เฉลยชุดข้อสอบ : แสงเชิงเรขาคณิต ชุดที่ 1

ข้อที่ 1

ตอบ 1.67
เรื่อง การหักเหของแสงผ่านรอยต่อ
ค่าดรรชนีหักเหนิยามโดย

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

v และ c แทน อัตราเร็วเสียงในตัวกลางนั้นและในสุญญากาศตามลำดับ สำหรับตัวกลาง 2 ชนิดที่มีดรรชนีหักเห 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

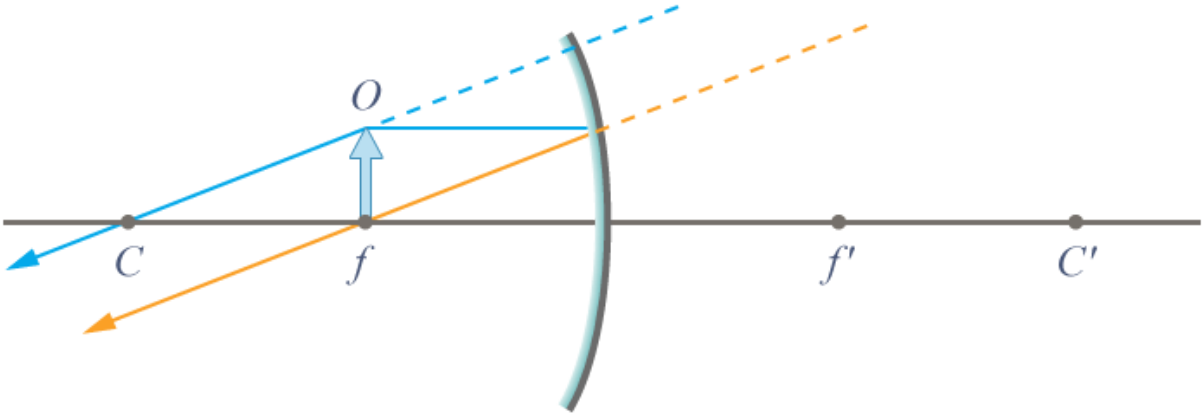
ตอบ จุดโฟกัส
จากโจทย์ถามว่า ตำแหน่งของวัตถุ (ระยะวัตถุ s) ควรอยู่ที่ใดหน้ากระจกเว้าจึงจะทำให้ไม่เกิดภาพ ซึ่งหมายความว่าแสงจะต้องไปตัดกันที่อนันต์ (ระยะภาพ $s' \to \infty$) จากสมการการเกิดภาพ

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

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

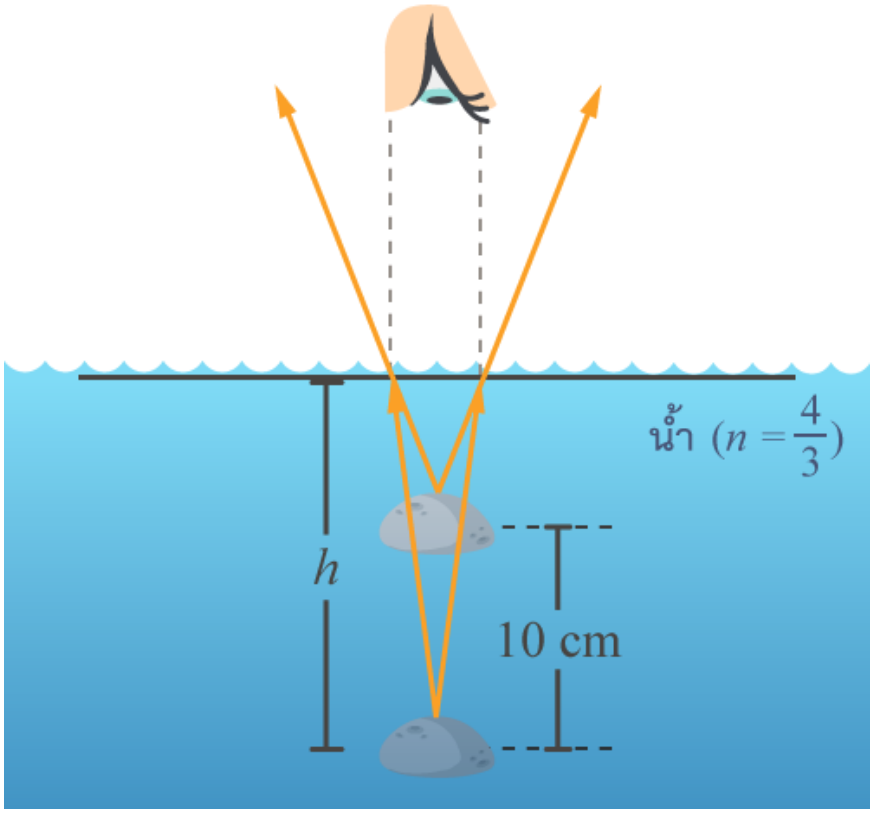
$$\begin{aligned} \frac{1}{f} &= \frac{1}{s} + \frac{1}{\infty} \\ \frac{1}{f} &= \frac{1}{s} + 0 \\ \therefore \quad f &= s \end{aligned}$$

ดังนั้นตำแหน่งของวัตถุ ควรจะเป็นตำแหน่งเดียวกับจุดโฟกัส



ข้อที่ 3

ตอบ $30\ \text{cm}$
<u>เรื่อง</u> แสงเชิงฟิสิกส์



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

$$\text{จาก} \quad \frac{\text{ลึกจริง}}{\text{ลึกปรากฏ}} = n = \frac{h}{h-10}$$

$$\frac{4}{3} = \frac{h}{h-10}$$

$$\frac{4}{3}(h-10) = h$$

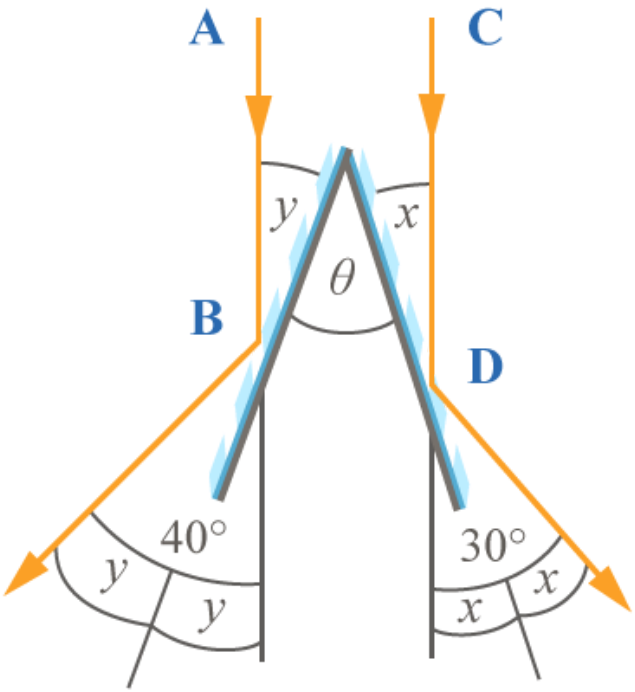
$$\therefore \quad h = 40\ \text{cm}$$

ดังนั้น ภาพที่เกิดจะอยู่ห่างจากผิวน้ำเป็นระยะ $40 - 10 = 30 \ \text{cm}$

ข้อที่ 4

ตอบ 20°

จากกฎการสะท้อนเราได้ความสัมพันธ์ระหว่างมุมต่าง ๆ ดังรูป



เนื่องจากเส้น AB ขนานกับเส้น CD เราได้

$$\theta = x + y$$

จากรูป

$$2y = 40^\circ \ \text{และ} \ 2x = 30^\circ \ \text{หรือ} \ y = 20^\circ \ \text{และ} \ x = 15^\circ$$

เราได้

$$\theta = 20^\circ + 15^\circ = 35^\circ$$

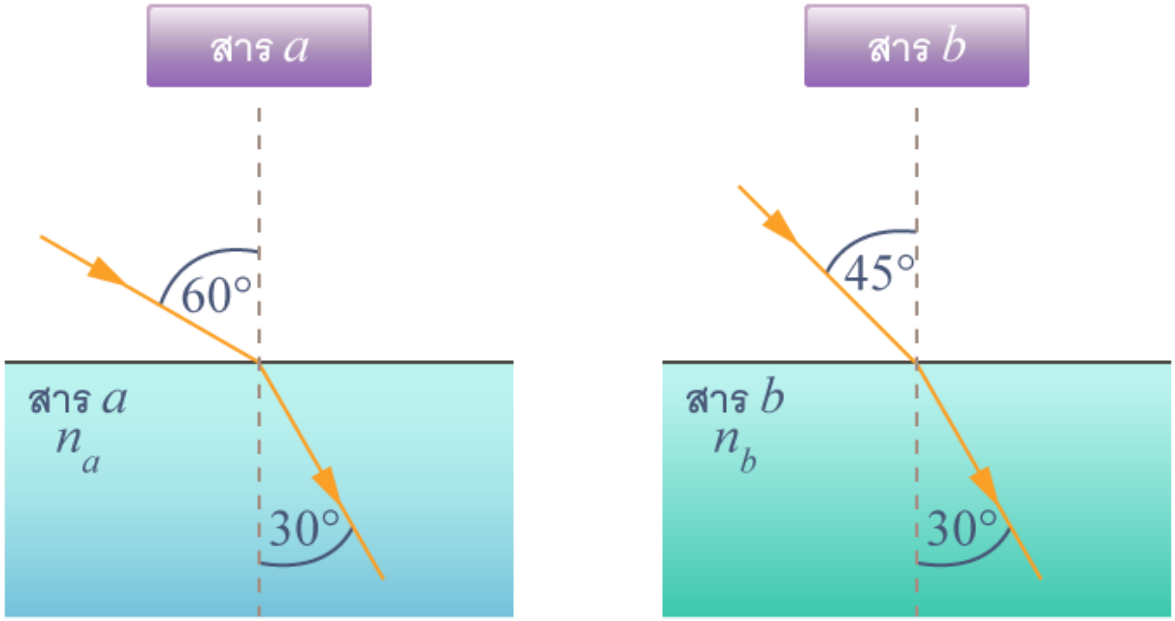
ข้อที่ 5

ตอบ $\sqrt{\frac{2}{3}}$

จากกฎของสเนลล์

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \tag{1}$$

โดยในที่นี้ ตัวกลางที่ 1 คืออากาศ และตัวกลางที่ 2 คือของเหลว (a หรือ b) n คือดัชนีหักเหของตัวกลาง (สำหรับอากาศ มีค่าเป็น 1) คือมุมตกกระทบ (จากอากาศ) และ คือมุมหักเห (ในตัวกลาง)



สำหรับตัวกลาง a

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

สำหรับตัวกลาง b

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

อัตราส่วนดัชนีหักเหของตัวกลาง a และ b จะเป็น

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

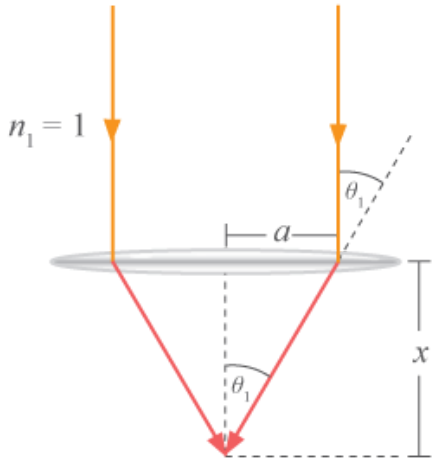
ดังนั้น ค่าดัชนีหักเหในของเหลว b เป็น $\sqrt{\frac{2}{3}}$ เท่าของค่าดัชนีหักเหของเหลว a

---

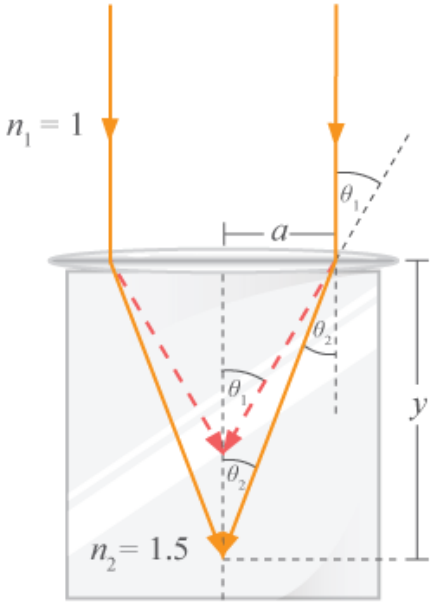
ข้อที่ 6

ตอบ $45\ \text{cm}$

ปกติแล้ว ถ้าแสงขนาน (จากอนันต์) หักเหผ่านเลนส์นูน มันจะไปตัดกันและเกิดภาพที่จุดโฟกัสหลังเลนส์พอดี ในกรณีนี้เมื่อมีแท่งพลาสติกมาขวางไว้ 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

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

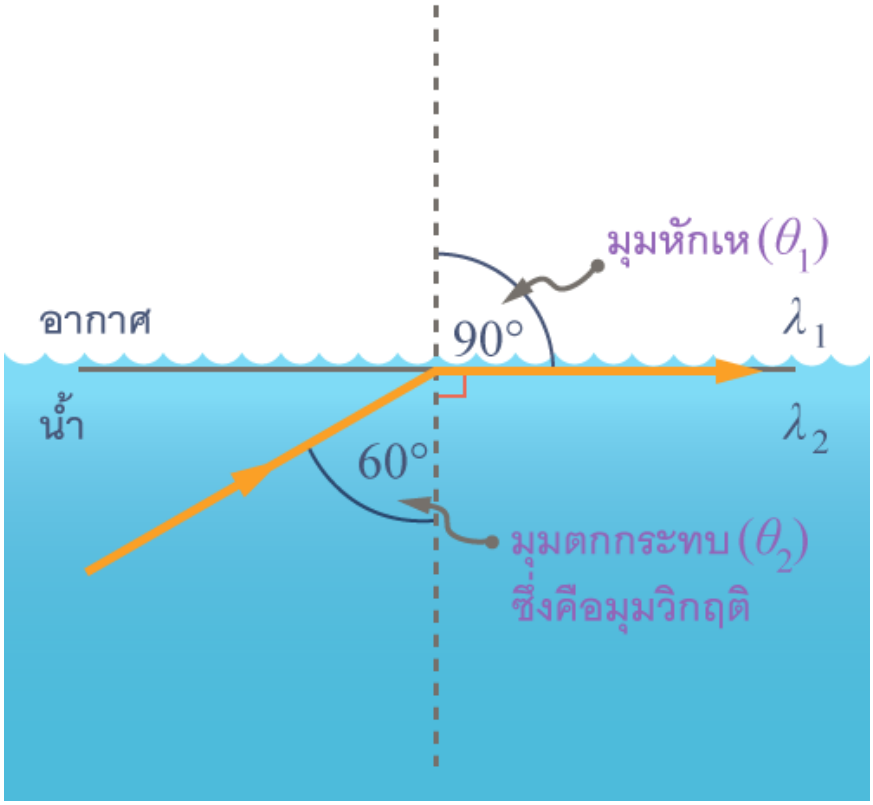
ดังนั้นความลึกปรากฏมีค่าเป็น 45 เซนติเมตร

ข้อที่ 7

ตอบ $\dfrac{\sqrt{3}}{2}$

เรื่อง แสงและการมองเห็น

มุมวิกฤต คือ **มุมตกกระทบ**ของตัวกลางชนิดที่ 1 (ซึ่งมีค่าดรรชนีหักเหน้อยกว่า) ที่**ทำให้เกิดมุมหักเห**ในตัวกลางชนิดที่ 2 **โตเท่ากับ**90°
จากโจทย์ สามารถเขียนรูป แสดงมุมตกกระทบ และ มุมหักเห ของของเหลวได้ดังนี้



จากกฎการ หักเหของสเนลล์ $\dfrac{\lambda_1}{\lambda_2} = \dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$

โดย กำหนดให้

λ_1 คือ ความยาวคลื่นของของเหลว $(\lambda_{\text{ของเหลว}})$

λ_2 คือ ความยาวคลื่นของอากาศ $(\lambda_{\text{อากาศ}})$

θ_1 คือ มุมวิกฤติของของเหลว

θ_2 คือ มุมหักเหในอากาศ

จะได้ว่า

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

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

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

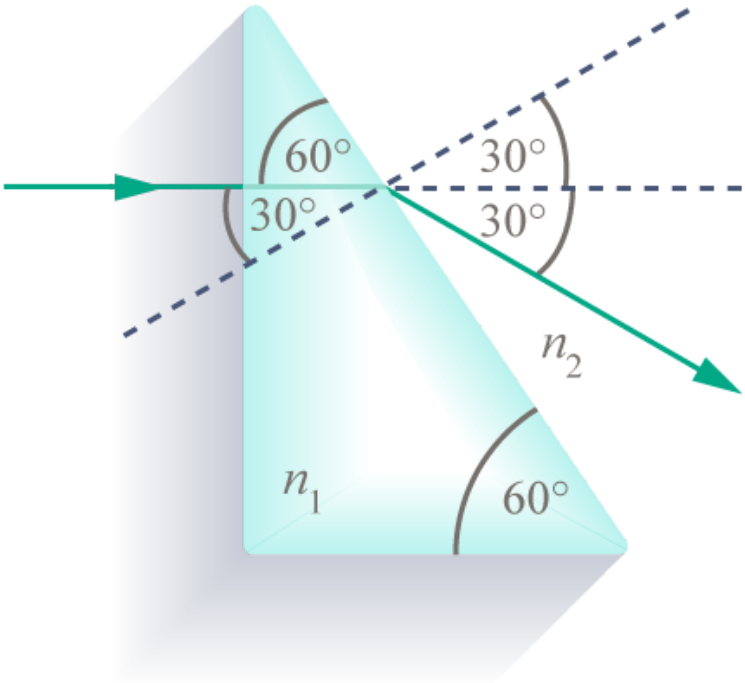
$$\frac{\lambda_{\text{ของเหลว}}}{\lambda_{\text{อากาศ}}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

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

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

ข้อที่ 8

ตอบ 1.7



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
<u>เรื่อง</u> สมบัติของแสง

เมื่อแสงเดินทางผ่านจากอากาศเข้าสู่ฟองสบู่ บางส่วนจะเกิดการหักเหเนื่องจากความเร็วของแสงในอากาศและฟองสบู่ไม่เท่ากัน เข้าสู่ฟองสบู่ อีกส่วนหนึ่งจะเกิดการสะท้อนกับสู่อากาศ (สมมติเรียกว่าแสง 1)

เมื่อแสงที่เคลื่อนในฟองสบู่ เคลื่อนที่มาถึงรอยต่อระหว่างผิวฟองสบู่ (ผิวอีกด้านหนึ่ง) กับอากาศ แสงบางส่วนจะเกิดการสะท้อนกลับ (สมมติเรียกแสง 2)

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

ข้อที่ 10

ตอบ $\sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right) < \theta < 90^\circ$
<u>เรื่อง</u> สมบัติของคลื่น (การส่งคลื่น)

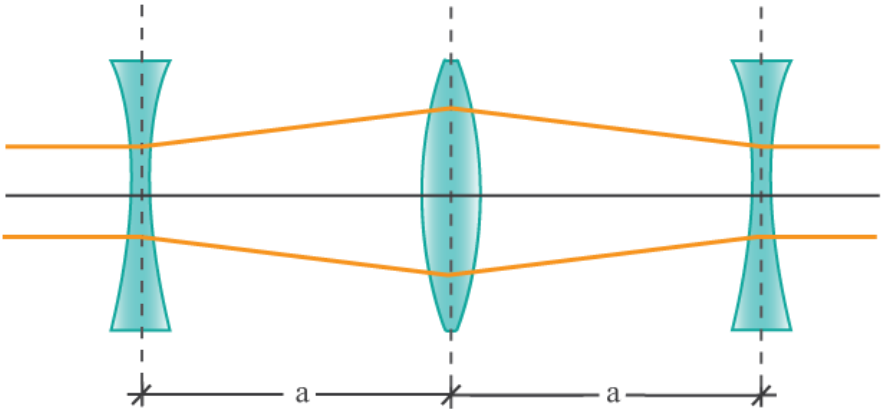
ในการส่งคลื่นภายในท่อส่งนั้น ไม่สามารถส่งไปตรงๆ (ขนานกับผิวท่อ $\theta = 90^\circ$)) ได้ แต่ต้องส่งโดยให้คลื่นสะท้อนกลับไปมาภายในท่อ ซึ่งการสะท้อนต้องเป็นการสะท้อนกลับหมด หรือก็คือมุมตกกระทบในท่อต้องมีค่ามากกว่ากับมุมวิกฤต $\theta_c < \theta$ ซึ่งคำนวณได้จากกฎของสเนลล์

$$
\begin{aligned}
n_1 \sin\theta_1 &= n_2 \sin\theta_2 \\
n_1 \sin\theta_c &= n_2 \sin 90^\circ \\
\therefore\ \theta_c &= \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)
\end{aligned}
$$

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 $s'_1 = -f = -10\ \text{cm}$ โดยเครื่องหมายลบที่เกิดขึ้นแสดงว่าภาพที่เกิดขึ้นอยู่เกิดด้านเดียวกับ วัตถุ (ในที่นี้คือด้านซ้ายมือของเลนส์เว้า)

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

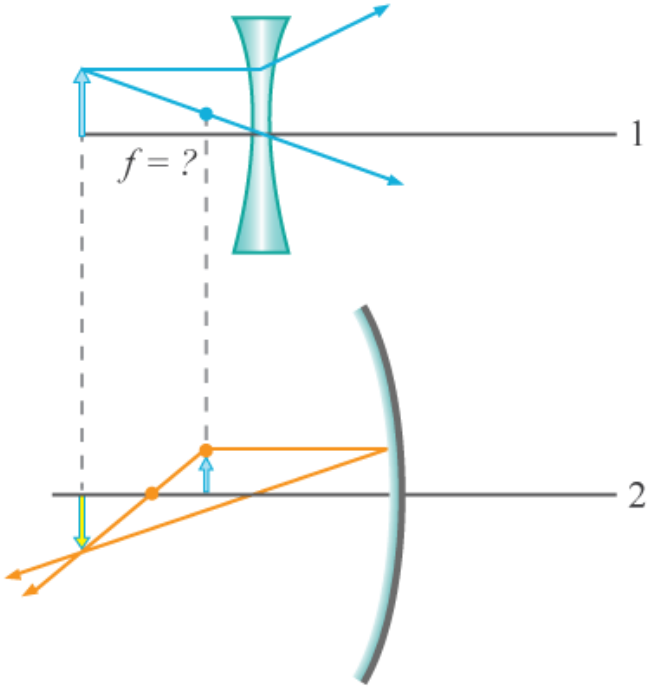
$$
\begin{aligned}
\frac{1}{f} &= \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \\
\frac{1}{(20)} &= \frac{1}{(a+10)} + \frac{1}{s'} \\
\therefore\ s' &= \frac{20(a+10)}{a-10}\ \text{cm}
\end{aligned}
$$

สุดท้ายพิจารณาเลนส์เว้าด้านขวามือ ระยะวัตถุของเลนส์เว้านี้มีค่า $s_3 = a - \dfrac{20(a+10)}{a-10}$ โดยระยะโฟกัสอยู่ที่ $f_3 = -10\ \text{cm}$ และเนื่องจากโจทย์ต้องการให้แสงสุดท้ายที่เกิดขึ้นเป็นแสงขนาน ดังนั้นระยะที่เกิดจากเลนส์เว้านี้จะเกิดขึ้นที่ระยะอนันต์ $s'_3 = \infty$ (แสงขนานตัดกันที่ระยะอนันต์) ดังนั้น

$$
\begin{aligned}
\frac{1}{f} &= \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \\
\frac{1}{(-10)} &= \frac{(a-10)}{(a^2-30a-200)} + \frac{1}{(\infty)} \\
a^2 - 20a - 300 &= 0 \\
\therefore\ a &= 30\ \text{cm}
\end{aligned}
$$

ข้อที่ 12

ตอบ -10 เซนติเมตร
เรื่อง เลนส์และการเกิดภาพ



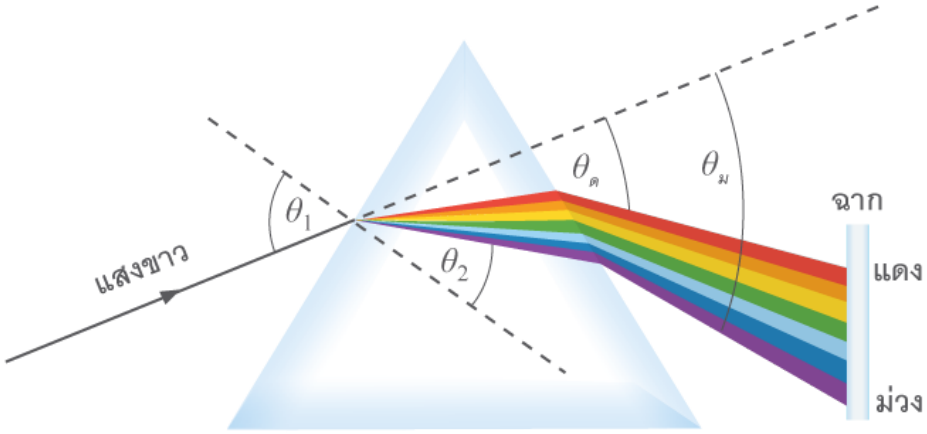
จากรูปแสงตกกระทบตั้งฉากกับกระจกเว้า ซึ่งจะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อวัตถุวางอยู่ที่ระยะ $s_2 = 2f = 20 \text{ cm}$ โดยวัตถุของกระจกเว้า คือภาพจากเลนส์เว้า ดังนั้นภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าจะเกิดอยู่ห่างจากเลนส์เว้าเป็นระยะ $s_1' = 20 - 15 = 5 \text{ cm}$ หากระยะวัตถุอยู่ห่างจากเลนส์เว้า $s_1 = 10 \text{ cm}$ ความยากโฟกัสของเลนส์เว้า f_1 สามารถคำนวณได้จาก

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

(ระยะภาพของเลนส์เว้ามีค่าเป็นลบเนื่องจากภาพเกิดฝั่งเดียวกับวัตถุ) ดังนั้น เลนส์เว้าต้องมีความยาวโฟกัส $f_1 = -10 \text{ cm}$

ข้อที่ 13

ตอบ 1. ม่วง
ในปรากฏการณ์กระจายของแสง เมื่อแสงขาวผ่านเข้าไปในปริซึม แสงขาวจะกระจายออกเป็นสีต่าง ๆ ได้แก่ แสงสีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแสงสีแดง ดังรูป



จากรูปจะเห็นว่า แสงสีม่วงมีมุมหักเห (θ_2) น้อยที่สุด ส่วนสีแดงมีมุมหักเหมากที่สุด (มุม D เป็นมุมระหว่างรังสีหักเหที่ออกจากปริซึมกับเส้นแนวรังสีตกกระทบเดิม เรียกมุมนี้ว่า มุมเบี่ยงเบน $(\text{Angle of Deviation})$)

ข้อที่ 14

ตอบ $4.76\ \text{cm}$

จากโจทย์ แว่นขยายซึ่งเป็นเลนส์นูนมีความยาวโฟกัส $f = 4\ \text{cm}$ และโจทย์ต้องการให้เห็นภาพชัดที่สุด แสดงว่าระยะภาพจะต้องอยู่ห่างจากเลนส์ของแว่นขยายเป็นระยะ $s' = 25\ \text{cm}$ เราสามารถหาระยะวัตถุ (s) ได้ดังนี้

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

ดังนั้นต้องวางหนังสือห่างจากแว่นขยายเป็นระยะ 4.76 เซนติเมตร

ข้อที่ 15

ตอบ เหลือง

<u>เรื่อง</u> แสงและการเกิดภาพ

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

เมื่อมองผ่านแผ่นกรองแสงสีเขียว จะมีเพียงแสงสีเขียวเท่านั้นที่ผ่านแผ่นกรองมาได้ ซึ่งการที่สามารถมองเห็นสีเขียวผ่านแผ่นกรองได้นั้นแสงดว่าดอกไม้ไม่ดูดกลืน แสงสีเขียว

จากข้อความข้างต้น ทำให้รู้ว่าดอกไม้ไม่ดูดกลืนแสงสีแดงและแสงสีเขียว ดังนั้นเมื่อมองผ่านแผ่นกรองแสงสีเหลือง ซึ่งจะอนุญาติให้แสงสีแดงและเขียวผ่านเท่านั้น จะต้องเห็นดอกไม้เป็นสีเหลือง