยะต่าง ๆ

ระยะวัตถุ	ลักษณะภาพ	ขนาดภาพ
$u = \infty$	ภาพจริง หัวกลับ หน้ากระจก	เล็กเป็นจุด
$2f < u < \infty$	ภาพจริง หัวกลับ หน้ากระจก	เล็กกว่าวัตถุ
$u = 2f$	ภาพจริง หัวกลับ หน้ากระจก	เท่าวัตถุ
$f < u < 2f$	ภาพจริง หัวกลับ หน้ากระจก	โตกว่าวัตถุ
$u = f$	ภาพจริง หัวกลับ หน้ากระจก	ไม่เกิดภาพ
$u < f$	ภาพเสมือน หัวตั้ง หลังกระจก	โตกว่าวัตถุ

ตัวอย่างการเกิดภาพกับกระจกนูน





http://images.slideplayer.com/13/3916036/slides/slide_8.jpg

สรุปการเกิดภาพกับกระจกนูนเมื่อวางวัตถุที่ระยะต่าง ๆ

ระยะวัตถุ	ลักษณะภาพ	ขนาดภาพ
$u = \infty$	ภาพเสมือนหัวตั้ง หลังกระจก	เล็กกว่าวัตถุ
$2f < u < \infty$	ภาพเสมือนหัวตั้ง หลังกระจก	เล็กกว่าวัตถุ
$u = 2f$	ภาพเสมือนหัวตั้ง หลังกระจก	เล็กกว่าวัตถุ
$f < u < 2f$	ภาพเสมือนหัวตั้ง หลังกระจก	เล็กกว่าวัตถุ
$u = f$	ภาพเสมือนหัวตั้ง หลังกระจก	เล็กกว่าวัตถุ
$u < f$	ภาพเสมือนหัวตั้ง หลังกระจก	เล็กกว่าวัตถุ

กระจกเว้าและกระจกนูน

คำถาม

- กระจกเว้าให้ภาพขนาดใหญ่ หรือเล็ก ขึ้นกับระยะวัตถุ และดูภาพไกลห่างออกไป มีมุมมองที่แคบ
- กระจกนูน ให้ภาพเสมือนขนาดเล็กและดูใกล้กว่าวัตถุจริงเสมอ *มีมุมมองที่กว้าง*

- *ตอบกระจก _____ .*

กระจกเว้าและกระจกนูน

สมการกระจก :

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$$

u = ระยะวัตถุ

v = ระยะภาพ

f = ความยาวโฟกัส

เครื่องหมาย ในสมการกระจก

พิจารณาด้านหน้าและหลังกระจก

ด้านหน้ากระจก (คือด้านแสงตกกระทบ)	ด้านหลังกระจก
• u เป็น +บวก • v เป็น +บวก (ภาพจริง)	• u เป็น – ลบ (วัตถุเสมือน) • v เป็น – ลบ (ภาพเสมือน)
กระจกเว้า จะมีจุดศูนย์กลางความโค้ง อยู่หน้ากระจก • R เป็น +บวก • f เป็น +บวก	กระจกนูน จะมีจุดศูนย์กลางความโค้ง อยู่หลังกระจก • R เป็น – ลบ • f เป็น – ลบ

กระจกเว้าและกระจกนูน

ตัวอย่างที่ 1 :กระจกนูน

เทียนไขแท่งหนึ่งวางหน้ากระจกนูนห่างจากกระจก 49 cm ถ้ากระจกบานนี้มีรัศมีความโค้ง 70 cm จงคำนวณหาตำแหน่งของภาพและลักษณะของภาพที่เกิดขึ้น (−0.204 m, ภาพเสมือนหัวตั้งเหมือนกับวัตถุอยู่ด้านหน้ากระจก)

การบ้าน 1 : กระจกนูน

เทียนไขแท่งหนึ่งวางหน้ากระจกนูนห่างจากกระจก 85 cm ถ้ากระจกบานนี้มีรัศมีความโค้ง 70 cm จงคำนวณหาตำแหน่งของภาพและลักษณะของภาพที่เกิดขึ้น

กระจกเว้าและกระจกนูน

ตัวอย่างที่ 2 :กระจกเว้า

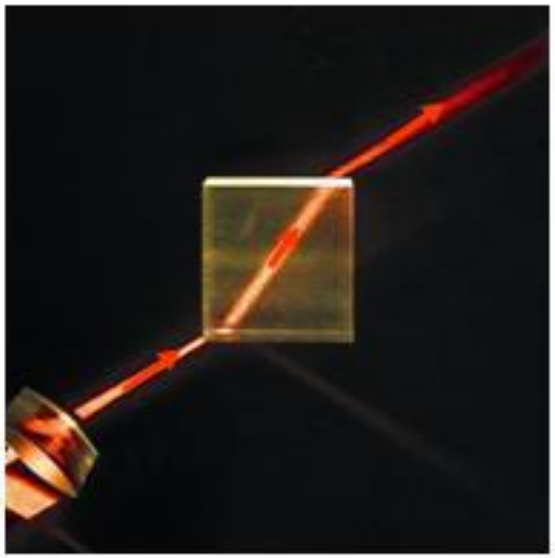
กระจกเว้าอันหนึ่ง เมื่อวางวัตถุห่างจากกระจก 10 cm ปรากฏว่าจะเกิดภาพจริงห่างกระจก 8 cm กระจกเว้านี้มีค่ารัศมีความโค้งเท่าใด

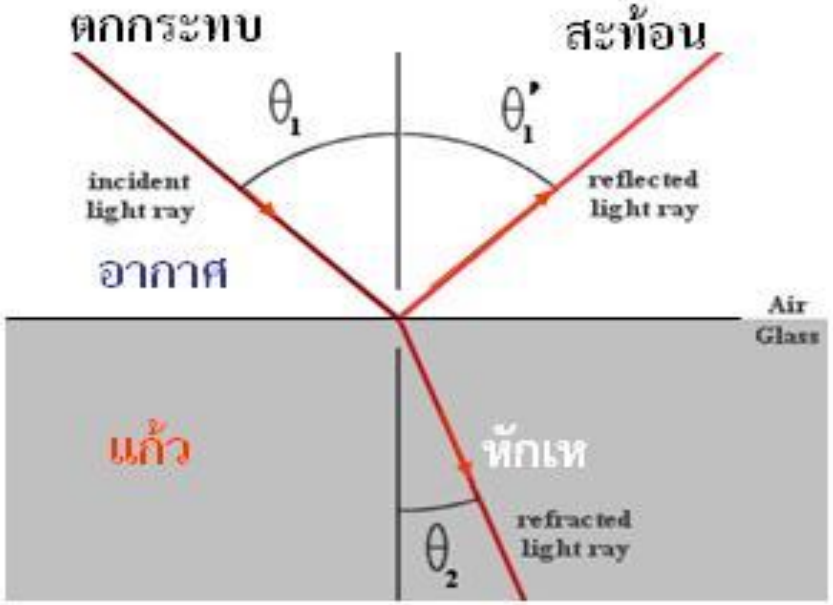
การบ้าน 2 : กระจกเว้า

กระจกเว้าอันหนึ่ง เมื่อวางวัตถุห่างจากกระจก 20 cm ปรากฏว่าจะเกิดภาพจริงห่างกระจก 8 cm กระจกเว้านี้มีค่ารัศมีความโค้งเท่าใด

เลนส์นูนและเลนส์เว้า

การเกิดภาพของเลนส์ อาศัยหลักการ “การหักเหของแสง”



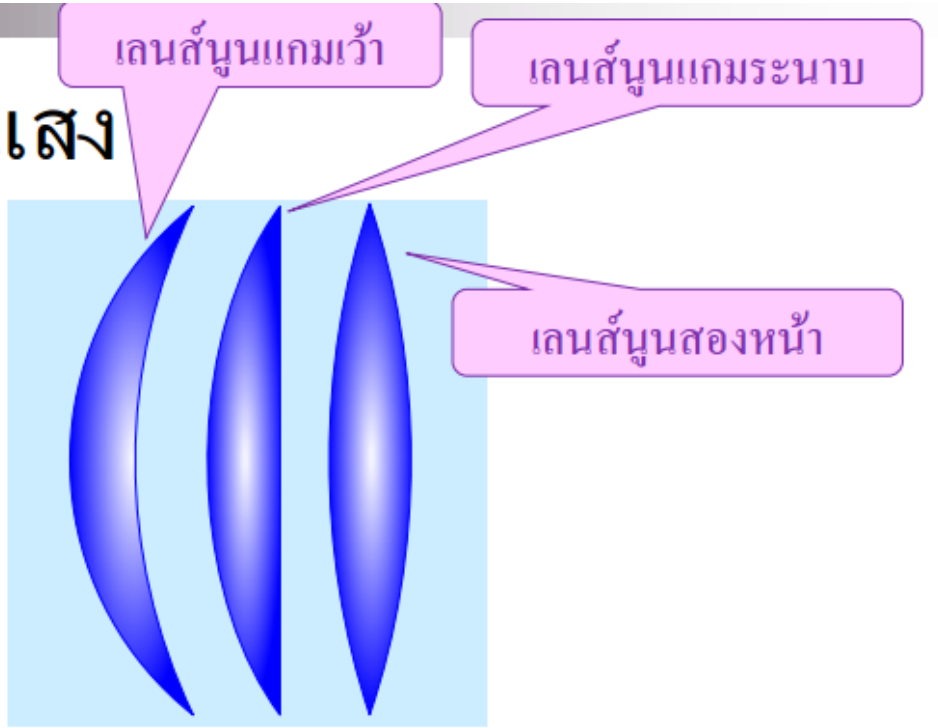


http://www.physics.science.cmu.ac.th/courses/207187/download/lightII_2_2554_st.pdf

เลนส์นูนและเลนส์เว้า

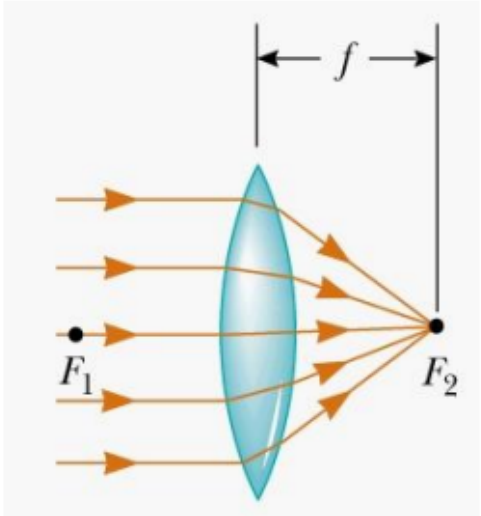
เลนส์บาง - เลนส์รวมแสง

- ประกอบด้วย ผิวโค้งหักเห 2 ผิว ระยะห่างระหว่างผิวหักเหนี้มีน้อยมาก จนเกิดเป็น เลนส์บาง
- เลนส์รวมแสง ตรงกลางของเลนส์จะหนากว่าบริเวณขอบ
- เมื่อมีแสงมาจากอนันต์ จะหักเหไปรวมกันที่จุดโฟกัสของเลนส์



ความยาวโฟกัส ขึ้นอยู่กับ:

1. วัสดุที่นำมาทำเลนส์
2. รูปร่างของเลนส์
3. ค่าดัชนีหักเหของแสงในตัวกลางที่เอาเลนส์ไปใส่



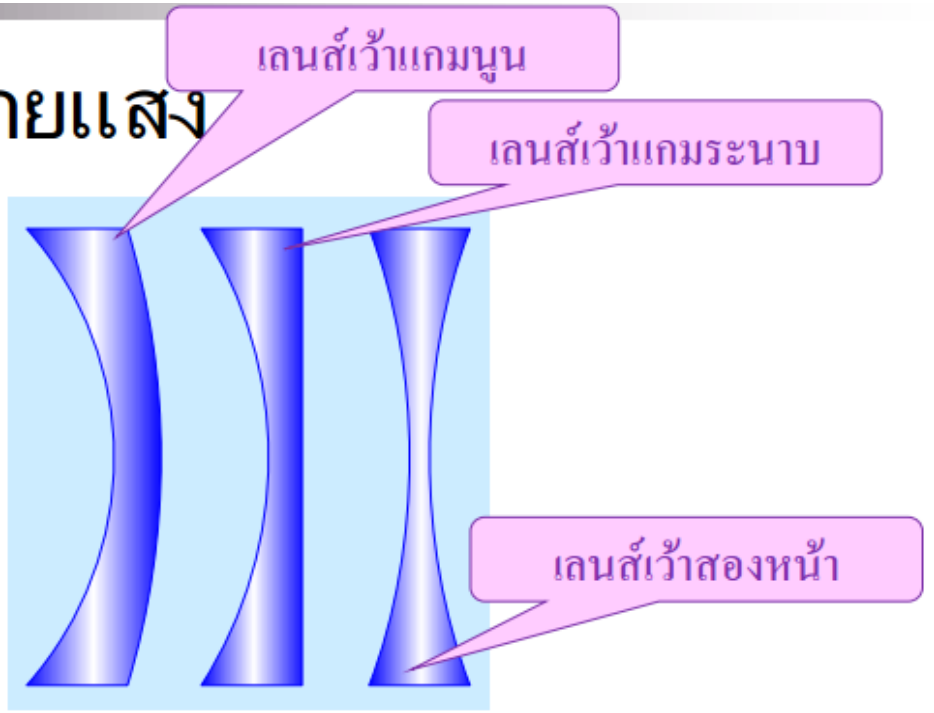
ระยะโฟกัสมีค่าเป็นบวก

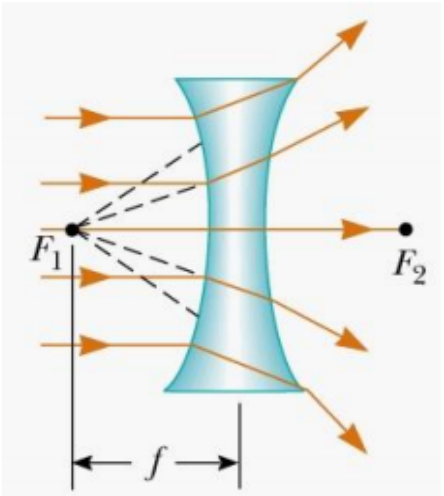
$f > 0$

เลนส์นูนและเลนส์เว้า

เลนส์บาง - เลนส์กระจายแสง

- เลนส์กระจายแสง คือเลนส์ที่ตรงกลางของเลนส์จะบางกว่าแถวบริเวณขอบ
- เมื่อมีแสงมาจากอนันต์ แสงจะหักเหเสมือนแสงกระจายออกมาจากจุดโฟกัสของเลนส์



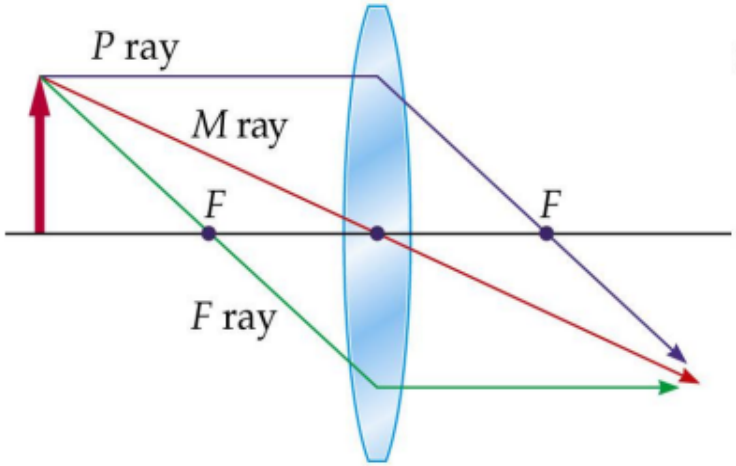


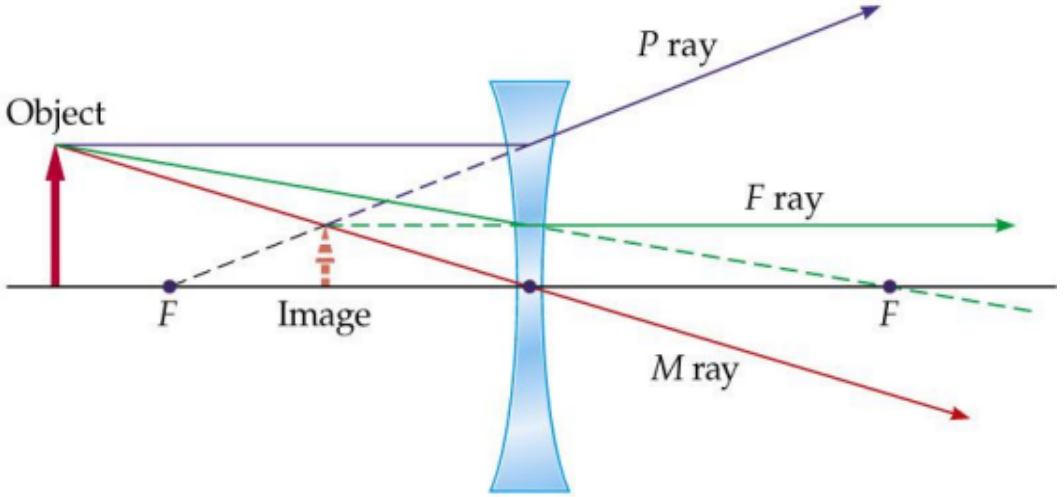
ระยะโฟกัสมีค่าเป็นลบ

$$f < 0$$

เลนส์นูนและเลนส์เว้า

การเขียนแผนภาพแสดงการเกิดภาพจากเลนส์บาง





1. P ray รังสีที่ลากขนานกับแกนมุขสำคัญ และหักเหผ่านเลนส์ ไปยังจุดโฟกัสด้านหลังของเลนส์นูน หรือ*ต้องย้อนไปทำแนวผ่านจุดโฟกัสเสมือน*สำหรับกรณีของเลนส์เว้า
2. M ray รังสีที่ลากผ่านจุดกึ่งกลางของเลนส์ จะไม่เกิดการหักเหของแสง
3. F ray รังสีที่ลากผ่านจุดโฟกัสของเลนส์นูน หรือ *รังสีของแสงที่เสมือนว่าจะลากผ่านไปยังจุดโฟกัสจริงของเลนส์เว้า* และหักเหผ่านเลนส์ โดยที่รังสีหักเหจะขนานกับแกนมุขสำคัญ
4. จุดตัดกันจริงของรังสีหักเหอย่างน้อย 2 เส้น จะเป็นตำแหน่งของภาพจริง แต่ถ้าต้องต่อแนวไปตัดกัน จะเป็นตำแหน่งของภาพเสมือน

สรุปการเกิดภาพกับเลนส์นูน เมื่อวางวัตถุที่ระยะต่างๆ

ระยะวัตถุ	ลักษณะภาพ	ขนาดภาพ
$u = \infty$	ภาพจริง หัวกลับ หลังเลนส์	เล็กเป็นจุด
$2f < u < \infty$	ภาพจริง หัวกลับ หลังเลนส์	เล็กกว่าวัตถุ
$u = 2f$	ภาพจริง หัวกลับ หลังเลนส์	เท่าวัตถุ
$f < u < 2f$	ภาพจริง หัวกลับ หลังเลนส์	โตกว่าวัตถุ
$u = f$	ภาพจริง หัวกลับ หลังเลนส์	ไม่เกิดภาพ
$u < f$	ภาพเสมือน หัวตั้ง หน้าเลนส์	โตกว่าวัตถุ

สรุปการเกิดภาพกับเลนส์เว้า เมื่อวางวัตถุที่ระยะต่างๆ

ระยะวัตถุ	ลักษณะภาพ	ขนาดภาพ
$u = \infty$	ภาพเสมือนหัวตั้ง หน้าเลนส์	เล็กกว่าวัตถุ
$2f < u < \infty$	ภาพเสมือนหัวตั้ง หน้าเลนส์	เล็กกว่าวัตถุ
$u = 2f$	ภาพเสมือนหัวตั้ง หน้าเลนส์	เล็กกว่าวัตถุ
$f < u < 2f$	ภาพเสมือนหัวตั้ง หน้าเลนส์	เล็กกว่าวัตถุ
$u = f$	ภาพเสมือนหัวตั้ง หน้าเลนส์	เล็กกว่าวัตถุ
$u < f$	ภาพเสมือนหัวตั้ง หน้าเลนส์	เล็กกว่าวัตถุ

สมการของเลนส์บาง (Thin lens equation)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

u = ระยะวัตถุ

v = ระยะภาพ

f = ความยาวโฟกัส

กระจกเว้าและกระจกนูน

ตัวอย่างที่ 3 : เลนส์นูน

เทียนไขแท่งหนึ่งวางหน้าเลนส์นูนห่างจากเลนส์นูน 50 cm ถ้าเลนส์นูนนี้มีความยาวโฟกัสเท่ากับ 25 cm จงคำนวณหาตำแหน่งของภาพและลักษณะของภาพที่เกิดขึ้น (0.5 m, ภาพจริงหัวกลับกันวัตถุอยู่ด้านหลังเลนส์นูน)

การบ้าน 3 : เลนส์นูน

เทียนไขแท่งหนึ่งวางหน้าเลนส์นูนห่างจากเลนส์นูน 50 cm ถ้าเลนส์นูนนี้มีความยาวโฟกัสเท่ากับ 70 cm จงคำนวณหาตำแหน่งของภาพและลักษณะของภาพที่เกิดขึ้น

ตัวอย่างที่ 4 :เลนส์เว้า

เทียนไขแท่งหนึ่งวางหน้าเลนส์เว้าห่างจากเลนส์เว้า 50 cm ถ้าเลนส์เว้านี้มีความยาวโฟกัสเท่ากับ 25 cm จงคำนวณหาตำแหน่งของภาพและลักษณะของภาพที่เกิดขึ้น

การบ้าน 4 : เลนส์เว้า

เทียนไขแท่งหนึ่งวางหน้าเลนส์เว้าห่างจากเลนส์เว้า 50 cm ถ้าเลนส์เว้านี้มีความยาวโฟกัสเท่ากับ 70 cm จงคำนวณหาตำแหน่งของภาพและลักษณะของภาพที่เกิดขึ้น