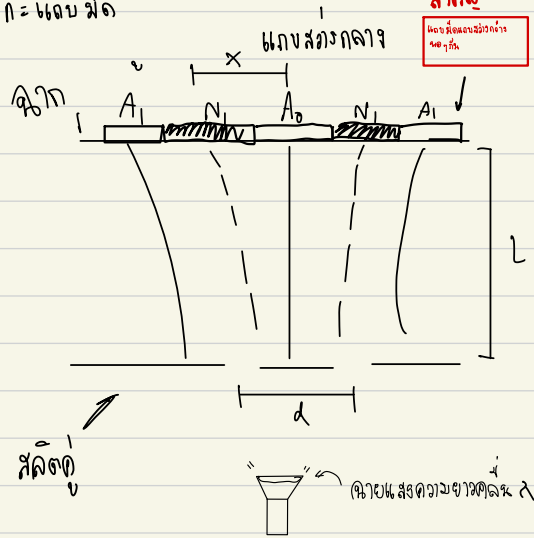


# แสงเชิงควอนตัม สัณติตา

A = แถบสี  
n = แถบสี



## คู่มือการให้

### กรณี สัณติตา

$d$  (m) = ระยะห่างระหว่างช่องสลิต 2 ช่อง

$x$  (m) = ระยะจากแถบสว่างกลางไปยังจุดใดๆ ของฉาก

$L$  (m) = ระยะห่างระหว่างฉากกับสลิต

$n$  แถบสี = 0, 1, 2, 3, 4, 5 แถบสี = 0, 1, 2, 3, 4, 5 ตามลำดับ

$n$  แถบสี = 0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5 แถบสี = 1, 2, 3, 4, 5, 6 ตามลำดับ

สังเกตว่าได้ไปจุดๆ คือแถบมืดแต่ต้องปัด 0.5 ขึ้นไป

ถ้าเป็นแถบมืดที่เท่าไร

พาค่า  $d \sin \theta = n \lambda$  เมื่อ  $\theta$  เท่าไหร่

$$\text{สูตร } d \left( \frac{x}{L} \right) = n \lambda$$

11) ช่องแคบคู่หนึ่งห่างกัน 0.1 มิลลิเมตร เมื่อใช้แสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ตกตั้งฉากบนช่องแคบ แถบสว่างลำดับที่ 4 บนฉากที่ห่างไป 80 เซนติเมตร จะอยู่ห่างจากแนวกลางเท่าใด

Ex 11) หาอะไร  $\rightarrow x$  เหนือจาก  $x$  คือ ระยะห่างจากจุดแถบสว่างกลาง หรือ แถบกลาง

จากสูตร  $d \left( \frac{x}{L} \right) = n \lambda$

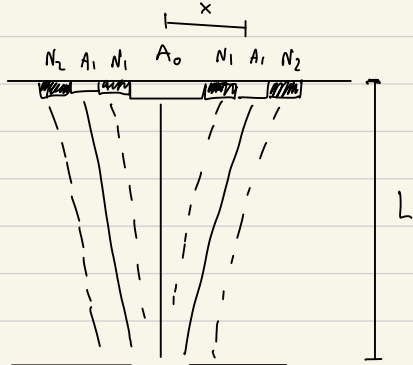
$n = 4$  เพราะแถบสว่างลำดับที่ 4  $n = 4$

$$(0.1) \text{ mm} \left( \frac{x}{80 \text{ cm}} \right) = 4 (600) \text{ nm}$$

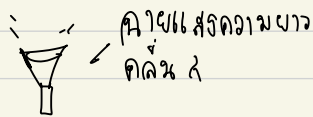
$$(0.1) (10^{-3}) \left( \frac{x}{80 \times 10^{-2}} \right) = 2400 \times 10^{-9}$$

$$x = \frac{2400 \times 10^{-9} \times 80 \times 10^{-2}}{(0.1) (10^{-3})} = 0.0192 \text{ m หรือ } 1.92 \text{ cm}$$

แสงไฟคลื่น " สลับตาขาว "

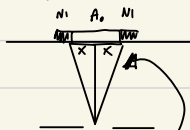


สลับตาขาว



ความกว้างของแถบสว่างกลางมีค่าเป็น 2 เท่า จากแถบ  
สว่างกลางไปยังแถบมืดที่ 1. แถบสว่างกลาง สว่างสุด สว่างสุด 2 เท่าสุด

\* ถ้าคำนวณความกว้างของแถบสว่างกลางหาได้จาก



ความกว้างของแถบสว่างกลาง :

$$d\left(\frac{x}{L}\right) = n(\lambda) \quad \text{เมื่อ } n=1$$

$$d\left(\frac{x}{L}\right) = \lambda$$

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

$$2x = \frac{2\lambda L}{d}$$

สลับตาขาว

$d(m)$  : ความกว้างของช่องแคบ

$x(m)$  : ระยะห่างระหว่างจุดที่หักเหไปฝั่งสุดใด ๆ บนฉาก

$L(m)$  : ระยะจากสลิตไปยังฉาก

ถ้า  $n = 1, 2, 3, 4$  คือแถบมืดที่ 1, 2, 3, 4 ตามลำดับ (N)

ถ้า  $n = 1.5, 2.5, 3.5, 4.5$  คือแถบสว่างที่ 1, 2, 3, 4 ตามลำดับ (A)

$\lambda(m)$  : ความยาวคลื่นที่จับเข้าสลิต

$$\text{สูตร} \quad d\left(\frac{x}{L}\right) = n\lambda$$

แสงสีขาว

อัตราเร็วแสง (c)

อัตราเร็วแสงในสุญญากาศ

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

ดัชนีหักเห (n)

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

$n \geq 1$  เสมอ

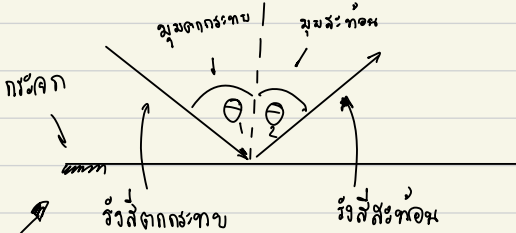
อัตราเร็วคลื่น

$$v = f\lambda$$

f: ความถี่  
 $\lambda$ : ความยาวคลื่น

การสะท้อน

เส้นตั้งฉากกับผิวสะท้อน



มุมตกกระทบคือมุมที่รังสีตกกระทบทำเส้นแนวฉาก

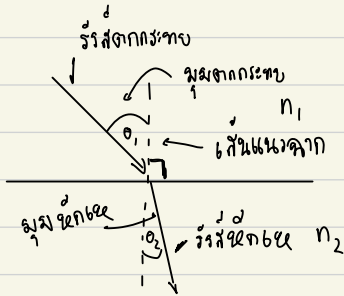
มุมสะท้อนคือมุมที่รังสีสะท้อนทำมุมกับเส้นแนวฉาก

tip บิดกระจก เป็นมุม  $\alpha$  รังสีสะท้อนจะเบนออกฉากแนวรังสีเดิมเป็น  $2\alpha$

$$\theta_1 = \theta_2$$

มุมตกกระทบ = มุมสะท้อน

# การหักเห



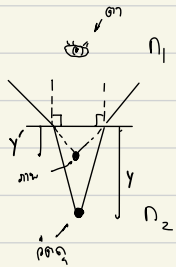
กฎของ snell

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

\* มุมตกกระทบ  $\leq$  มุมหักเห ถ้า  $n_1 < n_2$   
\* ทำกับเส้นแนวฉากเท่านั้น \*

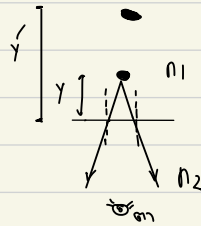
เส้นแนวฉากคือเส้นที่ตั้งฉากกับผิวตัวกลางทำให้เกิดการหักเห

## ดิลิควิวดิลิปราง



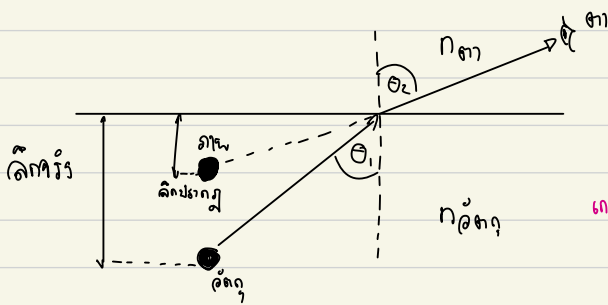
กรณีมองตรง ตาอยู่ กระจกเงา วัตถุอยู่

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



กรณีมองตรง ตาอยู่ น กระจกเงา วัตถุอยู่

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



$$\frac{\text{ดิลิควิว}}{\text{ดิลิปราง}} = \frac{n_1 \cos \theta_1}{n_2 \cos \theta_2}$$

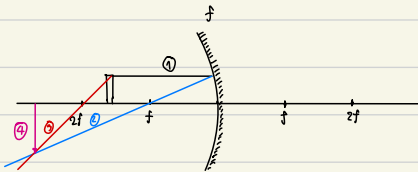
ได้ เสร็จ : กรณีมองเงาวัตถุที่กระจกเงา เป็น สี่เหลี่ยมผืนผ้า  
หน้าบ้านเขาคนแรก ใจไม่ได้เลยในใจเขา

# การหักเหและเลนส์

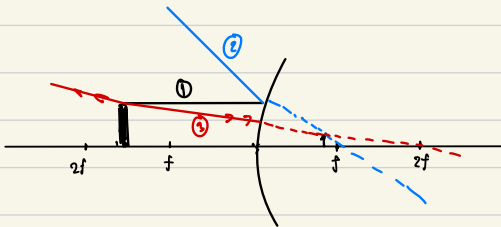
การหักเห

- ประเภท
  - การหักเหแว้
  - การหักเหมุม
- เลนส์
  - เลนส์เว้า
  - เลนส์นูน

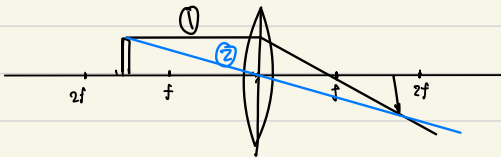
วิธีหาดาวเทียมหรือวัตถุหักเหแว้



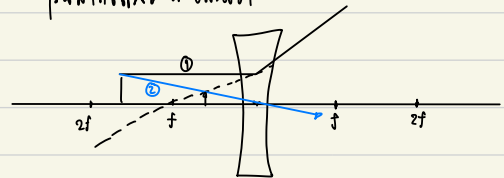
วิธีหาตำแหน่งวัตถุหักเหมุม



วิธีหาตำแหน่งวัตถุหักเหเลนส์นูน

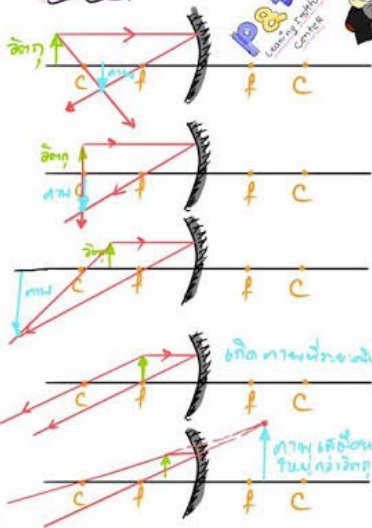


วิธีหาตำแหน่งวัตถุหักเหเลนส์เว้า



### Ray Diagram

אברהם חיים



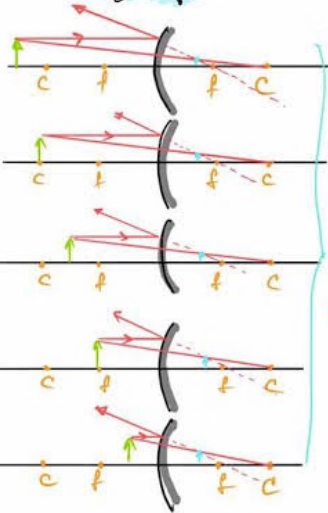
S 72 f

$$S = 2f$$
$$2f > S > f$$

S, f

 $s \leq f$ 

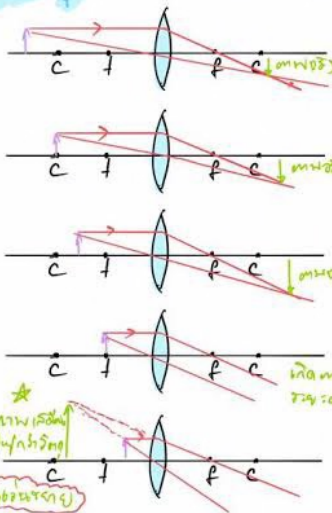
70:00 46 44



ภาพสมัยก่อน  
บันทึก  
บันทึกว่าวัด  
๒๕๐๐

6. வினாக்கள்

↑ = 5678,    ↑ = 01234



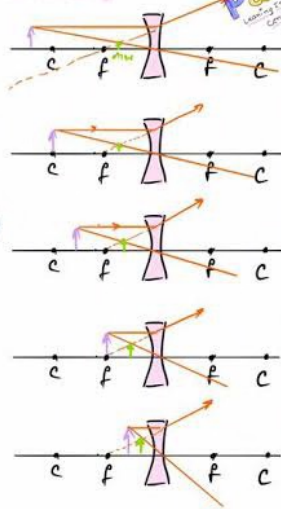
572 f

$$S = 2f$$
$$2f > 5 > f$$

S, f

 $SL^f$ 

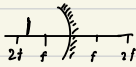
6.  $\frac{1}{2}$  and  $\frac{1}{3}$



ตามเงื่อนไข  
ข้อที่ ๖  
ผลิตภัณฑ์มวลรวม  
ในประเทศ

Cr. ก่อตั้ง 1 เดือน ตท

กรณีกระจกเงา



ใช้ หน่วยเฉพาะเมื่อคำนวณทั้งหมด (cm, m)

สูตร

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

$p$ : ระยะวัตถุ (ระยะจากวัตถุถึงกระจก)

$q$ : ระยะภาพ (จากกระจกถึงภาพ) (ถ้าแก่ สอดตรงออกมาแล้ว  $q$  ติดลบ แสดงว่าภาพเสมือน)

$f$ : ระยะโฟกัส (66 ซม. ๑)

กำลังขยาย

$$m = -\frac{q}{p}$$

ถ้า  $m \oplus$

ภาพขึ้นตรงต่อวัตถุ

$q \oplus$  ภาพจริง

$p \oplus$  วัตถุอยู่ด้านที่แสงเข้า

$m \ominus$

ภาพหัวกลับต่อวัตถุ

$q \ominus$  ภาพเสมือน

$p \ominus$  วัตถุอยู่ด้านหลังกระจกที่แสงวิ่ง

Ex

จากรังสีที่เข้ามา กระจกเงา

20 cm

ที่ระยะวัตถุ 15 cm (จงระบุว่าเกิดภาพในจุดใด ระยะภาพ? ใหญ่/หัวขึ้น/หัวกลับ)

Sol.

\* ดูจากโฟกัสกระจกเงา + แสง

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

$$m = -\frac{q}{p}$$

$$\frac{1}{15} = \frac{1}{20} + \frac{1}{q}$$

$$m = -\frac{(-60)}{20} = 3$$

$$\frac{1}{15} - \frac{1}{20} = \frac{1}{q}$$

$m = 3$  ศึกษารายละเอียดภาพใหญ่กว่า 3 เท่า

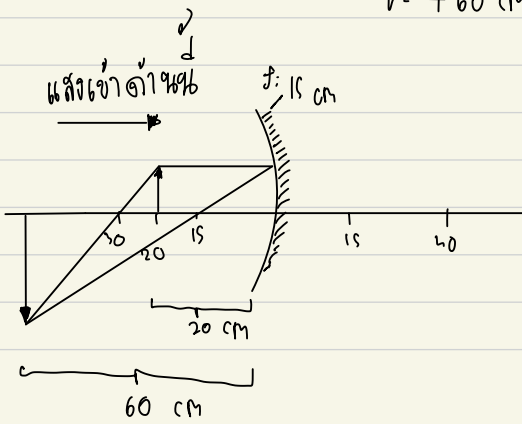
$$\frac{20-15}{20(15)} = \frac{1}{q}$$

$$\frac{5}{20(15)} = \frac{1}{q}$$

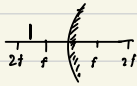
Ans ภาพจริงระยะภาพ 60 cm ขึ้น 3 เท่า

$$q = \frac{20(15)}{5} = 60 \text{ cm}$$

$$q = +60 \text{ cm} \quad \textcircled{1} \text{ แสดงว่าภาพจริง}$$



กรณีกระจกนูน



ใช้ นomenclature เหมือนกระจกนูน (cm, m)

สูตร

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

$p$ : ระยะวัตถุ (ระยะจากวัตถุถึงกระจก)

$q$ : ระยะของภาพ (จากภาพถึงกระจก) (ถ้าแก่ สมการออกมาแล้ว  $q$  ติดลบ แสดงว่าภาพเสมือน)

$f$ : ระยะไฟกัสน์ (cm, m)

กำลังขยาย

$$M = -\frac{q}{p}$$

ถ้า  $M \oplus$  ภาพขั้วตั้งเท่าขั้ววัตถุ

$q \oplus$  ภาพจริง

$f \oplus$  วัตถุอยู่ด้านที่ไฟส่องเข้า

$M \ominus$  ภาพขั้วกลับเท่าขั้ววัตถุ

$q \ominus$  ภาพเสมือน

$f \ominus$  วัตถุอยู่ด้านหลังกระจกกับที่ไฟส่องเข้า

วางวัตถุไว้หน้า กระจกนูน 20 cm ทำสมการหาว่าไฟกัสน์ 15 cm จะรับว่าเกิดภาพในใจที่ไหนห่างจากกระจก? ขั้วตั้ง/ขั้วกลับ

\* ค.หาไฟกัสน์กระจกนูนที่ติดลบเสมอ

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

$$M = -\frac{q}{p}$$

$$-\frac{1}{15} = \frac{1}{20} + \frac{1}{q}$$

$$M = -\left(-\frac{60}{7} \times \frac{1}{20}\right) \quad M \geq 1 \text{ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ}$$

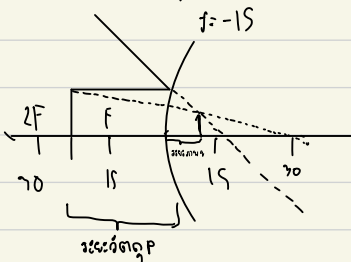
$$-\frac{1}{15} - \frac{1}{20} = \frac{1}{q}$$

$$M = \frac{60}{140} \approx 0.43 \quad M \oplus \text{ ขั้วตั้ง}$$

$$-\frac{20-15}{20(15)} = \frac{1}{q}$$

Ans เกิดภาพเสมือนห่างจากกระจกนูน  $\frac{60}{7}$  cm ขั้วตั้ง

$$q = \frac{20(15)}{-35} = -\frac{60}{7} \quad \text{ติดลบ แสดงว่าภาพเสมือน}$$





เลนส์นูน ทำเนฟอนกรจากแก้วต่างแปลาตรูป

Ex วัตถุได้หน้าเลนส์นูน 20 cm ทำสมการของไฟร์ส 15 cm จงระบุว่าเกิดภาพในใจใด ระคน? ใหญ่/น้อย

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

$$M = -\frac{q}{p}$$

Ans ภาพจริง ขั้วกลับ ระคน 60 cm

$$\frac{1}{15} = \frac{1}{20} + \frac{1}{q}$$

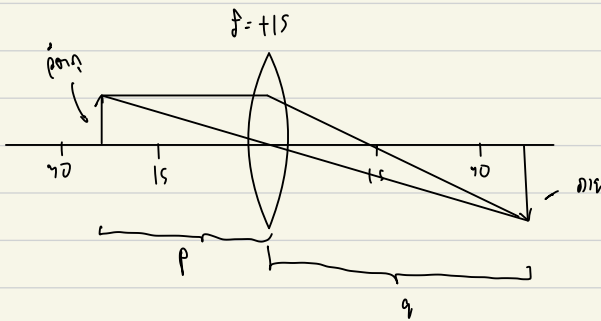
$$M = -\frac{(+60)}{20}$$

$$\frac{1}{15} - \frac{1}{20} = \frac{1}{q}$$

$$M = -30 \text{ cm } \odot \text{ ภาพขั้วกลับ}$$

$$\frac{20-15}{20(15)} = \frac{1}{q}$$

$$q = +60 \text{ cm ภาพจริง}$$



๖.๖  
เลนส์แก้ว

วางวัตถุไว้หน้าเลนส์แก้ว 20 cm ที่มีความยาวโฟกัส 15 cm (จงระบุว่าเกิดภาพจริง/เท็จในระนาบ? ใหญ่/เล็ก/หัวตั้ง/หัวกลับ)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

$$-\frac{1}{20} = \frac{1}{15} + \frac{1}{q}$$

$$-\frac{1}{20} - \frac{1}{15} = \frac{1}{q}$$

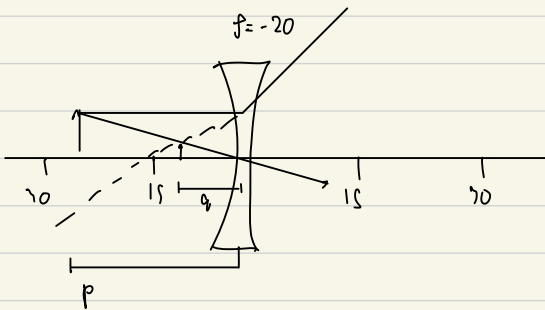
$$-\frac{15-20}{20(15)} = \frac{1}{q}$$

$$q = \frac{20(15)}{-35} = -\frac{60}{7} \quad \rightarrow \text{ตัดลบแสดงว่าด้านเลนส์}$$

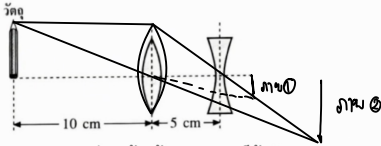
$$m = -\frac{q}{p} = -\left(\frac{-60}{7}\right) = \frac{60}{7(20)} = \frac{3}{7}$$

$$m = +0.43 \quad \oplus \text{ แสดงว่าหัวตั้ง}$$

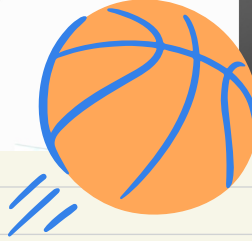
Ans ภาพเสมือนหัวตั้งระนาบ -  $\frac{60}{7}$  cm.



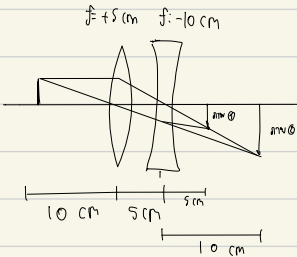
Ex2. วัตถุอยู่ทางด้านซ้ายมือของเลนส์นูน (ความยาวโฟกัส 5 เซนติเมตร) ระยะทาง 10 ซม. และมีเลนส์เว้า (ความยาวโฟกัส 10 เซนติเมตร) ทางขวามือของเลนส์นูนเป็นระยะทาง 5 ซม. ภาพที่เกิดขึ้น



1. ภาพเสมือนอยู่ทางด้านซ้ายมือของเลนส์เว้าเป็นระยะ 3.33 ซม.
2. ภาพจริงอยู่ทางด้านขวามือของเลนส์เว้าเป็นระยะ 10 ซม.
3. ภาพเสมือนอยู่ทางด้านขวามือของเลนส์นูนเป็นระยะ 10 ซม.
4. ภาพจริงอยู่ทางด้านซ้ายมือของเลนส์นูนเป็นระยะทาง 10 ซม.



ข้อนี้ผิดๆ เลนส์ ๒ ชิ้นเลนส์ ภาพ ที่ เกิดจากเลนส์ 1 เป็น วัตถุ ที่ ของเลนส์ 2



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

$$\frac{1}{5} = \frac{1}{10} + \frac{1}{f_2}$$

$$\frac{2-1}{10} = \frac{1}{f_2}$$

$$f_2 = 10 \text{ cm} \leftarrow \text{หน้าเลนส์นูน}$$

สิ่งที่เกิดคือ วัตถุของเลนส์ ๑ อยู่ด้านหน้ากับเลนส์ ๒ เลี้ยว  
ครึ่งหน้า  $P_2$  ติดลบ

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

$$-\frac{1}{10} = -\frac{1}{5} + \frac{1}{q}$$

$$-\frac{1}{10} + \frac{1}{5} = \frac{1}{q_2}$$

$$-\frac{1+2}{10} = \frac{1}{q_2}$$

$$q_2 = 10 \text{ cm} \quad q_2 \text{ เป็น ขวามือของเลนส์}$$

Ans ภาพจริงด้านขวามือของเลนส์ ๑ 10 cm.