

জ্যামিতিক আলোকবিজ্ঞান

Type-1 : ফার্মাটের নীতিঃ

প্রতিফলনের ক্ষেত্রে : আপতন কোণ = প্রতিফলন কোণ বা, $i = r$

প্রতিসরণের ক্ষেত্রে স্নেলের সূত্র : প্রতিসরণের ক্ষেত্রে : $\mu_1 \sin i = \mu_2 \sin r$

* প্রথম মাধ্যমের প্রতিসরাংক \times আপতন কোণের sine = দ্বিতীয় মাধ্যমের প্রতিসরাংক \times প্রতিসরণ কোণের sine

Example-01: একটি আলোক রশ্মি (5, 3) বিন্দু দিয়ে x অক্ষের উপর কোথায় আপতিত হলে তা (-7, 13) বিন্দু দিয়ে অতিক্রম করবে?

সমাধানঃ $m_1 + m_2 = 0$ ধরি, X অক্ষের উপর (x, 0) বিন্দুতে আপতিত হবে।

$$\frac{3-0}{5-x} = \frac{13-0}{-7-x} \Rightarrow -13 \times 5 + 13x = -7 - x \Rightarrow x = \frac{29}{7} \therefore \text{বিন্দুটির স্থানাংক } \left(\frac{29}{7}, 0\right)$$

Example-02: পানি থেকে আলো হীরকে 30° কোণে আপতিত হলে কত কোণে প্রতিসারিত হবে?

সমাধানঃ $\mu_1 \sin i = \mu_2 \sin r$; $\mu_1(\text{water}) = \frac{4}{3}$, $\mu_2(\text{diamond}) = 2.41$

$$\Rightarrow \frac{4}{3} \times \sin 30^\circ = 2.41 \times \sin r \Rightarrow r = 16.059^\circ \therefore \text{প্রতিসারণ কোণ} = 16.059^\circ$$

Example-03: পানির 3m গভীরতায় স্থাপিত একটি আলোক উৎস থেকে আলোর উপরিতলে ছড়িয়ে পড়ছে। আলোর প্রতিসরণে পানির উপরিতলে যে আলোকিত বৃত্তের সৃষ্টি হবে। তার সর্বোচ্চ ক্ষেত্রফল কত? পানির প্রতিসরাংক $\frac{4}{3}$

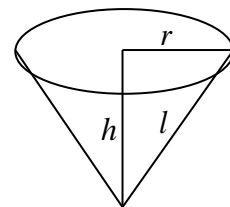
সমাধানঃ যখন প্রতিসরণ কোণ 90° তখন আপতন কোণ θ_c (সংকট কোণ)

$$\sin \theta_c = \frac{r}{i} = \frac{1}{\mu}, \frac{r^2}{i^2} = \frac{1}{\mu^2}, \Rightarrow \frac{r^2}{(\sqrt{h^2+i^2})^2} = \left(\frac{3}{5}\right)^2 \Rightarrow \frac{r^2}{h^2+i^2} = \frac{9}{16}$$

$$\Rightarrow 9h^2 + 9r^2 = 16r^2 \Rightarrow 9 \times 3^2 = 7r^2 \Rightarrow r^2 = \frac{81}{7}$$

$$\frac{\sin \theta}{\sin r} = \frac{\mu_2}{\mu_1}, r = 90^\circ, \mu = \frac{4}{3}, \mu_2 = 1, \mu_1 = \mu_w = \frac{4}{3}$$

$$\therefore \text{নির্ণেয় আলোকিত বৃত্তাকার অংশের ক্ষেত্রফল, } A = 4\pi r^2 = 4\pi \times \frac{81}{7} = \frac{324}{7} \pi \text{ m}^2 \text{ এখানে, } \theta = 4\pi$$



Example-04: অন্তর্গামী সূর্য দেখার জন্য একটি মাছকে কত কোণে দেখতে হবে?

সমাধানঃ সূর্য অন্তর্গামী সূত্রাং বিভেদতলের সমান্তরালে আলোক রশ্মি মাছের চোখে পৌঁছালে মাছ সূর্যকে দেখতে পাবে।

সেক্ষেত্রে মনে হবে মাছ হতে আলোক রশ্মি পানির উপরিতলে বা বিভেদতলে আপতিত হচ্ছে। অথবা প্রকৃতপক্ষে যে ঘটনা ঘটছে সে অনুযায়ীও অংকটি করা যাবে।

$$\text{সমাধানঃ } \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\mu_w}{\mu_a}; i = 90^\circ \therefore \frac{1}{\sin r} = \frac{4/3}{1}$$

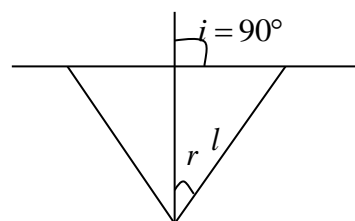
$$r = \sin^{-1} \frac{3}{4} = 48.59^\circ$$

\therefore মাছকে 48.59° কোণে তাকাতে হবে

অথবা মাছের চোখে আলোক রশ্মি 48.49° কোণে আপতিত হবে।

অথবা মাছ দেখবে 48.49° আপতন কোণে। +

[লম্ব ভাবে আপতিত রশ্মির ক্ষেত্রে প্রতিসরণ 0°]

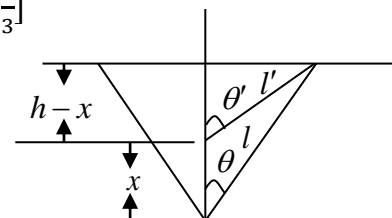


Example-05: একটি কাচের বাটিতে পানি পূর্ণ করে এতে একটি দণ্ড তীর্যকভাবে রাখা হলো। দণ্ডটি নিম্ন প্রান্ত পানির উপরিতলে কেন্দ্রগামী উলম্ব রেখার সাথে 42° কোণ উৎপন্ন করেছে বলে মনে হচ্ছে। উলম্বরের সাথে দণ্ডের প্রকৃত আনতি কত? দণ্ডের পানিতে নিম্নজ্জিত অংশের দৈর্ঘ্য 4cm হলে আপাত সরণ নির্ণয় কর। [$\mu_w = \frac{4}{3}$]

সমাধানঃ ধরি, প্রকৃত আনতি = θ

$$\sin \theta = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{r}, \sin \theta' = \frac{r}{l}, \tan \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \frac{r}{h}, \tan \theta' = \frac{r}{h-x} = \frac{r}{h(1-\frac{x}{h})}$$

$$\frac{\tan \theta}{\tan \theta'} = \left(1 - \frac{x}{h}\right) = \frac{h-x}{h} = \frac{1}{\mu}$$



$$\tan\theta = \frac{1}{4/3}\tan 42^\circ = 0.75 \times 0.9 = 0.6753$$

$$\theta = 34.030 \approx 34^\circ$$

$$\sin\theta = \frac{r}{l} \therefore \frac{\sin\theta'}{\sin\theta} = \frac{l}{l'} \Rightarrow \frac{\sin 42^\circ}{\sin 34^\circ} = \frac{4}{l'} \Rightarrow l' = 4.07864 \text{ cm}$$

$$\sin 34^\circ = \frac{r}{l} \therefore r = 2.237 \text{ m}$$

$$\frac{h-x}{h} = \frac{3}{4} \Rightarrow h = 4x; \tan\theta = \frac{r}{h} \Rightarrow \tan 34^\circ = 0.6753 = \frac{2.237}{h} \Rightarrow 0.6753 = \frac{2.237}{4x}$$

$$x = 0.828 \text{ m} \therefore \text{আপাতন সরণ} = x = 0.828 \text{ m}$$

Example-06: d গভীরতা বিশিষ্ট কোন পাত্রের $\frac{1}{4}$ অংশ μ_1 প্রতিসরাংকের একটি তরল পদার্থের এবং বাকী অংশ μ_2 প্রতিসরাংকের তরল পদার্থ দ্বারা পূর্ণ করা হল। খাড়া উপরের দিকে হতে নীচের দিকে তাকালে এই পাত্র কত গভীর বলে মনে হবে?

$$\text{সমাধানঃ } \mu = \frac{\text{প্রকৃত গভীরতা}}{\text{আপাত গভীরতা}} = \frac{d}{d'}$$

$$\text{প্রথম অংশে আপাত গভীরতা } d_1^1 = \frac{d}{4} \mu_1$$

$$\text{দ্বিতীয় অংশে আপাত গভীরতা } d_2^1 = \frac{d}{4} \mu_2$$

$$d^1 = d_1^1 + d_2^1 = \frac{d}{4} (\mu_1 + \mu_2)$$

Note: প্রথমে অংশ কাচ ও দ্বিতীয় অংশ পানি হলে, এবং পাত্রের গভীরতা 4m হলে

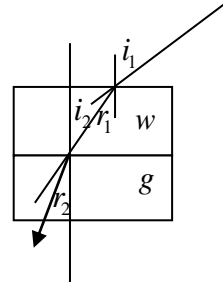
$$d^1 = \frac{4}{4} \left(\frac{3}{2} + \frac{4}{3} \right) = \frac{9+8}{6} = \frac{17}{6} \text{ m} = 2.833 \text{ m}$$

Example-07: প্রথমে পানি, পরে কাছ প্লেট দ্বারা একটি ব্যবস্থা তৈরি করা হল। একটি রাশি পানি উপরিতলে 45° কোণে আপতিত হলে কত কোণে কাচ মাধ্যমে হতে প্রতিসৃত হবে?

$$\text{সমাধানঃ } \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = a \mu_w, \frac{\sin i_2}{\sin r_2} = w \mu_g, i_2 = r_1; \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = a \mu_w \times w \mu_g = a \mu_g$$

$$; \frac{\sin 45^\circ}{\sin r_2} = \frac{3}{2} = 1.5$$

$$\sin r_2 = \frac{\sin 45^\circ}{1.5}, r_2 = 28.13^\circ$$



Type-02: আলোর প্রতিফলন

FORMULA :

$$\text{i. } f = \frac{r}{2}$$

$$\text{ii. } \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{iii. } m = \left| \frac{v}{u} \right|$$

$$\text{iv. } m = \frac{-v}{u}$$

f = ফোকাস দূরত্ব

r = বক্রতার ব্যাসার্ধ

m = বিবর্ধন

v = বিম্বের দূরত্ব

u = বস্তুর দূরত্ব

Example-08: একটি বাতি পর্দা হতে 6m দূরে। বাতির তিনগুণ বর্ধিত বিম্ব পর্দায় ফেলতে হবে। দর্পন কোথায় রাখবে এবং এটা কি ধরনের দর্পণ ?

SOLVE : ধরি, দর্পণ হতে বাতির দূরত্ব x $\therefore u = x$ এবং $v = 6 + x$ [বাস্তব বিম্ব]

$$\therefore m = \frac{v}{u} = 3 \Rightarrow v = 3u$$

প্রশ্নমতে, $6 + x = 3u \Rightarrow x = 3m \therefore u = 3m, v = 9m$

$$\therefore \frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{3} + \frac{1}{9} \therefore f = 2.25 m \therefore \text{দর্পণটি অবতল।} \quad [\text{Ans:}]$$

Example-09: একটি অবতল দর্পণ পর্দার উপর কোন বস্তুর দ্বিগুণ বাস্তব প্রতিবিম্ব গঠন করে। এখন পর্দা ও বস্তুকে এমনভাবে সরানো হলো যাতে পর্দার উপর চারগুণ বিম্ব গঠিত হয়। এজন্য পর্দাকে যদি 40 cm সরাতে হয় তবে বস্তুর সরন কত হবে ?

SOLVE : ১ম ক্ষেত্রে, $m = \frac{v_1}{u_1} \Rightarrow v_1 = 2u_1$ [বাস্তব বিম্ব]

$$\therefore \frac{1}{v_1} + \frac{1}{u_1} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{2u_1} + \frac{1}{u_1} = \frac{1}{f} \therefore \frac{1}{f} = \frac{3}{2u_1}$$

$$\text{২য় ক্ষেত্রে, } \frac{1}{v_2} + \frac{1}{u_2} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{4u_2} + \frac{1}{u_2} = \frac{1}{f} \left[\because 4 = \frac{v_2}{u_2} \right]$$

$$\Rightarrow \frac{5}{4u_2} = \frac{1}{f} = \frac{3}{2u_1} \Rightarrow 5u_1 = 6u_2 \therefore v_2 = 4u_2 = 4 \cdot \frac{5}{6}u_1 = 4 \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{v_1}{2} = \frac{5}{3}v_1$$

$$\text{এখন, } v_2 - v_1 = 40 \text{ cm বিম্বের সরণ} \Rightarrow \frac{5}{3}v_1 - v_1 = 40 \text{ cm} \Rightarrow v_1 = 60 \text{ cm} \therefore u_1 = 30 \text{ cm}$$

$$\therefore u_2 = \frac{5}{6} \times 30 = 25 \text{ cm} \therefore \text{সরন} = (30 - 25) \text{ cm} = 5 \text{ cm} \quad [\text{Ans:}]$$

TRY YOURSELF

EXERCISE – 01: 10 cm দীর্ঘ একটি দণ্ডকে 60 cm বক্রতার ব্যাসার্ধের একটি অবতল দর্পণের অক্ষ বরাবর রাখা

আছে। দণ্ডের নিকটতম প্রান্ত দর্পণ হতে 40 cm দূরে অবস্থিত। দণ্ডটির বিষেও দৈর্ঘ্য বের কর। [Ans. 45 cm]

EXERCISE – 02: একটি অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব 7.5 cm দর্পণের একটি অনুবন্ধী ফোকাস দূরত্ব 12 cm

হলে অপরটি কত? [Ans. 20 cm]

EXERCISE – 03: 25 cm দীর্ঘ কোন ঘরের দেয়ালে একটি দর্পণ ঝোলানো আছে। দর্পণের সম্মুখে 11 cm দূরে

একটি উজ্জ্বল বস্তু রাখা আছে। ঘরের বিপরীত দেয়ালে বস্তুটির বিম্ব গঠন করতে হলে দর্পণটির প্রকৃতি ও ফোকাস দূরত্ব কেমন

হওয়া উচিত? [অবতল, 7.64 cm]

EXERCISE – 04: একটি উত্তল দর্পণের সামনে 50 cm দূরে বস্তু রাখা হল এবং দর্পণের নিম্নাংশ সমতল দর্পণ দ্বারা

ঢাকা হল। এতে বস্তু ও সমতল দর্পণের দূরত্ব 30 cm দর্পণদ্বয় দ্বারা গঠিত বিম্বদ্বয় মিলে গেলে উত্তল দর্পণের বক্রতার ব্যাসার্ধ

কত? [Ans. 25 cm]

EXERCISE – 05: একটি পর্দা হতে 30 cm দূরে একটি বাতি রাখা আছে। পর্দার উপর মোমবাতির একটি তিনগুণ বিবর্ধিত

বিম্ব পেতে হলে কত ফোকাস দূরত্বের দর্পণ ব্যবহার করতে হবে? দর্পণটি কিরূপ হবে? [Ans : 11.25 cm, অবতল]

Type-03: আলোর প্রতিসরণ

FORMULA :

$$\begin{aligned} \text{i. } {}_a\mu_b &= \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\mu_b}{\mu_a} & \text{ii. } {}_a\mu_b &= \frac{c_a}{c_b} \\ \text{iii. } \sin \theta_c &= \frac{1}{\mu} & \text{iv. } \mu &= \frac{u}{v} = \frac{\text{প্রকৃত দূরত্ব}}{\text{আপাত দূরত্ব}} \end{aligned}$$

${}_a\mu_b$ = a মাধ্যমের সাপেক্ষে b মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক

c_a = a মাধ্যমে আলোর বেগ ;

c_b = b মাধ্যমে আলোর বেগ

θ_c = সংকট কোণ ;

μ = হালকা মাধ্যমের সাপেক্ষে ঘন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক

Example-10: পানি থেকে আলো হীরকে 30° কোণে আপতিত হলে কত কোণে প্রতিসারিত হবে?

SOLVE : $\mu_1 \sin i = \mu_2 \sin r$

$\mu_1 1 (\text{water}) = \mu_2 \sin r$

$\Rightarrow \frac{4}{3} \sin 30^\circ = 2.41 \sin r$

$\mu_2 (\text{diamond}) = 2.41$

$\Rightarrow r = 16.059^\circ$

Example-11: পানিতে স্থাপিত একটি বাতি হতে আলো তরলের উপরিতলে আপতিত হয়ে বায়ুতে প্রতিসৃত হওয়ায় আলোর 30° বিচ্যুতি হল। আপতন কোণ কত? [$\mu_w = 1.33$]

SOLVE : $\mu_a \mu_b = 1.33 \therefore \mu_w \mu_a = \frac{1}{1.33}$

$\therefore \mu_w \mu_a < 1 \therefore r > i \therefore r - i = 30^\circ$

$\Rightarrow r = 30^\circ + i \quad ; \quad \mu_w \mu_a = \frac{\sin i}{\sin r} \Rightarrow 0.75 = \frac{\sin i}{\sin(i + 30^\circ)}$

$\Rightarrow 1.33 = \frac{\sin i \cos 30^\circ + \cos i \sin 30^\circ}{\sin i}$

$\Rightarrow 1.33 = \cos 30^\circ + \sin 30^\circ \cot i$

$\Rightarrow 2.66 - \sqrt{3} = \cot i$

$\Rightarrow i = 47.14^\circ$ [Ans.]

Example-12: একটি স্বচ্ছ ঘনকের প্রত্যেক ধারের দৈর্ঘ্য 15 cm ঘনকের মধ্যে একটি বায়ু বুদবুদের আপাত গভীরতা কোন একটি তল থেকে 6 cm এবং তার বিপরীত তল থেকে 4 cm মনে হয়। প্রথম তল হতে বুদবুদের প্রকৃত দূরত্ব এবং ঘনকের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর।

SOLVE : ধরি, প্রথম তল থেকে প্রকৃত দূরত্ব x cm \therefore বিপরীত তল থেকে প্রকৃত দূরত্ব (15-x)

১ম তলের ক্ষেত্রে, $\mu = \frac{\text{প্রকৃত গভীরতা}}{\text{আপাত গভীরতা}} = \frac{x}{6}$ (i)

২য় তলের ক্ষেত্রে, $\mu = \frac{15-x}{4}$ (ii)

$\frac{x}{6} = \frac{15-x}{4} \therefore x = 9 \text{ cm}$ (i) হতে পাই, $\mu = \frac{9}{6} = 1.5$ [Ans.]

Example-13: অন্তগামী সূর্য দেখতে হলে একটি মাছ পানির নিচ থেকে কোন দিকে তাকাতে? (পানির প্রতিসরাঙ্ক = 4/3)

SOLVE : আমরা জানি, $\sin \theta_c = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{4/3} = \frac{3}{4} = 0.75 \therefore \theta_c = 48.6^\circ$

উলম্বের সাথে 48.6° কোণে পশ্চিম দিকে।

Example-14 : 200 cm গভীর জলাশয়ের তলদেশে অবস্থিত একটি বিন্দু উপরের দিকে সকল অভিমুখে আলো ছড়াচ্ছে। যেসব রশ্মি প্রতিসরিত হয়ে বায়ুতে প্রবেশ করে তাদের দ্বারা পানিতে একটি আলোক বৃত্ত গঠিত হয়। ঐ বৃত্তের ক্ষেত্রফল কত? [$\mu_w = 4/3$]

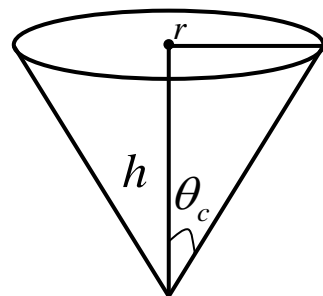
SOLVE : আলো ঘন মাধ্যম হতে হালকা মাধ্যমে যেতে $i > \theta_c$ হলে তার পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন ঘটবে।

$\therefore i > \theta_c$ বা $i < \theta_c$ এর জন্য আলোকিত পৃষ্ঠ দেখা যাবে $\therefore \mu_w \mu_a = \sin \theta_c$

$\therefore \sin \theta_c = \frac{1}{\mu_w} = \frac{3}{4} \therefore \theta_c = 48.59^\circ$ এখন, $\tan \theta_c = \frac{r}{h}$

$\Rightarrow r = h \times \tan \theta_c = 200 \times \tan 48.59^\circ = 226.778 \text{ cm}$

$= 2.26778 \text{ m} \therefore \text{ক্ষেত্রফল} = \pi r^2 = 16.15 \text{ m}^2$



Example-15: লাল আলোর চেয়ে বেগুণি আলোর জন্য কোন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বেশি হয়। বেগুণি আলো ও লাল আলোর জন্য ক্রাউন কাঁচের সংকট কোণের পার্থক্য 0.56° . বেগুণি আলোর জন্য ক্রাউন কাঁচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5315 হলে লাল আলোর জন্য এর প্রতিসরাঙ্ক কত হবে?

SOLVE : এখানে, $\theta_R - \theta_V = 0.56^\circ$ [$\mu_V > \mu_R \therefore \theta_R > \theta_V$]

$$\mu_V = \frac{1}{\sin \theta_V} \therefore \theta_V = \sin^{-1} \left(\frac{1}{1.5315} \right) = 40.765^\circ \therefore \theta_R = \theta_V + 0.56^\circ = 41.325^\circ$$

$$\therefore \mu_R = \frac{1}{\sin \theta_R} = \frac{1}{\sin 41.325^\circ} = 1.5144$$

Example-16: পানিতে নিমজ্জিত একটি সোজা দণ্ড উপর হতে তাকালে পানির উপরিতলের সাথে দণ্ডটি 45° কোণে আনতে মনে হয়। দণ্ডটির প্রকৃত আনতি কত? [$\mu = 4/3$]

$$\text{SOLVE : } \mu = \frac{\tan \theta}{\tan \phi} \Rightarrow \tan \theta = \mu \times \tan \phi = \frac{4}{3} \times \tan 45^\circ = \frac{4}{3} = 53.13^\circ$$

TRY YOURSELF

EXERCISE – 01: একটি আলোক রশ্মি (5, 3) বিন্দু দিয়ে x অক্ষের উপর কোথায় আপতিত হলে তা (-7, 13)

বিন্দু দিয়ে অতিক্রম করে? [Ans: $\frac{11}{4}, 0$]

EXERCISE – 02: একটি কাঁচের বাটিতে পানি পূর্ণ করে এতে একটি দণ্ড তীর্যকভাবে রাখা হল। দণ্ডটির নিম্ন প্রান্ত

পানির উপরিতলে কেন্দ্রগামী উলম্ব রেখার সাথে 42° কোণ উৎপন্ন করেছে বলে মনে হচ্ছে। উলম্বের সাথে দণ্ডের প্রকৃত আনতি

কত? দণ্ডের পানিতে নিমজ্জিত অংশের দৈর্ঘ্য 4cm হলে আপাত সরণ নির্ণয় কর। [$a\mu_w = \frac{4}{3}$] [Ans. 34° , 0.828m]

EXERCISE – 03: d গভীরতা বিশিষ্ট কোন পাত্রের $\frac{1}{4}$ অংশ μ_1 প্রতিসরাঙ্কের তরল পদার্থে এবং বাকী অংশ μ_2

প্রতিসরাঙ্কের তরল পদার্থ দ্বারা পূর্ণ করা হল। খাড়া উপরের দিক হতে নীচের দিকে তাকালে এই পাত্র কত গভীর বলে মনে হবে? [Ans: $\frac{1}{\mu_1} + \frac{3}{\mu_2}$]

EXERCISE – 04: বায়ুর সাপেক্ষে কাঁচের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{3}{2}$ এবং বায়ুর সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাঙ্ক $4/3$ হলে কাঁচের

সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাঙ্ক কত? [Ans. $\frac{8}{9}$]

EXERCISE – 05: পানি থেকে ভারী পানি (D_2O), ভারী পানি অপেক্ষা কাঁচ ঘনতর। ভারী পানির সাপেক্ষে পানির

প্রতিসরাঙ্ক 0.85 এবং কাঁচ সাপেক্ষে ভারী পানির প্রতিসরাঙ্ক 0.833. পানির সাপেক্ষে কাঁচের প্রতিসরাঙ্ক কত ? Ans. 1.412]

EXERCISE – 06: বায়ু সাপেক্ষে কোয়ার্টজের প্রতিসরাঙ্ক 1.65 আলো কোয়ার্টজে 45° কোণে আপতিত হলে নির্গত

রশ্মির বিচ্যুতি কত? [Ans. 19.62°]

EXERCISE – 07: 20 cm গভীরতা বিশিষ্ট কোন পাত্রের $\frac{1}{5}$ অংশ 1.3 প্রতিসরাঙ্কের তরলে এবং বাকি অংশ 1.4

প্রতিসরাঙ্কের তরলে পূর্ণ। উপর হতে পাত্রের গভীরতা কত মনে হবে? [Ans. 14.5 cm]

EXERCISE – 08: একটি পাত্রে 10 cm পুরু কাঁচ প্লেট আছে। এর উপর 5 cm পুরু 1.71 প্রতিসরাঙ্কের তরলের

স্তর আছে এবং এর উপর 4 cm গভীর পানির স্তর আছে। নিচে সোজাসোজি তাকালে পাত্রের তলদেশের গভীরতা কত মনে

হবে? এর কতটুকু আপাত সরণ হবে ? [Ans. 12.583, 6.417 cm]

EXERCISE – 09: এক চোর হীরের আংটি চুরি করে সুইমিং পুলে ফেলে দিল। পুলিশ এসে দেখল এটি পানি পৃষ্ঠে 13.4m^2 ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট আলোক বৃত্ত গঠন করেছে। আংটিটি কত গভীরতায় আছে? [$\mu = \frac{4}{3}$]

[Ans. 4.32 m]

EXERCISE – 10: স্বচ্ছ কাঁচের ঘনকের প্রতি বাহুর দৈর্ঘ্য 36 cm এর মধ্যে অবস্থিত একটি বায়ু বুদবুদকে এক তল

থেকে দেখলে 10 cm গভীরে এবং বিপরীত তল থেকে দেখলে 14 cm গভীরে মনে হয়। ১ম তল হতে বুদবুদটির প্রকৃত

গভীরতা কত? [Ans. 15 cm]

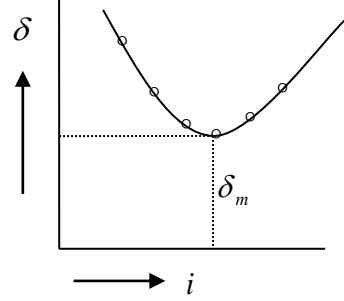
Type 04: প্রিজম

(i) প্রিজম কোণ, $\angle A = \angle r_1 + \angle r_2$, এখানে, $\angle r_1 \rightarrow$ প্রথম প্রতিসরণ কোণ, $\angle r_2 \rightarrow$ দ্বিতীয় আপতন কোণ

(ii) বিচ্যুতি, $\delta = \angle i_1 + \angle i_2 - \angle A$, $\angle i_1 \rightarrow$ আপতন কোণ, $\angle i_2 \rightarrow$ নির্গমন কোণ

(iii) ন্যূনতম বিচ্যুতির শর্ত : $i_1 = i_2 = \frac{A + \delta_m}{2}$

এখানে, $\delta_m \rightarrow$ ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ $= 2i_1 - A = 2i_2 - A$, $r_1 = r_2 = \frac{A}{2}$



(iv) প্রিজমে উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{\sin i_2}{\sin r_2} = \frac{\sin \frac{A + \delta_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$

(v) সরু প্রিজমের জন্য : $i_1 = \mu r_1$, $i_2 = \mu r_2$ এবং $\delta = (\mu - 1)A$ [$A < 6^\circ$]

(vi) প্রিজমের নির্গত রশ্মি না পাবার শর্ত : $\sin i_1 = \sqrt{\mu^2 - 1} \sin A - \cos A$

<p>FORMULA :</p> <p>i. $\delta = i_1 + i_2$ ii. $\mu = \frac{\sin \frac{A + \delta}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$</p> <p>iii. সরু প্রিজমের ক্ষেত্রে, $\delta = (\mu - 1) A$</p>	<p>$\delta =$ প্রিজমের বিচ্যুতি কোণ</p> <p>$i_1 =$ ১ম পৃষ্ঠে আপতন কোণ</p> <p>$i_2 =$ ২য় পৃষ্ঠে নির্গমন কোণ</p> <p>$A =$ প্রিজম কোণ</p>
--	---

Example-17: একটি সমবাহু প্রিজমের প্রতিসরাঙ্ক $\sqrt{2}$ হলে এর ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ কত ?

আমরা জানি, $\mu = \frac{\sin \left(\frac{A + \delta_m}{2} \right)}{\sin \frac{A}{2}} \Rightarrow \sqrt{2} = \frac{\sin \left(\frac{60^\circ + \delta_m}{2} \right)}{\sin \frac{60^\circ}{2}} \Rightarrow \sin \left(\frac{60^\circ + \delta_m}{2} \right) = \sqrt{2} \times \sin 30^\circ$

$\Rightarrow \sqrt{2} \times \sin 30^\circ = \sin 45^\circ \therefore \frac{60^\circ + \delta_m}{2} = 45^\circ \Rightarrow \delta_m = 30^\circ$ [Ans: 30°]

Example-18: একটি প্রিজমে ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ হল 30° । প্রিজম উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক $\sqrt{2}$ হলে প্রিজম কোণ কত ?

$$\begin{aligned}
\text{আমরা জানি, } \mu &= \frac{\sin\left(\frac{A+\delta_m}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}} \Rightarrow \sqrt{2} \frac{\sin\left(\frac{A}{2} + \frac{\delta_m}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}} \Rightarrow \sqrt{2} = \frac{\sin\frac{A}{2} \cos\frac{\delta_m}{2} + \sin\frac{\delta_m}{2} \cos\frac{A}{2}}{\sin\frac{A}{2}} \\
\Rightarrow \sqrt{2} &= \cos\frac{\delta_m}{2} + \sin\frac{\delta_m}{2} \cot\frac{A}{2} \Rightarrow \sqrt{2} \cos 15^\circ + \sin 15^\circ \cot\frac{A}{2} \\
\Rightarrow \sqrt{2} &= \cos 15^\circ + \sin 15^\circ \cot\frac{A}{2} \Rightarrow \sqrt{2} 0.966 + 0.259 \cot\frac{A}{2} \Rightarrow \cot\frac{A}{2} = 1.73 \\
\Rightarrow \frac{A}{2} &= 30^\circ \therefore A = 60^\circ \text{ [Ans: } 60^\circ]
\end{aligned}$$

Example-19: কোন তরল পদার্থ দ্বারা পূর্ণ একটি ফাঁপা প্রিজমে ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ হল 30° । প্রিজম কোণ 60° হলে তরল পদার্থের প্রতিসরাঙ্ক বের কর।

$$\begin{aligned}
\text{আমরা জানি, } \mu &= \frac{\sin\left(\frac{A+\delta_m}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}} = \frac{\sin\left(\frac{60^\circ+30^\circ}{2}\right)}{\sin\frac{60^\circ}{2}} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{1}{\sqrt{2}}}{\frac{1}{2}} \therefore \mu = \sqrt{2} = \\
1.414 \quad &\text{[Ans: } 1.414]
\end{aligned}$$

Example-20: নির্দিষ্ট আলো সাপেক্ষে 60° কোণ বিশিষ্ট কোন প্রিজমের প্রতিসরাঙ্ক 1.65.

(i) কোন আপতন কোণের জন্য বিচ্যুতি ন্যূনতম হবে? (ii) ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ কত হবে?

$$\begin{aligned}
\text{SOLVE : (i) } \mu &= \frac{\sin \frac{A + \delta_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \Rightarrow 1.65 = \frac{\sin \frac{60^\circ + \delta_m}{2}}{\sin \frac{60^\circ}{2}} \Rightarrow \sin \frac{60^\circ + \delta_m}{2} = \sin^{-1}(0.825) \\
\Rightarrow i &\approx 55.59^\circ \quad [\because \text{ন্যূনতম বিচ্যুতির ক্ষেত্রে, } i_1 = i_2 = \frac{A + \delta_m}{2}]
\end{aligned}$$

$$\text{(ii) } \frac{\delta_m + 60^\circ}{2} = 55.59 \Rightarrow \delta_m = 51.18^\circ \text{ [Ans.]}$$

Example-21: একটি প্রিজমের কোণ 45° এবং উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক $\sqrt{5}$ । এই প্রিজমের এক পৃষ্ঠে আলোক রশ্মি কত কোণে আপতিত হলে রশ্মিটি দ্বিতীয় প্রতিসরণ পৃষ্ঠে ঘেঁষে নির্গত হবে?

SOLVE : Given, $\mu = \sqrt{5}$, $A = 45^\circ$, $i_2 = 90^\circ$

$$\text{২য় পৃষ্ঠে আপতন কোণ * হলে, } \mu = \frac{\sin i_2}{\sin r_2} = \frac{\sin 90^\circ}{\sin r_2}; \mu = \frac{1}{\sin r_2}$$

$$\text{আবার, } A = r_1 + r_2 \Rightarrow r_1 = A - r_2$$

$$\text{এখন, } \mu = \frac{\sin i_2}{\sin r_2} \Rightarrow \sin i_1 = \mu \sin r_1 = \mu \sin (A - r_2)$$

$$= \mu (\sin A \cos r_2 - \sin r_2 \cos A) = \mu \left(\sin A \sqrt{1 - \sin^2 r_2} - \frac{1}{\mu} \cos A \right)$$

$$= \mu \left(\sin A \sqrt{1 - \frac{1}{\mu^2}} - \frac{1}{\mu} \cos A \right) = \mu \left(\sin A \sqrt{\frac{\mu^2 - 1}{\mu}} - \frac{\cos A}{\mu} \right) = \sin A \sqrt{\mu^2 - 1} - \cos A$$

$$= \sin 45^\circ \sqrt{(\sqrt{5})^2 - 1} - \cos 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \sqrt{5 - 1} - \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \therefore i_1 = 45^\circ \text{ [Ans.]}$$

Example-22: একটি প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.5. এর একতলে আপতিত রশ্মি দ্বিতীয় তলে সম্পূর্ণরূপে প্রতিফলিত হয়। যদি প্রিজম কোণ 60° হয় তাহলে প্রথম তলে রশ্মির আপতন কোণ কত?

SOLVE : দ্বিতীয় তলে আলোর সম্পূর্ণ প্রতিফলন ঘটে।

$$\therefore \mu \sin r_2 = \text{বাতাসের প্রতিসরাঙ্ক} \times \sin 90^\circ = 1 \times 1 = 1 \quad [\text{দ্বিতীয় তল হতে আলো বাতাসে নির্গত হয়}]$$

$$\Rightarrow \sin r_2 = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{5} \therefore r_2 = 42^\circ$$

$$r_1 + r_2 = A \Rightarrow r_1 + 42^\circ = 60^\circ \Rightarrow r_1 = 18^\circ$$

$$\text{এখন, } \mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1} \Rightarrow \sin i_1 = 1.5 \times \sin 18^\circ \therefore i_1 = 27.7^\circ \text{ [Ans.]}$$

Example-23: একটি সরু প্রিজমের প্রিজম কোণ 6° এর মধ্যে দিয়ে আলো যাবার সময় 4° বিচ্যুতি ঘটে। প্রতিসরাঙ্ক কত?

$$\text{SOLVE : } \delta = (\mu - 1) A \therefore \mu = 1 + \frac{\delta}{A} = 1 + \frac{4^\circ}{6^\circ} = 1.667 \text{ [Ans.]}$$

TRY YOURSELF

EXERCISE – 01: একটি সমাবাহু ত্রিভুজের প্রতিসরাঙ্ক $\sqrt{2}$ হলে এর ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় কর।
১ম তলে

আপতন কোণ নির্ণয় কর। [Ans. 30° , 45°]

EXERCISE – 02: প্রিজমের প্রতিসরাঙ্ক 60° ও প্রতিসরাঙ্ক 1.5 হলে তার ন্যূনতম বিচ্যুতি কত? ১ম তলে
সর্বনিম্ন

বিচ্যুতির মান কত? [Ans. 37.18° , 18.59°]

EXERCISE – 03: 60° কোণ বিশিষ্ট প্রিজমের প্রতিসরাঙ্ক 1.5. প্রিজমের একটি প্রতীক পৃষ্ঠে $\frac{3\sqrt{2}}{4}$
প্রতিসরাঙ্কের

তরল দ্বারা আবৃত। প্রিজমটির অনাবৃত প্রতিসারক পৃষ্ঠের উপর কত কোণে আলো আপতিত হলে তা আবৃত পৃষ্ঠ ঘেষে
নির্গত

হবে? [Ans. 22.48°]

EXERCISE – 04: প্রমাণ কর যে, প্রিজমের কোণ যদি এর উপাদানের সংকট কোণের দ্বিগুণের চেয়ে বড় হয়
তবে কোন রশ্মি নির্গত হবে না।

EXERCISE – 05: একটি সমদ্বিবাহু প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক সবচেয়ে কম কত হলে যে কোন
সমদ্বিবাহুর উপর

অভিলম্বভাবে আপতিত হয়ে অতিভুজ দ্বারা পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলিত হবে?

EXERCISE – 06: একটি প্রিজমের প্রতিসরাঙ্ক 1.65. এর প্রতিসরণ কোণ কত হলে প্রথম পৃষ্ঠে আপতিত কোন রশ্মিই

দ্বিতীয় পৃষ্ঠ হতে নির্গত হবে না? [Ans. $74^{\circ}.36'$]

EXERCISE – 07: একটি প্রিজমে কোন একটি রশ্মির নির্গমন কোণ প্রিজম কোণের সমান কিন্তু ঐ তলে আপতন

কোণের দ্বিগুণ। প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক $\sqrt{3}$ হলে প্রিজম কোণ কত? [Ans. 60°]

EXERCISE – 08: সরু প্রিজমের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় আলোর 6° বিচ্যুতি ঘটে। এর প্রতিসরাঙ্ক 1.6 হলে প্রিজম

কোণ কত ? [Ans. 10°]

Type 05: গোলীয় তলে আলোর প্রতিসরণ

❖ গোলীয় তলে আলোর প্রতিসরণ

<p>FORMULA :</p> <p>① $\frac{\mu_2}{v} + \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{r}$</p> <p>② $\frac{\mu}{v} + \frac{1}{u} = \frac{\mu - 1}{r}$</p>	<p>μ_1 = বস্তু যে মাধ্যমে অবস্থিত সে মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক।</p> <p>μ_2 = আলোক রশ্মি যে মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় সে মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক।</p>
---	---

সতর্কতা :

- লেন্সের যে দিকে বস্তু থাকে, সেই পৃষ্ঠকে ১ম পৃষ্ঠ এবং অপর পৃষ্ঠকে ২য় পৃষ্ঠ বলে।
- যদি বিম্ব, বস্তু যে দিকে আছে তার বিপরীত দিকে সৃষ্টি হয় তবে বিম্ব বাস্তব। আর যদি বস্তুর দিকে সৃষ্টি হয় তবে বিম্ব অবাস্তব।

➤ $\frac{\mu_1}{u} + \frac{\mu_2}{v} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{r}$ সম্পর্কিত গাণিতিক সমস্যাঃ

যেখানে, μ_1 মাধ্যমে হতে আলোক রশ্মি μ_2 মাধ্যমে প্রতিসৃত হয়ে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে।

বস্তু μ_1 মাধ্যমে থাকলে বস্তুর দূরত্ব u ধনাত্মক হবে। প্রতিবিম্ব μ_2 মাধ্যমে গঠিত হলে প্রতিবিম্বের দূরত্ব ধনাত্মক হবে অন্যথায় v ঋণাত্মক হবে। যেমন উত্তল প্রতিসারক তলে হালকা মাধ্যমে হতে ঘণ মাধ্যমে আলোক রশ্মি প্রবেশ করলে সাধারণত অবাস্তব বিম্ব গঠিত হয় কিন্তু ঘণ মাধ্যমে হতে আলোক রশ্মি অবতল প্রতিসারক তলে আপতিত হয়ে হালকা মাধ্যমে প্রতিসৃত হলে বাস্তব প্রতিবিম্ব $[(+)\text{ve}]$ গঠিত হয়।

উত্তল বা অভিসারী তলের জন্য বক্রতার ব্যাসার্ধ r , $(+)\text{ve}$ এবং অবতল বা অপসারী তলের জন্য বক্রতার ব্যাসার্ধ, r , $(-)\text{ve}$ হবে।

*পৃষ্ঠের সম্মুখে বলতে পৃষ্ঠের বক্রতলে কেন্দ্রের দিকে বুঝায়।

চিহ্নের রীতি :

লেন্স	ফোকাস দূরত্ব, r	১ম পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, r_1	২য় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, r_2
১. উত্তল বা দ্বিউত্তল	+ ve	+ ve	- ve
২. উভাবতল বা দ্বিঅবতল	- ve	- ve	+ ve
৩. উত্তলাবতল		+ ve	+ ve
৪. অবতলোত্তল		+ ve	- ve
৫. সমতলোত্তল	+ ve	+ ve	
৬. সমতলাবতল	- ve	- ve	

সূত্র:

(i) $\frac{\mu_1}{u} + \frac{\mu_2}{v} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{r}$ (ii) $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ (iii) $\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$ (iv) $\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$

Example-24: বায়ুর মধ্যে একটি ঘনতর মাধ্যম আছে। মাধ্যমের একটি উত্তল প্রতিসারক পৃষ্ঠ আছে। উত্তল পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ 10 cm উত্তল পৃষ্ঠের সামনে বায়ুতে এবং মেরু হতে 6 cm দূরে প্রধান অক্ষের ওপর একটি বিন্দু-বস্তু রাখা হলো। প্রতিবিশ্বের দূরত্ব নির্ণয় কর। (প্রতিসারক মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক = 1.5)

SOLVE : আমরা জানি, $\frac{\mu}{v} + \frac{1}{u} = \frac{\mu - 1}{r}$

$$\Rightarrow \frac{1.5}{v} + \frac{1}{6} = \frac{1.5 - 1}{10} \Rightarrow v = -12.85 \text{ cm}.$$

$$\begin{aligned} \mu &= 1.5 \\ u &= 6 \text{ cm} \\ r &= 10 \text{ cm} ; v = ? \end{aligned}$$

Example-25: 4 cm ব্যাস বিশিষ্ট একটি কাঁচের গোলকের ভিতরে অবস্থিত একটি বুদ্ধবুদ্ধকে কোন ব্যাস বরাবর তাকালে একে গোলক পৃষ্ঠ হতে 1 cm দূরে অবস্থিত বলে মনে হয়। কাঁচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 হলে ঐ বুদ্ধবুদ্ধেও প্রকৃত অবস্থান কোথায়?

SOLVE : আমরা জানি, $\frac{\mu_2}{v} + \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{r}$

$$\Rightarrow \frac{1.5}{1} + \frac{1}{u} = \frac{1.5 - 1}{2} \Rightarrow u = -0.8 \text{ cm}$$

\therefore কেন্দ্র হতে বুদ্ধবুদ্ধের প্রকৃত অবস্থান = (2 - 0.8) cm = 1.2 cm

$$\begin{aligned} r &= 2 \text{ cm} \\ v &= 1 \text{ cm} \\ \mu_2 &= 1.5 \\ \mu_1 &= 1 ; u = ? \end{aligned}$$

Example-26: একটি কাঁচের গোলকের এক পৃষ্ঠে একটি চিহ্ন নিয়ে ঠিক বিপরীত পৃষ্ঠ থেকে ব্যাস বরাবর চিহ্নটিকে সোজাসোজি কাঁচের ভিতর দিয়ে লক্ষ্য করলে চিহ্নটিকে কোথায় দেখা যাবে? গোলকের ব্যাস 10 cm এবং কাঁচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5

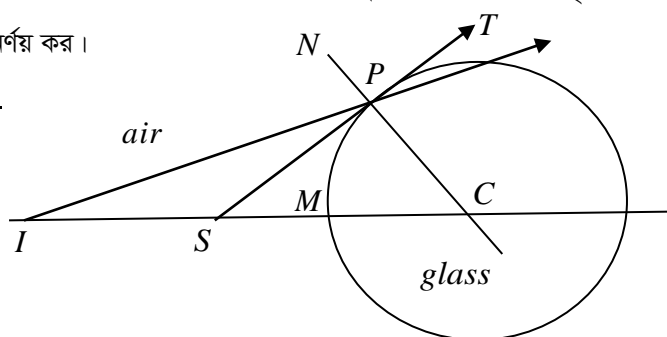
SOLVE : আমরা জানি, $\frac{\mu_2}{v} + \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{r}$

$$\Rightarrow \frac{1}{v} + \frac{1.5}{10} = \frac{1 - 1.5}{-5} \Rightarrow v = -20 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} u &= 10 \text{ cm} \\ r &= 5 \text{ cm} \\ \mu_1 &= 1.5 \\ \mu_2 &= 1 \end{aligned}$$

Example-27: উত্তল প্রতিসারক তলের 5m দূর হতে একটি আলোক রশ্মি এসে উত্তল তলে আপতিত হয়ে প্রতিসৃত হচ্ছে। উত্তল তলটির বক্রতার ব্যাসার্ধ 15m এবং আলোক উৎস বায়ু মাধ্যমে এবং উত্তল পৃষ্ঠটি কাঁচ দ্বারা গঠিত হলে প্রতিবিশ্বের অবস্থান ও প্রকৃতি নির্ণয় কর।

সমাধান : $\frac{\mu_1}{u} + \frac{\mu_2}{v} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{r}$



বস্তু বায়ু মাধ্যমে $\therefore \mu_1 = 1$ $u = 5\text{m}$ আলোক রশ্মি কাঁচ মাধ্যমে প্রতিসৃত হচ্ছে $\therefore \mu_2 = \mu = \frac{3}{2}$, $v = ?$

$$\text{পৃষ্ঠটি উত্তল, } r = 15\text{m} ; \frac{1}{5} + \frac{3/2}{v} = \frac{3/2 - 1}{12} ; \Rightarrow \frac{1.5}{v} = \frac{1}{30} - \frac{1}{5} = -\frac{1}{6} \Rightarrow v = -9\text{m}$$

\therefore পৃষ্ঠটির পশ্চাতে উৎস বরাবর 9m দূরে অবাস্তব প্রতিবিশ্ব গঠিত হবে।

(ii) আলোক উৎস পানিতে থাকলে (i) নং প্রশ্নের ক্ষেত্রে আলোচনা কর।

Ans : $\mu_1 = \frac{3}{4}$ হবে এবং $v = 1.5 \times \left(\frac{1}{90} - \frac{4}{15}\right)^{-1} = -\frac{235}{23} = -5.87m$ অবাস্তব বিম্ব পৃষ্ঠ হতে 5.87m

দুরে গঠিত হলে যা উৎসের খুব কাছাকাছি (নিকটবর্তী)

(iii) আলোক উৎস যে মাধ্যমে আছে তার প্রতিসরাংক 1.5 এবং উত্তল ও অবতল পৃষ্ঠ দুটি সম্মুখ ভাগ একই মাধ্যমে রাখা হল যার প্রতিসরাংক 1 অর্থাৎ বায়ু মাধ্যমে। এক্ষেত্রে আলোক উৎসের দূরত্ব 9m হলে প্রতিবিম্বের অবস্থান ও প্রকৃতি সম্পর্কে আলোচনা কর। ধর বক্রাতল দুটির ব্যাসার্ধ 18m ও 27m

সমাধান : উত্তল বক্রাতলের ক্ষেত্রে : $\frac{\mu_1}{u} + \frac{\mu_2}{v} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{r} \Rightarrow \frac{3/2}{9} + \frac{1}{v} = \frac{1-3/2}{18}$

$$\Rightarrow v = \left(-\frac{1}{18} - \frac{1}{9}\right)^{-1} = -4.5m \text{ [তলের পশ্চাতে 4.5m দুরে]}$$

অবতল পৃষ্ঠের ক্ষেত্রে : $\frac{3/2}{9} + \frac{1}{v} = \frac{1-3/2}{-27} \Rightarrow v = \left(-\frac{1}{54} - \frac{1}{9}\right)^{-1} = -6.75m \text{ [তলের সমানে 6.75m দুরে]}$

শর্ত : অবতল প্রতিসারক পৃষ্ঠ হতে উৎসের দূরত্ব 81m দুরে বা তার চাইতে বেশি হলে বাস্তব বিম্ব পাওয়া যাবে।

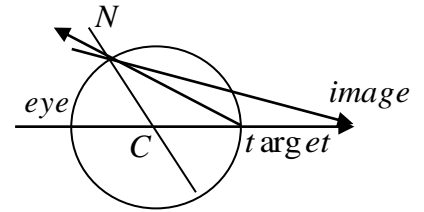
Example-28: একটি গোলকের পৃষ্ঠে একটি চিহ্ন দিয়ে গোলকের অপর পৃষ্ঠ হতে সোজাসুজি প্রত্যক্ষ করছ। গোলকটি কাচের তৈরি এবং এর ব্যাস 0.2m হলে। বিহ্নটির প্রতিবিম্বের দূরত্ব নির্ণয় কর।

সমাধানঃ প্রথম ক্ষেত্রে চিহ্নটি বায়ু এবং স্পর্শ তলে। সুতরাং এর প্রতিবিম্ব গঠিত হবে স্পর্শ তলে। যা অপর পৃষ্ঠ (অবতল প্রতিসারক তল) আপতিত হয়ে বায়ু মাধ্যমে প্রতিসৃত হবে।

প্রথম ক্ষেত্রে : $u = 0.2m$, $r = +0.1m$, $\mu_1 = 1$, $\mu_2 = 1.5$;

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

$\Rightarrow v = 5 - 5 = 0$ অর্থাৎ স্পর্শতলে উত্তল পৃষ্ঠে।



চিহ্নটির বাস্তব দূরত্ব $u = 0.2m$ এবং 0.2m হতে আলোক রশ্মি (চিহ্ন হতে নির্গত) কাচ মাধ্যমে অবতল প্রতিসারক তলে আপতিত হয়ে বায়ুতে প্রতিসৃত হচ্ছে। এক্ষেত্রে অভিলম্ব হতে প্রতিসৃত রশ্মি দুরে সরে যাবে।

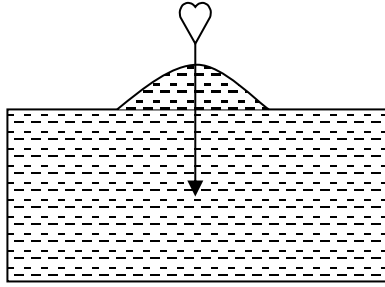
এক্ষেত্রে : $u = 0.2m$, $\mu_1 = 1.5$, $r = -0.1m$, $\mu_2 = 1$, $\frac{1.5}{0.2} + \frac{1}{v} = \frac{1-1.5}{-0.1}$, $v = -0.4m$

সুতরাং চিহ্নটির প্রতিবিম্ব দ্বিতীয় পৃষ্ঠের সামনে 0.4m দুরে গঠিত হবে।

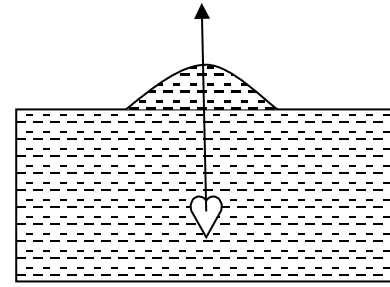
Example-29: একটি ট্যাংকে 10 cm বক্রতার ব্যাসার্ধবিশিষ্ট একটি ছোট জানালা আছে। জানালাটির উত্তল পৃষ্ঠ ট্যাংকের বাইরের দিকে অবস্থিত। ট্যাংকটি 1.5 প্রতিসরাঙ্কের তরল দ্বারা পূর্ণ। একটি বৈদ্যুতিক বাতিকে জানালা থেকে 40cm দূরে ট্যাংকের (ক) বাইরের দিকে, (খ) ভেতরের দিকে রাখা আছে। প্রত্যেক ক্ষেত্রে বাতির বিশ্বের অবস্থান ও প্রকৃতি নির্ণয় কর।

(ক) এক্ষেত্রে আলোক রশ্মি বায়ু থেকে উত্তল পৃষ্ঠে আপতিত হয়ে তরলে প্রতিসৃত হয়।

∴ লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, $OP = \mu = 40 \text{ cm}$, বক্রতার ব্যাসার্ধ, $OC = r = 10 \text{ cm}$



চিত্র : (ক)



চিত্র : (খ)

লক্ষ্যবস্তুর মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu_1 = 1$, প্রতি মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক $\mu_2 = 1.5$ বিশ্বের দূরত্ব, $v = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{\mu_2}{v} + \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{r} \Rightarrow \frac{1.5}{v} + \frac{1}{40\text{cm}} = \frac{1.5 - 1}{10\text{cm}} \Rightarrow \frac{1.5}{v} = \frac{0.5}{10\text{cm}} - \frac{1}{40\text{cm}} = \frac{2-1}{40\text{cm}} = \frac{1}{40\text{cm}}$$

∴ $v = 60 \text{ cm}$ ∴ $v = +$, বিশ্ব বাস্তব (উত্তর : (ক) তরলের ভেতরে 60 cm দূরে, বাস্তব)

(খ) এক্ষেত্রে আলোক রশ্মি তরল থেকে অবতল পৃষ্ঠে আপতিত হয়ে বায়ুতে প্রতিসৃত হয়।

∴ লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, $OP = \mu = 40 \text{ cm}$, বক্রতার ব্যাসার্ধ, $OC = r = -10 \text{ cm}$

লক্ষ্যবস্তুর মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu_1 = 1.5$, প্রতি মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক $\mu_2 = 1$ বিশ্বের দূরত্ব, $v = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{\mu_2}{v} + \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{r} \Rightarrow \frac{1}{v} + \frac{1.5}{40\text{cm}} = \frac{1 - 1.5}{-10\text{cm}} \Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{0.5}{10\text{cm}} - \frac{1.5}{40\text{cm}} = \frac{2-15}{40\text{cm}} = \frac{0.5}{40\text{cm}}$$

$v = 80 \text{ cm}$ ∴ $v = +$, বিশ্ব বাস্তব, (উত্তর : (খ) বায়ুতে 80 cm দূরে, বাস্তব।)

দণ্ডটির আপাত আনতি 30° হলে প্রকৃত আনতি কত ? [$\mu_w = 1.33$] [Ans. 37.52° cm]

TRY YOURSELF

EXERCISE – 01: কাঁচ গোলকের পৃষ্ঠে একটি চিহ্ন দিয়ে বিপরীত পৃষ্ঠ হতে গোলকের কেন্দ্র বরাবর চিহ্নটির লক্ষ্য করা হল। গোলকের ব্যাস 10 cm এবং কাঁচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 হলে প্রতিবিম্ব কোথায় গঠিত হবে? [Ans. 20 cm]

EXERCISE – 02: বায়ু অপেক্ষা ঘন একটি মাধ্যমের উত্তল পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ 10 cm। উত্তল পৃষ্ঠের সামনে বায়ুতে মেরু হতে 6 cm দূরে প্রধান অক্ষের উপর একটি বিন্দু বস্তু রাখা হল। প্রতিবিম্বেও দূরত্ব কত? (মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক 1.5)
[Ans. বায়ুতে উত্তল পৃষ্ঠের মেরু হতে 12.86 cm দূরে]

EXERCISE – 03: 5 cm পুরু একটি সমতলোত্তল লেন্সের সমতল পৃষ্ঠ দিয়ে লম্বভাবে তাকালে লেন্সটি সর্বোচ্চ 4 cm পুরু এবং বক্রতল দিয়ে দেখলে 4.4 cm পুরু মনে হয়। লেন্সের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর। [Ans. 1.25]

EXERCISE – 04: কোন গোলায় পৃষ্ঠের মেরু হতে 40 cm পিছনে মিলিত হয় এমন একটি আলোক রশ্মি 10 cm ব্যাসার্ধের একটি কাঁচের গোলকের উপর আপতিত হল। প্রতিবিম্ব কোথায় গঠিত হবে? ($\mu = 1.5$) [Ans. 200 cm দূরে, বাস্তব]

Type -02 : $\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$ সংক্রান্ত গাণিতিক সমস্যাবলী : [লেন্স প্রস্তুত কারকের সূত্র নামে পরিচিত]

Type 06: লেন্স প্রস্তুতকারকের সূত্র

FORMULA : ❶ $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$ ❷ $\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$	এখানে, r_1 = লেন্সের ১ম পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ r_2 = লেন্সের ২য় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ f = ফোকাস দূরত্ব μ = প্রতিসরাঙ্ক
--	--

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \text{ সংক্রান্ত গাণিতিক সমস্যাবলী : [লেন্স প্রস্তুত কারকের সূত্র নামে পরিচিত]}$$

এখানে, f লেন্সের ফোকাস দূরত্ব

r_1 লেন্সের প্রথম তলের বক্রতার ব্যাসার্ধ [আলোক রশ্মি যে তলে আপতিত হচ্ছে]

r_2 লেন্সের দ্বিতীয় তলের বক্রতার ব্যাসার্ধ [আলোর রশ্মি যে তল হতে প্রতিসৃত হচ্ছে।]

উত্তল লেন্সের জন্য, $f \rightarrow$ ধনাত্মক [(+)ve]

অবতল লেন্সের জন্য, $f \rightarrow$ ঋনাত্মক [(-)ve]

μ লেন্সের প্রতিসরাঙ্ক।

*লেন্সের চারপাশে বায়ু থাকলে এবং লেন্সের উপাদান কাঁচের হলে μ লেন্স = 1.5

*লেন্সের চারপাশে পানি থাকলে এবং লেন্সের উপাদান কাঁচের হলে, $\mu = \frac{\mu_{\text{লেন্স}}}{\mu_{\text{পানি}}} = \frac{1.5}{4/3} = \frac{3/2}{4/3} = \frac{9}{8}$

Example-30: বায়ুতে একটি কাঁচ লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 20 cm হলে পানিতে এর ফোকাস দূরত্ব কত? এখানে বায়ুর সাপেক্ষে কাঁচ ও পানির প্রতিসরাঙ্ক যথাক্রমে $\frac{3}{2}$ ও $\frac{4}{3}$

$$\text{SOLVE : } f_a = (\mu_g - 1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \dots\dots\dots (i)$$

$$f_w = \left(\frac{\mu_g}{\mu_w} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \dots\dots\dots (ii)$$

$$(ii) \div (i) \Rightarrow \frac{f_w}{f_a} = \frac{\mu_g - 1}{\frac{\mu_g}{\mu_w} - 1} = \frac{\frac{3}{2} - 1}{\frac{3}{2} - 1} = 4 \therefore f_w = 4 \times f_a = 4 \times 20 = 80 \text{ cm}$$

সুতরাং পানিতে ফোকাস দূরত্ব বায়ুতে ফোকাস দূরত্বের 4 গুণ। [Ans.]

Example-31: একটি উভাবতল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 20 cm ও 40 cm লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 লেন্স থেকে 60 cm দূরে বস্তু রাখলে বিম্বের অবস্থান ও প্রকৃতি নির্ণয় কর।

SOLVE : আমরা জানি, $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$

$$\Rightarrow \frac{1}{v} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \frac{1}{u} = (1.5 - 1) \left(\frac{1}{-20} - \frac{1}{40} \right) - \frac{1}{60}$$

$$\Rightarrow v = -18.46 \text{ cm}$$

এখানে,
 $r_1 = 20 \text{ cm}$
 $r_2 = 40 \text{ cm}$
 $\mu = 1.5$
 $u = 60 \text{ cm}$

যেহেতু v ঋণাত্মক, অতএব বিম্ব অবাস্তব এবং বস্তু যে দিকে আছে সে দিকে লেন্স থেকে 18.46 cm দূরে অবস্থিত হবে।

বিভিন্ন ধরনের লেন্স :

Example-32: লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধে সাথে ফোকাস দূরত্বের সম্পর্ক :

উত্তল বা অভিসারী লেন্স :

SOLVE : (i) উত্তল লেন্সের ক্ষেত্রে : $r_1(+)\text{ve} = r_1 ; r_2(-)\text{ve} = r_2$

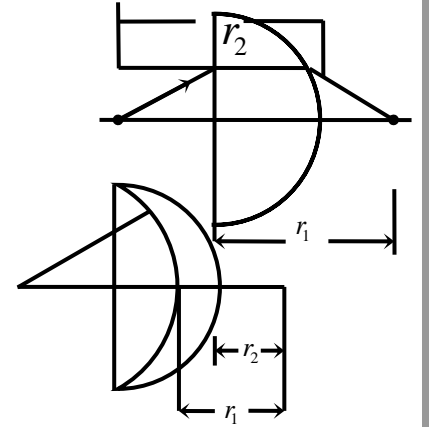
$$\therefore (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) ; f(+)\text{ve}$$

(ii) সমতলোত্তল : $\frac{1}{f} (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = (\mu - 1) \left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{-r} \right) = \frac{\mu - 1}{r_2}$

$$\therefore f = \frac{r_2}{\mu - 1} ; f(+)\text{ve}$$

(iii) অবতলোত্তল : $\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \left(\frac{1}{-r_1} - \frac{1}{-r_2} \right)$

$$= (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) |r_1| > r_2 \therefore f(+)\text{ve}$$



Type 07: $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$ সংক্রান্ত গাণিতিক সমস্যাঃ

Example-33: একটি সুর উত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 15cm ও 30cm। লেন্সটির একপার্শ্বে বক্রতাল হতে 30cm দূরে বস্তু রাখলে অপর পার্শ্বে 24cm দূরে প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। লেন্সটির উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক কত?

সমাধানঃ এক্ষেত্রে প্রতিবিম্ব বাস্তব হবে। $\frac{1}{30} + \frac{1}{24} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{15} - \frac{1}{-30} \right)$

$$\Rightarrow \frac{54}{30 \times 20} = (\mu - 1) \left(\frac{45}{15 \times 30} \right) \Rightarrow \mu - 1 = \frac{3}{4} \Rightarrow \mu = 1 + \frac{3}{4} = \frac{7}{4} \text{ Ans}$$

Example-34: একটি সুর উভোল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 0.15m ও 30cm । লেন্স হতে 0.24m দূরে প্রতিবিম্ব গঠিত হলে বস্তুকে লেন্স হতে কত দূরত্বে স্থাপন করতে হবে? ধর লেন্সটির উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{3}{2}$.

সমাধানঃ যেহেতু লেন্সটির উভয়পার্শ্ব উত্তল সুতরাং যে কোন পৃষ্ঠে বস্তু স্থাপন করলে প্রতিবিম্ব অপর পৃষ্ঠ হতে পশ্চাতে গঠিত হবে । সুতরাং প্রতিবিম্ব বাস্তব হবে ।

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \left(\frac{3}{2} - 1 \right) \left(\frac{1}{0.15} - \frac{1}{30} \right) \therefore f = 0.2m$$

$$\frac{1}{0.24} + \frac{1}{u} = \frac{1}{0.2} \therefore u = 102m$$

সুতরাং বস্তুকে 1.2m দূরে [প্রথম তল বা দ্বিতীয় তল হতে] স্থাপন করতে হবে ।

Example-35: একটি উভোল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 20 cm ও 40 cm . লেন্সের 60 cm সামনে লক্ষ্যবস্তু রাখলে 30 cm পেছনের বিম্ব সৃষ্টি হয় । লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক বের কর ।

$$\text{আমরা জানি, } \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \Rightarrow \frac{1}{30 \text{ cm}} + \frac{1}{40 \text{ cm}} \Rightarrow \frac{3}{60} = (\mu - 1) \frac{3}{40}$$

$$\therefore \mu - 1 = \frac{2}{3} \Rightarrow \mu = 1 + \frac{2}{3} = 1.67 \text{ [Ans: 1.67]}$$

Example-36: 30cm ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তর লেন্স এবং একটি অবতল লেন্স নিয়ে সমবায় গঠন করা হল । সমতুল্য লেন্সের ক্ষমতা 2D লে অবতল লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব কত ?

$$\text{আমরা জানি, সমবায়ের ফোকাস দূরত্ব, } F = \frac{1}{P} = \frac{1}{2D} = 0.5 \text{ m} = 50 \text{ cm}$$

$$\text{আবার, } \frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f_1} = \frac{1}{50 \text{ cm}} - \frac{1}{30 \text{ cm}} = \frac{30 \text{ cm} - 50 \text{ cm}}{50 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}} = \frac{-20 \text{ cm}}{50 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}}$$

$$\Rightarrow f = -75 \text{ cm [Ans: -75 cm]}$$

Example-37: একটি সমতোল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ও বক্রতার ব্যাসার্ধের সম্পর্ক কি?

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \text{ এখানে, } r_1 = \infty, r_2 = -r \therefore \frac{1}{f} = (\mu - 1) \frac{1}{r} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1-\mu}{r}$$

লেন্সের আকার যদি অবতলোল হয় তবে f ও r এর মধ্যে সম্পর্ক :

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad r_1 (-)ve$$

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad r_2 (-)ve$$

এবং $r_2 < r_1$ হবে কারণ দুই পৃষ্ঠ মিলে f (+) ve হবে ।

উদাহরণঃ লেন্সের আকার উত্তলাবদ্ধ হলে f ও r এর মধ্যে সম্পর্ক :

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad r_1 (+)ve$$

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad r_2 (+)ve$$

$$\text{অথবা, } \frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right), \quad r_2 < r_1 \text{ হবে}$$

অথবা, $r_1(-)ve$, $r_2(-)ve$ এবং $r_1 < r_2$ হবে ।

কারণ দুই পৃষ্ঠে মিলে $f(-)ve$ হবে ।

লেন্সের আকার সমতলোত্তল হলে f ও r এর মধ্যে সম্পর্কঃ

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right), \quad \therefore \frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{r} \right)$$

$$\frac{1}{f} = -(\mu - 1) \left(\frac{1}{r} \right) = \frac{1-\mu}{r}, \quad r_1 = \infty, \quad r_2 = r$$

TRY YOURSELF

EXERCISE – 01: 24 cm ফোকাস দূরত্বের একটি অবতল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ 20 cm ও 30 cm হলে এর

উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক কত ? [Ans. $\frac{3}{2}$]

EXERCISE – 02: একটি সরু লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 20 cm ও 30 cm লেন্সের সামনে 36 cm দূরে

একটি বস্তু রাখলে এর বিম্ব কোথায় গঠিত হবে ? $(\mu = \frac{3}{2})$ [Ans. -72 cm]

EXERCISE – 03: একটি উত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ 20 cm ও 40 cm লেন্সের 60 cm সামনে লক্ষ্য বস্তু

রাখলে 30 cm পেছনে বিম্ব সৃষ্টি হয় । লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক বের কর । [Ans. $1.\frac{5}{3}$]

EXERCISE – 04: একটি লেন্স হতে 25 cm দূরে একটি বস্তু রেখে বিপরীত দিকে 35 cm দূরে উল্টা বিম্ব পাওয়া

গেল । লেন্স যদি উত্তল হয় এবং ১ম এবং ২য় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ 0.20 m ও 0.40 m হয় তবে লেন্সের উপাদানের

প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর । [Ans. 1.91]

Type 08: $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} + \frac{1}{f}, m = \frac{-v}{u} = \frac{f-v}{f}, \frac{f}{f-u}, (m) = \frac{|v|}{u}$

[বাস্তব ও অবাস্তব, উল্টা, সোজা সকল প্রকৃতির প্রতিবিম্ব ও লেন্সের জন্য প্রযোজ্য] এখানে, m বিবর্ধন =

$$\frac{\text{প্রতিবিম্বের আকার (I')} }{\text{বস্তুর আকার (I)}} = \frac{\text{প্রতিবিম্বের দূরত্ব (v)}}{\text{বস্তুর দূরত্ব (u)}}$$

লেন্সের প্রতিবিম্বের অবস্থান ও প্রকৃতি:

১ লেন্স	লেন্সের সাপেক্ষে বস্তুর অবস্থান	প্রতিবিম্বের অবস্থান	প্রতিবিম্বের আকৃতি ও বস্তুর সাপেক্ষে আকার
উত্তল ১ লেন্স	অসীম দূরত্বে $u = \infty$	দ্বিতীয় প্রধান ফোকাস তলে ($v = f$)	বাস্তব, উল্টা ও আকারের ছোট $ m \approx 0$
উত্তল ১ লেন্স	$2f$ অপেক্ষা বেশি দূরে ($u > 2f$)	লেন্সের পশ্চাতে f ও $2f$ দূরত্বের মাঝে ($2f > v > f$)	$ m = < 1$
উত্তল ১ লেন্স	$2f$ দূরত্বে $u = 2f$	লেন্সের পশ্চাতে $2f$ দূরত্বে $v = 2f$	বাস্তব উল্টা আকারে বস্তুর সমান $ m = 1$
উত্তল ১ লেন্স	আলোক কেন্দ্র ও f দূরত্বের মাঝে	বস্তুর একই পাশে এবং সামনে $v > u$	অবাস্তব, উল্টা ও আকারে বড় $ m > 1$
উত্তল ১ লেন্স	f ও $2f$ দূরত্বের মাঝে $2f > u > f$	লেন্সের পশ্চাতে $2f$ অপেক্ষা বেশি দূরে $v > 2f$	বাস্তব, উল্টা ও আকারে বড় $ m > 1$
অবতল ১ লেন্স	আলোক কেন্দ্রে ও অসীম দূরত্বের মাঝে ($\infty > u > 0$)	বস্তুর একই পার্শ্বে আলোক কেন্দ্র ও দ্বিতীয় প্রধান ফোকাসের মাঝে $f > v > 0$	অবাস্তব, সিধা ও ছোট $m < 1$
অবতল ১ লেন্স	অসীম দূরত্বে $u = \infty$	দ্বিতীয় প্রধান ফোকাস তলে বস্তুর একই পার্শ্বে $v = f$	অবাস্তব, সিধা ও ছোট $ m > 1$

Example-38: 0.75m ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল লেন্স হতে কোথায় বস্তু রাখলে 3 গুণ বিবর্ধিত বিম্ব গঠিত হবে?

সমাধানঃ উত্তল লেন্সে বাস্তব এবং অবাস্তব বিম্ব গঠিত হতে পারে।

শর্ত মতে : $m = \pm \frac{v}{u} = 3$, $v = \pm 3u$ হলে, $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ সূত্র হতে পাই, $\Rightarrow \frac{4}{3u} = \frac{1}{0.75} \therefore u = 1.0m$

$2f > u > f$ এবং $v > 2f$ $3|m| > 1$ হওয়ার জন্য এক্ষেত্রে প্রতিবিম্ব বাস্তব, উল্টা ও আকারে বস্তুর চেয়ে বড় হবে।

পুনরায় $v = -3u$ হলে উক্ত সূত্র হতে পাই, $u = 0.5m$

এক্ষেত্রে $f > u > 0$ এবং $v > u$ এবং $|m| > 1$, সুতরাং প্রতিবিম্ব অবাস্তব, সিধা ও আকারে বস্তুর চেয়ে বড় হবে।

অবতল লেন্সে সর্বদা খর্বিত প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হয়।

উদাহরণ -০২ : একটি 0.75m ফোকাস দূরত্বের অবতল লেন্স এর সম্মুখে একটি বস্তু রাখলে 3 গুণ খর্বিত প্রতিবিম্ব তৈরি হয়। বস্তুর দূরত্ব নির্ণয় কর।

$|m| = \frac{|v|}{u} = \frac{1}{3}$, $v = \pm \frac{1}{3}u = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ হতে পাই, যখন, $v = +\frac{1}{3}u$, $\frac{1}{u} + \frac{3}{u} = \frac{-1}{0.75} \Rightarrow u = 3.0m$

$v = -\frac{1}{3}u$; $\frac{1}{u} - \frac{3}{u} = \frac{1}{0.75} \Rightarrow -\frac{2}{u} = -\frac{1}{0.75} \Rightarrow u = 1.5m$, শর্তানুসারে, $\infty > u > 0$, $f > v > 0$ এবং $|m| < 1$ হলে, যখন, $u = 1.5m$; $v = 0.5m < 0.75m$

সুতরাং $v = -\frac{1}{3}u$ জন্য অবাস্তব ও সিধা প্রতিবিম্ব গঠিত হবে (বস্তুর একই পার্শ্বে)

$u > 2f$, $2f > v > f$ এবং $|m| < 1$ সুতরাং প্রতিবিম্ব অবাস্তব সিধা হবে (বস্তুর একই পার্শ্বে).

উদাহরণ-০৩ : $6 \times 2 m^2$ আকারের একটি লম্বা বস্তুকে 16 m ফোকাস দূরত্বের উত্তল লেন্স হতে 12m দূরে রাখা হলে প্রতিবিম্বের আকার কত হবে?

সমাধানঃ $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{v} + \frac{1}{12} = \frac{1}{16} \Rightarrow v = -48$, বিবর্ধনঃ $\frac{48}{12} = 4$, বস্তুর আকার, $A = 6 \times 2 = 12m^2$

প্রতিবিম্বের আকার $A^1 = 12 \times 4 = 48 m^2$ বিবর্ধিত

TRY YOURSELF

0.75m ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল লেন্স ব্যবহার করলে তিনগুণ বিবর্ধিত পাওয়া যায় এবং একই ফোকাস দূরত্বের

অবতল লেন্স ব্যবহার করলে একই জায়গায় প্রতিবিম্ব পাওয়া যায়। অবতল লেন্সে বস্তুর বিবর্ধন কত হবে? উভয় লেন্সের

ক্ষেত্রে অবাস্তব বিম্ব গঠিত হয়। Ans : $\frac{1}{3}$ গুণ খর্বিত, বস্তুর দূরত্ব 0.5m

Example-39: একটি উত্তল লেন্সের পশ্চাতে একটি অবতল লেন্স এমনভাবে স্থাপন করা হল যাতে বাস্তব অবাস্তব প্রতিবিম্বের মধ্যবর্তী দূরত্ব 10 cm। বস্তুর দূরত্ব নির্ণয় কর। দেওয়া আছে লেন্সদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 30 cm এবং উত্তল ও অবতল লেন্সদ্বয়ের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 15 cm ও 24 cm।

সমাধান : অবতল লেন্সের জন্য : বস্তুর দূরত্ব $u' = v - 30$ [উত্তল লেন্সে গঠিত প্রতিবিম্বের দূরত্ব v]

প্রতিবিম্বের দূরত্ব, $v' = (v-40)$, ফোকাস দূরত্ব, $f = -24\text{cm}$

$$\therefore \text{হতে } \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ হতে, } \frac{-1}{v-40} + \frac{1}{v-30} = \frac{-1}{24} \Rightarrow v^2 - 70v + 960 = 0 \therefore v = 51.280, 18.72$$

তাহলে, উত্তল লেন্সের জন্য প্রতিবিম্বের দূরত্ব, $v = 51.280\text{ cm}$,

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \text{ হতে, } \frac{1}{u} + \frac{1}{51.28} = \frac{1}{16} \therefore u = 23.26\text{cm}$$

* [বস্তু অবতল লেন্স হতে উত্তল লেন্সের পশ্চাতে স্থাপন করা হলে]

$v = 18.72$ হলে, $u = 110.12\text{cm}$ [বস্তু উত্তল ও অবতল লেন্সের মাঝে স্থাপন করা হলে]

Example-40: একটি পর্দা থেকে 30 cm দূরে একটি মোমবাতি রাখা আছে। পর্দার উপর মোমবাতির একটি 4 গুণ বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব পেতে কত ফোকাস দূরত্বের কি ধরনের লেন্স ব্যবহার করতে হবে?

$$\text{সমাধান: উত্তল লেন্স, } m = 4 \frac{|v|}{u} \therefore v = \pm 4u; \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{30} + \frac{1}{30 \times 40} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 24\text{cm}$$

$\therefore 24\text{cm}$ ফোকাস দূরত্ব উত্তল লেন্স ব্যবহার করতে হবে।

Example-41: একটি 0.75 m ফোকাস দূরত্বের উত্তল লেন্সের সম্মুখে বস্তু রাখলে 3 গুণ বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব তৈরি হয় বস্তুটিকে একই ফোকাস দূরত্বের অবতল লেন্সে রাখলে কতগুণ বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব গঠিত হবে?

$$\frac{1}{1.0} + \frac{1}{v} = \frac{1}{-0.75}, v = -\frac{3}{7}, m = \frac{|-3/7|}{1.0} = \frac{3}{7}$$

$$\frac{1}{0.5} + \frac{1}{v} = \frac{1}{-0.75}, v = \frac{-3}{10}, m = \frac{|3/10|}{1.5} = \frac{3}{10} \times \frac{10}{5} = \frac{3}{5}$$

Type 09: লেন্সের সংযোজন ও তুল্য লেন্স

FORMULA : ❶ $P = \frac{1}{f}$ ❷ $\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$ ❸ $P = P_1 + P_2$

Example-42: 40 cm ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল লেন্স এবং 50 cm ফোকাস দূরত্বের একটি অবতল লেন্স পরস্পরের সংস্পর্শে থেকে একটি সমন্বয় গঠন করে। এ সমন্বয়ের 300 cm সামনে 2 cm উঁচু একটি লক্ষ্যবস্তু রাখলে বিম্বের অবস্থান প্রকৃতি ও আকৃতি নির্ণয় কর।

SOLVE : $\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{40} - \frac{1}{50} \therefore F = 200 \text{ cm}$

এখন, $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{1}{F} - \frac{1}{u} = \frac{1}{200} - \frac{1}{300} \therefore v = 600 \text{ cm}$

যেহেতু v ধনাত্মক, সেহেতু বিম্ব বাস্তব এবং লেন্সের পেছনে গঠিত হবে।

আবার, $[m] = \frac{v}{u} = \frac{v'}{1} = \frac{v}{u} \times 1 = \frac{600 \times 2}{300} = 4 \text{ cm}$ অতএব, লেন্সের 600 cm পিছনে, বাস্তব ও উল্টো, 4 cm.

Example-43: দুটি সরু উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 4 cm এবং 3 cm এরা একই অক্ষের লম্বভাবে পরস্পর হতে 2 cm দূরে রাখা থাকলে তুল্য লেন্সের ফোকাস দূরত্ব কত?

SOLVE : আমরা জানি, $\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}$
 $= \frac{1}{4} + \frac{1}{3} - \frac{2}{4 \times 3} \therefore F = 2.4 \text{ cm}$

এখানে,
 $f_1 = 4 \text{ cm}$
 $f_2 = 3 \text{ cm}$
 $d = 2 \text{ cm}$

TRY YOURSELF

EXERCISE – 01: একটি উত্তল লেন্স এর ফোকাস দূরত্ব 25 cm. লেন্সটির ক্ষমতা কত? [Ans. + 4 D]

EXERCISE – 02: একটি অভিসারী ও একটি অপসারী লেন্সের ক্ষমতা যথাক্রমে 3.5 ডায়পটার এবং 1.5 ডায়পটার।

তাদেরকে সংযুক্ত স্থাপন করলে তুল্য লেন্সের ক্ষমতা ও ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় কর। [Ans. 2D, 0.50 m]

EXERCISE – 03: 20 cm ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল এবং 15 cm ফোকাস দূরত্বের একটি অবতল লেন্স নিয়ে সমবায় গঠন করা হলো। দেখাও যে, সমবায়টি অবতল লেন্সের ন্যায় কাজ করে।

EXERCISE – 04: 20 cm ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল লেন্স এবং অন্য একটি অবতল লেন্স নিয়ে সমবায় গঠন

করা হলো। সমতুল্য লেন্সের ক্ষমতা + 3 D হলে অবতল লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব কত?

Type 10: আলোক যন্ত্র

FORMULA – 01: সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের ক্ষেত্রে, i. $m = 1 + \frac{D}{f}$ ii. $1 + \frac{D-a}{f}$	এখানে, m = সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধন D = দৃষ্টির ন্যূনতম দূরত্ব a = লেন্স হতে চোখের দূরত্ব
---	--

FORMULA – 02: জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের ক্ষেত্রে, $m =$ $\frac{v_o}{u_o} \left(1 + \frac{D}{f_e} \right) = \left(1 - \frac{v_o}{f_o} \right) \left(1 - \frac{v_e}{f_e} \right)$ $= \frac{v_o}{u_o} \left(1 - \frac{v_e}{f_e} \right)$	এখানে, v_o = অভিলক্ষ্য থেকে ১ম প্রতিবিম্বের দূরত্ব u_o = অভিলক্ষ্য থেকে বস্তুর দূরত্ব f_o = অভিলক্ষ্য লেন্সের ফোকাস দূরত্ব v_e = অভিনেত্র হতে চূড়ান্ত বিম্বের দূরত্ব u_e = অভিনেত্র হতে ১ম প্রতিবিম্বের দূরত্ব f_e = অভিনেত্রের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব
---	---

FORMULA – 03: দূরবীক্ষণ বা দূরবীণ এর ক্ষেত্রে, অসীম দূরত্ব ফোকাসিং বা স্বাভাবিক ফোকাসিং $m = \frac{f_o}{f_e}$; $L = f_o + f_e$ ii. স্পষ্ট দর্শন বা নিকট ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে, $m = \frac{f_o}{f_e} \left(1 + \frac{f_e}{D} \right)$ $L = f_o + \frac{D \times f_e}{D + f_e}$	এখানে, f_o = অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব f_e = অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব L = যন্ত্রের দৈর্ঘ্য; m = বিবর্ধন
--	---

Example-44: একটি ম্যাগনিফাইং গ্লাসের (বিবর্ধক কাঁচের) লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 4 cm। স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্বে পর্যবেক্ষণের সময় দর্শকের চোখ লেন্স হতে 3 cm দূরে অবস্থান করে। বিবর্ধন নির্ণয় কর।

SOLVE : $m = 1 + \frac{D-a}{f} = 1 + \frac{25-3}{4} = 6.5^\circ$	এখানে, $f = 4$ cm $a = 3$ cm $D = 25$ cm
---	--

Example-45: একটি যৌগিক অণুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 0.01 m এবং 0.05 m অভিলক্ষ্য হতে 11×10^{-3} m দূরত্বে একটি বস্তু স্থাপন করা হলে এর শেষ প্রতিবস্তু 0.25 m দূরে গঠিত হয়। লেন্স দুইটির মধ্যবর্তী দূরত্ব এবং বিবর্ধন নির্ণয় কর।

SOLVE : অভিলক্ষ্যের ক্ষেত্রে, $\frac{1}{v_o} + \frac{1}{u_o} = \frac{1}{f_o} \Rightarrow \frac{1}{v_o} + \frac{1}{11 \times 10^{-3}} = \frac{1}{0.01}$

$\Rightarrow v_o = 0.11$ m

অভিনেত্রের ক্ষেত্রে, $\frac{1}{v_e} + \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e} \Rightarrow \frac{1}{0.25} + \frac{1}{u_e} = \frac{1}{0.05} \Rightarrow u_e = 0.063$ m

\therefore লেন্সদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব $= (v_o + u_e) = (0.11 + 0.063)$ m = 0.173 m

বিবর্ধন, $m = \frac{v_o}{u_o} \left(1 + \frac{D}{f_e} \right) = \frac{0.11}{11 \times 10^{-3}} \left(1 + \frac{0.25}{0.05} \right) = 60$

এখানে,

$f_o = 0.01$ m

$f_e = 0.05$ m

$u_o = 11 \times 10^{-3}$ m

$v_e = 0.25$ m

Example-46: একটি অণুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 1 cm ও 5 cm এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্ব 20 cm. যদি শেষ প্রতিবিম্বটি অভিনেত্র থেকে 25 cm দূরে গঠিত হয় তবে অভিলক্ষ্য থেকে কত দূরে বস্তু স্থাপন করতে হবে ?

SOLVE : অভিনেত্রের ক্ষেত্রে, $\frac{1}{v_e} + \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e} \Rightarrow \frac{1}{25} + \frac{1}{u_e} = \frac{1}{5} \Rightarrow u =$

$\frac{25}{6}$ cm

$\therefore v_e = 20 - \frac{25}{6} = \frac{95}{6} \therefore \frac{1}{v_e} + \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e} \Rightarrow \frac{6}{95} = \frac{1}{u_o} = 1$

$\Rightarrow u_o = \frac{95}{89} = 1.067$ cm

এখানে,

$v_e = 25$ cm

$f_e = 5$ cm

$f_o = 1$ cm

$L = 20$ cm

Example-47: একটি নভোদূরবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধন ক্ষমতা 20 cm এবং দৈর্ঘ্য 16 cm লেন্সদ্বয়ের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় কর।

SOLVE : $m = \frac{f_o}{f_e} \Rightarrow 20 = \frac{f_o}{f_e} \Rightarrow f_o = 20 f_e$

আবার, $L = f_o + f_e \Rightarrow 16 = 20 f_o + f_e \Rightarrow f_e = 0.761$ cm

$\therefore f_o = 15.22$ cm

এখানে,

$m = 20$ cm

$L = 16$ cm

Example-48: কোন নভোদূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 30 cm ও 25 cm স্পষ্ট দর্শন ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে বিবর্তন ও যন্ত্রের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

SOLVE : $m = \frac{f_o}{f_e} \left(1 + \frac{f_e}{D} \right) = \frac{20}{2} \left(1 + \frac{2}{25} \right) = 16.2$

$L = f_o + \frac{D - f_e}{D + f_e} = 30 + \frac{25 \times 2}{25 + 2} = 31.85$ cm

এখানে, $f_o = 30$ cm

$f_e = 2$ cm ; $D = 25$ cm

$L = ?$; $m = ?$

Example-49: একটি দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 1 m এবং 0.10 m. অভিলক্ষ্য থেকে লক্ষ্যবস্তু 20 m দূরে অবস্থিত। চূড়ান্ত বিম্ব অভিনেত্র তথা চোখ থেকে 0.25m দূরে গঠিত হলে অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের মধ্যকার দূরত্ব কত? যন্ত্রের বিবর্ধন ক্ষমতাও নির্ণয় কর।

$$\text{SOLVE : } \frac{1}{v_o} + \frac{1}{u_o} = \frac{1}{f_o} \Rightarrow \frac{1}{v_o} = 1 - \frac{1}{20} \Rightarrow v_o = 1.053 \text{ m}$$

$$\text{আবার, } \frac{1}{v_e} + \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e} \Rightarrow \frac{1}{u_o} + \frac{1}{10} + \frac{1}{0.05} \Rightarrow u_e = 0.0714 \text{ m}$$

$$L = f_o + u_e = 1.0714 ; m = f_o \left(\frac{1}{D_e} + \frac{1}{f_e} \right)$$

$$= 1 \left(\frac{1}{0.25} + \frac{1}{0.10} \right) = 14$$

এখানে,

$$f_o = 1 \text{ m}$$

$$f_e = 10 \text{ m}$$

$$u_e = 20 \text{ m}$$

$$v_e = -0.25 \text{ m}$$

$$L = ?$$

$$m = ?$$

Example-50: একটি দূরবীক্ষণের উত্তল লেন্স দুইটির ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 30 cm এবং 3 cm. ওদের মধ্যকার দূরত্ব 33 cm. যন্ত্রকে চাঁদের দিকে ফোকাস করা হলে চাঁদ অভিলক্ষ্যে 30' কোণ উৎপন্ন করে এই যন্ত্র দ্বারা সৃষ্ট চাঁদের প্রতিবিম্ব দর্শকের চোখে কত কোণ উৎপন্ন করবে?

$$\text{SOLVE : } m = \frac{f_o}{f_e} = \frac{30}{20} = 10 = \frac{\text{প্রতিবিম্ব কর্তৃক সৃষ্ট কোণ}}{\text{বস্তু সৃষ্ট কোণ}} \Rightarrow 10 = \frac{\text{প্রতিবিম্ব কর্তৃক সৃষ্ট কোণ}}{30^\circ}$$

$$\Rightarrow \text{প্রতিবিম্ব কর্তৃক সৃষ্ট কোণ} = 300' = 5^\circ$$

Example-51: কোন ব্যক্তির চোখের নিকট বিন্দু 25cm এবং দূরবিন্দু 35 m (ক) লেখাপড়ার জন্য (খ) দূরবর্তী বস্তু দেখার জন্য কত ক্ষমতার লেন্সের প্রয়োজন হবে?

SOLVE :

$$\text{(ক)} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{-35} + \frac{1}{25} \therefore f = 0.875 \text{ m} \therefore D = \frac{1}{f} = 1.14 \text{ D}$$

$$\text{(খ)} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{-5} + \frac{1}{\infty} \therefore f = -5 \text{ m} \therefore P = \frac{1}{f} = -0.2 \text{ D}$$

$$u = 25 \text{ cm}$$

$$v = 35 \text{ cm}$$

$$P = ?$$

$$u = \infty$$

$$v = 5 \text{ m}$$

$$P = ?$$

Type 11: লেন্সের সমীকরণ ও বিবর্ধন

Example-52: একটি উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 20 cm লেন্স হতে কত দূরে বস্তু স্থাপন করলে দ্বিগুণ বিবর্ধিত বিম্ব পাওয়া যায় ?

SOLVE : দেওয়া আছে, বিবর্ধন, $|m| = 2 \Rightarrow \frac{v}{u} = 2 \Rightarrow v = 2u$

বাস্তব বিম্বের ক্ষেত্রে, $v = +24$ এবং অবাস্তব বিম্বের ক্ষেত্রে $v = -24$

বাস্তব বিম্বের ক্ষেত্রে, $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{2u} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{3}{2u} = \frac{1}{20} \Rightarrow u = 30 \text{ cm}$

অবাস্তব বিম্বের ক্ষেত্রে, $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{-2u} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{24} \Rightarrow u = 10 \text{ cm}$

TRY YOURSELF

EXERCISE – 01: একটি অবতল লেন্সের বামপাশে লেন্স হতে 15 cm দূরে একটি বস্তু স্থাপন করা হল। বস্তুটির প্রতিবিম্ব একই পাশে, অর্থাৎ বাম পাশে 10 cm দূরে গঠিত হলো। লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় কর। [Ans. 30 cm]

EXERCISE – 02: একটি উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 20 cm. লেন্স হতে 30 cm দূরে একটি ছোট 6cm \times 4cm

জানালা আছে। প্রতিবিম্বের ক্ষেত্রফল নির্ণয় কর। [Ans. 96 cm²]

EXERCISE – 03: 0.05 m দীর্ঘ বস্তুকে 0.30 m ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট একটি অবতল লেন্স হতে 0.15 m দূরে

স্থাপন করা হলো। প্রতিবিম্বের আকার নির্ণয় কর। [Ans. 2 m]

EXERCISE – 04: একটি লেন্স থেকে 25 cm দূরে লক্ষ্যবস্তু রাখলে গঠিত বিম্ব বাস্তব ও 4 গুণ বিবর্ধিত হয়। ঐ

লক্ষ্যবস্তুটি লেন্স থেকে কত দূরে রাখলে বিম্ব অবাস্তব ও তিনগুণ বিবর্ধিত হবে ? [Ans. 13.33 cm]

EXERCISE – 05: একটি অবতল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব f. লেন্স হতে কত দূরে বস্তু স্থাপন করলে $\frac{1}{m}$ গুণ বিবর্ধিত

প্রতিবিম্ব পাওয়া যাবে? [Ans. f (m-1)]

EXERCISE – 06: f ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল লেন্স একটি বস্তুর n গুণ বিবর্ধিত একটি অবাস্তব প্রতিবিম্ব উৎপন্ন

করে। প্রমাণ কর যে, বস্তুর দূরত্ব $= \left(1 - \frac{1}{n}\right)f$

EXERCISE – 07: একটি পর্দা হতে কোন বস্তুকে 40 cm দূরে রাখা হলো। 6.4 cm ফোকাস দৈর্ঘ্যের একটি উত্তল লেন্সকে

বস্তু হতে কত দূরে রাখতে হবে যাতে পর্দার উপর স্পষ্ট প্রতিবিম্ব গঠিত হয় ? [Ans. 8 cm অথবা 32 cm]

EXERCISE – 08: একটি অবতল পর্দণের 25cm সামনে একটি পিন রাখলে এর প্রতিবিম্ব একই জায়গায় গঠিত

হয়। এখন যদি পিন ও দর্পণের মধ্যে পর্দণ হতে 20 cm দূরে একটি অবতল লেন্স রাখা হয়, তবে পিনটিকে পর্দণ হতে 35 cm

দূরে নিয়ে গেলে পুনরায় এর প্রতিবিম্ব পিনটির সাথে একই জায়গায় গঠিত হয়। লেন্সের ফোকাস দূরত্ব কত? [Ans.– 7.5cm]

Exercises

১। পানি থেকে আলো হীরকে 60° কোণে আপতিত হলে কত কোণে প্রতিসরিত হবে ? পানি ও হীরকের প্রতিসরাঙ্ক যথাক্রমে 1.34 এবং 2.4 । [Ans: 28.91°]

২। একটি সমান্তরাল তলবিশিষ্ট কাচ প্লেটের মধ্য দিয়ে লম্বভাবে একটি বস্তুকে দেখা হচ্ছে। প্লেটের পুরুত্ব d ও কাচের প্রতিসরাঙ্ক μ হলে প্রমাণ কর যে, দর্শকের দিকে বস্তুর আপাত সরণ $\left(\frac{\mu-1}{\mu}\right) d$ ।

৩। 8 cm পুরু একটি কাচফলকের তলদেশে অবস্থিত একটি কালির দাগকে লম্বভাবে দেখা হচ্ছে। দর্শকের দিকে কালির দাগটির আপাত সরণ নির্ণয় কর। [কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5] [Ans: 2.67 cm]

৪। 20 সে.মি. গভীরতা বিশিষ্ট কোন পাত্রের এক-পঞ্চমাংশ $\frac{4}{3}$ প্রতিসরাঙ্কের তরল এবং বাকি অংশ 1.6 প্রতিসরাঙ্কের তরল পদার্থ দ্বারা পূর্ণ করা হল। খাড়া উপর থেকে নিচের দিকে তাকালে ঐ পাত্রের আপাত গভীরতা কত হবে বের কর। [Ans: 13 cm]

৫। একটি স্বচ্ছ কাচের ঘনকের প্রতি বাহুর দৈর্ঘ্য 36 cm। এই ঘনকের মধ্যে অবস্থিত একটি বায়ু বুদবুদকে কোন এক তল থেকে দেখলে 10 cm গভীরে এবং বিপরীত তল থেকে দেখলে 14 cm গভীরে মনে হয়। প্রথম তলটি থেকে বুদবুদে প্রকৃত গভীরতা কত ? কাচের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর। [Ans: 15 cm, 15]

৬। আলোক রশ্মি বাতাস থেকে কাচে 60° কোণে আপতিত হলে কত কোণে প্রতিসরিত হবে ? বাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 । [Ans: 35.26°]

৭। বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাঙ্ক $\frac{4}{3}$ । পানি সাপেক্ষে বায়ুর প্রতিসরাঙ্ক কত ? [Ans: $\frac{3}{4}$]

৮। বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাঙ্ক $\frac{4}{3}$ । পানিতে আলোর বেগ $2.22 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$ হলে বায়ুতে আলোর বেগ নির্ণয় কর। [Ans: $2.96 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$]

৯। বায়ু সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5। বায়ু এক আলোক বছর $9.4 \times 10^{12} \text{km}$ । কাচে এক আলোক বছরের মান বের কর। [Ans: $6.27 \times 10^{12} \text{km}$]

১০। বায়ুর সাপেক্ষে বেনজিনের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 এবং বেনজিনের সাপেক্ষে হীরকের প্রতিসরাঙ্ক 1.6 হলে বায়ুর সাপেক্ষে হীরকের প্রতিসরাঙ্ক বের কর। [Ans: 2.4]

১১। একটি জলাশয়ের নিচে স্থাপিত বাতি থেকে আলোক রশ্মি পানির উপরিতলে আপতিত হয়ে 45° কোণে প্রতিসরিত হয়। আপতন কোণ কত? [পানির প্রতিসরাঙ্ক $4/3$] [Ans: 32°]

১২। বায়ুর সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{3}{2}$ এবং বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাঙ্ক $\frac{4}{3}$ হলে কাচের সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাঙ্ক বের কর। [Ans: $\frac{8}{9}$]

১৩। পানির সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{8}{9}$ । বায়ু সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{3}{2}$ । বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাঙ্ক কত? [Ans: $\frac{4}{3}$]

১৪। কোন পুকুরের তলদেশের একটি মাছকে খাড়াভাবে দেখলে 3m নিচে দেখা যায়। পানির প্রতিসরাঙ্ক 1.33 হলে পুকুরটির প্রকৃত গভীরতা কত? [Ans: 3.99m]

১৫। একটি স্বচ্ছ ঘনাকৃতিপাত্র তরলে পূর্ণ আছে। ঘনকের প্রতিবাহুর দৈর্ঘ্য 58 cm। এই ঘনকের মধ্যে অবস্থিত কোন একটি বস্তুকে কোন একতল থেকে দেখলে 10 cm দূরে এবং বিপরীত তল থেকে দেখলে 30 cm দূরে অবস্থিত বলে মনে হয়। প্রথম তল থেকে বস্তুর প্রকৃত দূরত্ব কত? তরলের প্রতিসরাঙ্ক কত?

[Ans: 14.5cm; 1.45]

১৬। α গভীরতাবিশিষ্ট কোন পাত্রের $\frac{1}{4}$ অংশ μ_1 প্রতিসরাঙ্কের তরলে এবং বাকি অংশ μ_2 প্রতিসরাঙ্কের তরলে পূর্ণ করা হল। খাড়া উপর থেকে নিচের দিকে থাকলে পাত্রটি কত গভীর বলে মনে হবে?

[Ans: $\frac{\alpha}{4} \left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{3}{\mu_2} \right)$]

১৭। 10 cm পুরু একটি কাচ ফলকের তলদেশে অবস্থিত একটি কালির দাগকে লম্বভাবে দেখা হচ্ছে। কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 হলে দর্শকের দিকে কালির দাগটির আপাত সরণ নির্ণয় কর। [Ans: 3.33 m]

১৮। সূর্যোদয় দেখার জন্য একটি মাছকে কোন দিকে দৃষ্টিপাত করতে হবে? [পানির প্রতিসরাঙ্ক 1.33]

[Ans: উল্লম্বের সাথে 48.6° কোণে পূর্বদিকে]

১৯। কাচ ও পানির প্রতিসরাঙ্ক যথাক্রমে $3/2$ এবং $4/3$ । যখন আলো কাচ থেকে পানিতে প্রবেশ করে তখন সংকট কোণ কত হবে? [Ans: 62.73°]

২০। কাচ ও হীরকের প্রতিসরাঙ্ক যথাক্রমে 1.5 ও 2.5 হলে কাচ ও হীরকের মধ্যে সংকট কোণ বের কর।

[Ans: 36.86°]

২১। পানি ও গ্লিসারিনের প্রতিসরাঙ্ক 1.33 এবং 1.47। এদের মধ্যকার সংকট কোণ কত? [Ans: 64.79°]

২২। একটি প্রিজমের কোণ এবং ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ যথাক্রমে 60° ও 30° । প্রিজমটির প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর।

[Ans: 1.41]

২৩। 60° প্রতিসারক কোণবিশিষ্ট একটি প্রিজম একটি আলোক রশ্মি ন্যূনতম বিচ্যুতি ঘটায় $39^\circ 20'$ । প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক এবং আপতন কোণ নির্ণয় কর। [Ans: 1.52; $49^\circ 40'$]

২৪। প্রিজম কোণ 60° এবং প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক $\sqrt{2}$ হলে তার ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় কর। [Ans: 30°]

২৫। যে প্রিজমের প্রতিসারক কোণ 60° এবং যার উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.61 তা ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় কর। [Ans: 47.22°]

২৬। একপি প্রিজমের প্রতিসারক কোণ 60° এবং উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.48। ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় কর। [Ans: 35.46°]

২৭। একটি সমবাহু প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.5। এর ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় কর। [Ans: 37.2°]

২৮। একটি প্রিজমকে ন্যূনতম বিচ্যুতি অবস্থানে স্থাপন করে আপতন কোণের মান 40° পাওয়া যায়। প্রিজমটির উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 হলে প্রিজম কোণ কত? [Ans: 50.75°]

২৯। একটি উভোত্তল লেন্সের দুই পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 10 cm ও 20 cm। এর ফোকাস দূরত্ব হলে 20 cm লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক বের কর। [Ans: 1.33]

৩০। একটি উভোত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 30 cm ও 60 cm। লেন্সের 50 cm সামনে বস্তু রাখলে 200 cm পেছনে বিম্ব সৃষ্টি হয়। লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক বের কর। [Ans: 1.5]

৩১। একটি উভাবতল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 30 cm এবং 20 cm। লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় কর। লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.5। [Ans: -24 cm]

৩২। একটি উত্তল লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 এবং বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 12 cm ও 18 cm। এর ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় কর। [Ans: 14.4 cm]

৩৩। একটি উভোত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ 10 cm ও 15 cm। লেন্সটির উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 হলে এর ফোকাস দূরত্ব কত? [Ans: 12 cm]

৩৪। 20 cm ফোকাস দূরত্ববিশিষ্ট একটি উত্তল লেন্স থেকে 10 cm দূরে একটি বস্তু স্থাপন করা হল। বিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও বিবর্ধন নির্ণয় কর। [Ans: 20 cm সামনে, অবাস্তব, সোজা; 2]

৩৫। একটি উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 0.10 m। লেন্সটির 0.28 m সামনে একটি বস্তু রাখা হল। বিম্বের অবস্থান ও প্রকৃতি নির্ণয় কর। Ans: 0.16 m পিছনে বাস্তব ও উল্টা]

৩৬। 6 cm লম্বা একটি বস্তুকে 16 cm ফোকাস দূরত্বের উত্তল লেন্স থেকে 12 cm দূরে স্থাপন করা হল। বিম্বের আকার বের কর। [Ans: 24 cm]

৩৭। 0.75 m ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল লেন্স থেকে কত দূরে বস্তু রাখলে তার তিনগুণ বিবর্ধিত বাস্তব বিম্ব পাওয়া যাবে ? [Ans: 1 m]

৩৮। 30 cm ফোকাস দূরত্ববিশিষ্ট উত্তল লেন্স থেকে কত দূরে বস্তু স্থাপন করলে বাস্তব বিম্বের আকার বস্তুর আকারের তিনগুণ হবে ? । [Ans: 40 cm]

৩৯। একটি উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 20 cm । লেন্স হতে কত দূরে বস্তু স্থাপন করলে চারগুণ বিবর্ধিত বিম্ব পাওয়া যাবে ? [Ans: 20 cm, 15 cm]

৪০। 20 cm ফোকাস দূরত্বের অবতল লেন্সের সামনে 30 cm দূরে একটি বস্তু স্থাপন করা হল। বিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি এবং আকার বের কর। [Ans: 12 cm সামনে, অবাস্তব ও সোজা, বিম্বের আকার লক্ষ্যবস্তুর আকারের 0.4 গুণ]

৪১। একটি অবতল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 10 cm । লেন্সের বাম পার্শ্বে অসীম দূরত্বে অবস্থিত একটি বস্তুর বিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও বিবর্ধন নির্ণয় কর। [Ans: অবস্থান : বামপাশে, 10 cm, দূরে ফোকাস তলে; প্রকৃতি: অবাস্তব ও সোজা বিবর্ধন নির্ণয় কর।]

৪২। একটি লেন্স দ্বারা সৃষ্ট বাস্তব বিম্ব লক্ষ্যবস্তুর আকারের তিনগুণ এবং লেন্স থেকে 18 cm দূরে অবস্থিত। লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ও ক্ষমতা নির্ণয় কর। [Ans: 0.045m; 22.22 D]

৪৩। একটি লেন্সের ক্ষমতা + 4D। লেন্সটি থেকে কতদূরে বস্তু রাখলে অর্ধেক আকারের বিম্ব সৃষ্টি হবে ?
। [Ans: 75 5m]

৪৪। দেখাও যে, f ফোকাস দূরত্বের কোন উত্তল লেন্স যখন বস্তুর m গুণ বিবর্ধিত অবাস্তব বিম্ব গঠন করে তখন বস্তুটি লেন্স থেকে $\left(\frac{m-1}{m}\right) f$ দূরে থাকে।

৪৫। কোন লেন্স 80 cm দূরে স্থাপিত একটি বস্তুর সমান আকারের বাস্তব বিম্ব গঠন করে। লেন্সটির ক্ষমতা কত ? । [Ans: + 2.5D]

৪৬। একটি লেন্সের ক্ষমতা + 2D। লেন্সটি উত্তল না কি অবতল ? এর ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় কর।

[Ans: উত্তল, 50 cm]

৪৭। একটি উত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 15 cm এবং 30 cm এবং এর উপদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.5। লেন্সটির ক্ষমতা নির্ণয় কর। । [Ans: + 5D]

৪৮। একটি লেন্স থেকে 15 cm দূরে লক্ষ্যবস্তু রাখলে গঠিত বিম্ব বাস্তব ও 4 গুণ বিবর্ধিত হয়। ঐ লক্ষ্যবস্তুটি লেন্স থেকে কত দূরে রাখলে বিম্ব অবাস্তব ও তিন গুণ বিবর্ধিত হবে। । [Ans: 8 cm]

৪৯। 0.25 m ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল লেন্সকে । 0.75 m ফোকাস দূরত্বের একটি অবতল লেন্সের সংস্পর্শে রাখা হল। এই সমবায়টির তুল্য ফোকাস দূরত্ব ও ক্ষমতা নির্ণয় কর।

[Ans: 0.375 m, 2.67D]

৫০। 20 cm ফোকাস দূরত্বের একটি অভিসারী লেন্স অন্য একটি অবতল লেন্সের সংস্পর্শে স্থাপন করা হল। এই সমবায়ের ক্ষমতা 3D হলে অবতল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব কত? [Ans: - 50 cm]

৫১। -2.5 D এবং 3.5 D ক্ষমতা বিশিষ্ট দুটি লেন্স পরস্পর জুড়ে দেওয়া হল। সংযুক্ত লেন্সের ক্ষমতা ও তুল্য ফোকাস দূরত্ব বের কর। [Ans: + 1 D, 1 m]

৫২। বাতাসে একটি লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 20 cm। 1.44 প্রতিসরাঙ্কের তরলে ডুবালে এর ফোকাস দূরত্ব কত হবে? লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.5। [Ans: 240 cm]

৫৩। বায়ুতে একটি কাচ লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 20 cm হলে পানিতে এর ফোকাস দূরত্ব কত? বায়ুর সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{3}{2}$ ও পানির প্রতিসরাঙ্ক $\frac{4}{3}$ । [Ans: 80 cm]

৫৪। একটি কাচ লেন্সের ফোকাস দূরত্ব বায়ুতে 30 cm হলে পানিতে কত হবে? পানি ও কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.33 এবং 1.5। [Ans: 117 cm]

৫৫। বায়ু সাপেক্ষে পানি ও কাচের প্রতিসরাঙ্ক যথাক্রমে $\frac{4}{3}$ এবং $\frac{3}{2}$ । দেখাও যে, একটি কাচ লেন্সের পানিতে ফোকাস দূরত্ব বায়ুতে ফোকাস দূরত্বের চারগুণ।

৫৬। কাচ দ্বারা তৈরি একটি দ্বি-উত্তল লেন্সের উভয় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ সমান। কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 হলে দেখাও যে, লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব বক্রতার ব্যাসার্ধের সমান।

৫৭। একটি পাত্রের তলায় 15.3 cm পুরুত্বের একখানি কাচের পাত আছে। পাতের উপরে 8 cm পানির স্তর এবং তার উপরে 12 cm তরলের স্তর আছে। পাতের তলায় একটি চিহ্ন দিয়ে খাড়া উপর থেকে নিচের দিকে তাকালে চিহ্নটির আপাত গভীরতা কত হবে? [কাচ, পানি তরলের প্রতিসরাঙ্ক যথাক্রমে 1.53, $\frac{4}{3}$ এবং 1.5] [Ans: 24 cm]

৫৮। লাল আলোর চেয়ে বেগুনি আলোর জন্য কোন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বেশি হয়। বেগুনি আলো ও লাল আলোর জন্য ক্রাউন কাচের সংকট কোণের পার্থক্য 0.56° । বেগুনি আলোর জন্য ক্রাউন কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5315 হলে লাল আলোর জন্য এর প্রতিসরাঙ্ক কত হবে? [Ans: 1.5145]

৫৯। একটি প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.532। একটি আলোক রশ্মি এর এক পৃষ্ঠে 50° কোণে আপতিত হয়ে ন্যূনতম কোণে বিচ্যুতি হয়। প্রিজমের কোণ নির্ণয় কর। [Ans: 60°]

৬০। একটি প্রিজমে কোন একটি রশ্মির নির্গমন কোণ প্রিজম কোণের সমান কিন্তু ঐ তলের আপতন কোণের দ্বিগুণ। প্রিজম উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক $\sqrt{3}$ হলে দেখাও যে, প্রিজম কোণ 60° ।

৬১। একটি কাচের গোলকের এক পৃষ্ঠে একটি চিহ্ন দিয়ে ঠিক বিপরীত পৃষ্ঠ থেকে ব্যাস বরাবর চিহ্নটিকে সোজাসুজি কাচের ভেতর দিয়ে লক্ষ্য করলে চিহ্নটিকে কোথায় দেখা যাবে? গোলকের ব্যাস 10 cm এবং কাচের প্রতিসরাঙ্ক। [Ans: ব্যাস বরাবর 20 cm দূরে]