



ฟิสิกส์ 2 (Physics 2)

บทที่ 6

แสงเชิงเรขาคณิต

ผู้สอน

อาจารย์ ดร.วุฒิชัย ไชยภักษา

สาขาฟิสิกส์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

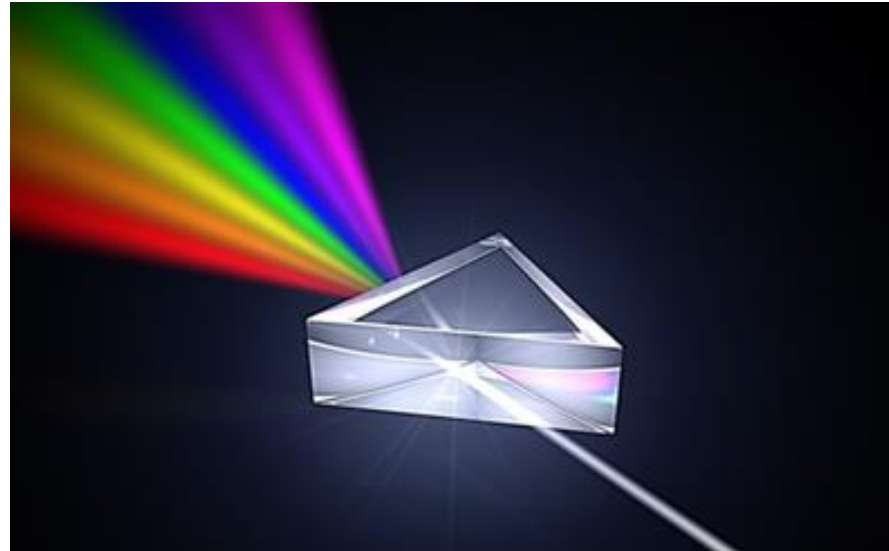


Nakhon Pathom Rajabhat University



แสงเชิงเรขาคณิต

แสงเป็นสเปกตรัมในช่วงความถี่ 4×10^4 ถึง 8×10^4 เฮิร์ตซ์ ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดเดียวที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มีสเปกตรัม 6 สี คือ ม่วง น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแดง ซึ่งสามารถเห็นได้จากการใช้เกรตติง หรือจากการเกิดรุ้งกินน้ำ สำหรับบทนี้จะกล่าวถึงแสงในเชิงเรขาคณิต โดยกล่าวถึง ธรรมชาติของแสง การเกิดภาพจากกระจกและเลนส์ การแทรกสอด การเลี้ยวเบน และทัศนอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้

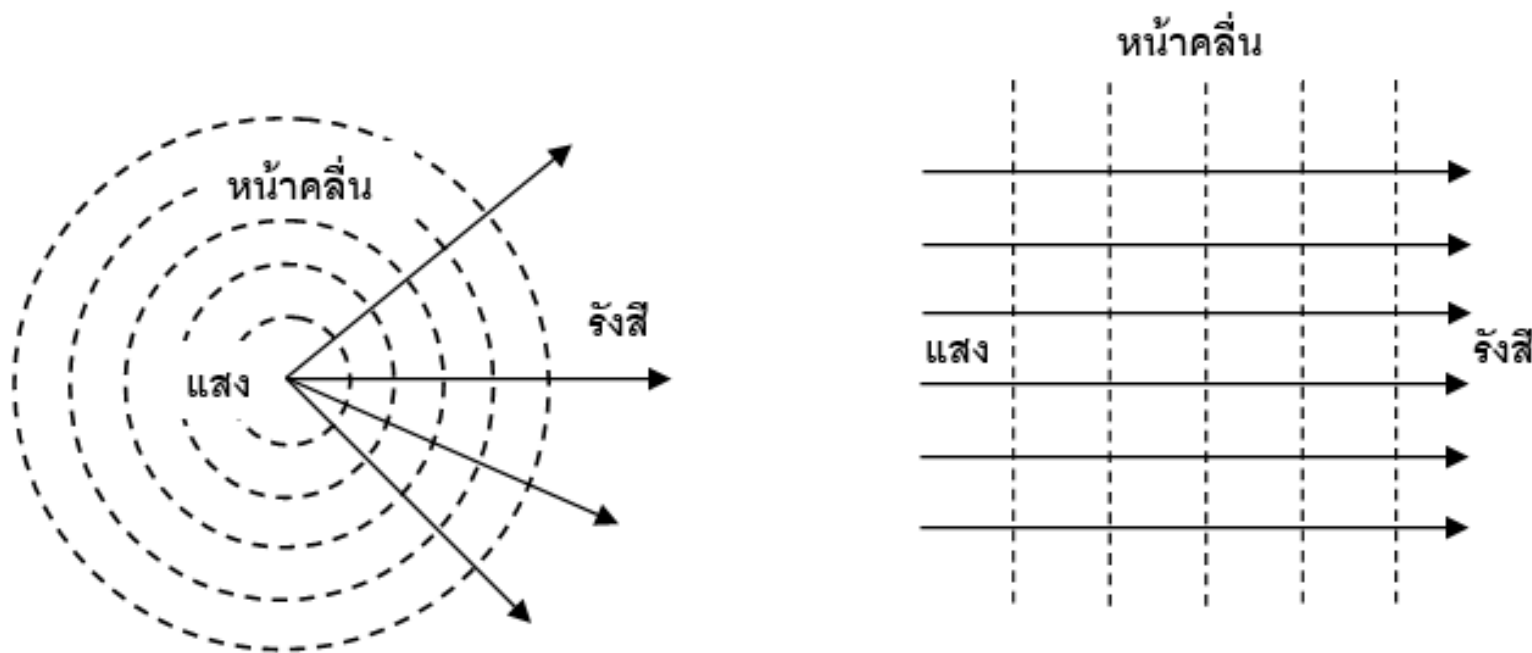


<https://ipachthailand.com/2017/05/01/%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B8%9E%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B8%90%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%AA%E0%B8%87-2/>



ธรรมชาติของแสง

ก่อนปีพุทธศักราช 2220 นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าลำแสงที่มาจากต้นกำเนิดแสง เช่น ดวงอาทิตย์ เพลวไฟ หลอดไฟ เป็นอนุภาคที่เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง เมื่อผ่านวัตถุที่โปร่งใสสามารถทะลุผ่านไปได้ มีการหักเห และการสะท้อนเมื่อผ่านวัตถุทึบแสง

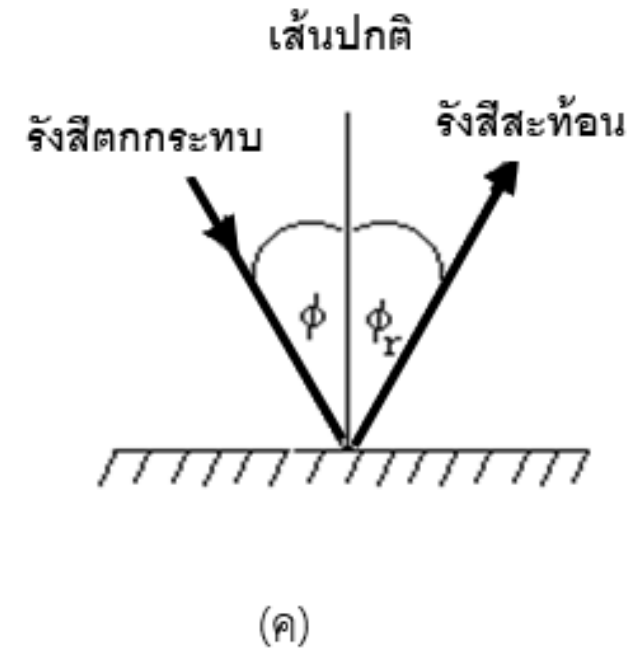
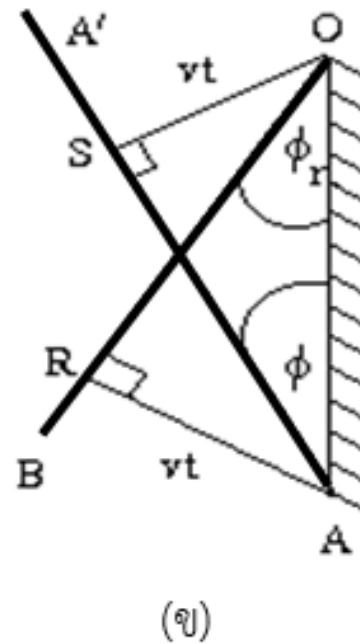
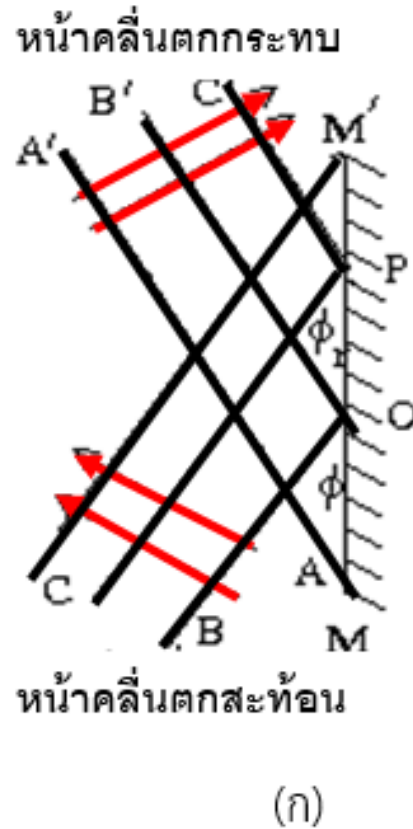


ภาพที่ 6.1 หน้าคลื่นและรังสีของแสง



การสะท้อนและการหักเหของแสงที่ผิวราบ

1. การสะท้อนของแสงที่ผิวราบ

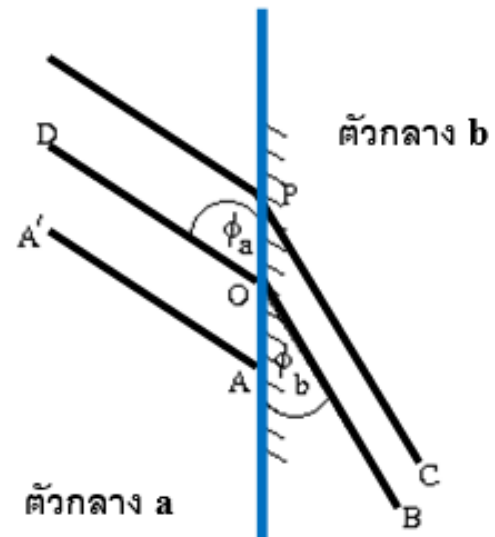


การสะท้อนของแสง

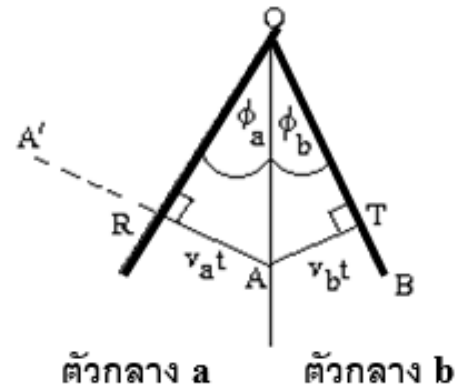
ที่มา (Serway and Beicher, 2000)



2. การหักเหของแสงที่ผิวราบ



ก. แสดงการหักเหของแสง



ข. ความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบ
และมุมหักเห

$$\frac{\sin \phi_a}{\sin \phi_b} = \frac{v_a}{v_b}$$

กฎของสเนล (Snell's law) หรือเขียนในรูปของดัชนีหักเหได้เป็น





$$\frac{\sin \phi_a}{\sin \phi_b} = \frac{v_a}{v_b} = \frac{n_b}{n_a}$$

นั่นคือ

$$n_a v_a = n_b v_b$$

ถ้า T เป็นคาบของคลื่น จะได้

$$v_a T = \lambda_a$$

$$v_b T = \lambda_b$$

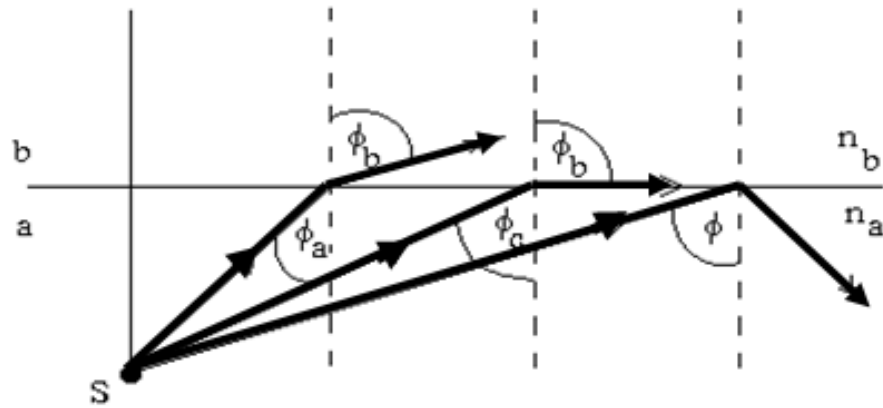
เขียนในรูปของความยาวคลื่น λ_a และ λ_b ได้เป็น

$$\frac{\sin \phi_a}{\sin \phi_b} = \frac{\lambda_a}{\lambda_b}$$

$$n_a \lambda_a = n_b \lambda_b$$



3. การสะท้อนกลับหมด



การสะท้อนกลับหมด เมื่อ $n_a > n_b$

จากกฎของสเนล

$$\sin \phi_a = \frac{n_b}{n_a} \sin \phi_b$$

ถ้า $\phi_b = 90$ องศา และ $\phi_a = \phi_c$

$$\sin \phi_c = \frac{n_b}{n_a}$$

และ $n_a > n_b$ เราจะได้ว่า $\phi_c < 90$

ถ้า $\phi_a > \phi_c$ ค่าของ $\sin \phi_b > 1$ แสดงว่า

แสงไม่สามารถผ่านไปในตัวกลาง b ได้แต่จะสะท้อนกลับหมด





ตัวอย่างที่ 6.1 อัตราเร็วของแสงในน้ำมีค่า 0.75 เท่าของอัตราเร็วของแสงในอากาศจงอธิบายถึงผลที่เกิดขึ้นของความถี่และความยาวคลื่น เมื่อแสงเคลื่อนที่จากอากาศไปยังน้ำและจงคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของน้ำ เมื่อดัชนีหักเหของอากาศเท่ากับ 1

วิธีทำ เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งความถี่ (f) ของแสงจะคงตัว ให้ λ_W และ λ_A เป็นความยาวคลื่นของแสงในน้ำและในอากาศตามลำดับ

v_W และ v_A เป็นความเร็วของแสงในน้ำและในอากาศตามลำดับ ดังนั้น

$$v_W = 0.75 v_A$$

จากสูตร $v = f\lambda$

$$v_W = f\lambda_W$$

$$v_A = f\lambda_A$$

แทนค่า v_W และ v_A จะได้

$$\lambda_W = 0.75 \lambda_A$$

นั่นคือ ความยาวคลื่นของคลื่นในน้ำเท่ากับ 0.75 เท่าของความยาวของคลื่นในอากาศ

$$\frac{n_W}{n_A} = \frac{v_A}{v_W} = 1.33$$

$$n_W = 1.33 n_A = 1.33$$

ดัชนีหักเหของน้ำเท่ากับ 1.33





ตัวอย่างที่ 6.2 ดัชนีหักเหของเพชร 2.42 จงหามุมวิกฤตของแสงที่เคลื่อนที่ผ่านเพชรมาสู่อากาศ

วิธีทำ จากสูตร $\sin \phi_c = \frac{n_b}{n_a}$

ให้ n_a เป็นดัชนีหักเหของอากาศมีค่าเท่ากับ 1

n_b เป็นดัชนีหักเหของเพชรมีค่าเท่ากับ 2

$$\sin \phi_c = \frac{1}{2.42} = 0.413$$

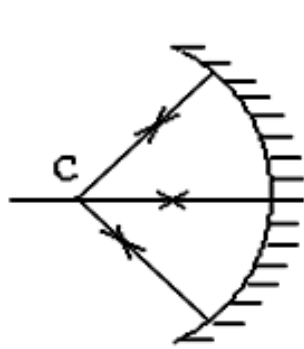
$$\phi_c = \sin^{-1} 0.413 \quad \text{องศา}$$

มุมวิกฤตมีค่าเท่ากับ $\sin^{-1} 0.413$ องศา

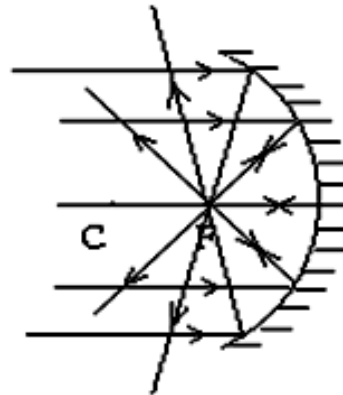


การสะท้อนของแสงที่ผิวโค้งของทรงกลม

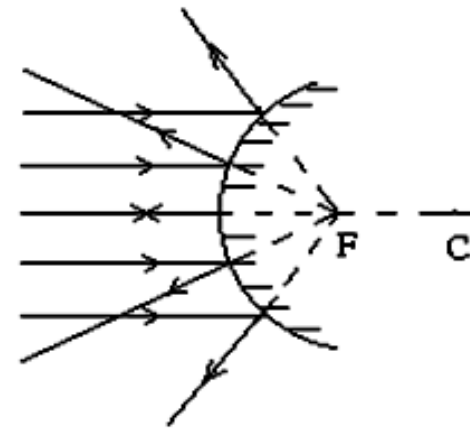
1. จุดรวมแสงของกระจกโค้ง กระจกโค้งจะมี 2 ลักษณะคือ
 - กระจกเว้า จะมีจุดศูนย์กลางความโค้งของกระจกอยู่ด้านเดียวกับด้านที่สะท้อนแสง
 - กระจกนูน จะมีจุดศูนย์กลางความโค้งอยู่คนละด้านกับผิวด้านที่สะท้อนแสง



(ก) กระจกเว้า



(ข) กระจกเว้า

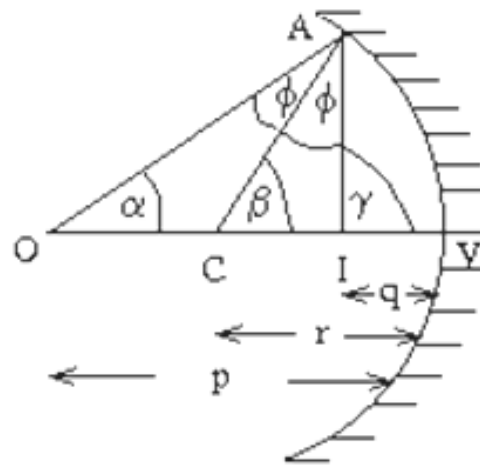


(ค) กระจกนูน

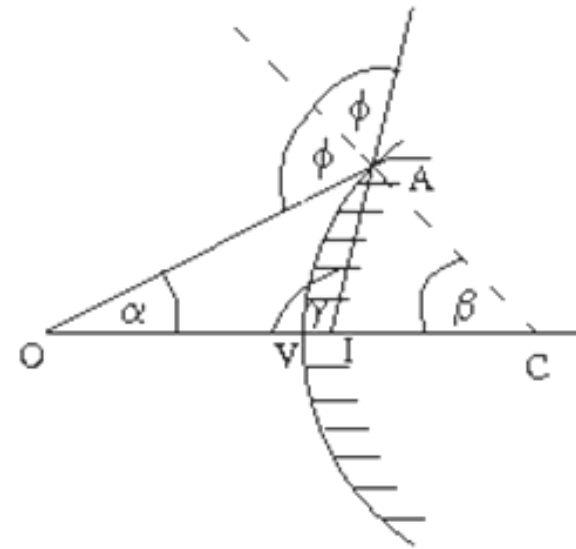
แสงสะท้อนไปตัดกัน ณ จุดศูนย์กลางความโค้งและจุดโฟกัส



2. การสะท้อนที่ผิวกระจกโค้ง



ก. กระจกเว้า



ข. กระจกนูน

- เป็นต้นกำเนิดวัตถุที่ตกกระทบกระจกโค้ง เรียกว่า ตำแหน่งวัตถุ
- C เป็นจุดศูนย์กลางความโค้งของกระจก
- V เป็นจุดยอด (vertex) ของกระจก
- เส้นตรงที่ลากผ่าน C และ V เรียกว่า เส้นแกนमुखสำคัญ (principle axis)
- I เป็นตำแหน่งภาพ
- p , q และ r เป็นระยะวัตถุ ระยะภาพ และรัศมีมีความโค้งที่วัดจากจุด V ตามลำดับ
- f เป็นระยะโฟกัส ซึ่งมีค่าดังนี้



$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{2}{r}$$
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

ในกรณีที่วัตถุอยู่ไกลมาก ๆ รั้งสีจะขนานกับแกนमुखสำคัญ $p = \infty$ จะได้

$$\frac{1}{q} = \frac{2}{r}$$
$$q = \frac{r}{2}$$

นั่นคือ จะเกิดภาพที่จุดโฟกัส

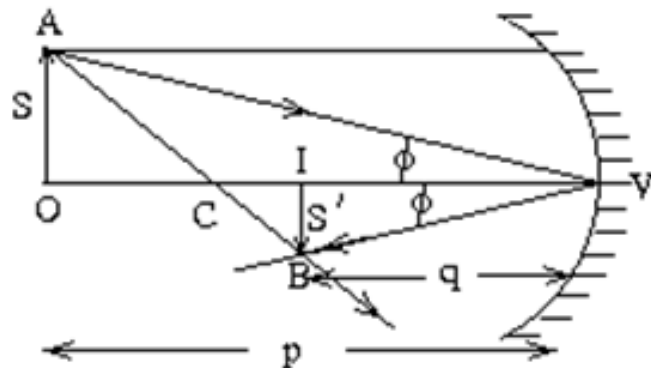
ถ้ามุม α มีขนาดใหญ่มาก ๆ ภาพที่ได้จะไม่ชัดเจน เช่น ภาพที่เกิดจากวัตถุที่เป็นจุดจะไม่เป็นจุด คือภาพจะเกิดความคลาดเคลื่อน (aberration)



3. กำลังขยาย

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

ถ้ากำลังขยายเป็นลบแสดงว่าเป็นภาพหัวกลับ และกำลังขยายเป็นบวกแสดงว่าเป็นภาพหัวตั้ง



การหา กำลังขยายของกระจกโค้ง





ตัวอย่างที่ 6.3 กระจกนูนมีรัศมีความโค้ง 0.4 เมตร มีวัตถุเป็นจุดวางอยู่ห่างจากกระจก 0.3 เมตร จงคำนวณหาตำแหน่งของภาพที่เกิดขึ้นและถ้าเป็นกระจกเว้า จงหาภาพที่เกิดขึ้นใน เงื่อนไขเดิม

วิธีทำ จากสูตร

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{2}{r}$$

$$\frac{1}{0.3} + \frac{1}{q} = -\frac{2}{0.4}$$

$$\frac{1}{q} = -\frac{2}{0.4} - \frac{1}{0.3} = -\frac{50}{6}$$

$$q = -\frac{50}{6} = -0.12 \text{ m}$$

ระยะภาพเท่ากับ 0.12 เมตร และภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพเสมือน





ถ้าเป็นกระจกเว้า

$$r = 0.4 \text{ m}$$

ดังนั้น

$$\frac{1}{0.3} + \frac{1}{q} = \frac{2}{0.4}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{2}{0.4} - \frac{1}{0.3} = \frac{10}{6}$$

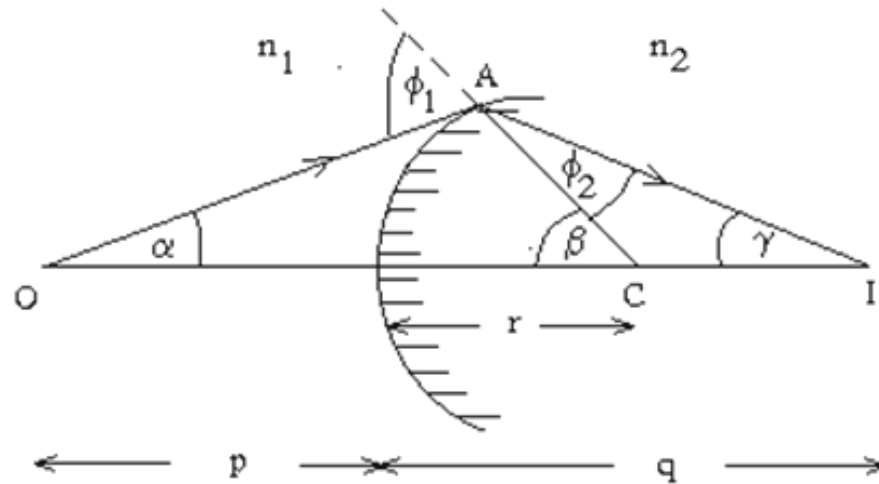
$$q = 0.6 \text{ m}$$

ระยะภาพในกรณีที่เป็นกระจกเว้ามีค่า 0.6 เมตร และภาพที่เกิดเป็นภาพจริง



การหักเหของแสงที่ผิวโค้งของทรงกลม

การหักเหของแสงในหัวข้อนี้จะกล่าวในกรณีของทรงกลมนูน และทรงกลมเว้าเมื่อแสงตกกระทบบนผิวของทรงกลมนั้น จะทำให้เกิดการหักเหโดยให้ตัวกลางแรกมีดัชนีหักเห n_1 ตัวกลางที่สองมีดัชนีหักเห n_2 และ O เป็นวัตถุที่เป็นจุด เมื่อแสงตกกระทบบนผิวของ ทรงกลมนูนที่จุด A จะเกิดการหักเห เมื่อลากเส้นผ่านจุด C จะตัดกับรังสีหักเหที่ I ซึ่งก็คือ ตำแหน่งของภาพที่เกิดขึ้น ดังภาพ



ภาพที่เกิดบนผิวโค้งของทรงกลมนูน

จะได้

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{r}$$





ตัวอย่างที่ 6.4 ถ้าวัตถุขนาด 3 เซนติเมตร วางอยู่หน้ากระจกเว้าที่ระยะ 0.20 เมตร ซึ่งมีรัศมีความโค้ง 0.10 เมตร ระหว่างตัวกลางที่มีดัชนีหักเหเท่ากับ 1 ไปยังตัวกลางที่มีดัชนีหักเหเท่ากับ 2.5 จงหาตำแหน่งของภาพและขนาดของภาพที่เกิดขึ้น

วิธีทำ

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{r}$$

$$\frac{1}{0.2} + \frac{1.5}{q} = \frac{2.5 - 1}{0.1}$$

$$\frac{1.5}{q} = \frac{1.5}{0.1} - \frac{1}{0.2}$$

$$q = \frac{20}{3} = 6.67 \text{ m}$$

$$s' = \frac{20 \times 0.03}{3 \times 0.2} = 1 \text{ m}$$

ระยะภาพมีค่า 6.67 เมตร และมีขนาดภาพเท่ากับ 1 เมตร

