

অধ্যায়-৬: জ্যামিতিক আলোকবিজ্ঞান

প্রশ্ন ▶ ১ জীববিজ্ঞান গবেষণাগারে ব্যবহৃত একটি জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য এবং অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 2 cm (উভয় পৃষ্ঠের সমান বক্রতা ব্যাসার্ধ) এবং 5 cm। শিক্ষক তোমাকে অভিলক্ষ্য হতে 4 cm দূরে একটি ক্ষুদ্র বস্তুকে রেখে স্পষ্ট করে দেখার জন্য স্বাভাবিক চোখের স্পষ্ট দর্শনের নিকট বিন্দুতে চূড়ান্ড বিষের জন্য অভিনেত্রকে ফোকাসিং করে দিলেন। কিন্তু তোমার চোখের স্পষ্ট দর্শনের নিকট দূরত্ব 40cm এবং স্বাভাবিক চোখের স্পষ্ট দর্শনের নিকট দূরত্ব 25cm এবং লেন্স এর উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.5।

[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]

- ক. আলোর অপবর্তন কাকে বলে? ১
- খ. যৌগিক বর্ণ প্রিজমের মধ্য দিয়ে প্রতিসরণের সময় মৌলিক বর্ণে পৃথক হয়ে যায় কেন? ২
- গ. অভিলক্ষ্যের বক্রতার ব্যাসার্ধ কত? ৩
- ঘ. অণুবীক্ষণ যন্ত্রটির অভিনেত্রকে কিভাবে ফোকাসিং করে তুমি ক্ষুদ্র বস্তুর সবচেয়ে স্পষ্ট প্রতিবিম্ব দেখতে পারবে? উদ্দীপকের আলোকে গাণিতিক বিশ্লেষণ দেখাও। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো প্রতিবন্ধক বা তীক্ষ্ণ ধারের পাশ দিয়ে যাবার সময় আলোর বেঁকে যাওয়ার ধর্মকে অপবর্তন বলে।

খ যৌগিক বর্ণে একাধিক মৌলিক বর্ণ থাকে। একেকটি মৌলিক বর্ণের জন্য প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক একেক রকম। তাই প্রিজমের মধ্য দিয়ে গমনকালে মৌলিক প্রিজমের অপর পাশ দিয়ে নির্গত হওয়ার পর রশ্মিগুলো বিভিন্ন কোণে আমাদের চোখে প্রবেশ করে। এতে আমরা ঐ মৌলিক বর্ণের রশ্মিগুলোকে আলাদাভাবে সনাক্ত করতে পারি। একারণে যৌগিক বর্ণ প্রিজমের মধ্যদিয়ে প্রতিসরণের সময় মৌলিক বর্ণে পৃথক হয়ে যায়।

গ দেওয়া আছে,

অভিলক্ষ্যের উত্তল লেন্স ফোকাস দূরত্ব, $f = +2$ cm

লেন্সটির উভয় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ সমান হওয়ায় ধরি,

উত্তর বক্রতার ব্যাসার্ধ, $= r$

তাহলে, $r_1 = +r$ এবং $r_2 = -r$

লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu = 1.5$

বের করতে হবে, $r = ?$

আমরা জানি, $\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$

বা, $\frac{1}{2} = (1.5 - 1) \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{-r} \right) = 0.5 \times \frac{2}{r} = \frac{1}{r}$

$\therefore r = 2$ cm (Ans.)

ঘ অণুবীক্ষণ যন্ত্রটির অভিনেত্রকে এমনভাবে ফোকাসিং করতে হবে যাতে চূড়ান্ড প্রতিবিম্বের অবস্থান অভিনেত্র তথা আমার চোখ হতে 40 cm (আমার স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব) দূরত্বে হয়।

দেওয়া আছে, অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব, $f_o = 2$ cm

এবং অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 5$ cm

অভিলক্ষ্য হতে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব $u_o = 4$ cm

অভিলক্ষ্য দ্বারা সৃষ্ট প্রতিবিম্বের দূরত্ব v_o হলে, $\frac{1}{u_o} + \frac{1}{v_o} = \frac{1}{f_o}$

বা, $\frac{1}{v_o} = \frac{1}{f_o} - \frac{1}{u_o} = \frac{1}{2 \text{ cm}} - \frac{1}{4 \text{ cm}} = \frac{2-1}{4 \text{ cm}} = \frac{1}{4 \text{ cm}}$

$\therefore v_o = 4$ cm

অভিনেত্র হতে প্রথম প্রতিবিম্বের (যা অভিনেত্রের জন্য লক্ষ্য বস্তু হিসেবে কাজ করবে) দূরত্ব u_e হলে,

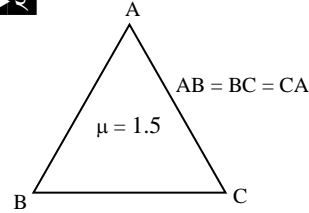
$\frac{1}{u_e} + \frac{1}{v_e} = \frac{1}{f_e}$ বা, $\frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e} - \frac{1}{v_e} = \frac{1}{5 \text{ cm}} - \frac{1}{-40 \text{ cm}}$ [অভিনেত্র দ্বারা অবাস্তব বিম্ব গঠিত হওয়ায় $v_e = -40$ cm]

$= \frac{8+1}{40 \text{ cm}} = \frac{9}{40 \text{ cm}} \therefore u_e = \frac{40 \text{ cm}}{9} = 4.44 \text{ cm}$

তাহলে যন্ত্রের দৈর্ঘ্য, $L = v_o + u_e = 4 \text{ cm} + 4.44 \text{ cm} = 8.44 \text{ cm}$

সুতরাং স্পষ্ট প্রতিবিম্ব দেখার জন্য অণুবীক্ষণ যন্ত্রটির অভিনেত্রকে এমনভাবে ফোকাসিং করতে হবে যেন চূড়ান্ড বিম্ব অভিনেত্র হতে 40 cm দূরে গঠিত হয় এবং এক্ষেত্রে যন্ত্রের দৈর্ঘ্য 8.44 cm হবে।

প্রশ্ন ▶ ২



[মতিবিল মডেল স্কুল ও কলেজ, ঢাকা]

- ক. আলোক কেন্দ্র কাকে বলে? ১
- খ. সরল প্রিজমের বিচ্যুতি কোণ আপতন কোণের উপর নির্ভর করে না কেন? ২
- গ. ABC প্রিজমে আলোক রশ্মির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ কত? ৩
- ঘ. AB তলে আলোক লম্বভাবে আপতিত হলে AC তল হতে কিভাবে নির্গত হবে? $\angle A$ এর মান কী হলে নির্গত রশ্মি AC তল ঘেঁষে যাবে? ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রতিটি লেন্সের মধ্যে এমন একটি বিন্দু রয়েছে যার মধ্য দিয়ে কোনো আলোক রশ্মি অতিক্রম করলে লেন্সে আপতিত রশ্মি ও লেন্স হতে নির্গত রশ্মি পরস্পর সমান্তরাল হয়। এ বিন্দুটিকে আলোক কেন্দ্র বলে।

খ সরল প্রিজমের ক্ষেত্রে আপতন কোণ (i_1) ক্ষুদ্র হলে নির্গমন কোণও (i_2) ক্ষুদ্র হয়। $\mu = \frac{\sin i}{\sin r}$ সূত্রানুসারে এতে r_1 এবং r_2 ও ক্ষুদ্র মানের হয়।

তাহলে $\frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{i_1}{r_1} = \mu$ এবং $\frac{\sin i_2}{\sin r_2} = \frac{i_2}{r_2} = \mu$

$\therefore i_1 = \mu r_1$ এবং $i_2 = \mu r_2$

\therefore বিচ্যুতি $\delta = i_1 + i_2 - A = \mu r_1 + \mu r_2 - A = \mu (r_1 + r_2) - A$
 $= \mu A - A = A (\mu - 1)$

A ও μ ধ্রুবমানের হওয়ায় স্পষ্টত যে, সরল প্রিজমের ক্ষেত্রে (আপতন কোণ ক্ষুদ্র মানের হলে) বিচ্যুতি কোণ ধ্রুবমানের হয় এবং তা আপতন কোণের ওপর নির্ভর করে না।

গ দেওয়া আছে, প্রিজম কোণ, $A = 60^\circ$ [সমবাহু প্রিজম হওয়ায়]

প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu = 1.5$

বের করতে হবে, ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, $\delta_m = ?$

আমরা জানি, $\mu = \frac{\sin \frac{A + \delta_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$ বা, $1.5 = \frac{\sin \frac{60^\circ + \delta_m}{2}}{\sin \frac{60^\circ}{2}}$

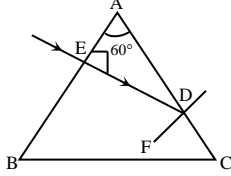
বা, $\sin \frac{60^\circ + \delta_m}{2} = 1.5 \sin 30^\circ = 1.5 \times \frac{1}{2} = 0.75$

বা, $\frac{60^\circ + \delta_m}{2} = \sin^{-1}(0.75) = 48.6^\circ$

বা, $60^\circ + \delta_m = 97.2^\circ$

$\therefore \delta_m = 97.2^\circ - 60^\circ = 37.2^\circ$ (Ans.)

ঘ



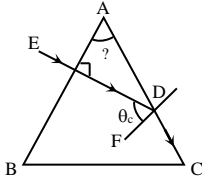
চিত্রানুসারে $\angle ADE = 180^\circ - 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$

$\therefore AC$ তলে আপতন কোণ, $r_2 = \angle EDF$
 $= 90^\circ - \angle ADE = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

কিন্তু বায়ুর সাপেক্ষে প্রিজমের উপাদানের সংকট কোণ,

$$\theta_c = \sin^{-1}(\mu_{\text{prism}} \mu_{\text{air}}) = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.5}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.5}\right) = 41.8^\circ < 60^\circ (= r_2)$$

সুতরাং AC তলে আলোর পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন ঘটবে।



দ্বিতীয় প্রশ্নমতে AC তলে আপতন কোণ, $r_2 =$ সংকট কোণ, $\theta_c = 41.8^\circ$

$$\therefore \angle ADE = 90^\circ - \angle EDF = 90^\circ - \theta_c = 90^\circ - 41.8^\circ = 48.2^\circ$$

$$\therefore \triangle ADE \text{ এ, } \angle EAD = 180^\circ - \angle AED - \angle ADE$$

$$= 180^\circ - 90^\circ - 48.2^\circ = 41.8^\circ$$

সুতরাং, $\angle A$ এর মান 41.8° এর (অর্থাৎ কোণের সমান হলে নির্গত রশ্মি AC তল ঘেঁষে যাবে।

প্রশ্ন ৩ একটি উভোত্তল লেন্স ও একটি সমবাহু প্রিজমের উপাদান একই। সোহানা পর্যবেক্ষণ করল একটি নির্দিষ্ট রঙের আলো লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরালে আপতিত হয়ে আলোককেন্দ্র হতে 17.39 cm দূরে মিলিত হয়। আবার প্রিজমের প্রথম প্রতিসরণতলে আলোকরশ্মিটি 45° কোণে আপতিত হয়ে দ্বিতীয় প্রতিসরণ তল হতে নির্গত হয়।

[হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা]

- ক. আলোর সমবর্তন বলতে কী বুঝ? ১
- খ. আলোর বর্ণালী উৎপত্তির কারণগুলো লেখ। ২
- গ. লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধদ্বয় 12 cm ও 18 cm হলে এর উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক কত? ৩
- ঘ. প্রিজমের আপতিত রশ্মিটি ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণে নির্গত হবে কি- তোমার মতামতের পক্ষে যুক্তি দাও। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোর সমবর্তন বলে।

খ আলোকের বর্ণালী উৎপত্তির কারণ-

- i. বিভিন্ন তরঙ্গদৈর্ঘ্য ও কম্পাঙ্কের বিকিরণ আলোকে বিদ্যমান
- ii. আলোক হচ্ছে ৭টি বর্ণের যৌগিক মিশ্রণ।

iii. ৭টি বর্ণের ভিন্ন ভিন্ন বিচ্যুতির কারণে।

গ উদ্দীপক থেকে জানা যায়, ফোকাস দূরত্ব $f = 17.39$ cm দেওয়া আছে, উত্তল লেন্সের প্রথম পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_1 = 12$ cm এবং উত্তল লেন্সের দ্বিতীয় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ $r_2 = -18$ cm প্রতিসরাঙ্ক $\mu = ?$

আমরা জানি, $\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$

বা, $\frac{1}{17.39 \text{ cm}} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{12 \text{ cm}} - \frac{1}{-18 \text{ cm}} \right)$

বা, $\frac{1}{17.39 \text{ cm}} = (\mu - 1) \frac{5}{36 \text{ cm}}$

বা, $(\mu - 1) = \frac{36}{17.39 \times 5}$

বা, $(\mu - 1) = 0.414$

$\therefore \mu = 1.414$

লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.414

ঘ এখানে, উদ্দীপকে প্রদত্ত প্রিজমটি সমবাহু প্রিজম বলে প্রিজম কোণ, $A = 60^\circ$

আমরা জানি,

ন্যূনতম বিচ্যুতির ক্ষেত্রে, $i_1 = i_2 = \frac{A + \delta_m}{2}$

$r_1 = r_2 = \frac{A}{2} = \frac{60^\circ}{2} = 30^\circ$

$\therefore \mu = \frac{\sin i}{\sin r}$

বা, $1.41 = \frac{\sin \frac{A + \delta_m}{2}}{\sin 30^\circ}$

বা, $1.41 \times \sin 30^\circ = \sin \frac{60^\circ + \delta_m}{2}$

বা, $\frac{1}{2} \times 1.41 = \sin \frac{60^\circ + \delta_m}{2}$

বা, $\frac{60^\circ + \delta_m}{2} = \sin^{-1}(0.705)$

বা, $60^\circ + \delta_m = 95.46^\circ$

$\therefore \delta_m = 29.66^\circ$

এখন প্রিজমের ক্ষেত্রে,

$\frac{\sin i}{\sin r} = \mu$

বা, $\sin r = \frac{\sin 45^\circ}{\mu}$

বা, $r = \sin^{-1}\left(\frac{0.707}{1.41}\right) = 30^\circ$

যেহেতু প্রথম পৃষ্ঠে প্রতিসরণ কোণ 30° তাই বলা যায় প্রিজমে আপতিত রশ্মিটি ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণে নির্গত হবে।

প্রশ্ন ৪ বায়ু সাপেক্ষে কাঁচ লেন্সের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 এবং বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাঙ্ক 1.33।

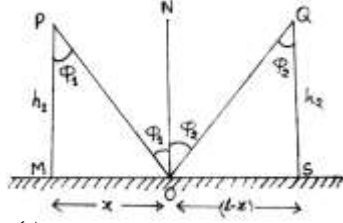
[ঢাকা কলেজ, ঢাকা]

- ক. তরঙ্গ মুখ কী? ১
- খ. ফার্মাটের নীতির সাহায্যে প্রতিফলন ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. কাঁচ ও পানির মধ্যকার সংকট কোণ কত? ৩
- ঘ. পানিতে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব 40cm হলে বায়ুতে ফোকাস দূরত্বের কিরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তরঙ্গের উপরস্থ সমদশা সম্পন্ন কণাগুলোর সাধারণ সঞ্চারণপথকে তরঙ্গ মুখ বলে।

খ ফার্মাটের সূত্রটি হলো- যখন কোনো আলোক রশ্মি প্রতিফলন বা প্রতিসরনের সূত্র মেনে কোনো সমতল পৃষ্ঠে প্রতিফলিত বা প্রতিসরিত হয়, তখন তা সর্বদা ক্ষুদ্রতম পথ অনুসরণ করে।



পাশের চিত্রে ফার্মাটের সূত্র প্রয়োগ করে দেখানো যায় যে, আপতন কোণ, $\angle PON$ = প্রতিফলন কোণ, $\angle QON$ এটাই প্রতিফলনের দ্বিতীয় সূত্র।
আবার PO এবং OQ প্রতিফলকের লম্ব তলে থাকবে। পুনঃ ON সমতল প্রতিফলকের ওপর লম্ব বিধায়, PO এবং OQ যে সমতল গঠন করে ON ঐ সমতলে অবস্থান করে। অর্থাৎ আপতিত রশ্মি PO, প্রতিফলিত রশ্মি OQ এবং অভিলম্ব ON একই সমতলে অবস্থান করে। এটাই প্রতিফলনের প্রথম সূত্র।

গ দেয়া আছে,
বায়ুর সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাংক, $a\mu_g = 1.5$
বায়ুর সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাংক, $a\mu_w = 1.33$
বের করতে হবে, কাচ ও পানির মধ্যকার সংকট কোণ, $\theta_c = ?$
ঘন মাধ্যমের (কাচ) সাপেক্ষে হালকা মাধ্যমে (পানি)

$$\text{প্রতিসরাংক, } g\mu_w = \frac{a\mu_w}{a\mu_g} = \frac{1.33}{1.5} = 0.8867$$

$$\text{এক্ষেত্রে, } \sin\theta_c = g\mu_w = 0.8867$$

$$\therefore \theta_c = \sin^{-1}(0.8867) = 62.46^\circ \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকমতে,
পানির সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাংক,
 $w\mu_g = \frac{1}{g\mu_w} = \frac{1}{0.8867} = 1.128$
প্রশ্নমতে, পানিতে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব, $f_w = 40\text{cm}$
লেন্সটির তলদ্বয়ের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে r_1 ও r_2 হলে,

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

বায়ুতে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব f_a হলে,

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

$$(i) \div (ii) \text{ হতে পাই, } \frac{\frac{1}{f_w}}{\frac{1}{f_a}} = \frac{(w\mu_g - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)}{(a\mu_g - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)}$$

$$\text{বা, } \frac{f_a}{f_w} = \frac{w\mu_g - 1}{a\mu_g - 1}$$

$$\therefore f_a = \frac{w\mu_g - 1}{a\mu_g - 1} f_w$$

$$= \frac{1.128 - 1}{1.5 - 1} \times 40\text{cm} = 10.24\text{cm}$$

$$\therefore \text{বায়ুতে ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তন (বাহ্যাস)} \\ = f_w - f_a = 40\text{cm} - 10.24\text{cm} = 29.76\text{cm}$$

প্রশ্ন ৫ একটি প্রিজমের প্রিজম কোণ 60° এবং এর উপাদানের প্রতিসরাংক 1.5।

[উইলস লিটল ফ্লাওয়ার স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

- ক. সংকট কোণ কাকে বলে? ১
- খ. বর্ণালী সৃষ্টি হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উদ্দীপকের প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের মান বের কর। ৩

ঘ. একটি আলোক রশ্মি প্রিজমটিতে ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণে আপতিত হয়ে প্রিজমের ২য় পৃষ্ঠ ঘেঁষে নির্গত হলে প্রিজম কোণের মানের পরিবর্তন ঘটবে কিনা? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোকীয়ভাবে ঘন মাধ্যম হতে হালকা মাধ্যমে আলোর প্রতিসরণের বেলায় আপতন কোণের যে মানের জন্য প্রতিসরণ কোণ সর্বোচ্চ বা 90° হয় এবং প্রতিসরিত রশ্মি মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদতল ঘেঁষে যায়, তাকে হালকা মাধ্যমের সাপেক্ষে ঘন মাধ্যমের সংকট কোণ বলে।

খ সূর্যের সাদা আলোতে যে সাতটি (বেনীআসহকলা) বর্ণের রশ্মি থাকে তাদের একেকটির জন্য প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাংক একেক রকম। বেগুনী বর্ণের রশ্মির জন্য সবচেয়ে বেশি এবং লাল বর্ণের রশ্মির জন্য সবচেয়ে কম। তাই সাদা আলো প্রিজমে আপতিত হলে সবগুলো বর্ণের রশ্মির জন্য আপতন কোণ একই হলেও প্রিজমে এদের বিচ্যুতির পরিমাণ বিভিন্ন। এ কারণে প্রিজমের অপর পাশ দিয়ে রশ্মিগুলো বর্ণালী দেখা যায়। এমনকি নির্গত রশ্মিগুলো পর্দায় ফেললেও সাতটি বিভিন্ন বর্ণের বর্ণালী দেখা যায়। সুতরাং বর্ণালী সৃষ্টি হওয়ার মূল কারণ হলো- সাদা আলো যৌগিক এবং এর উপাদানসমূহের কম্পাংক এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্যসমূহ পরস্পর হতে আলাদা।

গ দেওয়া আছে,
প্রিজমের প্রিজম কোণ, $A = 60^\circ$
এর উপাদানের প্রতিসরাংক, $\mu = 1.5$
বের করতে হবে, ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের পরিমাণ, $\delta_m = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \mu = \frac{\sin \frac{A + \delta_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\text{বা, } \sin \frac{A + \delta_m}{2} = \mu \sin \frac{A}{2} = 1.5 \sin \frac{60^\circ}{2} = 0.75$$

$$\text{বা, } \frac{A + \delta_m}{2} = \sin^{-1}(0.75) = 48.6^\circ$$

$$\text{বা, } A + \delta_m = 2 \times 48.6^\circ = 97.2^\circ$$

$$\therefore \delta_m = 97.2^\circ - A = 97.2^\circ - 60^\circ = 37.2^\circ \text{ (Ans.)}$$

ঘ এখানে,
প্রিজমে আপতন কোণ, i_1 = উদ্দীপকে প্রদত্ত উপাত্ত
অনুসারে ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ = 37.2°

$$\text{প্রথম প্রতিসরণ কোণ } r_1 \text{ হলে, } \mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1}$$

$$\text{বা, } \sin r_1 = \frac{\sin i_1}{\mu} = \frac{\sin 37.2^\circ}{1.5} = 0.403$$

$$\therefore r_1 = \sin^{-1}(0.403) = 23.766^\circ$$

নির্গত রশ্মি প্রিজমের ২য় পৃষ্ঠ ঘেঁষে নির্গত হওয়ার মানে হলো, $i_2 = 90^\circ$

$$\text{২য় পৃষ্ঠে রশ্মি } r_2 \text{ কোণে আপতিত হলে, } \mu = \frac{\sin i_2}{\sin r_2}$$

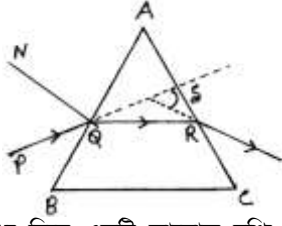
$$\text{বা, } \sin r_2 = \frac{\sin i_2}{\mu} = \frac{\sin 90^\circ}{1.5} = 0.6667$$

$$\therefore r_2 = \sin^{-1}(0.6667) = 41.8^\circ$$

$$\therefore \text{প্রিজম কোণ, } A = r_1 + r_2 = 23.766^\circ + 41.8^\circ \\ = 65.566^\circ \neq 60^\circ \text{ [উদ্দীপকে উল্লেখিত প্রিজম কোণ]}$$

সুতরাং, একটি আলোক রশ্মি প্রিজমটিতে ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণে আপতিত হয়ে প্রিজমের ২য় পৃষ্ঠ ঘেঁষে নির্গত প্রিজম কোণের মানের পরিবর্তন ঘটবে।

প্রশ্ন ৬



চিত্রে প্রিজমের মধ্য দিয়ে একটি আলোক রশ্মি প্রতিসরণ দেখানো হয়েছে। যেখানে A প্রিজমের কোণ এবং δ বিচ্যুতি কোণ। এখানে A = 60° এবং δ_m = 30°।

[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর]

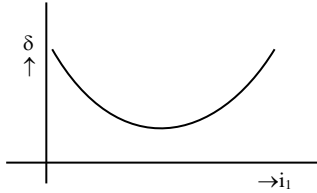
- ক. হেনরি কাকে বলে? ১
খ. আপতন কোণের সাথে বিচ্যুতি কোণ কীভাবে পরিবর্তন হয়? ২
গ. প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাংক নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের উপাদানের তৈরি প্রিজমের এক পৃষ্ঠের উপর আলোক রশ্মি লম্বভাবে আপতিত হয়ে প্রিজমের দ্বিতীয় পৃষ্ঠের গা ঘেষে নির্গত হলে প্রিজম কোণ কী উদ্দীপকের প্রিজম কোণের সমান হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কুন্ডলীর মধ্যদিয়ে তড়িৎপ্রবাহ 1 A s⁻¹ হারে পরিবর্তিত হলে এতে যদি 1V মানের তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয় তবে ঐ কুন্ডলীর স্বাবশোদ্ধকে 1 হেনরি বলে।

খ প্রিজমে আপতন কোণ খুব অল্পমানের হয়ে অত্যাধিক মানের বিচ্যুতি পাওয়া যায়। কিন্তু আপতন কোণের মান ক্রমশ বাড়তে থাকলে প্রাপ্ত বিচ্যুতি কোণের মান কমতে থাকে। একসময় বিচ্যুতিকোণ সর্বনিম্ন মানে উপনীত হয়। এরপর আপতন কোণ বাড়তে থাকলে বিচ্যুতি কোণের মান বাড়তে থাকে।

সুতরাং, প্রিজমে বিচ্যুতি কোণ বনাম আপতন কোণ লেখ নিক্ষেপ:



গ দেওয়া আছে,

প্রিজম কোণ, A = 60°

এবং ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, δ_m = 30°

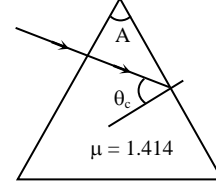
বের করতে হবে, প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাংক, μ = ?

$$\begin{aligned} \text{আমরা জানি, } \mu &= \frac{\sin \frac{A + \delta_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \\ &= \frac{\sin \frac{60^\circ + 30^\circ}{2}}{\sin \frac{60^\circ}{2}} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{2} = 1.414 \quad (\text{Ans.}) \end{aligned}$$

ঘ প্রশ্নমতে, ২য় পৃষ্ঠ হতে নির্গত হওয়ার সময় আলোকরশ্মি মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদতলে সংকট কোণের সমান কোণে আপতিত হয়েছে।

উক্ত সংকট কোণের মান θ_c হলে,

$$\sin \theta_c = \frac{\text{ঘন মাধ্যমের সাপেক্ষে হালকা মাধ্যমের প্রতিসরাংক}}{1} = \frac{1}{1.414}$$



$$\text{বা, } \sin \theta_c = 0.707$$

$$\text{বা, } \theta_c = \sin^{-1}(0.707) = 45^\circ$$

এক্ষেত্রে প্রিজম কোণ A' হলে,

$$A' = 180^\circ - 90^\circ - (90^\circ - \theta_c) = 90^\circ - 90^\circ + \theta_c = \theta_c = 45^\circ$$

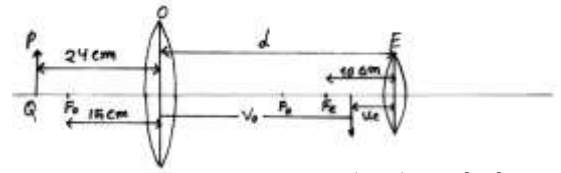
[ত্রিভুজের তিন কোণের সমষ্টি 180°]

লক্ষ্য করি, 45° ≠ 60°

বা, A' ≠ A

সুতরাং, উদ্দীপকের উপাদানের তৈরি প্রিজমের এক পৃষ্ঠের ওপর আলোক রশ্মি লম্বভাবে আপতিত হয়ে প্রিজমের দ্বিতীয় পৃষ্ঠের গা ঘেষে নির্গত হলে প্রিজম কোন উদ্দীপকের প্রিজম কোণের সমান হবে না।

প্রশ্ন ৭



[উদয়ন উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা]

- ক. লেন্সের ক্ষেত্রে প্রধান ফোকাসের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. নভোবীক্ষণ যন্ত্রে অসীম দূরত্বে ফোকাসিং বলতে কি বুঝায়? ২
গ. মধ্যবর্তী দূরত্ব 65cm অভিনেত্রী কর্তৃক সৃষ্ট বিশ্বের অবস্থান নির্ণয় কর। ৩
ঘ. অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রী দ্বারা বিবর্ধন বিশ্লেষণ কর। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরালে এক গুচ্ছ আলোকরশ্মি এসে লেন্সে প্রতিসরণের পর প্রধান ফোকাসের উপরস্থ যে বিন্দুতে মিলিত হয় বা প্রধান অক্ষের উপরস্থ যে বিন্দু হতে নিঃসৃত হচ্ছে বলে মনে হয়, তাকে উক্ত লেন্সের প্রধান ফোকাস বলে।

খ ধরা যাক, একটি নভোবীক্ষণ যন্ত্রে অভিনেত্রীকে এমন অবস্থানে রাখা হলো যাতে অভিলক্ষ্য দ্বারা গঠিত প্রতিবিম্ব অভিনেত্রীর ফোকাস তলে গঠিত হয়। এ প্রতিবিম্ব হতে আগত রশ্মিগুচ্ছ অভিনেত্রী পরস্পরের সমান্তরালে প্রতিসৃত হয়। ফলে মূল লক্ষ্যবস্তু অভিনেত্রীর পাশে, সেই একই পাশে অসীম দূরত্বে একটি অবাস্তব ও অতি বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব গঠিত হবে যা মূল লক্ষ্য বস্তুর সাপেক্ষে উল্টা। এ ধরনের ফোকাসিংকে অসীম দূরত্বে ফোকাসিং বলে।

গ দেওয়া আছে,

অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব, f_o = 15cm

অভিনেত্রীর ফোকাস দূরত্ব, f_e = 10cm

অভিলক্ষ্য হতে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, u_o = 24cm

লেন্সদ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব, d = 65cm

বের করতে হবে, অভিনেত্রী কর্তৃক সৃষ্ট বিশ্বের অবস্থান, v_e = ?

অভিলক্ষ্য দ্বারা সৃষ্ট বিশ্বের দূরত্ব v_o হলে,

$$\frac{1}{v_o} + \frac{1}{u_o} + \frac{1}{f_o}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{v_o} = \frac{1}{f_o} - \frac{1}{u_o} = \frac{1}{15 \text{ cm}} - \frac{1}{24 \text{ cm}} = \frac{1}{40 \text{ cm}}$$

$$v_o = 40 \text{ cm}$$

তাহলে অভিনেত্রী হতে প্রথম প্রতিবিম্বের (যা অভিনেত্রীর জন্য লক্ষ্যবস্তু হিসেবে ক্রিয়া করবে) দূরত্ব, u_e = 65cm - 40cm = 25cm

অভিনেত্র হতে চূড়ান্ড বিম্বের দূরত্ব v_e হলে, $\frac{1}{v_e} + \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$

$$\text{বা, } \frac{1}{v_e} = \frac{1}{f_e} - \frac{1}{u_e} = \frac{1}{10\text{cm}} - \frac{1}{25\text{cm}}$$

$$v_e = \frac{50\text{cm}}{3}$$

$$\therefore v_e = \frac{50\text{cm}}{3} = +16.67\text{cm}$$

v_e ধন্বক পাওয়া যাওয়ায় ইহা স্পষ্ট যে, সৃষ্ট বিম্বের অবস্থান অভিনেত্র হতে 16.67 cm পেছনে (অভিনেত্রের যে পাশে অভিলক্ষ্য) তার বিপরীত পাশে।

ঘ ‘গ’ অংশের বিশেষ-মণে প্রাপ্ত তথ্য ব্যবহার করে পাই, অভিলক্ষ্য

$$\text{দ্বারা সৃষ্ট বিবর্ধন, } m_1 = -\frac{v_o}{u_o} = -\frac{40\text{cm}}{24\text{cm}} = -\frac{5}{3}$$

অভিলক্ষ্যের ক্ষেত্রে বিবর্ধনের সাংখ্যিক মান $\left(\frac{5}{3}\right)$ 1 অপেক্ষা বৃহত্তর, কারণ বিম্বের দৈর্ঘ্য, লক্ষ্যবস্তুর দৈর্ঘ্যের তুলনায় বেশি। এছাড়া ঋক্ষক বিবর্ধন পাওয়ার তাৎপর্য হলো, অভিলক্ষ্য দ্বারা সৃষ্ট প্রতিবিম্ব লক্ষ্যবস্তুর সাপেক্ষে উল্টা।

$$\begin{aligned}\text{আবার, অভিনেত্র দ্বারা সৃষ্ট বিবর্ধন, } m_2 &= -\frac{v_e}{u_e} \\ &= -\frac{16.67\text{cm}}{25\text{cm}} = -0.6668 \approx \\ &= -\frac{2}{3}\end{aligned}$$

অভিনেত্রের ক্ষেত্রে বিবর্ধনের সাংখ্যিকমান $\left(\frac{2}{3}\right)$ 1 অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর, কারণ বিম্বের দৈর্ঘ্য, লক্ষ্যবস্তুর দৈর্ঘ্যের তুলনায় কম। এছাড়া, ঋক্ষক বিবর্ধন পাওয়ার তাৎপর্য হলো, অভিনেত্র দ্বারা সৃষ্ট প্রতিবিম্ব অভিলক্ষ্য দ্বারা সৃষ্ট প্রতিবিম্বের (যা অভিনেত্রের জন্য লক্ষ্যবস্তুর হিসেবে বিবেচিত হবে) সাপেক্ষে উল্টা, অর্থাৎ চূড়ান্ড প্রতিবিম্ব মূল লক্ষ্য বস্তুর সাপেক্ষে সোজা বা সমশীর্ষ। তবে অভিনেত্রের ঠিক পেছনে চোখ রেখে গঠিত এ চূড়ান্ড প্রতিবিম্ব দেখা যাবে না, কারণ চূড়ান্ড প্রতিবিম্বের অবস্থান অভিনেত্রের 16.67cm পেছনে।

উদ্দীপকে বর্ণিত ব্যবস্থার সর্বমোট বিবর্ধন, $m = m_1 \times m_2$

$$= \left(-\frac{5}{3}\right) \times \left(-\frac{2}{3}\right) = \frac{10}{9} = 1.11$$

অর্থাৎ, চূড়ান্ড প্রতিবিম্ব মূল লক্ষ্যবস্তুর তুলনায় সামান্য বড়।

প্রশ্ন ৮ একজন শিক্ষার্থী একটি সমবাহু প্রিজম নিল যার উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 এর এক পৃষ্ঠের অভিলম্বের সাথে 45° দূরে কোন সরল রেখার দুটি আলপিন বসিয়ে বিপরীত পৃষ্ঠ থেকে তাকিয়ে তাদেরকে দেখতে পেল। কিন্তু পিন দুটিকে অভিলম্বের উপর বসিয়ে বিপরীত পৃষ্ঠ থেকে তাকিয়ে তাদেরকে দেখতে পেলেন। [বি এ এফ শাহীন কলেজ, যশোর]

ক. আইন স্টাইনের দ্বিতীয় স্বীকার্যটি বর্ণনা কর। ১

খ. চলনুড ট্রেন থেকে কোন যাত্রী জানালা দিয়ে হাত বাড়িয়ে একটি পাথর ছেড়ে দিলে ট্রেনের যাত্রীর নিকটও রাস্তার পাশে দাঁড়ানো দর্শকের নিকট পাথরটির গতিপথ কেমন হবে ব্যাখ্যা কর। ২

গ. 45° আপতন কোণের জন্য প্রিজমটির বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. প্রিজমের ২য় পৃষ্ঠ থেকে আলপিন না দেখতে পাওয়ার কারণ গাণিতিকভাবে বিশেষ-মণ কর। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক শূন্যস্থান বা বায়ু মাধ্যমে আলোর বেগ ধ্রুব এবং এ বেগ আলোর উৎস ও পর্যবেক্ষকের আপেক্ষিক বেগের উপর নির্ভরশীল নয়।

খ চলনুড ট্রেন থেকে কোন যাত্রী জানালা দিয়ে হাত বাড়িয়ে একটি পাথর ছেড়ে দিলে ট্রেনের যাত্রীর নিকট সেটির গতি হবে সরলরৈখিক

যদি বায়ুর প্রতিরোধকে উপেক্ষা করা হয়। অর্থাৎ সে দেখবে যে পাথরটি সোজা নিচের দিকে পড়ছে। কারণ যাত্রী ও পাথরটির মধ্যে কোন আপেক্ষিক বেগ অনুপস্থিত। পক্ষানুপক্ষ রাস্তার পাশে দাঁড়িয়ে থাকা দর্শকের নিকট পাথরটির গতিপথ হবে পর্যাবৃত্তিক কারণ ঐ ব্যক্তির সাপেক্ষে পাথরটির একটি আনুভূমিক বেগ রয়েছে।

গ দেয়া আছে,

প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu = 1.5$

আপতন কোণ, $i_1 = 45^\circ$

প্রিজম কোণ, $A = 60^\circ$

বিচ্যুতি কোণ, $\delta = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = 1.5$$

$$\text{বা, } r_1 = \sin^{-1} \left(\frac{\sin i_1}{1.5} \right)$$

$$\therefore r_1 = 28.13$$

আবার,

$$A = r_1 + r_2$$

$$\text{বা, } r_2 = 60^\circ - 28.13^\circ$$

$$\therefore r_2 = 31.87^\circ$$

অপর পৃষ্ঠের জন্য,

$$\frac{\sin i_2}{\sin r_2} = 1.5$$

$$\text{বা, } i_2 = \sin^{-1} (1.5 \times \sin r_2)$$

$$= \sin^{-1} (1.5 \times \sin 31.87)$$

$$\therefore i_2 = 52.37$$

এখন,

$$\delta = i_1 + i_2 - A$$

$$= 45^\circ + 52.37^\circ - 60^\circ$$

$$\therefore \delta = 37.37^\circ \text{ (Ans.)}$$

ঘ পিন দুটিকে অভিলম্বের উপর বসিয়ে বিপরীত পৃষ্ঠ থেকে তাকিয়ে তাদেরকে দেখতে পাওয়া যায়নি। কারণ, অভিলম্ব বরাবর কোন তলে আলো পতিত হলে কোন প্রতিসরণ হয় না।

গাণিতিকভাবে,

$$\text{আপতন কোণ, } i_1 = 0^\circ$$

$$\text{প্রিজমের প্রতিসরাঙ্ক, } \mu = 1.5$$

$$\text{প্রিজম কোণ, } A = 60^\circ$$

প্রথম পৃষ্ঠে,

$$\frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \mu$$

$$\text{বা, } r_1 = \sin^{-1} \left(\frac{\sin i_1}{\mu} \right)$$

$$= \sin^{-1} \left(\frac{\sin 0}{1.5} \right)$$

$$\therefore r_1 = 0^\circ$$

$$\text{আবার, } A = r_1 + r_2$$

$$\text{বা, } r_2 = A - r_1$$

$$= 60^\circ - 0^\circ$$

$$\therefore r_2 = 60^\circ$$

$$\text{দ্বিতীয় পৃষ্ঠে, } \frac{\sin i_2}{\sin r_2} = \mu$$

$$\text{বা, } \sin i_2 = \mu \times \sin r_2$$

$$= 1.5 \times \sin 60$$

$$\therefore \sin i_2 = 1.3$$

$$\text{কিন্তু, } -1 \leq \sin \theta \leq 1$$

অর্থাৎ, প্রিজমের এক পৃষ্ঠে অভিলম্ব বরাবর পতিত আলোর কোন প্রতিসরণ হয় না বিধায় তা অপর পৃষ্ঠে পৌঁছাতে পারে না। তাই আলপিন গুলোকে দেখা যায়নি।

প্রশ্ন ৯ আলোর প্রতিসরণ ও প্রতিফলন দুটি প্রচলিত আলোকীয় ঘটনা, যা সচরাচর দেখা যায়। প্রিজমের মধ্যদিয়ে আলো গমন করলে প্রতিসরণ ও বিচ্ছুরণ ঘটে। সূর্যের আলো (যৌগিক আলো) প্রিজমের মধ্যদিয়ে গেলে বিচ্ছুরণ ঘটে এবং সাতটি মৌলিক রঙে বিভক্ত হয়ে যায়। আলোর বিচ্ছুরণের ফলে রংধনুর সৃষ্টি হয়।

[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ/বীর উত্তম শহীদ মাহবুব সোহানিবাস পার্বতীপুর, দিনাজপুর]

- আলোর ব্যাতিচার কী?
- সুসঙ্গত উৎস (Coherent Source) কী? আলোর ক্ষেত্রে দুটি ভিন্ন উৎস দিয়ে সুসঙ্গত উৎস সরাসরি তৈরি করা যায় না কেন?
- ফার্মাটের নীতির সাহায্যে আলোর প্রতিসরণের সূত্র প্রমাণ কর।
- ন্যূনতম বিচ্যুতি অবস্থানের ক্ষেত্রে প্রিজম পদার্থের প্রতিসরাঙ্কের সমীকরণ প্রতিপাদন কর। ফার্মাটের নীতির সাহায্যে উক্ত সমীকরণটি প্রতিপাদন করা যায় কী? তোমার মতামতের যুক্তি দাও।

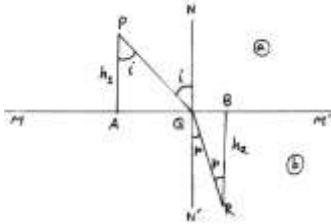
৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুই বা ততোধিক আলোকে তরঙ্গের পারস্পরিক উপরিপাতন দ্বারা সৃষ্ট লব্ধি তরঙ্গের তীব্রতা পরিবর্তনজনিত ঘটনাকে ব্যাতিচার বলে।

খ দুটি উৎস থেকে সমদশায় বা কোন নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যের একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি আলোক তরঙ্গ নিঃসৃত হলে তাদের সুসঙ্গত উৎস বলে। সাধারণভাবে দুটি আলাদা আলোক উৎসকে সুসঙ্গত হিসেবে গণ্য করা যায়না কেননা যে কোন একটি উৎসের পরমাণু কর্তৃক নিঃসৃত আলোক তরঙ্গ অন্য উৎসের উপর কোনভাবেই নির্ভর করে না। তাই দুটি ভিন্ন উৎস হতে নির্গত আলোক তরঙ্গ একটি নির্দিষ্ট দশা সম্পর্ক বজায় রাখতে পারে না।

এজন্য আলোর ক্ষেত্রে দুটি ভিন্ন উৎস দিয়ে সরাসরি সুসঙ্গত উৎস তৈরি করা যায় না।

গ ধরা যাক PQ আলোক রশ্মি স্থির বিন্দু P থেকে Q বিন্দু হয়ে অন্য একটি স্থির বিন্দু R-এ পৌঁছাল। PQ আলোক রশ্মি a ও b স্থির মাধ্যমের MM' বিভেদ তলে Q বিন্দুতে i কোণে আপতিত হয়ে b মাধ্যমে r কোণে প্রতিসৃত হচ্ছে [চিত্র ৬.২]



বিভেদতল MM' -এর উপর PA এবং RB লম্ব টানা হলো।

মনে করি, PA = h₁, RB = h₂, AB = d এবং AQ = x তাহলে QB = d - x। যদি a ও b মাধ্যমে আলোর বেগ যথাক্রমে c_a ও c_b হয় এবং PQ ও QR পথ অতিক্রম করতে আলোর t সময় লাগে, তবে

$$t = \frac{PQ}{c_a} + \frac{QR}{c_b} = \frac{\sqrt{h_1^2 + x^2}}{c_a} + \frac{\sqrt{h_2^2 + (d-x)^2}}{c_b}$$

ফার্মাটের নীতি অনুযায়ী t সময় ন্যূনতম হবে; কাজেই, $\frac{dt}{dx} = 0$

$$\text{অতএব, } \frac{dt}{dx} = \frac{2x}{c_a \sqrt{h_1^2 + x^2}} - \frac{2(d-x)}{c_b \sqrt{h_2^2 + (d-x)^2}} = 0$$

$$\text{বা, } 2 \left\{ \frac{x}{c_a \sqrt{h_1^2 + x^2}} - \frac{(d-x)}{c_b \sqrt{h_2^2 + (d-x)^2}} \right\} = 0$$

$$\text{বা, } \frac{x}{c_a \sqrt{h_1^2 + x^2}} - \frac{d-x}{c_b \sqrt{h_2^2 + (d-x)^2}} = 0$$

$$\text{বা, } \frac{\sin i}{c_a} = \frac{\sin r}{c_b}$$

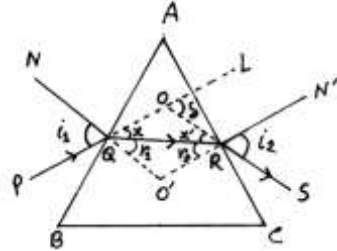
$$\therefore \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c_a}{c_b} = \mu_b$$

ইহাই প্রতিসরণের দ্বিতীয় সূত্র বা স্নেলের সূত্র।

আবার PQ এবং QR রেখাদ্বয় পরস্পর Q বিন্দুতে মিলিত হয়ে একটি সমতল গঠন করে। যেহেতু PQR পথ ক্ষুদ্রতম বলে এই সমতলে বিভেদতল NN'-এর উপর লম্ব হবে। NN' অভিলম্ব বিভেদতলের উপর লম্ব হওয়ায় PQ এবং QR যে সমতলে অবস্থিত সেই সমতলে NN' ও অবস্থিত। কাজেই আপতিত রশ্মি PQ, প্রতিসৃত রশ্মি QR এবং অভিলম্ব NN' একই সমতলে অবস্থিত। এটাই প্রতিসরণের প্রথম সূত্র।

ঘ মনে করি ABC একটি প্রিজমের প্রধান ছেদ। AB এবং AC প্রতিসরণ তল, ∠A প্রিজম কোণ এবং BC প্রিজমের ভূমি।

মনে করি PQ কোনো আপতিত রশ্মি বায়ু হতে প্রিজমের AB তলের Q বিন্দুতে তির্যকভাবে আপতিত হলো। এক্ষেত্রে আলোক রশ্মি লঘুতর মাধ্যম হতে ঘনতর মাধ্যমে প্রবেশ করার ফলে প্রতিসৃত রশ্মি Q বিন্দুতে AB তলের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব NQO'-এর অভিমুখে সরে গিয়ে QR পথে প্রতিসৃত হবে। এর পর ঐ রশ্মি AC তলের R বিন্দুতে আপতিত হবে এবং আবার বায়ু মাধ্যমে RS পথে নির্গত হবে। তা হলে আবার রশ্মিটির প্রতিসরণ ঘটবে এবং কাচ হতে বায়ুতে যাবার ফলে প্রতিসৃত রশ্মি AC তলের R বিন্দুতে অঙ্কিত অভিলম্ব N'R হতে দূরে সরে যাবে। এখানে PQRS আলোক রশ্মির পথ নির্দেশ করে। যদি আলোকের পথে প্রিজমটি না থাকত তা হলে আপতিত রশ্মি PQ সোজাপথে চলে যেত। প্রিজমের উপস্থিতির ফলে আলোক রশ্মি পথ পরিবর্তিত হয়েছে অর্থাৎ আলোক রশ্মির বিচ্যুতি ঘটেছে। এখন আপতিত রশ্মি PQ-কে সামনের দিকে L পর্যন্ত এবং নির্গত রশ্মি RS-কে পিছনের দিকে বর্ধিত করলে এরা O বিন্দুতে মিলিত হবে। এখানে ঐ রশ্মির জন্য ∠SOL বিচ্যুতি কোণ নির্দেশ করে। এটিকে δ বা D দ্বারা সূচিত করা হয়।



$$\therefore \angle SOL = \delta \text{ বা, } D$$

মনে করি চারপাশের মাধ্যমের সাপেক্ষে প্রিজম পদার্থের প্রতিসরাঙ্ক = μ

$$\therefore \text{আমরা পাই, } \mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{\sin i_2}{\sin r_2} \text{ ----- (6.34)}$$

আমরা জানি, $\delta = i_1 + i_2 - A$ এবং $A = r_1 + r_2$

কিন্তু ন্যূনতম বিচ্যুতিতে আলোক রশ্মি প্রিজমের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করলে, $i_1 = i_2$ এবং $r_1 = r_2$

$$\therefore \delta_m = i_1 + i_2 - A = 2i_1 - A$$

$$\therefore 2i_1 = A + \delta_m \text{ বা, } i_1 = \frac{A + \delta_m}{2} \text{ এবং } A = r_1 + r_2 = 2r_1$$

$$\therefore r_1 = \frac{A}{2}$$

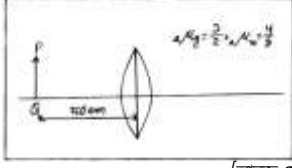
এখন সমীকরণ (6.34)-এ i_1 এবং r_1 এর মান বসিয়ে পাই,

$$\mu = \frac{\sin \frac{A + \delta_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

উপরের সমীকরণ প্রিজম পদার্থের প্রতিসরাঙ্ক এবং ন্যূনতম বিচ্যুতির মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করে।

ফার্মাটের নীতির সাহায্যে আলোর প্রতিসরণের সূত্র পাওয়া যায়। আবার প্রতিসরণের ফলেই ন্যূনতম বিচ্যুতির উক্ত রাশিমালা পাওয়া যায়। এজন্য ফার্মাটের সূত্রের সাহায্যে প্রতিপাদন করা যায়।

প্রশ্ন ১০ নিচের চিত্রে বায়ু মাধ্যমে স্থাপিত একটি কাঁচের তৈরী লেন্স দেখানো হলো যার দুই পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 30 cm ও 20 cm। বায়ুতে Q বিন্দুতে একটি বস্তু স্থাপন করলে প্রতিবিম্ব বাস্‌ড় হয়। কিন্তু পানিতে লেন্সটি রেখে একই দূরত্বে বস্তুটি স্থাপন করলে প্রতিবিম্ব অবাস্‌ড় হয়।



[আনন্দ মোহন কলেজ, ময়মনসিংহ]

- ক. লেন্সের ক্ষমতা কাকে বলে? ১
খ. অসুসঙ্গত আলো থেকে ব্যতিচার দেখতে পাওয়া যায় না কেন? ২
গ. বায়ু মাধ্যমে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব কত? ৩
ঘ. পানিতে লেন্সটির প্রতিবিম্ব অবাস্‌ড় হয় কেন? তোমার উত্তরের স্বপক্ষে গাণিতিক যুক্তি উপস্থাপন কর। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো লেন্সে আপতিত একগুচ্ছ সমান্তরাল আলোকরশ্মিকে লেন্সটি কতটা অভিসারী বা অপসারী করতে পারে তাকে লেন্সের ক্ষমতা বলে। গাণিতিক ভাবে, লেন্সের ফোকাস দূরত্বের বিপরীত রাশি হলো ক্ষমতা।

খ ব্যতিচার সৃষ্টির শর্ত হলো: (১) নিঃসৃত আলোক তরঙ্গগুলোর একই তরঙ্গদৈর্ঘ্য থাকতে হবে। (২) আলোক তরঙ্গদ্বয় একই দশায় বা নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যে নিঃসৃত হতে হবে। এ দশা পার্থক্য সব সময়ের জন্য বজায় থাকতে হবে। এ দুটো বৈশিষ্ট্য মূলত সুসঙ্গত আলোক উৎসের বৈশিষ্ট্য। তাই অসুসঙ্গত আলো থেকে ব্যতিচার দেখতে পাওয়া যায় না। যেমন, দুটি বাতিকে পাশাপাশি রাখলে কখনোই ব্যতিচার ঘটেনা।

গ দেওয়া আছে,

বায়ুর সাপেক্ষে লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক, $a\mu_g = \frac{3}{2}$
লেন্সের পৃষ্ঠদ্বয়ের বক্রতার ব্যাসার্ধ $r_1 = 30 \text{ cm}$, $r_2 = -20 \text{ cm}$
বের করতে হবে, বায়ুতে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব, $f_a = ?$

$$\begin{aligned} \text{আমরা জানি, } \frac{1}{f_a} &= (a\mu_g - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \\ &= \left(\frac{3}{2} - 1 \right) \left(\frac{1}{30 \text{ cm}} - \frac{1}{-20 \text{ cm}} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{2+3}{60 \text{ cm}} \right) \\ &= \frac{1}{2} \times \frac{5}{60 \text{ cm}} = \frac{5}{120 \text{ cm}} \\ \therefore f_a &= \frac{120 \text{ cm}}{5} = 24 \text{ cm (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ পানিতে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব f_w হলে,

$$\begin{aligned} \frac{1}{f_w} &= (w\mu_g - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \\ &= \left(\frac{a\mu_g}{a\mu_w} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \\ &= \left(\frac{\frac{3}{2}}{\frac{4}{3}} - 1 \right) \left(\frac{1}{30 \text{ cm}} - \frac{1}{-20 \text{ cm}} \right) \\ &= \left(\frac{9}{8} - 1 \right) \left(\frac{2+3}{60 \text{ cm}} \right) = \frac{1}{8} \times \frac{5}{60 \text{ cm}} = \frac{1}{96} \\ \text{বা, } f_w &= 96 \text{ cm} \end{aligned}$$

অতঃ, লেন্স হতে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব $= 50 \text{ cm} < 96 \text{ cm}$

পানির মধ্যে উত্তল লেন্সটি থাকাকালীন অবস্থায় লেন্সের প্রধান ফোকাসের মধ্যে লক্ষ্যবস্তু অবস্থান করার কারণে গঠিত প্রতিবিম্ব অবাস্‌ড় হয়।

প্রশ্ন ১১ সমবাহু কাচ প্রিজমের বায়ুতে প্রতিসরাংক 1.5। পানিতে ডুবিয়ে ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় করা হলো। পানির প্রতিসরাংক 1.3।

[ঠাকুরগাঁও সরকারি কলেজ, ঠাকুরগাঁও]

- ক. সমবর্তনের ক্ষেত্রে ব্রিস্টারের সূত্র লিখ। ১
খ. আলোক তরঙ্গের সমবর্তন হয় কিন্তু শব্দ তরঙ্গের সমবর্তন হয় না কেন? ২
গ. ন্যূনতম বিচ্যুতি অবস্থানে প্রিজমটির প্রথম পৃষ্ঠের প্রতিসরণ কোণ বের কর। ৩
ঘ. পানিতে ডুবানোর পর প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের মান বাড়বে না কমবে গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক “যখন অসমবর্তিত আলো সমাবর্তন কোণে আপতিত হয় তখন নির্গত আলো সম্পূর্ণভাবে সমাবর্তিত হয়।”

খ আলোক তরঙ্গ অনুপ্রস্থ তরঙ্গ কিন্তু শব্দ তরঙ্গ অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ। অনুপ্রস্থ তরঙ্গকে পোলারায়িত করা যায় বলে আলোক তরঙ্গের সমাবর্তন হয়। কিন্তু অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গকে পোলারায়িত করা যায় না বলে শব্দ তরঙ্গের সমাবর্তন হয় না।

গ এখানে,

প্রিজম কোণ $A = 60^\circ$ [∴ সমবাহু প্রিজম]

ধরি, প্রিজমের প্রথম পৃষ্ঠের প্রতিসরণ কোণ r_1 ও দ্বিতীয় পৃষ্ঠের প্রতিসরণ কোণ r_2 ।

আমরা জানি,

$$r_1 + r_2 = A$$

ন্যূনতম বিচ্যুতির ক্ষেত্রে $r_1 = r_2$

$$\therefore 2r_1 = A$$

$$\text{বা, } r_1 = \frac{60^\circ}{2}$$

$$\therefore r_1 = 30^\circ$$

সুতরাং, ন্যূনতম বিচ্যুতি অবস্থানে প্রিজমের প্রথম পৃষ্ঠের প্রতিসরণ কোণ 30° ।

ঘ এখানে, প্রথম ক্ষেত্রে,

সমবাহু প্রিজমের প্রিজম কোণ, $A = 60^\circ$ [সমবাহু হওয়ায়]

কাচ প্রিজমের বায়ুতে প্রতিসরাংকে $a\mu_g = 1.5$

ধরি,

ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ $= \delta_m$

আমরা জানি,

$$a\mu_g = \frac{\sin \frac{\delta_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\text{বা, } 1.5 = \frac{\sin \frac{\delta_m + A}{2}}{\sin \frac{60}{2}}$$

$$\text{বা, } \sin \frac{\delta_m + A}{2} = 0.75$$

$$\text{বা, } \delta_m + A = 97.18^\circ$$

$$\text{বা, } \delta_m = 97.18^\circ - 60^\circ$$

$$\therefore \delta_m = 37.18^\circ$$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে (পানিতে ডুবানোর পর),

পানির প্রতিসরাংক $a\mu_w = 1.3$

ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ $= \delta'_m$ (ধরি)

আমরা জানি,

$$w\mu_g = \frac{a\mu_g}{a\mu_w}$$

$$\text{বা, } w\mu_g = \frac{1.5}{1.3}$$

$$\text{বা, } w\mu_g = 1.154$$

আবার,

$$w\mu_g = \frac{\sin \frac{\delta'_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\text{বা, } \sin \frac{\delta'_m + A}{2} = w\mu_g \times \sin \frac{A}{2}$$

$$\text{বা, } \sin \frac{\delta'_m + 60^\circ}{2} = 1.154 \times \sin \left(\frac{60^\circ}{2} \right)$$

$$\text{বা, } \frac{\delta'_m + 60^\circ}{2} = 33.24^\circ$$

$$\text{বা, } \delta'_m = 10.48^\circ < \delta_m$$

সুতরাং, পানিতে ডুবানোর পর প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের মান কমবে।

প্রশ্ন ▶ ১২ একটি উভয় তলের বক্রতার ব্যাসার্ধ 30cm । কাঁচ ও পানির আতশী প্রতিসরাঙ্ক যথাক্রমে $\frac{3}{2}$ ও $\frac{4}{3}$ । [রাজশাহী কলেজ]

- ক. শোয়ার্জলিন্ড ব্যাসার্ধ কাকে বলে? ১
- খ. এনট্রপিকে তাপীয় বিশৃঙ্খলা বলা হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. আতশী কাচের বায়ুতে ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. একই আকারে বস্তুকে আতশী কাচ দিয়ে দেখার চেষ্ঠা করলে পানি মাধ্যম অপেক্ষা বায়ু মাধ্যমে বেশি বড় দেখাবে—গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে সত্যতা যাচাই কর। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি নির্দিষ্ট ভরের গোলাকৃতি বস্তু যে ব্যাসার্ধ প্রাপ্ত হলে এটি কৃষ্ণ বিবর হিসেবে কাজ করে তাকে শোয়ার্জলিন্ড ব্যাসার্ধ বলে।

খ তাপইঞ্জিন প্রতি চক্রে উচ্চতর তাপমাত্রার তাপ উৎস হতে কিছু তাপ গ্রহণ করে। এই তাপের কিয়দংশ কার্যকর শক্তিতে রূপান্তরিত করে এবং বাকি অংশ তাপ গ্রাহকে ছেড়ে দেয়। তাহলে এটা স্পষ্ট যে, তাপ ইঞ্জিনের কাজ করার জন্য দুটি ভিন্ন তাপমাত্রার তাপাধারের প্রয়োজন। কোনো সিস্টেমের বস্তুসমূহ ভিন্ন ভিন্ন তাপমাত্রায় থাকলে এবং এদের তাপমাত্রা ব্যবধান বেশি হলে সিস্টেমটির এনট্রপি কম থাকে। অর্থাৎ এনট্রপি হলো সিস্টেম হতে কাজ কম পাওয়ার সম্ভাব্যতা। এনট্রপি বেড়ে যাওয়ায় মানে হলো, সিস্টেমের বস্তুগুলোর তাপমাত্রা ব্যবধান কমে গেছে। তখন সিস্টেম হতে কার্যকর শক্তি পাওয়ার সম্ভাবনা কমে যায়। তাহলে দেখা যাচ্ছে যে, সিস্টেমের বস্তুগুলো ভিন্ন ভিন্ন তাপমাত্রায় থাকাটাই হলো তাপীয় বিশৃঙ্খলা। একারণে সিস্টেমের এনট্রপি বেড়ে যাওয়া মানে হলো তাপীয় বিশৃঙ্খলা বেড়ে যাওয়া। তাই এনট্রপিকে তাপীয় বিশৃঙ্খলা বলা হয়।

গ দেওয়া আছে,

আতশি কাচটির উভয় তলের বক্রতার ব্যাসার্ধ 30 cm

অর্থাৎ $r_1 = 30 \text{ cm}$, $r_2 = -30 \text{ cm}$

কাচের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu = \frac{3}{2}$

বের করতে হবে, এর ফোকাস দূরত্ব, $f = ?$

আমরা জানি, $\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$

$$= \left(\frac{3}{2} - 1 \right) \left(\frac{1}{30 \text{ cm}} - \frac{1}{-30 \text{ cm}} \right) = \frac{1}{2} \times \frac{2}{30 \text{ cm}} = \frac{1}{30 \text{ cm}}$$

$$\therefore f = 30 \text{ cm (Ans.)}$$

ঘ বায়ু মাধ্যমে আতশী কাচের বিবর্ধন,

$$m = 1 + \frac{D}{f_a}$$

এখানে $f_a =$ বায়ু মাধ্যমে কাচের ফোকাস দূরত্ব = 30 cm

$D =$ স্বাভাবিক চোখের স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব = 25 cm

$$\therefore \text{বায়ুতে প্রাপ্ত বিবর্ধন, } m = 1 + \frac{25 \text{ cm}}{30 \text{ cm}} = 1.833$$

পানিতে কাচটির ফোকাস দূরত্ব f_w হলে, $\frac{1}{f_w} = (w\mu_g - 1)$

$$\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

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

$$= \left(\frac{3}{2} - 1 \right) \left(\frac{1}{30 \text{ cm}} - \frac{1}{-30 \text{ cm}} \right) = \frac{1}{8} \times \frac{2}{30 \text{ cm}} = \frac{1}{120 \text{ cm}}$$

$$\therefore f_w = 120 \text{ cm}$$

\therefore পানিতে আতশী কাচ ব্যবহারে প্রাপ্ত বিবর্ধন,

$$m' = 1 + \frac{D}{f_w} = 1 + \frac{25 \text{ cm}}{120 \text{ cm}} = 1.2083$$

যেহেতু, $1.2083 < 1.833$

বা, $m' < m$

বা পানিতে প্রাপ্ত বিবর্ধন $<$ বায়ুতে প্রাপ্ত বিবর্ধন

সুতরাং, একই আকারের বস্তুকে আতশী কাচ দিয়ে দেখার চেষ্ঠা করলে পানি অপেক্ষা বায়ু মাধ্যমে বেশি বড় দেখাবে উক্তিটি সত্য।

প্রশ্ন ▶ ১৩ একটি সমবাহু প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক $\sqrt{2}$ ।

[এম. সি. কলেজ, সিলেট]

- ক. লেন্সের ক্ষমতা বলতে কী বুঝ? ১
- খ. একই মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক ভিন্ন ভিন্ন রঙের জন্য বিভিন্ন হয় কেন? ২
- গ. উদ্ভবকের প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্ভবকের প্রিজম সরাসরি হলে বিচ্যুতি কোণ ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের সমান হবে না— প্রমাণ কর। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরালে আগত এক গুচ্ছ আলোকরশ্মিকে একটি লেন্স যতটা অভিসারী বা অপসারী করতে পারে তা উক্ত লেন্সের ক্ষমতার পরিমাপ। গাণিতিকভাবে কোনো লেন্সের ফোকাস দূরত্বের বিপরীত রাশিকে এর ক্ষমতা বলে।

খ কোনো একটি নির্দিষ্ট বর্ণের আলোকরশ্মি একটি স্বচ্ছ ও সমসত্ত্ব মাধ্যম হতে অপর একটি স্বচ্ছ ও সমসত্ত্ব মাধ্যমে প্রবেশকালে আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাতকে উক্ত বর্ণের আলোকরশ্মির জন্য প্রথম মাধ্যম সাপেক্ষে দ্বিতীয় মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বলে। একজোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম এবং নির্দিষ্ট আপতন কোণের জন্য বিভিন্ন বর্ণের আলোর ক্ষেত্রে বিভিন্ন প্রতিসরণ কোণ পাওয়া যায়, কারণ বিভিন্ন বর্ণের আলোকরশ্মি বিভিন্ন মানের কোণে বিচ্যুত হয়। তাই একেক বর্ণের আলোকরশ্মির জন্য $\frac{\sin i}{\sin r} (= \mu)$ অনুপাতের মান একেক রকম হয়। এ সকল কারণে, একই মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক ভিন্ন ভিন্ন রঙের জন্য বিভিন্ন হয়।

গ দেওয়া আছে,

প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাংক, $\mu = \sqrt{2}$

প্রিজম কোণ, $A = 60^\circ$ [∴ সমবাহু প্রিজম]

বের করতে হবে, ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, $\delta m = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \mu = \frac{\sin \frac{A + \delta m}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \text{ বা, } \sin \frac{A + \delta m}{2} = \mu \sin \frac{A}{2}$$

$$\text{বা, } \frac{A + \delta m}{2} = \sin^{-1} \left[\mu \sin \frac{A}{2} \right]$$

$$\text{বা, } A + \delta m = 2 \sin^{-1} \left[\mu \sin \frac{A}{2} \right]$$

$$\begin{aligned} \therefore \delta m &= 2 \sin^{-1} \left[\mu \sin \frac{A}{2} \right] - A \\ &= 2 \sin^{-1} \left[\sqrt{2} \sin \frac{60^\circ}{2} \right] - 60^\circ = \sin^{-1} [\sqrt{2} \sin 30^\circ] - 60^\circ \\ &= 2 \sin^{-1} \left[\sqrt{2} \cdot \frac{1}{2} \right] - 60^\circ \\ &= 2 \sin^{-1} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right) - 60^\circ \\ &= 2 \times 45^\circ - 60^\circ = 30^\circ \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ আমরা জানি, 6° অপেক্ষা কম প্রিজম কোণ বিশিষ্ট প্রিজমে সরস বা পাতলা প্রিজম বলে। সরস প্রিজমের ক্ষেত্রে আপতন কোণ (i_1) অতি ক্ষুদ্র হলে, রশ্মির বিচ্যুতি (δ) প্রসংবহ্য। অর্থাৎ, বিচ্যুতি আপতন কোণের মানের ওপর নির্ভর করে না। এটি শুধুমাত্র A ও μ এর ওপর নির্ভর করে। নিচে বিষয়টি প্রমাণ করা হলো।

i_1 ক্ষুদ্র হলে r_1, r_2 ও i_2 ক্ষুদ্র হবে

[$r_1 + r_2 = A$; ∴ $r_2 = A - r_1$; A ও r_1 ক্ষুদ্র হলে r_2 ক্ষুদ্র হবে।]

ফলে, এ কোণগুলোর sine অনুপাতের মান কোণগুলোর প্রায় সমান হবে।

(∴ θ ক্ষুদ্র হলে, $\sin \theta \approx \theta$ যখন θ রেডিয়ানে পরিমাপ করা হয়)

$$\text{আমরা জানি, } \mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{i_1}{r_1} \text{ বা, } i_1 = \mu r_1$$

$$\text{আবার, } \mu = \frac{\sin i_2}{\sin r_2} = \frac{i_2}{r_2} \text{ বা, } i_2 = \mu r_2$$

$$\text{এখন, } \delta = i_1 + i_2 - A = \mu r_1 + \mu r_2 - A = \mu (r_1 + r_2) - A$$

$$= \mu A - A \therefore [A = (r_1 + r_2)]$$

$$\therefore \delta = A(\mu - 1)$$

$$= 6^\circ (\sqrt{2} - 1) \text{ [সরস প্রিজমের জন্য } A = 6^\circ \text{ ধরি]} \\ = 2.485^\circ$$

6° হলো A -এর জন্য সম্ভাব্য সর্বোচ্চ মান।

সরস প্রিজমের ক্ষেত্রে বিচ্যুতির মান 2.485° বা এর চেয়ে কম। অথচ উদ্দীপকের সমবাহু প্রিজমের জন্য ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের মান ছিল 30° ।

সুতরাং, উদ্দীপকের প্রিজম সরস হলে বিচ্যুতি কোণ উদ্দীপকের সমবাহু প্রিজমের ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ 18 15 cm এবং 30 cm বক্রতার ব্যাসার্ধের একটি দ্বিউত্তল লেন্সের সামনে একটি লক্ষ্যবস্তু রাখা হলো যাতে দ্বিগুণ বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব পাওয়া যায়। লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক 1.5। [রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ]

ক. লেন্সের ক্ষমতার সংজ্ঞা দাও।

খ. ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ বলতে কী বুঝ?

গ. উদ্দীপকের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় কর।

ঘ. লেন্সহতে উক্ত লক্ষ্য বস্তুর দূরত্ব কত হবে? এ সম্পর্কিত গাণিতিক বিশ্লেষণ কর।

18 নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রধান অক্ষের সমান্তরালে আগত একগুচ্ছ আলোক রশ্মিকে একটি লেন্স কতটা অভিসারী বা অপসারী করতে পারে তার দ্বারা লেন্সের ক্ষমতা নির্দেশিত হয়। গাণিতিক ভাবে, লেন্সের ফোকাস দূরত্বের বিপরীত রশ্মিকে এর ক্ষমতা বলে।

খ প্রিজমে প্রথম পৃষ্ঠে আপতন কোণ খুব ক্ষুদ্র মানের হলে বিচ্যুতি কোণ অনেক বৃহৎ মানের হয়। কিন্তু আপতন কোণের মান বাড়তে থাকলে বিচ্যুতি কোণের মান কমতে থাকে এবং একটি ন্যূনতম মানে উপনীত হয়। আপতন কোন আরো বাড়তে থাকলে এর পর বিচ্যুতি কোণ বাড়তে থাকে। প্রিজমে বিচ্যুতি কোণের এই ন্যূনতম মানকে ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ বলে।

গ দেওয়া আছে,

দ্বি-উত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধদ্বয় $r_1 = 15 \text{ cm}$, $f_2 = -30 \text{ cm}$

লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক, $\mu = 1.5$

বের করতে হবে, লেন্সের ফোকাস দূরত্ব $f = ?$

$$\text{আমরাজানি, } \frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f} = (1.5 - 1) \left(\frac{1}{15 \text{ cm}} - \frac{1}{-30 \text{ cm}} \right) = 0.5 \times \frac{2+1}{30 \text{ cm}}$$

$$\therefore f = \frac{30 \text{ cm}}{0.5 \times 3} = 20 \text{ cm (Ans.)}$$

ঘ এখানে, বিবর্ধনের মান, $|m| = 2$

বাস্তব বিষ গঠিত হলে, $m = -2$ (কারণ বাস্তব বিষ লক্ষ্যবস্তুর সাপেক্ষে উল্টা)

সেক্ষেত্রে লেন্সহতে লক্ষ্যবস্তু ও প্রতিবিম্বের দূরত্ব যথাক্রমে u ও v হলে, $-\frac{v}{u} = -2$ বা, $v = 2u$

$$\text{আমরাজানি, } \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ বা, } \frac{1}{2u} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ বা, } \frac{1+2}{2u} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore u = \frac{3}{2} f = 1.5 \times 20 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

অবাস্তব বিষ গঠিত হলে, $m = +2$

$$\text{এ ক্ষেত্রে } -\frac{v}{u} = 2 \text{ বা, } v = -2u$$

$$\text{এখন, } \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ বা, } \frac{1}{-2u} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ বা, } \frac{-1+2}{2u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2u} = \frac{1}{f} \therefore u = \frac{f}{2} = \frac{20 \text{ cm}}{2} = 10 \text{ cm}$$

সুতরাং, দ্বিগুণ বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব পেতে হলে লক্ষ্যবস্তুকে লেন্স হতে হয় 10 cm অথবা 30 cm দূরত্বে স্থাপন করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ 19 একটি নভো-দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 250 cm ও 8 cm একজন ছাত্র একটি তারার প্রকৃত বিষকে কোনো পর্দায় স্থাপনের জন্য অভিনেত্রকে ফোকাসিং করার চেষ্টা করছিল। পর্দাটি অভিনেত্র থেকে 20 cm দূরে অবস্থিত।

[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, জাহানাবাদ, খুলনা]

ক. আলোক পথ কাকে বলে?

খ. একটি উত্তল লেন্সকে তার উপাদানের প্রতিসরাংকবিশিষ্ট তরলে নিমজ্জিত করা হলে কী ঘটবে? ব্যাখ্যা কর।

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত নভো-দূরবীক্ষণ যন্ত্রের ন্যূনতম বীক্ষণ ক্ষমতা নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্দীপকের ছাত্রটি তারটির বিষ পর্দায় স্থাপনে সক্ষম হবে কী? গাণিতিক যুক্তি মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর।

19 নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মাধ্যমে আলো কর্তৃক আপাত ভাবে অতিক্রান্ত দূরত্ব এবং ঐ মাধ্যমের পরম প্রতিসরাংকের গুণফলকে উক্ত মাধ্যমে ঐ আলোর আলোকপাত বলে।

খ একটি উত্তল লেন্সকে তার উপাদানের প্রতিসরাংকবিশিষ্ট তরলে তরলের সাপেক্ষে লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক $\mu = 1$; সুতরাং উক্ত তরলে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব f হলে, $P = \frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$

$$= (1 - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = 0$$

$\therefore f = \frac{1}{0} = \infty$; অর্থাৎ লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব অসীম হবে এবং এর অভিসারী বা অপসারী কোনো ক্ষমতাই থাকবে না।

গ এখানে, বীক্ষণ ক্ষমতা বলতে বিবর্ধন ক্ষমতা বুঝানো হয়েছে। ন্যূনতম বীক্ষণ ক্ষমতা বা ন্যূনতম বিবর্ধন পাওয়া যাবে অসীম দূরত্বে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে।

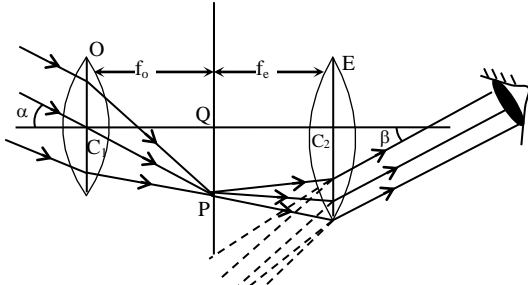
দেওয়া আছে, অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব $f_o = 250$ cm

এবং অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 8$ cm

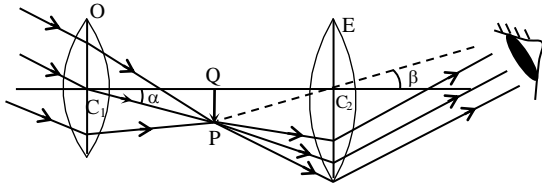
\therefore অসীমদূরত্বে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে প্রাপ্ত বিবর্ধন বা বীক্ষণ ক্ষমতা,

$$m = \frac{f_o}{f_e} = \frac{250 \text{ cm}}{8 \text{ cm}} = 31.25 \text{ (Ans.)}$$

ঘ নভোদূরবীক্ষণ যন্ত্রে অসীম দূরত্বে ফোকাসিং এর জন্য রশ্মিচিত্র নিরূপণ:



এবং স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্বে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে রশ্মিচিত্র নিরূপণ:



ওপরোক্ত রশ্মিচিত্র বিশ্লেষণে দেখা যায় যে, উভয়ক্ষেত্রে অবিনেত্র দ্বারা আবাস্ত্রের বিষয় গঠিত হয়। কারণ অবিনেত্র হতে প্রতিসৃত রশ্মিসমূহ পরস্পর অপসারী। এ অপসারী রশ্মিসমূহ কোনো পর্দায় আপতিত হয়ে বাস্তব বা সদ বা প্রকৃত বিষয় গঠন করতে পারে না।

এ কারণে উদ্দীপকের ছাত্রটি তারার বিষয় পর্দায় স্থাপনে সক্ষম হবে না।

প্রশ্ন ১৬ 1.5 প্রতিসরাংকের একটি উত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 0.2 m ও 0.3 m। বায়ু সাপেক্ষে কাঁচের প্রতিসরাংক $\frac{3}{2}$ এবং

পানির প্রতিসরাংক $\frac{4}{3}$ ।

[বি এ এফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. অপবর্তন কী?

১

খ. লেন্সের চারিপার্শ্বস্থ মাধ্যমে পরিবর্তন করলে উহার ফোকাস দূরত্ব পরিবর্তন হয় কেন?

২

গ. বায়ু মাধ্যমে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় কর।

৩

ঘ. পানিতে লেন্সটির ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তন হবে কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো প্রতিবন্ধকের ধার ঘেষে বা সরাসরি চিরের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় জ্যামিতিক ছায়া অঞ্চলের মধ্যে আলোর বেঁকে যাওয়ার ঘটনাকে অপবর্তন বলে।

খ লেন্সের চারিপার্শ্বস্থ মাধ্যম পরিবর্তন করলে আলোর বেগের পরিবর্তন হয়। কারণ বিভিন্ন মাধ্যমে আলোর বেগ বিভিন্ন। আলোর বেগের এই তারতম্যের কারণেই আলো লেন্সে আপতিত হলে বেঁকে যায়। লেন্স এবং তার চারপার্শ্বস্থ মাধ্যমের ভিন্নতার কারণে লেন্সের প্রতিসরাংক পরিবর্তিত হয়। লেন্সের প্রতিসরাংকের এই পরিবর্তনের কারণেই লেন্সের ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তন হয়।

গ দেওয়া আছে,

লেন্সের প্রতিসরাংক, $\mu = 1.5$

১ম পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_1 = 0.2$ m

২য় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_2 = -0.3$ m

ফোকাস দূরত্ব, $f = ?$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \frac{1}{f} = (1.5 - 1) \left(\frac{1}{0.2} + \frac{1}{0.3} \right)$$

$$\therefore f = 0.224 \text{ m (Ans.)}$$

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই,

বায়ুতে ফোকাস দূরত্ব, $f_a = 0.24$ m

দেওয়া আছে,

লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক, $\mu_g = \frac{3}{2}$

পানির প্রতিসরাংক, $\mu_w = \frac{4}{3}$

জানা আছে, বায়ুর প্রতিসরাংক $\mu_a = ?$

লেন্সটির বায়ুতে স্থাপন করা হলে,

$$\frac{1}{f_a} = \left(\frac{\mu_g}{\mu_a} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f_a} = \left(\frac{3}{2} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f_a} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \dots\dots\dots(i)$$

লেন্সটিকে পানিতে স্থাপন করলে,

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

$$\text{বা, } \frac{1}{f_w} = \left(\frac{3}{2} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f_w} = \left(\frac{3}{2} \times \frac{3}{4} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f_w} = \left(\frac{9}{8} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f_w} = \frac{1}{8} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \dots\dots\dots(ii)$$

(i) ÷ (ii) নং হতে পাই,

$$\frac{1}{f_a} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{f_w} = \frac{1}{8}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f_a} \times \frac{f_w}{1} = \frac{1}{2} \times \frac{8}{1}$$

$$\text{বা, } \frac{f_w}{f_a} = 4$$

$$\text{বা, } f_w = 4 \times f_a$$

$$\text{বা, } f_w = 4 \times 0.24 = 0.96 \text{ m}$$

অতএব পানিতে লেন্সটির ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তন হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৭ একটি প্রিজমে ন্যূনতম বিচ্যুতি অবস্থানে আপতন কোণের মান পাওয়া যায় 40° । প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.5।

[গাজীপুর সিটি কলেজ]

- ক. বিচ্ছুরণ কি? ১
- খ. বর্ণালী উৎপন্নের কারণ ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. প্রিজমের ১ম এবং ২য় প্রতিসরণ কোণ বের কর। ৩
- ঘ. প্রিজম কোণ অপরিবর্তিত রেখে যদি 1.6 প্রতিসরাঙ্কের প্রিজম ব্যবহার করা হলে তবে ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ কত হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সাদা আলোক রশ্মি প্রিজমের মধ্য দিয়ে প্রতিসরণের ফলে সাতটি মূল বর্ণের আলোকে বিভক্ত হওয়াকে আলোর বিচ্ছুরণ বলে।

খ কোনো যৌগিক আলোক রশ্মির বিভিন্ন বর্ণে বিভক্ত হওয়াকে বিচ্ছুরণ বলে। আর বিচ্ছুরণের ফলে মূল বর্ণসমূহের যে সজ্জা পাওয়া যায় তাকে বর্ণালী বলে। সাধারণভাবে বলা যায়, আলো যখন কোনো প্রতিসারক মাধ্যম দিয়ে যায়, তখন তার প্রতিসরণ ঘটে। এই প্রতিসরণের মাত্রা নির্ভর করে আলোর কম্পাঙ্কের ওপর। অধিক কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট আলোর অধিক প্রতিসরণ ঘটে। এখন, সাদা আলোতে সাতটি কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট আলোক তরঙ্গ থাকে। প্রিজমের মধ্য দিয়ে সাদা রঙ গমন করলে তার মধ্যস্থ সাতটি বর্ণ তথা সাতটি কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট আলোক তরঙ্গের প্রতিসরণের মাত্রা ভিন্ন ভিন্ন হয়। এই কারণে সাদা রঙ প্রিজমের মধ্য দিয়ে গমন করলে সাত রঙ বিশিষ্ট বর্ণালি পাওয়া যায়।

গ দেওয়া আছে,

প্রিজম উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu = 1.5$

আপতন কোণ, $i_1 = i_2 = 40^\circ$ (ন্যূনতম বিচ্যুতির ক্ষেত্রে) ১ম ও ২য় প্রতিসরণ কোণ বের করতে হবে।

আমরা জানি,

$$\text{ন্যূনতম বিচ্যুতি অবস্থানে, } \mu = \frac{\sin \frac{A + \delta_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

কিন্তু, ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, $\delta_m = i_1 + i_2 - A$

$$\text{অতএব, } \mu = \frac{\sin \frac{A + i_1 + i_2 - A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\text{বা, } \mu = \frac{\sin \frac{2i_1}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\text{বা, } \mu = \frac{\sin i_1}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\text{বা, } 1.5 = \frac{\sin 40^\circ}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\text{বা, } \sin \frac{A}{2} = \frac{\sin 40^\circ}{1.5} = 0.4285$$

$$\text{বা, } \frac{A}{2} = \sin^{-1} (0.4285)$$

$$\text{বা, } A = 2 \times 25.37^\circ$$

$$\therefore A = 50.74^\circ$$

$$\text{আবার, ন্যূনতম বিচ্যুতির ক্ষেত্রে, } r_1 = r_2 = \frac{A}{2} = \frac{50.74^\circ}{2}$$

$$\therefore r_1 = r_2 = 25.37^\circ$$

ঘ দেওয়া আছে,

প্রিজম উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu = 1.6$

প্রিজম কোণ, $A = 50.74^\circ$ ('গ' হতে প্রাপ্ত)

ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, $\delta_m = ?$

আমরা জানি,

$$\text{প্রতিসরাঙ্ক, } \mu = \frac{\sin \frac{A + \delta_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\text{বা, } 1.6 = \frac{\sin \frac{50.74 + \delta_m}{2}}{\sin \frac{50.74}{2}}$$

$$\text{বা, } \sin \frac{50.74 + \delta_m}{2} = 1.6 \times \sin 25.37^\circ$$

$$\text{বা, } \frac{50.74 + \delta_m}{2} = \sin^{-1} (0.685)$$

$$\text{বা, } \delta_m = (43.278 \times 2) - 50.74$$

$$\text{বা, } \delta_m = 35.816^\circ$$

$$\text{Ans. } \delta_m = 35.816^\circ$$

প্রশ্ন ▶ ১৮ শম্পা একটি উত্তল লেন্সের সামনে 10 cm দূরে 5 cm দৈর্ঘ্যের একটি বস্তু স্থাপন করে দুইগুণ বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব পেল।

[দিনাজপুর সরকারি মহিলা কলেজ]

- ক. গৌণ ফোকাস কাকে বলে? ১
- খ. একটি ফাঁপা ও নিরেট গোলকের উভয়কে সমান বিভবে চার্জিত করলে কোনটি বেশি চার্জ ধারণ করবে- ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. লেন্সের ফোকাস দূরত্ব বের কর। ৩
- ঘ. উত্তল লেন্সের পরিবর্তে একই স্থানে অবতল লেন্স স্থাপন করলে প্রতিবিম্বের প্রকৃতি কিরূপ হবে- গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক গুচ্ছ সমান্তরাল আলোক রশ্মি প্রধান অক্ষের সাথে আনত হয়ে দর্পণে আপতিত হলে প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছ ফোকাস তলের যে বিন্দুতে মিলিত হয় বা অপসারিত হচ্ছে বলে মনে হয় ঐ বিন্দুকে গৌণ ফোকাস বলে।

খ একটি ফাঁপা ও নিরেট গোলকের উভয়কে সমান বিভবে চার্জিত করলে উভয় গোলক সমপরিমাণ চার্জ ধারণ করবে। কারণ গোলকে প্রদত্ত আধান গোলক পৃষ্ঠের সর্বত্র সমভাবে ছড়িয়ে পড়ে। গোলকটি ফাঁপা বা নিরেট যাই হোক না কেন আধানের কোনো পরিবর্তন হবে না। গোলকের অভ্যন্তর সর্বত্র বিভব এর পৃষ্ঠের বিভবের সমান।

গ দেওয়া আছে,

বস্তুর দূরত্ব $u = 10 \text{ cm}$

বিবর্ধন, $|M| = 2$

ধরি, বিম্বের দূরত্ব, $= v$

ফোকাস দূরত্ব, $f = ?$

আমরা জানি,

$$|M| = \frac{v}{u}$$

$$\text{বা, } 2 = \frac{v}{10}$$

$$\therefore v = 20 \text{ cm}$$

বিম্ব বাস্তব হলে, $v = 20 \text{ cm}$

আমরা জানি,

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f} = \frac{2+1}{20}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f} = \frac{3}{20}$$

$$\text{বা, } f = \frac{20}{3}$$

$$\therefore f = 6.67 \text{ cm (Ans)}$$

আবার, বিম্ব অবাস্তব হলে, $v = -20 \text{ cm}$

আমরা জানি,

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f} = \frac{1}{10} - \frac{1}{20}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f} = \frac{2-1}{20}$$

$$\therefore f = 20 \text{ cm (Ans.)}$$

ঘ. উত্তল লেন্সের পরিবর্তে একই স্থানে অবতল লেন্স বসালে বিম্ব অবাস্তব হবে।

দেওয়া আছে,

বস্তুর দূরত্ব, $u = 10 \text{ cm}$

বিবর্ধন, $|M| = 2$

‘গ’ অংশ থেকে বাস্তব বিম্বের জন্য ফোকাস দূরত্ব, $f_1 = 6.67 \text{ cm}$

‘গ’ অংশ থেকে অবাস্তব বিম্বের জন্য ফোকাস দূরত্ব, $f_2 = 20 \text{ cm}$

যেহেতু অবতল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ঋণাত্মক,

সেহেতু $f_1 = -6.67 \text{ cm}$ এবং $f_2 = -20 \text{ cm}$

আমরা জানি,

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

$f_1 = -6.67 \text{ cm}$ এর ক্ষেত্রে,

$$\frac{1}{10} + \frac{1}{v_1} = -\frac{1}{6.67}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{v_1} = -\left(\frac{1}{6.67} + \frac{1}{10}\right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{v_1} = -0.25$$

$$\text{বা, } v_1 = -4 \text{ cm}$$

$$\text{আবার, } |M| = \frac{l_1'}{l_1} = \left|\frac{v_1}{u}\right|$$

$$\Rightarrow l_1' = \frac{4}{10} \times 1 = \frac{4}{10} \times 5 = 2 \text{ cm}$$

এখন, $f_2 = -20 \text{ cm}$ হলে,

$$\frac{1}{10} + \frac{1}{v_2} = -\frac{1}{20}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{v_2} = -\left(\frac{1}{20} + \frac{1}{10}\right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{v_2} = -\left(\frac{1+2}{20}\right)$$

$$\therefore v_2 = -6.67 \text{ cm}$$

$$\text{আবার, } |M| = \frac{l_2'}{l_2} = \left|\frac{v_2}{u}\right|$$

$$\text{বা, } l_2' = \frac{6.67}{10} \times 5 = 3.335 \text{ cm}$$

ঋণাত্মক চিহ্ন দ্বারা বুঝায় বিম্বটি অবাস্তব।

অতএব, উত্তল লেন্সের পরিবর্তে একই স্থানে অবতল লেন্স স্থাপন করলে বিম্বের প্রকৃতি হবে অবাস্তব ও সোজা এবং লক্ষ্য বস্তুর চেয়ে ছোট।

প্রশ্ন ১৯ 1.5 প্রতিসরাঙ্কের তৈরি একটি উত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধদ্বয় যথাক্রমে 30 cm এবং 40 cm। লেন্স হতে 20 cm দূরে একটি 3 cm উচ্চতার বস্তু স্থাপিত আছে। পানির প্রতিসরাঙ্ক $\frac{4}{3}$ ।

[ইন্স্পিরিয়াল কলেজ, ঢাকা]

ক. বিচ্যুতি কোন কাকে বলে? ১

খ. বায়ু সাপেক্ষে কাঁচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 বলতে কী বুঝ? ২

গ. লেন্সটি বায়ু মাধ্যমে স্থাপিত হলে এর ফোকাস দূরত্ব কত? ৩

ঘ. লেন্সটিকে পানিতে স্থাপন করলে এবং বস্তু একই দূরত্বে থাকলে প্রতিবিম্বের আকার, অবস্থান এবং বিবর্ধন গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রিজমে আপতিত রশ্মিকে সামনের দিকে এবং নির্গত রশ্মিকে পিছনের দিকে বর্ধিত করলে এদের অসম্পর্কিত কোণকে বলা হয় বিচ্যুতি কোণ।

খ বায়ু সাপেক্ষে কাঁচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 বলতে বুঝায় যায় যে, আলোক রশ্মি বায়ু হতে কাঁচে প্রতিসৃত হলে আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত 1.5 হবে।

গ দেওয়া আছে,

বায়ু সাপেক্ষে কাঁচের প্রতিসরাঙ্ক, ${}_a\mu_g = 1.5$

উত্তল লেন্সের ১ম বক্রতলের ব্যাসার্ধ, $r_1 = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$

উত্তল লেন্সের ২য় বক্রতলের ব্যাসার্ধ, $r_2 = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}$

লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, $f = ?$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \frac{1}{f} = ({}_a\mu_g - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f} = (1.5 - 1) \left(\frac{1}{0.3} - \frac{1}{0.4} \right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f} = 0.4166$$

$$\text{বা, } f = 2.4 \text{ m}$$

$$\therefore f = 240 \text{ cm Ans.}$$

ঘ দেওয়া আছে,

বায়ু সাপেক্ষে লেন্সের প্রতিসরাঙ্ক, ${}_a\mu_g = 1.5$

পানি সাপেক্ষে লেন্সের প্রতিসরাঙ্ক, ${}_w\mu_g = \frac{4}{3} = 1.33$

লেন্সটি বায়ু মাধ্যমে স্থাপিত হলে ফোকাস দূরত্ব, $f_a = 2.4 \text{ m}$

লেন্স হতে বস্তুর দূরত্ব, $u = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$

বস্তুর আকার, $= 3 \text{ cm}$

বিম্বের আকার $= ?$

বিবর্ধন, $m = ?$

আমরা জানি,

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

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

(i) ÷ (ii) হতে পাই,

$$\frac{\frac{1}{f_w}}{\frac{1}{f_a}} = \frac{({}_w\mu_g - 1)}{({}_a\mu_g - 1)} = \frac{(1.33 - 1)}{(1.5 - 1)}$$

$$\text{বা, } \frac{f_a}{f_w} = \frac{0.33}{0.5}$$

$$\text{বা, } f_w = \left(\frac{0.5}{0.33} \times 2.4 \right) = 3.63 \text{ m}$$

আবার, আমরা জানি,

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f_w}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{v} + \frac{1}{0.2} = \frac{1}{3.63}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{v} = \left(\frac{1}{3.63} - \frac{1}{3.02} \right)$$

$$\therefore v = -0.21 \text{ m}$$

$$\text{বিবর্ধন, } m = -\frac{v}{u} = -\frac{-0.21}{0.2} = -1.058$$

প্রতিবিম্বের আকার = (বিবর্ধন × বস্তুর আকার)

$$= (1.058 \times 3)$$

$$= 3.17 \text{ cm}$$

যেহেতু ঋক্ষক সূত্রাং প্রতিবিম্ব অবাস্তব ও সোজা।

লেন্সটির সামনে প্রতিবিম্ব গঠিত হবে। বা,

প্রশ্ন ▶ ২০ একটি উভোত্তল কাঁচ লেন্সের উভয় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 15 cm ও 30cm বায়ু মাধ্যমে লেন্সটির সামনে 60 cm দূরে বস্তু রাখলে লেন্সটির পেছনে 30 cm দূরে বিম্ব গঠিত হয়। বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাঙ্ক 1.33। [সরকারি সোহরাওয়ার্দী কলেজ, পিরোজপুর]

ক. সমবর্তন কাকে বলে?

১

খ. ডোরা ব্যবধান ও ডোরা প্রস্থের মধ্যে সম্পর্ক কী?

২

গ. কাঁচের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর।

৩

ঘ. উদ্দীপকের লেন্সটিকে পানিতে ডুবালে এর ফোকাস দূরত্বের কোন পরিবর্তন হবে কি? গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের কম্পনের ওপর যদি এমন শর্ত আরোপ করা হয় যে কম্পন কেবল একটা নির্দিষ্ট দিকে বা তলেই সীমাবদ্ধ থাকে তবে তাকে সমবর্তন বলে।

খ আমরা জানি, ডোরা ব্যবধান, $\Delta x = \frac{\lambda D}{a}$ (i)

$$\text{এবং ডোরা প্রস্থ, } x = \frac{\lambda D}{2a} \text{(ii)}$$

এখানে λ = তরঙ্গ দৈর্ঘ্য

D = চির থেকে পর্দার দূরত্ব

a = চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব।

(ii) নং সমীকরণ হতে পাই,

$$x = \frac{1}{2} \times \frac{\lambda D}{a}$$

$$\text{বা, } x = \frac{1}{2} \times \Delta x$$

$$\therefore \Delta x = 2x$$

অতএব, ডোরা ব্যবধান = 2 × ডোরা প্রস্থ

গ দেওয়া আছে,

১ম পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_1 = 15 \text{ cm}$

২য় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_2 = -30 \text{ cm}$

বস্তুর দূরত্ব, $u = 60 \text{ cm}$

বিশ্বের দূরত্ব, $v = 30 \text{ cm}$

কাঁচের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu_g = ?$

ধরি, বায়ু মাধ্যমে ফোকাস দূরত্ব = f_a

বায়ুর প্রতিসরাঙ্ক $\mu_a = 1$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f_a}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{60} + \frac{1}{30} = \frac{1}{f_a}$$

$$\text{বা, } \frac{1+2}{60} = \frac{1}{f_a}$$

$$\text{বা, } 3f_a = 60$$

$$\therefore f_a = 20 \text{ cm}$$

$$\text{আবার, } \frac{1}{f_a} = \left(\frac{\mu_g}{\mu_a} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{20} = (\mu_g - 1) \left(\frac{1}{15} + \frac{1}{30} \right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{20} = (\mu_g - 1) \left(\frac{2+1}{30} \right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{20} = (\mu_g - 1) \times \frac{3}{30}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{20} = \frac{\mu_g - 1}{10}$$

$$\text{বা, } \mu_g - 1 = \frac{10}{20}$$

$$\text{বা, } \mu_g = 1 + 0.5 = 1.5 \text{ (Ans.)}$$

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই,

বায়ুতে ফোকাস দূরত্ব, $f_a = 20 \text{ cm}$

কাঁচের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu_g = 1.5$

বায়ুর প্রতিসরাঙ্ক, $\mu_a = 1$

দেওয়া আছে, পানির প্রতিসরাঙ্ক, $\mu_w = 1.33$

লেন্সটিকে বায়ুতে স্থাপন করলে,

$$\frac{1}{f_a} = \left(\frac{\mu_g}{\mu_1} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f_a} = (1.5 - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f_a} = 0.5 \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \text{(i)}$$

লেন্সটিকে পানিতে ডুবালে,

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

$$\text{বা, } \frac{1}{f_w} = \left(\frac{1.5}{1.33} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f_w} = 0.1278 \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \text{(ii)}$$

(i) ÷ (ii) নং সমীকরণ হতে পাই;

$$\frac{\frac{1}{f_a}}{\frac{1}{f_w}} = \frac{0.5}{0.1278}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f_a} \times \frac{f_w}{1} = 3.91$$

$$\text{বা, } f_w = 3.91 \times f_a$$

$$\text{বা, } f_w = 3.91 \times 20 = 78.24 \text{ cm}$$

অতএব লেন্সটিকে পানিতে ডুবালে এর ফোকাস দূরত্ব 3.91 গুণ বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ▶ ২১ একটি যৌগিক অণুবীক্ষণ যন্ত্রে কমপক্ষে দুটি লেন্স থাকে। একটি বস্তুর কাছে অপরটি চোখের কাছে। এদের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 1 cm ও 4 cm এবং লেন্স দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 15 cm চূড়ান্ত প্রতিবিম্ব অভিনেত্র হতে 25cm দূরে গঠিত হয়।

[উত্তরা হাই স্কুল ও কলেজ, ঢাকা]

ক. তরঙ্গ মুখ কী?

১

খ. অপবর্তন কী? এর শর্তগুলো লিখ।

২

গ. অভিনেত্র হতে বাস্তব বিশ্বের দূরত্ব নির্ণয় কর।

৩

ঘ. উদ্দীপকের যন্ত্রটিতে একটি ক্ষুদ্র পিঁপড়াকে কতগুণ বড় দেখাবে? তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যেকোনো সময়ে সমসত্ত্ব মাধ্যমে তরঙ্গস্থিত সমদশা সম্পন্ন কণাগুলোর সম্বরণ পথকে তরঙ্গমুখ বলে।

খ বস্তুর কিনারা ঘেষে আলোকের খানিকটা বেঁকে যাওয়াকে অপবর্তন বলে। তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেলে এই ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। অপবর্তনের শর্ত :

(১) খাড়া ধারের ক্ষেত্রে : ধার খুব তীক্ষ্ণ হতে হবে এবং এর প্রস্থ আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সমান বা কাছাকাছি হতে হবে।

(২) সরল ছিদ্রের ক্ষেত্রে : ছিদ্র খুবই সরল হতে হবে যাতে তার ব্যাস তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ -এর সমান হয় বা কাছাকাছি হয়।

গ দেওয়া আছে,

অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 4 \text{ cm}$

অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব $f_o = 1 \text{ cm}$

লেন্সদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 15 \text{ cm}$

অভিনেত্র হতে চূড়ান্ত প্রতিবিম্বের দূরত্ব, $v_e = -25 \text{ cm}$

অভিনেত্রের ক্ষেত্রে,

$$\frac{1}{f_e} = \frac{1}{u_e} + \frac{1}{v_e}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{4} = \frac{1}{u_e} + \frac{1}{-25}$$

$$\therefore u_e = 3.45 \text{ cm. (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব $f_e = 4 \text{ cm}$

অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব $f_o = 1 \text{ cm}$

লেন্সদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 15 \text{ cm}$

অভিনেত্র হতে চূড়ান্ত প্রতিবিম্বের দূরত্ব, $v_e = 25 \text{ cm}$

আমরা জানি,

$$M = -\frac{v_o}{u_o} \left(1 + \frac{D}{f_e} \right) \dots\dots\dots (i)$$

কিন্তু, (গ) হতে জানি $v_e = 3.45 \text{ cm}$

$$\therefore \text{অভিলক্ষ্য হতে বাস্‌জের বিম্বের দূরত্ব, } v_o = a - u_e \\ = (15 - 3.4) \\ = 11.55 \text{ cm}$$

আবার, অভিলক্ষ্যের ক্ষেত্রে,

$$\frac{1}{f_o} = \frac{1}{u_o} + \frac{1}{v_o}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{u_o} = \frac{1}{f_o} - \frac{1}{v_o}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{u_o} = \frac{1}{1} - \frac{1}{11.55}$$

$$\therefore u_o = 1.09 \text{ cm}$$

$$\therefore m = -\frac{11.55}{1.09} \left(1 + \frac{25}{4} \right)$$

$$\text{বা, } m = -76.82 \text{ (Ans.)}$$

প্রশ্ন ২২ নাজিমের মাইক্রোস্কোপের অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 3 cm এবং 5 cm। যন্ত্রটির অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের মধ্যে সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন দূরত্ব যথাক্রমে 20 cm এবং 11cm করা সম্ভব।

[রাজশাহী সরকারি সিটি কলেজ]

ক. কৌণিক বিবর্ধন কাকে বলে?

১

খ. প্রতিবিম্ব বলতে কী বুঝ?

২

গ. মাইক্রোস্কোপের অভিলক্ষ্য থেকে 3.75cm দূরত্বে বস্তু রাখা হলে স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্বে কত গুণ বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব দেখা যাবে? ৩

ঘ. মাইক্রোস্কোপটির অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্বে পরিবর্তন না ঘটিয়ে 30 গুণ বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব পাওয়া কি সম্ভব আলোচনা কর। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রতিবিম্ব দ্বারা চোখের উৎপন্ন কোণ এবং লক্ষ্যবস্তু দ্বারা চোখে উৎপন্ন কোণের অনুপাতকে কৌণিক বিবর্ধন বলে।

খ কোনো বিন্দু নিঃসৃত আলোকরশ্মি কোনো লেন্সে প্রতিসরণ বা দপণের প্রতিফলনের পর দ্বিতীয় কোনো বিন্দুতে মিলিত হলে বা দ্বিতীয় কোনো বিন্দু থেকে অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হলে দ্বিতীয় বিন্দুকে প্রথম বিন্দুর প্রতিবিম্ব বলে। প্রতিবিম্ব দু'প্রকার হয়। বাস্‌জ ও আবাস্‌জ। প্রতিফলন বা প্রতিসরণের পর রশ্মিগুচ্ছে কোনো বিন্দুতে মিলিত হলে সে বিন্দুতে বাস্‌জের প্রতিবিম্ব গঠিত হয়; তবে রশ্মিগুচ্ছে কোনো বিন্দুতে মিলিত না হওয়া সত্ত্বেও যদি কোনো বিন্দু থেকে অপসারী হচ্ছে বলে মনে হয়, তবে সে বিন্দুতে আবাস্‌জের প্রতিবিম্ব গঠিত হয়।

গ দেওয়া আছে,

অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব, $f_o = 3 \text{ cm}$

অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 5 \text{ cm}$

অভিলক্ষ্য হতে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, $u_o = 3.75 \text{ cm}$

জানা আছে, স্বাভাবিক চোখের স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম

দূরত্ব, $D = 25 \text{ cm}$

বের করতে হবে, স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্বে চূড়ান্ত বিম্ব দেখার ক্ষেত্রে মোট বিবর্ধন, $m = ?$

অভিলক্ষ্য হতে প্রথম প্রতিবিম্বের দূরত্ব v_o হলে, $\frac{1}{v_o} + \frac{1}{u_o} = \frac{1}{f_o}$

$$\text{বা, } \frac{1}{v_o} = \frac{1}{f_o} - \frac{1}{u_o} = \frac{1}{3 \text{ cm}} - \frac{1}{3.75 \text{ cm}} = \frac{1}{15 \text{ cm}}$$

$$\therefore v_o = 15 \text{ cm}$$

আবার, অভিনেত্র হতে প্রথম প্রতিবিম্বের (অভিনেত্রের জন্য যা লক্ষ্যবস্তু হিসেবে কাজ করবে) দূরত্ব u_e হলে, $v_e = -D = -25 \text{ cm}$

$$\therefore \frac{1}{v_e} + \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e} \text{ বা, } \frac{1}{-25 \text{ cm}} + \frac{1}{u_e} = \frac{1}{5 \text{ cm}}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{u_e} = \frac{1}{5 \text{ cm}} + \frac{1}{25 \text{ cm}} = \frac{5+1}{25 \text{ cm}} = \frac{6}{25 \text{ cm}}$$

$$\therefore u_e = \frac{25 \text{ cm}}{6} = 4.167 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{মোট বিবর্ধন, } |m| = |m_1 m_2| = \left| \frac{v_e}{u_e} \right| \left| \frac{v_o}{u_o} \right|$$

$$= \frac{25 \text{ cm}}{4.167 \text{ cm}} \times \frac{15 \text{ cm}}{3.75}$$

$$= 6 \times 4 = 24 \text{ (Ans.)}$$

ঘ স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্বে ($D = 25 \text{ cm}$) বিম্ব দেখতে হলে (অর্থাৎ চূড়ান্ত বিম্ব সবচেয়ে স্পষ্টভাবে দেখতে হলে) অভিনেত্র থেকে প্রথম প্রতিবিম্বের দূরত্ব হতে হবে 4.167 cm, অর্থাৎ অভিনেত্র দ্বারা সৃষ্ট

$$\text{বিবর্ধন, } |M_2| = \left| \frac{v_e}{u_e} \right| = \frac{25 \text{ cm}}{4.167 \text{ cm}} = 6$$

সুতরাং সর্বমোট বিবর্ধন $M = 30$ হতে হলে অভিলক্ষ্য হতে $M_1 = \frac{30}{6}$

বা 5 মানের বিবর্ধন পেতে হবে। লক্ষ্য করি, অভিলক্ষ্য দ্বারা বাস্‌জের প্রতিবিম্ব গঠিত হয়, বাস্‌জের প্রতিবিম্ব লক্ষ্যবস্তুর সাপেক্ষে উল্টা হয় বলে $m_1 = -5$

$$\text{বা, } -\frac{v_o}{u_o} = -5 \text{ বা, } u_o = \frac{v_o}{5}$$

$$\text{তাহলে, } \frac{1}{v_o} + \frac{1}{u_o} = \frac{1}{f_o}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{v_o} + \frac{1}{v_o/5} = \frac{1}{f_o}$$

$$\text{বা, } \frac{1+5}{v_o} = \frac{1}{f_o} \therefore v_o = 6f_o = 6 \times 3 \text{ cm} = 18 \text{ cm}$$

সুতরাং চূড়ান্ত বিঘ মূল লক্ষ্যবস্তুর তুলনায় 30 গুণ বিবর্ধিত হতে হলে অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের মধ্যকার দূরত্ব হতে হবে।

$$= v_o + u_e = 18 \text{ cm} + 4.167 \text{ cm} = 22.167 \text{ cm} > 20 \text{ cm} \text{ (লেঙ্গের মধ্যকার সর্বোচ্চ দূরত্ব)}$$

সুতরাং উদ্দীপকের মাইক্রোস্কোপটির অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্বে পরিবর্তন না ঘটলে 30 গুণ বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব পাওয়া সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ২৩ একটি উত্তোলন লেন্সের দুই পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 15 cm এবং 30 cm বায়ুসাপেক্ষ লেন্সের উপাদানের প্রতিসরণ 3/2 এবং পানির প্রতিসরণাংক 4/3। সৈয়দপুর সরকারি কারিগরী কলেজ, নীলফামারী।

- ক. ফার্মাটের নীতিটি লিখ। ১
- খ. আলোর বিচ্ছুরণে কোন বর্ণের বিচ্যুতি বেশি হয় এবং কেন-ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উদ্দীপকের লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. লেন্সটি পানিতে নিমজ্জিত করলে ফোকাস দূরত্বের কিরূপ পরিবর্তন হবে- গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ফার্মাটের নীতিটি হলো- এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে যাওয়ার সময় আলোক রশ্মির যত সংখ্যক বারই প্রতিফলন বা প্রতিসরণ ঘাই হোক না কেন অনুসৃত পথ সর্বদাই স্থির হবে।

খ আমরা জানি, সূর্যের সাদা আলোতে সাতটি বর্ণের রশ্মির থাকে, এগুলো হলো (বে-নী-আ-স-হ-ক-লা)। বেগুনী বর্ণের রশ্মির জন্য প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাংক বেশি, তাই অন্য যেকোনো বর্ণের রশ্মির তুলনায় প্রিজমে বেগুনী বর্ণের রশ্মির বিচ্যুতি হয় বেশি। ফলে প্রিজমের মধ্যদিয়ে অতিক্রম কালে বেগুনী বর্ণের রশ্মি সবচেয়ে বেশি বেঁকে যায়।

গ দেওয়া আছে,

উত্তোলন লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধদ্বয় $r_1 = 15 \text{ cm}$, $r_2 = -30 \text{ cm}$

বায়ু সাপেক্ষে লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক, $\mu_g = \frac{3}{2}$

বের করতে হবে, বায়ুতে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, $f_a = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{1}{f_a} = (\mu_g - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$= \left(\frac{3}{2} - 1 \right) \left(\frac{1}{15 \text{ cm}} + \frac{1}{30 \text{ cm}} \right) = \frac{1}{2} \times \frac{2+1}{30 \text{ cm}} = \frac{1}{20 \text{ cm}}$$

$$\therefore f_a = 20 \text{ cm}$$

সুতরাং উদ্দীপকের লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব 20 cm.

ঘ মনে করি, পানিতে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব f_w

$$\text{তাহলে, } \frac{1}{f_w} = (\mu_w - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$= \left(\frac{\mu_g}{\mu_w} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \left(\frac{\frac{3}{2}}{\frac{4}{3}} - 1 \right) \left(\frac{1}{15 \text{ cm}} + \frac{1}{30 \text{ cm}} \right)$$

$$= \left(\frac{9}{8} - 1 \right) \left(\frac{2+1}{30 \text{ cm}} \right)$$

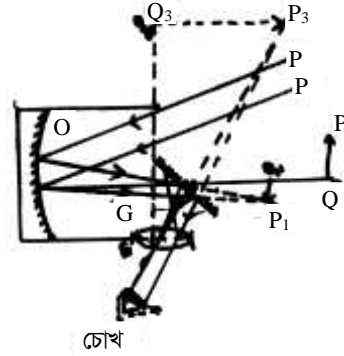
$$= \frac{1}{8} \times \frac{1}{10 \text{ cm}}$$

$$\therefore f_w = 80 \text{ cm}$$

$$\text{এখানে, } \frac{f_w}{f_a} = \frac{80 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} = 4$$

সুতরাং, লেন্সটিকে পানিতে নিমজ্জিত করলে ফোকাস দূরত্ব পূর্বের তুলনায় চারগুণ হবে।

প্রশ্ন ২৪



চিত্রে নিউটনের প্রতিফলক দূরবীন দেখানো হয়েছে। যার অভিলক্ষ ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 50 cm ও 35 cm এবং স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব 25 cm। [চট্টগ্রাম কলেজ, চট্টগ্রাম]

- ক. সুসঙ্গত উৎস কী? ১
- খ. উত্তল লেন্সকে বিবর্ধক কাঁচ হিসাবে কিভাবে ব্যবহার করা যায়? ২
- গ. যন্ত্রটির বিবর্ধন বের কর। ৩
- ঘ. চিত্রের দূরবীনে দর্পণের পরিবর্তে লেন্স ব্যবহার করলে কি ধরনের ত্রুটির সম্মুখীন হতে হয়- যুক্তিসহকারে ব্যাখ্যা কর। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোর যে উৎসগুলো হতে একবর্ণী আলোক তরঙ্গসমূহ সর্বদা সমদশায় নিঃসৃত হয়, তাদেরকে সুসংগত আলোক উৎস বলে।

খ উত্তল লেন্সের প্রধান ফোকাসের মধ্যে কোনো লক্ষ্যবস্তুর স্থাপন করলে তার বিবর্ধিত ও সোজা প্রতিবিম্ব একই পাশে গঠিত হয়। সুতরাং একটি উত্তল লেন্সকে ফ্রেমের মাঝে স্থাপন করে তা আতশী কাচ হিসেবে ব্যবহার করা যায়। এক্ষেত্রে, স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্বে বিম্ব গঠিত হলে তা সবচেয়ে স্পষ্ট ও বিবর্ধিত দেখায়। এজন্য লেন্স হতে লক্ষ্যবস্তুকে এমন দূরত্বে স্থাপন করতে হবে যেন, স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্বে বিম্ব গঠিত হয়। এ দূরত্বের মান D এবং লেন্সের ফোকাস দূরত্ব f হলে উক্ত বিবর্ধক কাচের প্রাপ্ত বিবর্ধন, $m = 1 + \frac{D}{f}$

গ দেওয়া আছে, নিউটনের প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্রের

অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব, $f_o = 50 \text{ cm}$

এবং অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 35 \text{ cm}$

স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব, $D = 25 \text{ cm}$

বের করতে হবে, বিবর্ধন, $M = ?$

আমরা জানি, নিউটনের দূরবীক্ষণ যন্ত্রের ক্ষেত্রে,

$$\text{বিবর্ধন, } M = f_o \left(\frac{1}{D} + \frac{1}{f_e} \right) = 50 \text{ cm} \left(\frac{1}{25 \text{ cm}} + \frac{1}{35 \text{ cm}} \right) = 3.43$$

ঘ চিত্রের দূরবীনে দর্পণের পরিবর্তে লেন্স ব্যবহার করলে বর্ণত্রুটির সম্মুখীন হতে হয়।

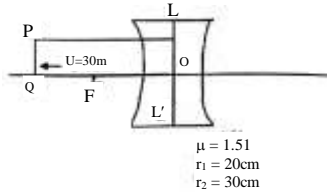
একটি লেন্সে আগত যৌগিক আলোক রশ্মি উপাদান রশ্মিগুলোকে যখন লেন্স প্রতিসরিত করে একই বিন্দুতে ফোকাস করতে ব্যর্থ হয়, তখন বর্ণত্রুটির উদ্ভব হয়। প্রিজমের ন্যায় লেন্সের মধ্যদিয়েও যৌগিক আলোর (সামান্য হলেও) বিচ্ছুরণ ঘটে। এরূপ ঘটনার কারণ হলো, বিভিন্ন বর্ণের (বেনীআসহকলা) আলোক রশ্মির জন্য লেন্সের

উপাদানের প্রতিসরাংক বিভিন্ন। যে রশ্মির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য যত বেশি তার সাপেক্ষে লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক তত কম। তাই লেন্সের মধ্যদিয়ে গমন করলে আলোকরশ্মিগুলোর ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণ বিচ্যুতি ঘটে।

লেন্স দ্বারা গঠিত বিশ্বের সমীমা রেখায় ‘বর্ণত্র-টি’ স্পষ্টরূপে বোঝা যায়, যেখানে বিশ্বের উজ্জ্বল এবং অনুজ্জ্বল অংশগুলো পরস্পর পৃথক দেখানোর কারণে বিশ্বটি দেখতে distorted হয়ে যায়। বর্ণত্র-টি এড়ানোর জন্য নিউটনীয় টেলিস্কোপে অভিলক্ষ্য হিসেবে উত্তল লেন্সের পরিবর্তে অবতল দর্পণের ব্যবহৃত হয়। এতে নিম্নলিখিত সুবিধাগুলো পাওয়া যায়, যা লেন্স ব্যবহারে পাওয়া যায় না :

১. নিউটনীয় প্রতিপলক টেলিস্কোপ ‘বর্ণত্র-টি’ মুক্ত।
২. অভিলক্ষ্যের নির্দিষ্ট (বৃহৎ) ব্যাস বা উন্মেষের জন্য প্রতিসারক টেলিস্কোপ অপেক্ষা প্রতিফলক টেলিস্কোপ তৈরি করা সহজতর এবং কম খরচ সাপেক্ষ।
৩. প্রতিফলক টেলিস্কোপে একটি মাত্র তল আছে যা ভূ-সংযুক্ত এবং জটিল আকৃতিতে পালিশ করতে হয়, তাই অন্যান্য দূরবীণের তুলনায় নিউটনীয় দূরবীণের সর্বোপরি গড়ন/গঠন বেশ সংক্ষিপ্ততর।
৪. নিউটনীয় দূরবীণের ক্ষেত্রে ক্ষুদ্রমানের ফোকাল অনুপাত খুব সহজেই অর্জন করা যায়, ফলে দৃষ্টি পরিসীমা বিস্তৃততর হয়।
৫. এক্ষেত্রে অভিনেত্র থাকে টেলিস্কোপের উপরিপ্রান্তে। এ কারণে এবং ক্ষুদ্র ফোকাল অনুপাতের কারণে দূরবীণটি বহুভাবে এবং অনেক সংক্ষিপ্ত পরিসরে বসানো যায়। এতে খরচ কমে এবং দূরবীণের বহনযোগ্যতা বাড়ে।

প্রশ্ন ২৫



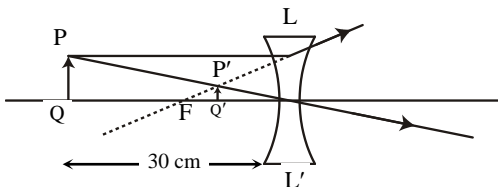
চিত্রে একটি অবতল লেন্সের সামনে 30 cm দূরে একটি বস্তু অবস্থিত। লেন্সটির প্রতিসরাংক 1.51 এর বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 20 cm ও 30 cm। [বাংলাদেশ নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম, আহমদ উদ্দিন শাহ শিশু নিকেতন স্কুল ও কলেজ, গাইবান্ধা]

- ক. আলোর ব্যতিচার কি? ১
- খ. রশ্মি চিত্রের মাধ্যমে বিশ্বটির অবস্থান সনাক্ত কর। ২
- গ. গাণিতিকভাবে বিশ্বটির অবস্থান, আকৃতি, প্রকৃতি নির্ধারণ কর। ৩
- ঘ. লেন্সটির -2D ক্ষমতা বিশিষ্ট অবতল লেন্সে পরিণত করার জন্য কি ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে তা যাচাই কর। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. দুটি সুসঙ্গত উৎস থেকে নিঃসৃত দুটি আলোক তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে কোনো বিন্দুর আলোক তীব্রতা বৃদ্ধি পায় আবার কোনো বিন্দুর তীব্রতা হ্রাস পায়। এর ফলে কোনো তলে পর্যায়ক্রমে আলোকজ্জ্বল ও অন্ধকার অবস্থার সৃষ্টি হয়। কোনো স্থানে বিন্দু থেকে বিন্দুতে আলোর তীব্রতার এই পর্যায়ক্রমিক তারতম্যকে আলোর ব্যতিচার বলে।

খ



এখানে P'Q' হলো প্রতিবিশ্ব যার অবস্থান ফোকাস বিন্দু এবং আলোক কেন্দ্রের মাঝে।

গ. দেওয়া আছে, লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক, $\mu = 1.51$

তলের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_1 = -20 \text{ cm}$, $r_2 = +30 \text{ cm}$

লেন্স হতে লক্ষ্য বস্তুর দূরত্ব, $u = 30 \text{ cm}$

বের করতে হবে, প্রতিবিশ্বের অবস্থান, $v = ?$

আকৃতি বা বিবর্ধন, $m = ?$

এবং প্রকৃতি = ?

লেন্সের ফোকাস দূরত্ব f হলে, $\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$

$$= (1.51 - 1) \left(-\frac{1}{20 \text{ cm}} - \frac{1}{30 \text{ cm}} \right) = -0.0425 \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{আবার, } \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ বা, } \frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u} = -0.0425 \text{ cm}^{-1} - \frac{1}{30 \text{ cm}}$$

$$= -0.07583 \text{ cm}^{-1}$$

$$\therefore v = (-0.07583 \text{ cm}^{-1})^{-1} = -13.19 \text{ cm}$$

সুতরাং প্রতিবিশ্বের অবস্থান : লেন্সের যে পাশে লক্ষ্যবস্তু অবস্থিত সে পাশে লেন্স হতে 13.19 cm দূরে।

$$\text{রৈখিক বিবর্ধন, } m = -\frac{v}{u} = -\frac{-13.19 \text{ cm}}{30 \text{ cm}} = +0.44$$

রৈখিক বিবর্ধনের সাংখ্যিক মান 1 অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর হওয়ায় প্রতিবিশ্ব লক্ষ্যবস্তুর তুলনায় খর্বাকার। ইহাই আকৃতি। প্রতিবিশ্বটি আবাস্জ। বিবর্ধন m ধন্বক পাওয়ায় প্রতিবিশ্বটি সোজা।

\therefore প্রতিবিশ্বের প্রকৃতি : আবাস্জ ও সোজা।

ঘ. লেন্সের উপাদান ও জ্যামিতিক আকার-আকৃতি পরিবর্তন না করলে বায়ু মাধ্যম এর ফোকাস দূরত্ব ও ক্ষমতার কোনো পরিবর্তন ঘটবে না। তবে লেন্সটিকে অন্য কোনো মাধ্যমে রাখলে এর আপেক্ষিক প্রতিসরাংকের পরিবর্তন ঘটায় ক্ষমতারও পরিবর্তন ঘটবে। তখন উদ্দিষ্ট মাধ্যমের পরম প্রতিসরাংক μ' হলে,

$$\text{লেন্সের ক্ষমতা, } p = \frac{1}{f} = \left(\frac{\mu}{\mu'} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\text{বা, } -2D = \left(\frac{1.51}{\mu'} - 1 \right) \left(\frac{-1}{20 \text{ cm}} - \frac{1}{30 \text{ cm}} \right)$$

$$= \left(\frac{1.51}{\mu'} - 1 \right) \left(-\frac{1}{12} \text{ cm}^{-1} \right)$$

$$\text{বা, } \left(\frac{1.51}{\mu'} - 1 \right) \left(-\frac{1}{12} \times 100 \text{ m}^{-1} \right) = -2 \text{ m}^{-1}$$

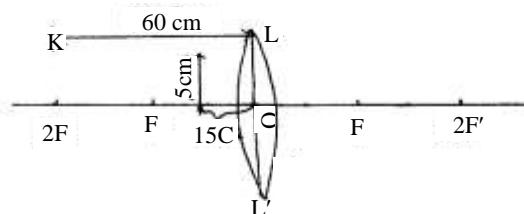
$$\text{বা, } \frac{1.51}{\mu'} - 1 = \frac{-2 \text{ m}^{-1}}{-\frac{1}{12} \times 100 \text{ m}^{-1}} = 0.24$$

$$\text{বা, } \frac{1.51}{\mu'} = 1 + 0.24$$

$$\text{বা, } \mu' = \frac{1.51}{1.24} = 1.218$$

সুতরাং লেন্সটিকে -2D ক্ষমতা বিশিষ্ট অবতল লেন্সে পরিণত করার জন্য একে 1.218 পরম প্রতিসরাংক বিশিষ্ট মাধ্যমে রাখতে হবে।

প্রশ্ন ২৬



[খুলনা পাবলিক কলেজ]

- ক. অপবর্তন কী? ১
 খ. আলোর বিচ্ছুরণে বেগুণী বর্ণের বিচ্যুতি সবচেয়ে বেশি-
 ব্যাখ্যা কর। ২
 গ. সৃষ্ট প্রতিবিশ্বের আকৃতি নির্ণয় কর। ৩
 ঘ. যদি লক্ষ্যবস্তুর আলোক কেন্দ্র থেকে 20 cm দূরে স্থাপন
 করা হয় তাহলে প্রতিবিশ্বের আকৃতির পরিবর্তন গাণিতিকভাবে
 বিশ্লেষণ কর। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তীক্ষ্ণ ধার ঘেঁষে যাবার সময় বা সরে ছিদ্র দিয়ে যাবার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যায়। এ ধর্মকে আলোর অপবর্তন বলে।

খ. সাদা আলোয় যে সাতটি বর্ণের (বেনী আসহ কলা) রশ্মি থাকে তার মধ্যে বেগুণী রশ্মির জন্য প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক (μ) সবচেয়ে বেশি। প্রিজমের এক পাশে সাদা আলো আপতিত হলে সবগুলো রশ্মির জন্য আপতন কোণ (i_1) একই। $\mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1}$ বা, $\sin r_1 = \frac{\sin i_1}{\mu}$ সূত্রানুসারে i_1 এর প্রবমানের জন্য μ বেশি হলে $\sin r_1$ কম হবে অর্থাৎ, r_1 কম হবে।

আবার, $A = r_1 + r_2$ বা $r_2 = A - r_1$, সম্পর্ক অনুসারে r_1 কম হলে r_2 বা $\sin r_2$ বেশি হবে। $\mu = \frac{\sin i_2}{\sin r_2}$ বা, $\sin i_2 = \mu \sin r_2$ সূত্রানুসারে $\sin r_2$ বেশি হলে $\sin i_2$ বেশি হবে, ফলে i_2 ও বেশিমানের হবে। আবার বিচ্যুতি $\delta = i_1 + i_2 - A$ সূত্রে i_1 এবং A প্রবমানের হওয়ায় যেক্ষেত্রে (বেগুণী আলোর জন্য) i_2 বেশি হবে, সেক্ষেত্রে δ -এর মান বেশি হবে। এ কারণে, আলোর বিচ্ছুরণে বেগুণী বর্ণের বিচ্যুতি সবচেয়ে বেশি।

গ. দেওয়া আছে,

লক্ষ্য বস্তুর আকার, $L_o = 5 \text{ cm}$

উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, $f = \frac{r}{2} = \frac{60 \text{ cm}}{2} = 30 \text{ cm}$

লেন্স হতে লক্ষ্য বস্তুর দূরত্ব, $u = 15 \text{ cm}$

বের করতে হবে, প্রতিবিশ্বের আকার, $L_i = ?$

লেন্স হতে প্রতিবিশ্বের দূরত্ব v হলে, $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$

$$\text{বা, } \frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u} = \frac{1}{30 \text{ cm}} - \frac{1}{15 \text{ cm}} = -\frac{1}{30 \text{ cm}}$$

$$\therefore v = -30 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{রৈখিক বিবর্ধনের মান, } m = \left| \frac{v}{u} \right| = \left| \frac{-30 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} \right| = 2$$

$$\text{আমরা জানি, } m = \frac{L_i}{L_o}$$

$$\therefore L_i = mL_o = 2 \times 5 \text{ cm} = 10 \text{ cm} \text{ (Ans.)}$$

ঘ. লেন্সের আলোক কেন্দ্র হতে লক্ষ্যবস্তুর 20 cm দূরে স্থাপন করা হলে $u = 20 \text{ cm}$

এক্ষেত্রে আলোক কেন্দ্র হতে প্রতিবিশ্বের দূরত্ব v হলে,

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u} = \frac{1}{30 \text{ cm}} - \frac{1}{20 \text{ cm}} = -\frac{1}{60 \text{ cm}}$$

$$\therefore v = -60 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{রৈখিক বিবর্ধনের মান, } m' = \left| \frac{v}{u} \right| = \left| \frac{-60 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} \right| = 3$$

$$\text{এবং প্রতিবিশ্বের আকার, } L_i' \text{ হলে, } m' = \frac{L_i'}{L_o}$$

$$\therefore L_i = mL_o = 3 \times 5 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{প্রতিবিশ্বের আকারের পরিবর্তন, } = L_i' - L_i = 15 \text{ cm} - 10 \text{ cm} = 5 \text{ cm}$$

প্রশ্ন ২৭



AB = BC = CA এবং উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.48

[বাংলাদেশ নৌবাহিনী স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা]

- ক. আলোর অপবর্তন কী? ১
 খ. বিপদ সংকেত লাল আলো ব্যবহার করা হয় কেন- ব্যাখ্যা কর। ২
 গ. উদ্দীপকের প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় কর। ৩
 ঘ. উদ্দীপকে প্রদর্শিত প্রিজমটির “ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ 5° বৃদ্ধি করলে প্রতিসরাঙ্ক কোণ 5.1° বৃদ্ধি পাবে” উক্তিটির যথার্থতা যাচাই কর। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো প্রতিবন্ধকের ধার ঘেঁষে বা সরে চিড়ের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় জ্যামিতিক ছায়া অঞ্চলের মধ্যে আলোর বেঁকে যাওয়ার ঘটনাকে আলোর অপবর্তন বলা হয়।

খ. দৃশ্যমান আলোর সাতটি বর্ণের মধ্যে লাল আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য সর্বাধিক বেশি। আবার, তরঙ্গের বিক্ষেপণ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের চতুর্থ ঘাতের ব্যস্পন্দনুপাতিক বলে বায়ুমন্ডলের মধ্য দিয়ে যাবার পথে অন্যান্য বর্ণের আলোর তুলনায় লাল বর্ণের আলোর বিক্ষেপণ কম হবে। এ কারণে লাল আলো বায়ুমন্ডলে অধিক দূর পর্যন্ত বিস্তার লাভ করতে পারে। ফলে কোনো বিপজ্জনক স্থানে আমার অনেক আগে থেকেই গাড়ির চালক লাল আলো দেখতে পেয়ে বিপদ সম্পর্কে সতর্ক হতে পারে। তাই বিপদ সংকেতে সর্বদা লাল আলো ব্যবহার করা হয়।

গ.

আমরা জানি,

$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta_m}{2}\right)}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\text{বা, } 1.48 = \frac{\sin\left(\frac{60^\circ + \delta_m}{2}\right)}{\sin \frac{60^\circ}{2}}$$

$$\text{বা, } \sin\left(\frac{60^\circ + \delta_m}{2}\right) = 1.48 \times \sin 30^\circ = 0.74$$

$$\text{বা, } \delta_m = 2 \times \sin^{-1}(0.74) - 60^\circ$$

$$\therefore \delta_m = 35.46^\circ$$

অতএব, প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ 35.46°.

ঘ. এখানে, প্রিজমটির উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu = 1.48$

প্রিজমটির প্রতিসরাঙ্ক কোণ, $A = 60^\circ$

ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, $\delta_m = 35.46^\circ$

ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ 5° বৃদ্ধি করলে ন্যূনতম

বিচ্যুতি কোণ হবে, $\delta'_m = 35.46^\circ + 5^\circ$

$$= 40.46^\circ$$

এবং প্রতিসরাঙ্ক কোণ A' হলে আমরা জানি,

এখানে,

প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu = 1.48$

$\therefore AB = BC = CA$

\therefore প্রিজম কোণ, $A = 60^\circ$

ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, $\delta_m = ?$

$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A' + \delta'_m}{2}\right)}{\sin\frac{A'}{2}}$$

$$\text{বা, } \mu = \frac{\sin\left(\frac{A'}{2} + \frac{\delta'_m}{2}\right)}{\sin\frac{A'}{2}}$$

$$\text{বা, } \mu = \frac{\sin\frac{A'}{2} \cos\frac{\delta'_m}{2} + \sin\frac{\delta'_m}{2} \cos\frac{A'}{2}}{\sin\frac{A'}{2}}$$

$$\text{বা, } \mu = \cos\frac{\delta'_m}{2} + \sin\frac{\delta'_m}{2} \cot\frac{A'}{2}$$

$$\text{বা, } 1.48 = \cos\left(\frac{40.46^\circ}{2}\right) + \sin\left(\frac{40.46^\circ}{2}\right) \cot\frac{A'}{2}$$

$$\text{বা, } \cot\left(\frac{A'}{2}\right) = 1.567$$

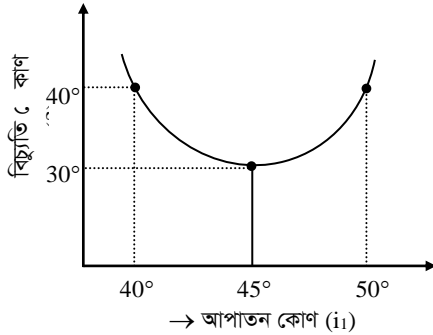
$$\text{বা, } \frac{A'}{2} = 32.54^\circ$$

$$\therefore A' = 65.1^\circ$$

$$\therefore \text{প্রতিসারক কোণ বৃদ্ধি পাবে} = A' - A = 65.1^\circ - 60^\circ = 5.1^\circ$$

অতএব, গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায়, ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ 5° বৃদ্ধি করলে প্রতিসারক কোণ 5.1° বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ▶ ২৮ নিচের চিত্রে একটি সমবাহু প্রিজমের ভিন্ন ভিন্ন আপতন কোণের জন্য বিচ্যুতি কোণ বনাম আপতন কোণ লেখচিত্রে দেখানো হয়েছে।



[সেতাবগঞ্জ অনার্স কলেজ, দিনাজপুর]

ক. তরঙ্গমুখ কাকে বলে? ১

খ. অবতল লেন্সে বাস্‌জের প্রতিবিম্ব পাওয়া যায় কিনা— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উল্লেখিত প্রিজমটির উপাদানের প্রতিসরাংক কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের চিত্রে প্রদর্শিত তিনটি আপতন কোণের জন্য স্ব স্ব নির্গত কোণের মান সমান হবে কি? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন তরঙ্গের উপর অবস্থিত সমদশা সম্পন্ন কণাগুলোর গতিপথকে তরঙ্গমুখ বলে।

খ অবতল লেন্সে বাস্‌জের প্রতিবিম্ব পাওয়া যায় না, কারণ অবতল লেন্সের প্রধান অক্ষের উপর অবস্থিত কোন বস্তুর বিভিন্ন অবস্থানের জন্য আলোক রশ্মি লেন্সে আপতিত হয়ে প্রতিসরণের পর সব সময় অপসারী হয়। অর্থাৎ প্রতিসরণের পর প্রকৃতপক্ষে প্রধান অক্ষের উপর কোন বিন্দুতে মিলিত হয় না। ফলে বস্তুর অবাস্‌জের বিম্ব গঠিত হয় এবং কোনো বাস্‌জের বিম্ব পাওয়া যায় না।

গ

আমরা জানি,

$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta_m}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}}$$

$$= \frac{\sin\left(\frac{60^\circ + 30^\circ}{2}\right)}{\sin\frac{60^\circ}{2}}$$

$$= \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ}$$

$$= \sqrt{2}$$

অতএব, উল্লেখিত প্রিজমটির উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক $\sqrt{2}$

ঘ এখানে,

আপতন কোণ, $i_1 = 40^\circ$, $i_2 = 45^\circ$ এবং $i_3 = 50^\circ$ এর জন্য বিচ্যুতি কোণ যথাক্রমে $\delta_1 = 40^\circ$, $\delta_2 = 30^\circ$ এবং $\delta_3 = 40^\circ$ ধরি, i_1 , i_2 ও i_3 আপতন কোণ তিনটির জন্য স্ব স্ব নির্গত কোণ যথাক্রমে i_1' , i_2' ও i_3'

আমরা জানি,

$$\delta_1 = i_1 + i_1' - A \quad [\text{প্রিজমের কোণ } A = 60^\circ]$$

$$\text{বা, } i_1' = \delta_1 + A - i_1$$

$$= 40^\circ + 60^\circ - 40^\circ = 60^\circ$$

অনুরূপভাবে,

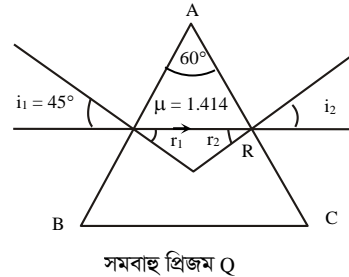
$$i_2' = \delta_2 + A - i_2 = 30^\circ + 60^\circ - 45^\circ = 45^\circ$$

$$i_3' = \delta_3 + A - i_3 = 40^\circ + 60^\circ - 50^\circ = 50^\circ$$

যেহেতু, $i_1' \neq i_2' \neq i_3'$

অতএব, চিত্রে প্রদর্শিত তিনটি আপতন কোণের জন্য স্ব স্ব নির্গত কোণের মান সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ২৯ ABC একটি প্রিজমে আলোকরশ্মি 48.6° কোণে আপতিত হলে এর গতি চিত্রে দেখানো হল।



[নীলফামারী সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. অপবর্তন গ্রেটিং কি? ১

খ. লাল বর্ণের আলোর বিচ্যুতি বেগুনি বর্ণের আলোর বিচ্যুতি অপেক্ষা কম কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. যদি AC পৃষ্ঠটি 1.0606 প্রতিসরাংকের তরল দ্বারা আবৃত করে দেয়া হয়, তবে RS রশ্মিটির গতিপথের কিরূপ পরিবর্তন ঘটবে। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পাশাপাশি স্থাপিত অনেকগুলো সমপ্রস্থের সূক্ষ্ম চির সম্পন্ন পাতকে অপবর্তন গ্রেটিং বলে।

খ দৃশ্যমান আলোর মধ্যে লাল আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য সব থেকে বড়, প্রতিসরাংক সব থেকে কম এবং বেগুনি আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য সব থেকে ছোট, প্রতিসরাংক সব থেকে বেশি। সরল প্রিজমের বিচ্যুতির

রাশিমালা থেকে দেখা যায়, $\delta = (\mu - 1)A$ । এই সমীকরণ অনুযায়ী প্রতিসরাংকের মান বড় হলে বিচ্যুতিও বেশি হয়। লাল আলোর প্রতিসরাংক বেগুণী আলোর প্রতিসরাংকের চেয়ে ছোট বলে লাল বর্ণের আলোর বিচ্যুতি বেগুণী বর্ণের আলোর বিচ্যুতি অপেক্ষা কম।

গ দেওয়া আছে,

প্রিজম কোণ, $A = 75^\circ$

প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাংক, $\mu_g = 1.5$

ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, $\delta_m = ?$

আমরা জানি,

$$\mu_g = \frac{\sin \frac{A + \delta_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\text{বা, } 1.5 = \frac{\sin \frac{A + \delta_m}{2}}{\sin \frac{75}{2}}$$

$$\text{বা, } \sin \left(\frac{A + \delta_m}{2} \right) = 0.913$$

$$\text{বা, } \frac{A + \delta_m}{2} = \sin^{-1}(0.913)$$

$$\text{বা, } \frac{A + \delta_m}{2} = 66^\circ$$

$$\text{বা, } A + \delta_m = 132^\circ$$

$$\text{বা, } \delta_m = 132^\circ - A$$

$$\text{বা, } \delta_m = 132^\circ - 75^\circ$$

$$\therefore \delta_m = 57^\circ \text{ (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

AB তলের বাইরের প্রতিসরাংক, $\mu_a = 1$

প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাংক, $\mu_g = 1.5$

AC তলের বাইরের প্রতিসরাংক, $\mu_r = 1.0606$

AB তলে আপতন কোণ, $i_1 = 48.6^\circ$

AC তলে নির্গমন কোণ, $i_2 = ?$

প্রিজম কোণ, $A = 75^\circ$

আমরা জানি, $\mu_a \mu_g = \frac{\sin i_1}{\sin r_1}$

$$\text{বা, } \frac{\mu_g}{\mu_a} = \frac{\sin 48.6^\circ}{\sin r_1}$$

$$\text{বা, } \frac{1.5}{1} = \frac{0.75}{\sin r_1}$$

$$\text{বা, } \sin r_1 = \frac{0.75}{1.5}$$

$$\therefore r_1 = 30^\circ$$

আবার, $A = r_1 + r_2$

$$\therefore r_2 = A - r_1 = 75^\circ - 30^\circ = 45^\circ$$

$$\text{আবার, } \mu_r \mu_g = \frac{\sin r_2}{\sin i_2}$$

$$\text{বা, } \frac{\mu_r}{\mu_g} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin i_2}$$

$$\text{বা, } \frac{1.0606}{1.5} = \frac{0.707}{\sin i_2}$$

$$\text{বা, } \sin i_2 = \frac{0.707 \times 1.5}{1.0606}$$

$$\text{বা, } \sin i_2 = 1$$

$$\text{বা, } i_2 = \sin^{-1}(1)$$

$$\therefore i_2 = 90^\circ$$

অতএব, যদি AC পৃষ্ঠটি 1.0606 প্রতিসরাংকের তরল দ্বারা আবৃত করে দেয়া হয়, তবে RS রশ্মিটি AC পৃষ্ঠ ঘেঁষে নির্গত হবে।

প্রশ্ন ৩০ কাঁচের তৈরি একটি উত্তল লেন্সের বক্রতার যথাক্রম 20 cm ও 18 cm লেন্সটিকে বায়ুতে স্থাপন 25 cm দূরে স্থাপন করে প্রতিবিম্ব গঠন করা হল। বায়ু সাপেক্ষে পানি ও কাঁচের প্রতিসরাংক যথাক্রমে $\frac{4}{3}$ ও $\frac{3}{2}$

[বি এন কলেজ, ঢাকা]

ক. সংকট কোণ কাকে বলে?

১

খ. বায়ু সাপেক্ষে কাঁচের প্রতিসরাংক $\frac{3}{2}$ বলতে কি বুঝ?

২

গ. বর্ণিত বস্তুর প্রতিবিম্ব কত গুণ বিবর্ধিত হবে।

৩

ঘ. লেন্সটিকে একই অবস্থায় পানিতে স্থাপন করে একই দূরত্বে বস্তুর জন্য বিবর্ধন ও প্রতিবিম্বের প্রকৃতি কিরূপ হবে।

৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোক রশ্মি ঘন মাধ্যম হতে হালকা মাধ্যমে প্রতিসরিত হলে ঘন মাধ্যমের যে আপতন কোণের জন্য প্রতিসরণ কোণের মান 90° হয় বা প্রতিসৃত রশ্মি বিভেদতল ঘেষে যায় ঘন মাধ্যমে সেই আপতন কোণকে সংকট কোণ বলে।

খ বায়ু সাপেক্ষে কাঁচের প্রতিসরাংক $\frac{3}{2}$ বলতে বোঝায় আলোক রশ্মি বায়ু হতে কাচে প্রতিসরণের ক্ষেত্রে আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত $\frac{3}{2}$ ।

গ এখানে, ১ম পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_1 = 20 \text{ cm}$

২য় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_2 = -18 \text{ cm}$

ফোকাস দূরত্ব, $f = ?$

বস্তুর দূরত্ব, $u = 25 \text{ cm}$

কাঁচের প্রতিসরাংক, $\mu_g = 1.5$

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

$$\Rightarrow \frac{1}{v} + \frac{1}{25} = (1.5 - 1) \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{18} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{v} + \frac{1}{25} = 0.0527$$

$$\Rightarrow \frac{1}{v} = 0.052 - 0.04$$

$$\therefore v = 78.26$$

$$\therefore \text{বিবর্ধন, } \left| \frac{v}{u} \right| = \left| \frac{78.26}{25} \right|$$

$$= 3$$

\therefore 3 গুণ বিবর্ধিত হবে।

ঘ আমরা জানি, $w \mu_g = \frac{\mu_g}{\mu_w}$

$$= \frac{3/2}{4/3}$$

$$= \frac{9}{8}$$

$$= \frac{9}{8}$$

আমরা জানি,

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = (w \mu_g - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{v} = \left(\frac{9}{8} - 1 \right) \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{18} \right) -$$

$$\frac{1}{25}$$

$$= 0.01319 - 0.04$$

$$= -0.026$$

$$\therefore v = -37.305 \text{ cm}$$

যেহেতু প্রতিবিম্বের দূরত্ব ঋণাত্মক তাই প্রতিবিম্ব হবে অবাস্তব ও সোজা।

$$\therefore \text{বিবর্ধন} = \left| \frac{37.305}{25} \right|$$

এখানে,

$$r_1 = 20 \text{ cm}$$

$$r_2 = -18 \text{ cm}$$

$$w \mu_g = \frac{9}{8}$$

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

$$v = ?$$

= 1.5

অতএব, লেন্সটিকে একই অবস্থায় পানিতে স্থাপন করে একই দূরত্বে বস্তুর জন্য বিবর্ধন পূর্বের বিবর্ধনের অর্ধেক হবে এবং প্রতিবিম্ব অবাস্তব ও সোজা হবে।

SURE
12

অধ্যায়টির গুরুত্বপূর্ণ জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্রশ্নোত্তর
(নির্বাচনী পরীক্ষার প্রশ্ন বিশেষ-মণে প্রাপ্ত)

► ক নং প্রশ্ন (জ্ঞানমূলক)

প্রশ্ন-১. বর্ণালী কাকে বলে?

উত্তর: কোনো মাধ্যমে প্রতিসরণের ফলে যৌগিক আলোর বিচ্ছুরণের জন্য মূল রঙের যে পট্রি পাওয়া যায় তাকে বর্ণালী বলে।

প্রশ্ন-২. আলোক কেন্দ্র কাকে বলে?

উত্তর: লেন্সের যে বিন্দুর মধ্যে দিয়ে আলোকরশ্মি গমন করলে প্রতি সরণের পর আলোক রশ্মির দিকের পরিবর্তন হয় না তাকে আলোক কেন্দ্র বলে।

প্রশ্ন-৩. সমতলোত্তল লেন্স কাকে বলে?

উত্তর: যে লেন্সের একটি তল সমতল ও অপরটি উত্তল তাকে সমতলোত্তল লেন্স বলে।

প্রশ্ন-৪. বক্রতার ব্যাসার্ধ কাকে বলে?

উত্তর: লেন্সের কোনো পৃষ্ঠে যে গোলকের অংশ সেই গোলকের ব্যাসার্ধকে লেন্সের ঐ পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ বলে।

প্রশ্ন-৫. একবর্ণী আলো কাকে বলে?

উত্তর: যে আলোক রশ্মির একটিমাত্র তরঙ্গদৈর্ঘ্য থাকে তাকে একবর্ণী আলো বলে।

প্রশ্ন-৬. নভো দূরবীক্ষণ যন্ত্র কাকে বলে?

উত্তর: চন্দ্র, সূর্য, গ্রহ নক্ষত্র প্রভৃতি নভোমণ্ডলীয় বস্তু পর্যবেক্ষণ যে দূরবীক্ষণ যন্ত্র ব্যবহৃত হয় তাকে নভো দূরবীক্ষণ যন্ত্র বলে।

প্রশ্ন-৭. বিচ্যুতি কোণ কী?

উত্তর: প্রিজমের যে প্রতিসারক তল হতে নির্গত রশ্মি এবং প্রথম প্রতিসারক তলের আপতন রশ্মির মধ্যবর্তী কোণকে বিচ্যুতি বলে।

প্রশ্ন-৮. প্রিজমের শীর্ষ কাকে বলে?

উত্তর: প্রিজমের তলদ্বয় যে রেখায় ছেদ করে তাকে প্রিজমের শীর্ষ বলে।

প্রশ্ন-৯. সরল প্রিজম কী?

উত্তর: যে প্রিজমের প্রিজম কোন 60° অপেক্ষা ছোট তাকে সরল প্রিজম বলে।

► খ নং প্রশ্ন (অনুধাবনমূলক)

প্রশ্ন-১. একটি চশমার ক্ষমতা +4 ডায়পটার এর অর্থ কী?

উত্তর: এখানে, $P = +4$ ডায়পটার।

$$\therefore f = +\frac{1}{P}m = +0.25m$$

তা হল 'চশমার ক্ষমতা +4 ডায়পটার' কথাটির অর্থ হলো: ব্যবহৃত লেন্সটি উত্তল এং এর ফোকাস দূরত্ব 0.25m।

প্রশ্ন-২. সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্র বা বিবর্ধক কাচের মূলনীতি ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: আমরা জানি উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব অপেক্ষা কম দূরত্বে একটি বস্তু রাখলে লেন্সে তার একটি সিধা, অবাস্তব ও আকারে বড় প্রতিবিম্ব বস্তু একই পার্শ্বে গঠিত হয় এবং বস্তু যত লেন্সের নিকটে অবস্থান করে বিবর্ধন তত বেশি হয় বা প্রতিবিম্ব লেন্স হতে তত দূরে গঠিত হয়। লেন্সের অপর পার্শ্বে চোখ রাখলে বস্তু পরিবর্তে এই বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব দেখতে পাওয়া যায়। অবশ্য প্রতিবিম্বটি চোখের স্পষ্ট দর্শনের নিকটে বিন্দুতে গঠিত হলে তাকে বিনা ক্রেশে সবচেয়ে বেশি স্পষ্ট দেখা সম্ভব হয়। এটিই সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের ক্রিয়া প্রণালীর মূলনীতি।

প্রশ্ন-৩. সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রে কোন কোন শর্তে বিবর্ধন ক্ষমতা বৃদ্ধি পাবে?

উত্তর: সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রে নিম্নলিখিত শর্তসমূহের ক্ষেত্রে বিবর্ধন ক্ষমতা বৃদ্ধি পাবে—

i. লেন্সের ফোকাস দূরত্ব f যত কম হবে তার বিবর্ধন ক্ষমতা তত বৃদ্ধি পাবে।

ii. স্বাভাবিক চোখ অপেক্ষা ক্ষীণ দৃষ্টিসম্পন্ন চোখে প্রতিবিম্ব ছোট এবং দূর দৃষ্টিসম্পন্ন চোখে প্রতিবিম্ব বড় দেখাবে।

iii. পর্যবেক্ষকের চোখ হতে লেন্সের দূরত্ব যত কম হবে বিবর্ধন তত বেশি হবে। এ কারণে চোখ যথাসম্ভব লেন্সের নিকটে রাখলে প্রতিবিম্ব সবচেয়ে স্পষ্ট ও বিবর্ধিত দেখাবে।

প্রশ্ন-৪. জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধন ক্ষমতা কোন কোন শর্ত সমূহে বৃদ্ধি পাবে?

উত্তর: নিম্নলিখিত শর্ত সমূহের ক্ষেত্রে জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধন ক্ষমতা বৃদ্ধি পাবে।

i. u যত ছোট হবে অর্থাৎ বস্তু যত অভিলক্ষ্যের নিকটে অবস্থান করবে, প্রতিবিম্ব আকারে তত বড় দেখাবে। কিন্তু লক্ষ্যবস্তুকে সর্বদা অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্বের বাইরে রাখতে হবে। সুতরাং অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব যতদূর সম্ভব ছোট হতে হবে।

ii. v যত বড় হবে অর্থাৎ অভিলক্ষ্যে প্রতিবিম্ব যত দূরে গঠিত হবে, শেষ প্রতিবিম্ব আকারে তত বড় হবে। এতে যন্ত্রের দৈর্ঘ্য বড় হতে হবে।

iii. অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব f_o যত ছোট হবে, যন্ত্রে তত বড় প্রতিবিম্ব গঠিত হবে।

iv. যে চোখের স্পষ্ট দৃষ্টির ন্যূনতম দূরত্ব D যত বেশি হবে, সে চোখে প্রতিবিম্ব তত বড় দেখাবে।

প্রশ্ন-৫. প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্রের সুবিধা কী?

উত্তর: প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্রে নিম্নলিখিত সুবিধা পরিলক্ষিত হয়—

i. এই দূরবীক্ষণে বর্ণ ত্রুটি বা গোলকীয় ত্রুটি থাকে না। ফলে উজ্জ্বল ও ত্রুটিমুক্ত প্রতিবিম্ব পাওয়া যায়।

ii. বড় উন্মেষের লেন্স তৈরির চেয়ে বড় উন্মেষের দর্পণ তৈরি অনেক সহজ।

প্রশ্ন-৬. দূরবীক্ষণ যন্ত্রের বৈশিষ্ট্য লেখ।

উত্তর: দূরবীক্ষণ যন্ত্রের বৈশিষ্ট্যগুলো হল—

i. দূরের বস্তু দেখার কাজে ব্যবহৃত হয়।

ii. অভিনেত্রের সাপেক্ষে অভিলক্ষ্য লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ও উন্মেষ বড় হয়।

iii. অভিলক্ষ্যে লক্ষ্যবস্তুর আকারের চেয়ে ছোট আকারের প্রতিবিম্ব গঠিত হয় এবং ঐ প্রতিবিম্ব অভিনেত্র দ্বারা গঠিত হয়।

iv. অভিলক্ষ্যে লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব তার ফোকাস তলে গঠিত হয়।

v. চূড়ান্ত প্রতিবিম্ব কোনো কোনো দূরবীক্ষণ যন্ত্রে লক্ষ্যবস্তুর সাপেক্ষে সিধা ও কোনো কোনো দূরবীক্ষণ যন্ত্রে উল্টা হয়।

প্রশ্ন-৭. লাল আলো এবং বেগুনি আলোর জন্য প্রতিসরাঙ্কের মানের কোনো তারতম্য হবে কী?

উত্তর: মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভরশীল। তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের মান বেশি হলে প্রতিসরাঙ্কের মান কমে যায়। আবার তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের মান কমে গেলে প্রতিসরাঙ্কের মান বেড়ে যায়। তাই লাল আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বেশি হওয়ায় এই আলোর জন্য মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক কম হবে। অন্যদিকে বেগুনি আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কম হওয়ায় বেগুনি আলোর জন্য মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বেশি হবে।

প্রশ্ন-৮. আকাশ নীল দেখায় কেন?

উত্তর: বিক্ষেপণের পরিমাণ তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের উপর চতুর্থ ঘাতের ব্যাস্ত্রানুপাতিক। ক্ষুদ্র তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের বিকিরণের বিক্ষেপণ অধিক হয়। সূর্যের সাদা আলোক যখন বায়ুমন্ডল অতিক্রম করে তখন বেগুনি, নীল, আসমানি প্রভৃতি ক্ষুদ্র তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের বর্ণগুলো বায়ুর অণু এবং বায়ুতে ভাসমান ধূলিকণা কর্তৃক অধিক পরিমাণে বিচ্ছুরিত হয়ে চতুর্দিকে ছড়িয়ে পড়ে। আমাদের চোখ নীল আলোর প্রতি অধিক সংবেদনশীল বলে আকাশ হতে বিক্ষিপ্ত আলো চোখে পৌঁছালে নীল বর্ণের আধিক্য হয়। তাই আকাশ নীল দেখায়।

প্রশ্ন-৯. সূর্যোদয় ও সূর্যাস্তের সময় দিগন্ত রেখায় আকাশের রং লাল দেখায় কেন?

উত্তর: সূর্যোদয় ও সূর্যাস্তের সময় সূর্য দিগন্ত রেখার কাছাকাছি অবস্থান করে এবং এই সময় সূর্যালোককে সর্বাপেক্ষা অধিক দূরত্ব অতিক্রম করে পৃথিবীতে আসতে হয়। এতটা দীর্ঘ পথ অতিক্রমের অবকাশে বায়ুমন্ডলের অণু ও ধূলিকণা কর্তৃক সূর্যালোক পুনঃ পুনঃ

বিক্ষেপিত হয়। লাল বর্ণ এবং লাল বর্ণের কাছাকাছি বর্ণ ব্যতীত অন্যান্য বর্ণসমূহ অধিক।

প্রশ্ন-১০. সৌর বর্ণালীর ক্রম উল্লেখ কর।

উত্তর: সৌর বর্ণালীতে সাতটি রং থাকে। তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের উচ্চ ক্রমানুসারে এদের নিম্নে সাজানো হলো:

বেগুনি, নীল, আসমানী, সবুজ, হলুদ, কমলা ও লাল।

বিভিন্ন বর্ণের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের বিভিন্নতার কারণে সৌর বর্ণালীর সৃষ্টি হয়।

নিচে এদেরকে বিচ্ছুরিত উচ্চক্রমানুসারে সাজানো হলো:

লাল, কমলা, হলুদ, আসমানী, নীল ও বেগুনি।

প্রশ্ন-১১. সরল প্রিজমের $\delta = (\mu - 1)A$ সমীকরণ হতে কী সিদ্ধান্ত নেয়া যায়?

উত্তর: উক্ত সমীকরণ হতে দেখা যায় বিচ্যুতি কোন প্রিজম উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক ও প্রিজম কোণের ওপর নির্ভর করে কিন্তু আপতন কোণের ওপর নির্ভর করে না।