

เฉลยชุดข้อสอบ : แสงเชิงเรขาคณิต ชุดที่ 1

ข้อที่ 1

ตอบ 1.67

เรื่อง การหักเหของแสงผ่านรอยต่อ
 ค่าดัชนีหักเหโดย

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

v และ c แทน อัตราเร็วเสียงในตัวกลางนั้นและในสุญญากาศตามลำดับ สำหรับตัวกลาง 2 ชนิดที่มีดัชนีหักเห n_1 และ n_2 เราได้

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{f\lambda_2}{f\lambda_1}$$

(การหักเหความถี่คลื่นไม่เปลี่ยน) เราได้

$$n_B = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} n_A = \frac{500}{450} (1.50) = 1.67$$

ข้อที่ 2

ตอบ จุดโฟกัส

จากโจทย์ถามว่า ตำแหน่งของวัตถุ (ระยะวัตถุ s) ควรอยู่ที่ใดหน้ากระจกเว้าจึงจะทำให้ไม่เกิดภาพ ซึ่งหมายความว่าแสงจะต้องไปตัดกันที่อนันต์ (ระยะภาพ $s' \rightarrow \infty$) จากสมการการเกิดภาพ

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

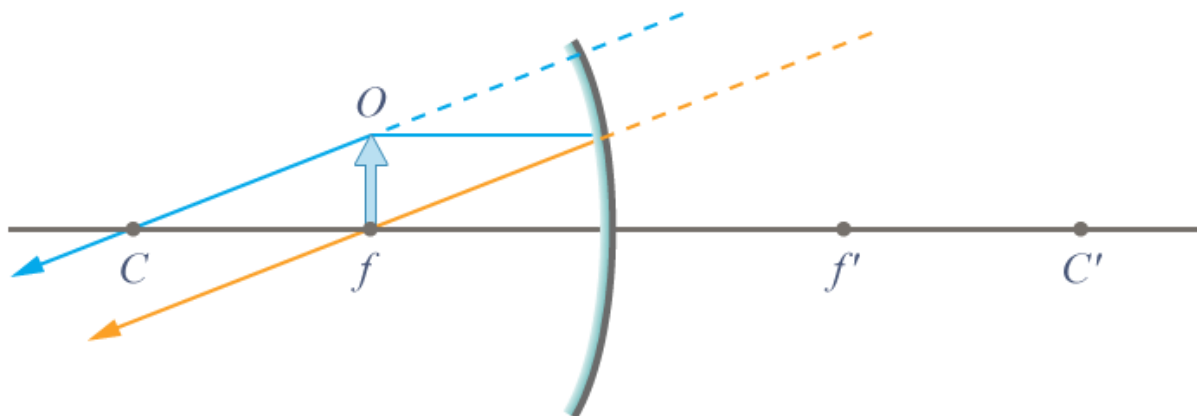
สำหรับกระจกเว้า มีระยะโฟกัส $f > 0$ เสมอ และด้วยเงื่อนไขที่ $s' \rightarrow \infty$ จะได้

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

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + 0$$

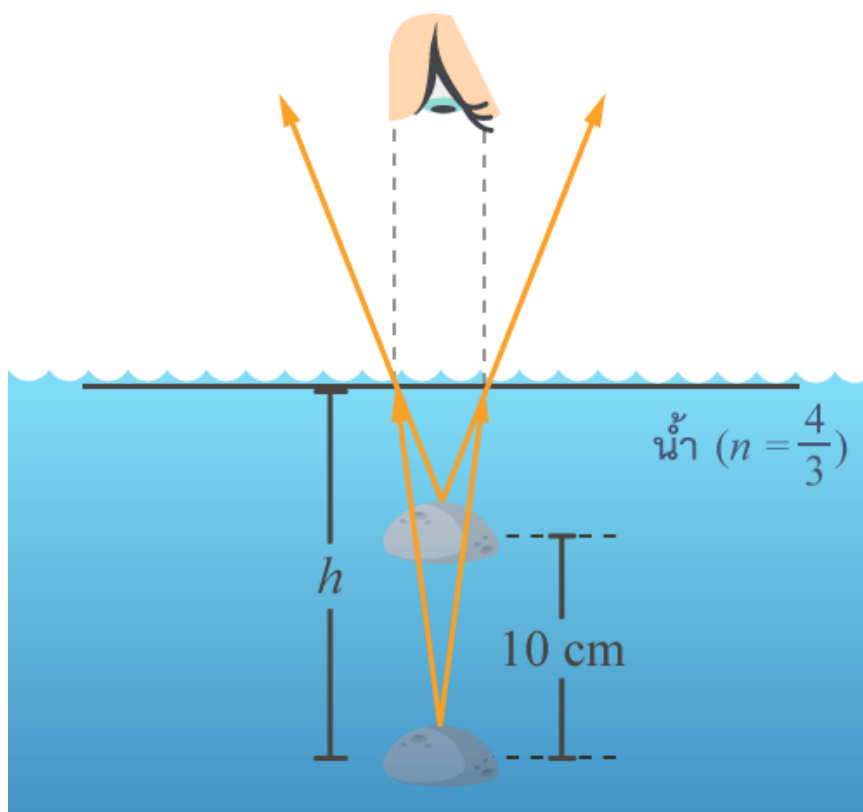
$$\therefore f = s$$

ดังนั้นตำแหน่งของวัตถุ ควรจะเป็นตำแหน่งเดียวกับจุดโฟกัส



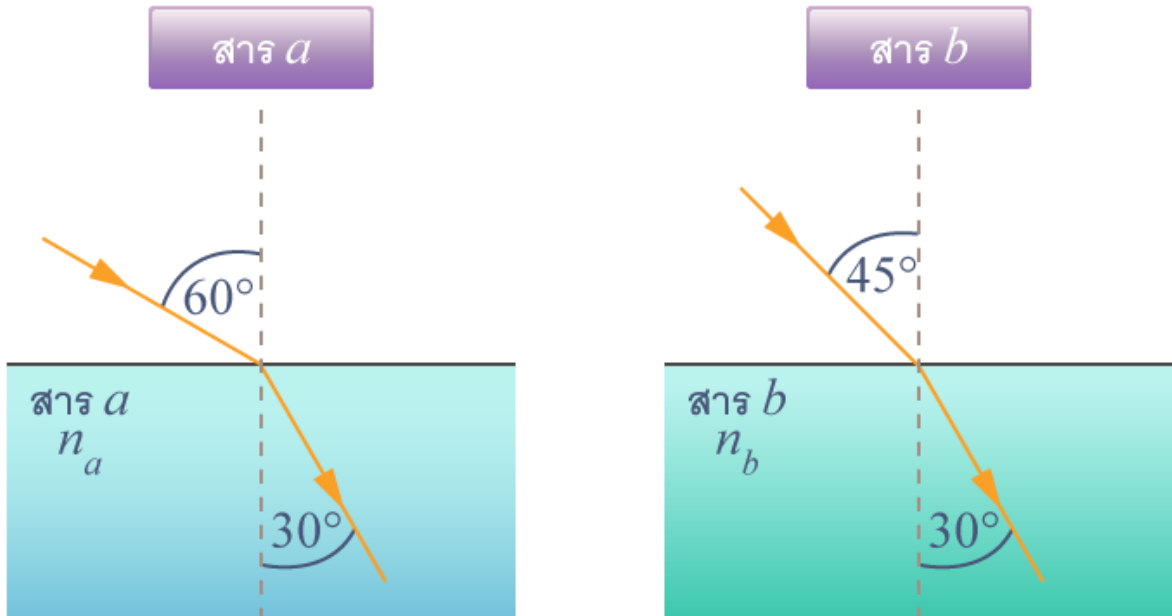
ข้อที่ 3

ตอบ 30 cm
เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์



จากโจทย์ น้ำมีดัชนีหักเห (n) เท่ากับ $\frac{4}{3}$ และวัตถุอยู่ลึกจากผิวน้ำเป็นระยะ h cm โดยภาพที่ปรากฏอยู่ห่างจากวัตถุ 10 cm

$$\begin{aligned} \text{จาก } \frac{\text{ลึกจริง}}{\text{ลึกปรากฏ}} &= n = \frac{h}{h - 10} \\ \frac{4}{3} &= \frac{h}{h - 10} \\ \frac{4}{3}(h - 10) &= h \\ \therefore h &= 40 \text{ cm} \end{aligned}$$



สำหรับตัวกลาง a

$$\frac{n_a}{1} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}/2}{1/2} = \sqrt{3} \quad (2)$$

สำหรับตัวกลาง b

$$\frac{n_b}{1} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\sqrt{2}/2}{1/2} = \sqrt{2} \quad (3)$$

อัตราส่วนดัชนีหักเหของตัวกลาง a และ b จะเป็น

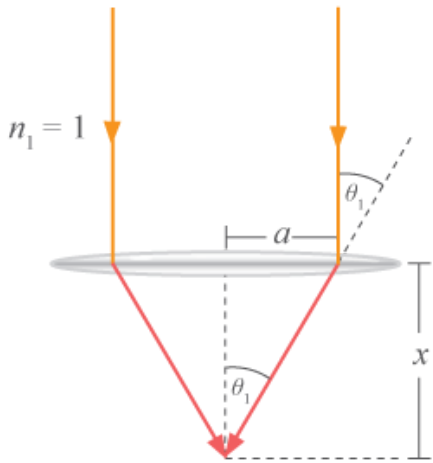
$$\frac{n_b}{n_a} = \sqrt{\frac{2}{3}}$$

ดังนั้น ค่าดัชนีหักเหในของเหลว b เป็น $\sqrt{\frac{2}{3}}$ เท่าของค่าดัชนีหักเหของเหลว a

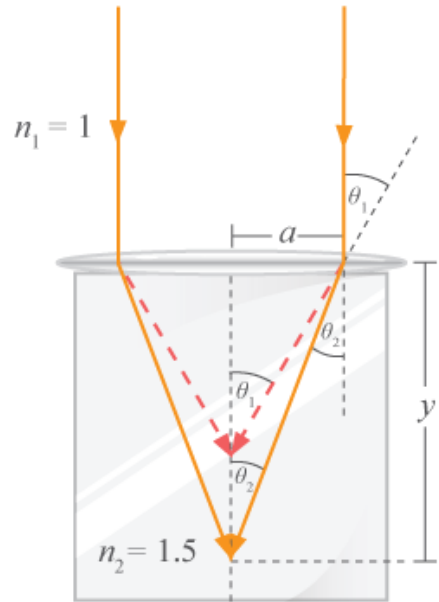
ข้อที่ 6

ตอบ 45 cm

ปกติแล้ว ถ้าแสงขนาน (จากอนันต์) หักเหผ่านเลนส์นูน มันจะไปตัดกันและเกิดภาพที่จุดโฟกัสหลังเลนส์พอดี ในกรณีนี้ เมื่อมีแท่งพลาสติกมาขวางไว้ แสงที่ผ่านเลนส์ไปแล้วจะหักเหอีกครั้งและไปตัดกันที่จุดอื่น



กรณีไม่มีแท่งพลาสติกใส



กรณีมีแท่งพลาสติกใส

โดยใช้ความรู้เรื่องความลึกปรากฏ เราจะเห็นจุดที่แสงควรไปตัดกันจริง ๆ เมื่อไม่คิดผลของแท่งพลาสติก คือความลึกจริง y แต่เมื่อมีผลจากแท่งพลาสติก แสงจะไปตัดกันที่ความลึกปรากฏ (x) จากสมการหาความลึกปรากฏ

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

ในที่นี้ n_1 คือตัวกลางที่คิดความลึกจริง (อากาศ) และ n_2 คือตัวกลางที่คิดความลึกปรากฏ (แท่งแก้ว) แทนค่าจะได้

$$\begin{aligned} x &= \frac{n_2}{n_1} y \\ &= \frac{1.5}{1} \times (30 \text{ cm}) \\ \therefore x &= 45 \text{ cm} \end{aligned}$$

ดังนั้นความลึกปรากฏมีค่าเป็น 45 เซนติเมตร

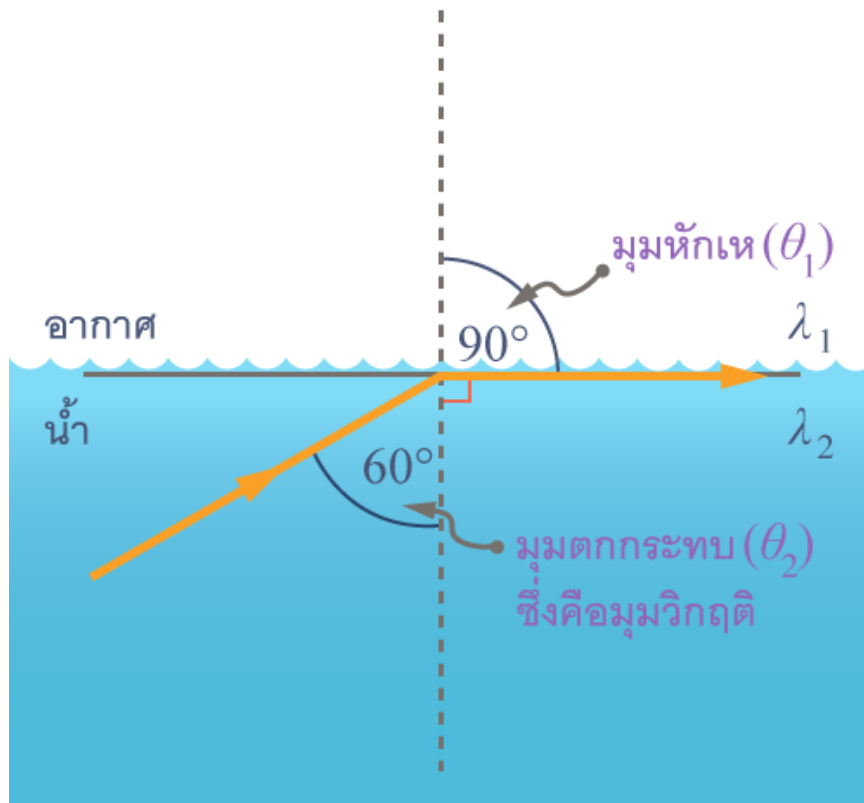
ข้อที่ 7

ตอบ $\frac{\sqrt{3}}{2}$

เรื่อง แสงและการมองเห็น

มุมวิกฤต คือ มุมตกกระทบของตัวกลางชนิดที่ 1 (ซึ่งมีค่าดัชนีหักเหต่ำกว่า) ที่ทำให้เกิดมุมหักเหในตัวกลางชนิดที่ 2 โดเท่ากับ 90°

จากโจทย์ สามารถเขียนรูป แสดงมุมตกกระทบ และ มุมหักเห ของของเหลวได้ดังนี้



จากกฎการหักเหของแสง $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$

โดยกำหนดให้

- λ_1 คือ ความยาวคลื่นของของเหลว ($\lambda_{\text{ของเหลว}}$)
- λ_2 คือ ความยาวคลื่นของอากาศ ($\lambda_{\text{อากาศ}}$)
- θ_1 คือ มุมวิกฤติของของเหลว
- θ_2 คือ มุมหักเหในอากาศ

จะได้ว่า

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

$$\frac{\lambda_{\text{ของเหลว}}}{\lambda_{\text{อากาศ}}} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 90^\circ}$$

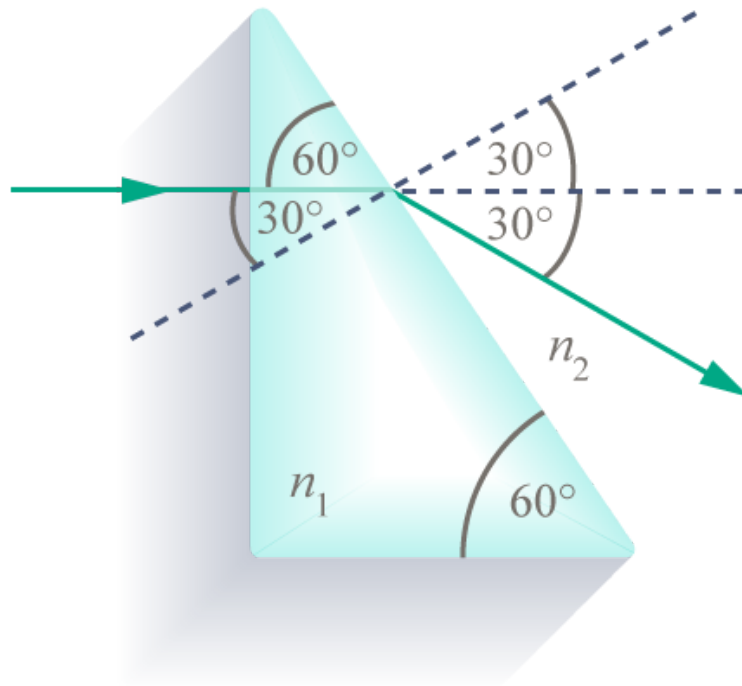
$$\frac{\lambda_{\text{ของเหลว}}}{\lambda_{\text{อากาศ}}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{1}$$

$$\frac{\lambda_{\text{ของเหลว}}}{\lambda_{\text{อากาศ}}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\therefore \lambda_{\text{ของเหลว}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \lambda_{\text{อากาศ}}$$

ดังนั้น ความยาวคลื่นในของเหลว จะเป็น $\frac{\sqrt{3}}{2}$ ของความยาวคลื่นในอากาศ

ข้อที่ 8



จากกฎการหักเหของแสง

$$\begin{aligned}
 n_1 \sin \theta_1 &= n_2 \sin \theta_2 \\
 n_1 \sin 30^\circ &= (1) \sin 60^\circ \\
 n_1 \left(\frac{1}{2} \right) &= \frac{\sqrt{3}}{2} \\
 n_1 &= \sqrt{3} \\
 n_1 &= 1.732
 \end{aligned}$$

ข้อที่ 9

ตอบ การแทรกสอดของแสง

เรื่อง สมบัติของแสง

เมื่อแสงเดินทางผ่านจากอากาศเข้าสู่ฟองสบู่ บางส่วนจะเกิดการหักเหเนื่องจากความเร็วของแสงในอากาศและฟองสบู่ไม่เท่ากัน เข้าสู่ฟองสบู่ อีกส่วนหนึ่งจะเกิดการสะท้อนกับสู่อากาศ (สมมติเรียกว่าแสง 1)

เมื่อแสงที่เคลื่อนในฟองสบู่ เคลื่อนที่มาถึงรอยต่อระหว่างผิวฟองสบู่ (ผิวอีกด้านหนึ่ง) กับอากาศ แสงบางส่วนจะเกิดการสะท้อนกลับ (สมมติเรียกว่าแสง 2)

หากแสง 1 และ แสง 2 เคลื่อนที่กลับมารวมกันแบบเสริมกัน (ซึ่งจะเกิดแค่บางความยาวคลื่น λ) จะทำให้เห็นเป็นสีต่างๆ ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่น ซึ่งเป็นสมบัติการแทรกสอดของแสง

ข้อที่ 10

ตอบ $\sin^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right) < \theta < 90^\circ$

เรื่อง สมบัติของคลื่น (การส่งคลื่น)

ในการส่งคลื่นภายในท่อส่งนั้น ไม่สามารถส่งไปตรงๆ (ขนานกับผิวท่อ $\theta = 90^\circ$) ได้ แต่ต้องส่งโดยให้คลื่นสะท้อนกลับไปมาภายในท่อ ซึ่งการสะท้อนต้องเป็นการสะท้อนกลับหมด หรือก็คือมุมตกกระทบในท่อต้องมีค่ามากกว่ากับมุมวิกฤต $\theta_c < \theta$ ซึ่งคำนวณได้จากกฎของสเนลล์

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

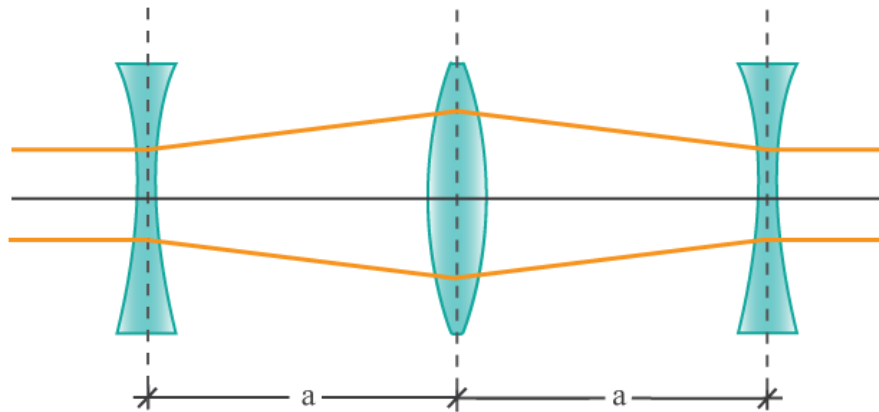
$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90^\circ$$

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

ดังนั้นมุมในการส่งคลื่นต้องอยู่ระหว่าง $\sin^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right) < \theta < 90^\circ$

ข้อที่ 11

ตอบ 30 เซนติเมตร
เรื่อง เลนส์และการเกิดภาพ



เนื่องจากเลนส์มีทั้งหมด 3 อัน ดังนั้นเพื่อไม่ให้เกิดความสับสนขอกำหนดให้ระยะภาพ s' ระยะวัตถุ s และระยะโฟกัส f ที่เกิดจากเลนส์เว้าด้านซ้ายมือสุดมีดัชนี (index) ระบุเป็น x_1 เลนส์นูนเป็น x_2 และเลนส์เว้าที่อยู่ด้านขวามือเป็น x_3 เมื่อมีเลนส์จำนวนมากกว่า 1 อันวางซ้อนกัน ให้ทำการแยกคิดภาพที่เกิดจากเลนส์แต่ละอัน โดยภาพที่เกิดขึ้นของเลนส์อันดับก่อนหน้าจะกลายเป็นวัตถุให้แก่เลนส์อันดับ ถัดไป เช่น $s'_1 = s_2$ เป็นต้น

ขั้นแรกพิจารณาภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าที่อยู่ด้านซ้ายมือ โจทย์กำหนดให้แหล่งกำเนิดแสงคือดวงอาทิตย์ ดังนั้นระยะวัตถุจึงมีค่า $s_1 = \infty$ ซึ่งในกรณีนี้ระยะภาพที่เกิดขึ้นจากเลนส์เว้าคือ $s'_1 = -f = -10$ cm โดยเครื่องหมายลบที่เกิดขึ้นแสดงว่าภาพที่เกิดขึ้นอยู่เกิดด้านเดียวกับ วัตถุ (ในที่นี้คือด้านซ้ายมือของเลนส์เว้า)

ถัดมาพิจารณาภาพที่เกิดจากเลนส์นูน ระยะวัตถุของเลนส์นูนมีค่า $s_2 = a + 10$ cm โดยที่เลนส์นูนมีความยาวโฟกัส $f_2 = 20$ cm ดังนั้นภาพที่เกิดขึ้นจะอยู่ห่างจากเลนส์นูน s'_2

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

$$\frac{1}{(20)} = \frac{1}{(a + 10)} + \frac{1}{s'}$$

$$\therefore s' = \frac{20(a + 10)}{a - 10} \text{ cm}$$

สุดท้ายพิจารณาเลนส์เว้าด้านขวามือ ระยะวัตถุของเลนส์เว้านี้มีค่า $s_3 = a - \frac{20(a + 10)}{a - 10}$ โดยระยะโฟกัสอยู่ที่

$f_3 = -10$ cm และเนื่องจากโจทย์ต้องการให้แสงสุดท้ายที่เกิดขึ้นเป็นแสงขนาน ดังนั้นระยะที่เกิดจากเลนส์เว้านี้จะเกิดขึ้นที่ระยะอนันต์ $s'_3 = \infty$ (แสงขนานตัดกันที่ระยะอนันต์) ดังนั้น

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

$$\frac{1}{(-10)} = \frac{(a - 10)}{(a^2 - 30a - 200)} + \frac{1}{(\infty)}$$

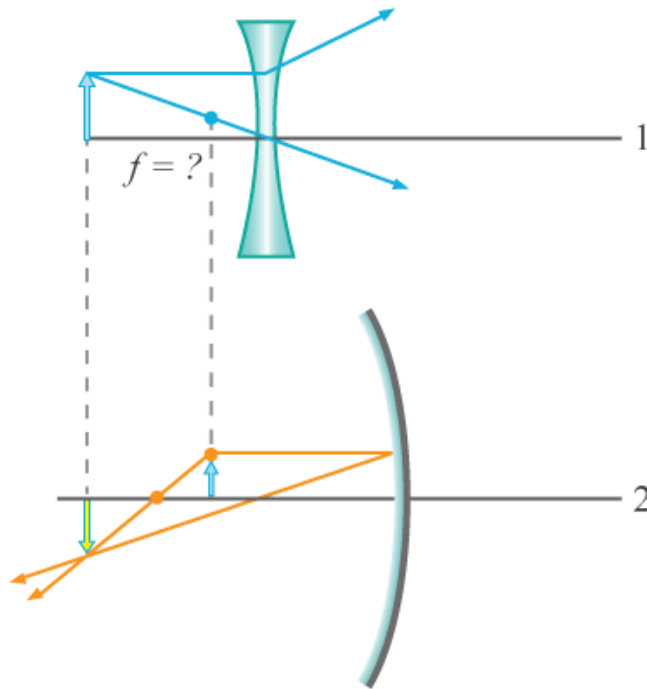
$$a^2 - 20a - 300 = 0$$

$$\therefore a = 30 \text{ cm}$$

ข้อที่ 12

ตอบ -10 เซนติเมตร

เรื่อง เลนส์และการเกิดภาพ



จากรูปแสงตกกระทบบนตั้งฉากกับกระจกเว้า ซึ่งจะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อวัตถุวางอยู่ที่ระยะ $s_2 = 2f = 20$ cm โดยวัตถุของกระจกเว้า คือภาพจากเลนส์เว้า ดังนั้นภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าจะเกิดอยู่ห่างจากเลนส์เว้าเป็นระยะ $s'_1 = 20 - 15 = 5$ cm หากระยะวัตถุอยู่ห่างจากเลนส์เว้า $s_1 = 10$ cm ความยาวโฟกัสของเลนส์เว้า f_1 สามารถคำนวณได้จาก

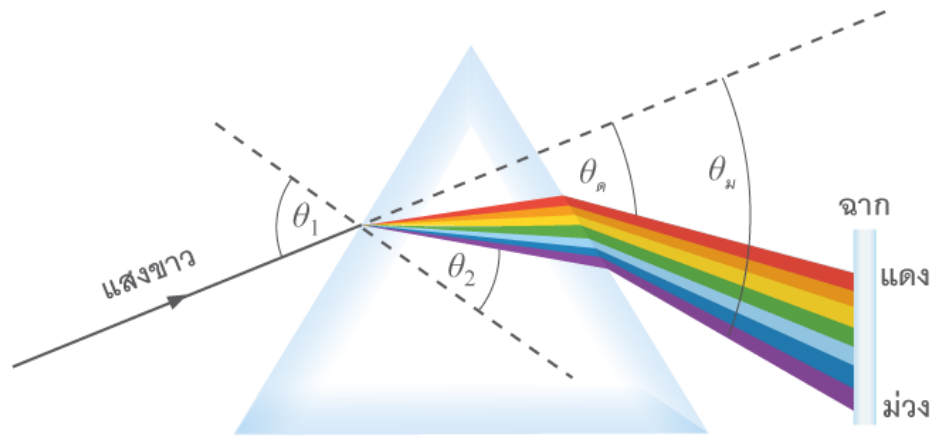
$$\begin{aligned}\frac{1}{f} &= \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \\ \frac{1}{f_1} &= \frac{1}{10} - \frac{1}{5} \\ \therefore f_1 &= -10 \text{ cm}\end{aligned}$$

(ระยะภาพของเลนส์เว้ามีค่าเป็นลบเนื่องจากภาพเกิดฝั่งเดียวกับวัตถุ) ดังนั้น เลนส์เว้าต้องมีความยาวโฟกัส $f_1 = -10$ cm

ข้อที่ 13

ตอบ 1. ม่วง

ในปรากฏการณ์การกระจายของแสง เมื่อแสงขาวผ่านเข้าไปในปริซึม แสงขาวจะกระจายออกเป็นสีต่าง ๆ ได้แก่ แสงสีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแสงสีแดง ดังรูป



จากรูปจะเห็นว่า แสงสีม่วงมีมุมหักเห (θ_2) น้อยที่สุด ส่วนสีแดงมีมุมหักเหมากที่สุด (มุม D เป็นมุมระหว่างรังสีหักเหที่ออกจากปริซึมกับเส้นแนวรังสีตกกระทบเดิม เรียกมุมนี้ว่า มุมเบี่ยงเบน (Angle of Deviation))

ข้อที่ 14

ตอบ 4.76 cm

จากโจทย์ แวนขยายซึ่งเป็นเลนส์นูนมีความยาวโฟกัส $f = 4$ cm และโจทย์ต้องการให้เห็นภาพชัดที่สุด แสดงว่าระยะภาพจะต้องอยู่ห่างจากเลนส์ของแวนขยายเป็นระยะ $s' = 25$ cm เราสามารถหาระยะวัตถุ (s) ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \frac{1}{f} &= \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \\ \frac{1}{4 \text{ cm}} &= \frac{1}{s} + \frac{1}{25 \text{ cm}} \\ \frac{1}{s} &= \frac{1}{4 \text{ cm}} - \frac{1}{25 \text{ cm}} \\ &= 0.21 \text{ cm}^{-1} \\ \therefore s &= 4.76 \text{ cm} \end{aligned}$$

ดังนั้นต้องวางหนังสือห่างจากแวนขยายเป็นระยะ 4.76 เซนติเมตร

ข้อที่ 15

ตอบ เหลือง

เรื่อง แสงและการเกิดภาพ

แม่สีของแสงประกอบด้วยสี 3 สีได้แก่ แสงสีแดง แสงสีน้ำเงิน และแสงสีเขียว เมื่อมองผ่านแผ่นกรองแสงสีแดง แสงสีน้ำเงินและแสงสีเขียวจะถูกกรองออกไป ซึ่งการที่สามารถเห็นแสงสีแดงผ่านแผ่นกรองแสงสีแดงได้แสดงว่า ดอกไม้ไม่ดูดกลืนแสงสีแดง (หากดูดกลืนแสงสีแดงเมื่อมองผ่านแผ่นกรองแสงสีแดง จะต้องเห็นเป็นสีดำ)

เมื่อมองผ่านแผ่นกรองแสงสีเขียว จะมีเพียงแสงสีเขียวเท่านั้นที่ผ่านแผ่นกรองมาได้ ซึ่งการที่สามารถมองเห็นสีเขียวผ่านแผ่นกรองได้นั้นแสดงว่าดอกไม้ไม่ดูดกลืนแสงสีเขียว

จากข้อความข้างต้น ทำให้รู้ว่าดอกไม้ไม่ดูดกลืนแสงสีแดงและแสงสีเขียว ดังนั้นเมื่อมองผ่านแผ่นกรองแสงสีเหลือง ซึ่งจะอนุญาตให้แสงสีแดงและเขียวผ่านเท่านั้น จะต้องเห็นดอกไม้เป็นสีเหลือง