# ইউনিট ঃ ১০

## আলোর প্রতিসরণ

REFRACTION OF LIGHT

**ভূমিকা**

আলো যে মাধ্যমের মধ্য দিয়ে গমন করতে পারে তাকে আলোক মাধ্যম বা স্বচ্ছ মাধ্যম বলে। আলো যে কোনো স্বচ্ছ ও সমসত্ত্ব মাধ্যমের মধ্য দিয়ে সরলরেখায় চলে। এক স্বচ্ছ মাধ্যমের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় অন্য একটি স্বচ্ছ মাধ্যমে বাধা পেলে আলো দ্বিতীয় মাধ্যমে প্রবেশ করে এবং দ্বিতীয় মাধ্যমের মধ্য দিয়ে একইভাবে সরলরেখা বরাবর চলতে থাকে। কিন্তু দুই স্বচ্ছ মাধ্যমের বিভেদ তলে আলের গতি পথ পরিবর্তিত হয়। এই ঘটনাকে বলা হয় আলোর প্রতিসরণ। আলোর বিভিন্ন কার্যাবলীর মধ্যে একটি হলো আলোর প্রতিসরণ। এটি একটি গুরুত্বপূর্ণ ঘটনা।

আলোর প্রতিসরণ ধর্ম না থাকলে আমরা বাতাসের মধ্যে কিছু দেখতে পেতাম না, পানির মধ্যে কিছু দেখতে পেতাম না। কাচের জানালা দিয়ে ঘরে আলো ঢুকতো না। আমরা চশমা দিয়ে দেখতে পেতাম না। আলোর প্রতিসরণ আমাদের ব্যা ব্যবহারিক জীবনে খুবই গুরুত্বপূর্ণ। এ ইউনিটে আলোর প্রতিরণের নিয়ম বা সূত্রাবলি, প্রতিসরণাঙ্ক, ক্রান্তি কোণ, পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন প্রভৃতি নিয়ে আলোচনা করা হবে, যা আপনার জন্য খুবই গুরুত্বপূর্ণ ও অত্যাবশ্যকীয়।

**পাঠ-১ আলোর প্রতিসরণ** (Refraction of Light)

**উদ্দেশ্য**

এই পাঠের শেষে আপনি -

১. আলোর প্রতিসরণ কী তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. প্রতিসরণের সূত্রাবলি বলতে ও লিখতে পারবেন।
৩. প্রতিসরণাঙ্ক কী তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

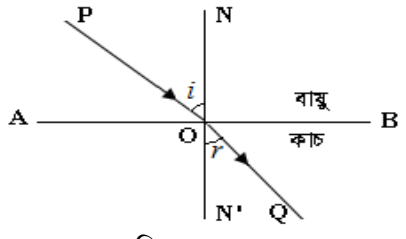
### ১০.১.১ প্রতিসরণ (Refraction)

কোনো সমসত্ত্ব ও স্বচ্ছ মাধ্যমে আলো সরলরেখায় চলে। এর গতির কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু আলো যখন এক স্বচ্ছ মাধ্যম থেকে অন্য স্বচ্ছ মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন এর গমন পথ বেঁকে যায় (আলো লম্বভাবে মাধ্যম পরিবর্তন করলে দিক পরিবর্তন হয় না তবে বেগের পরিবর্তন হয়)।

এক স্বচ্ছ মাধ্যম থেকে অন্য স্বচ্ছ মাধ্যমে যাওয়ার সময় দুই মাধ্যমের বিভেদ তলে তীর্যকভাবে আপতিত আলোক রশ্মির দিক পরিবর্তনের ঘটনাকে আলোর প্রতিসরণ বলে।

১০.১ চিত্রে দু'টি আলোক মাধ্যম বায়ু এবং কাচের বিভেদ তল AB। প্রথম মাধ্যম বায়ুর মধ্য দিয়ে আগত একটি আলোক রশ্মি PO বিভেদ তলের O বিন্দু দিয়ে দ্বিতীয় মাধ্যম কাচের মধ্যে প্রবেশ করছে। দ্বিতীয় মাধ্যমে রশ্মিটির গতি পথ OQ। প্রথম মাধ্যম থেকে দ্বিতীয় মাধ্যমে প্রবেশ করে PO রশ্মির অভিমুখ বা গতিপথ সামান্য পরিবর্তিত হয়েছে। নতুন গতি পথ OQ সামান্য বেঁকে গেছে। এটিই আলোর প্রতিসরণ।

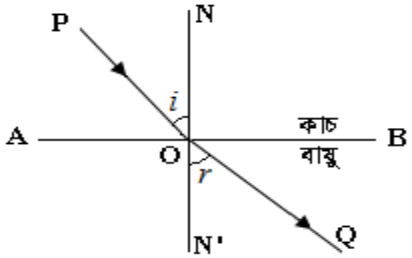
প্রথম মাধ্যমের মধ্য দিয়ে আগত রশ্মিটিকে আপতিত রশ্মি এবং দ্বিতীয় মাধ্যমের মধ্য দিয়ে গমনকারী রশ্মিটিকে প্রতিসরিত রশ্মি বলে। দুই মাধ্যমের বিভেদ তলে যে বিন্দুতে আলোক রশ্মি আপতিত হয় তাকে আপতন বিন্দু বলে। ১০.১ নং চিত্রে PO আপতিত রশ্মি, OQ প্রতিসরিত রশ্মি এবং O আপতন বিন্দু।




চিত্র ঃ ১০.১

বিভেদ তলের উপর আপতন বিন্দুতে অঙ্কিত লম্বকে অভিলম্ব বলে। আপতন বিন্দুতে আপতিত রশ্মি ও অভিলম্বের মধ্যে সৃষ্ট কোণকে আপতন কোণ এবং প্রতিসরিত রশ্মি ও অভিলম্বের মধ্যে সৃষ্ট কোণকে প্রতিসরণ কোণ বলে। ১০.১ নং চিত্রে

NON' অভিলম্ব, কোণ PON আপতন কোণ এবং কোণ N'OQ প্রতিসরণ কোণ। আপতণ কোণকে $i$ এবং প্রতিসরণ কোণকে $r$ প্রতীক দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।



চিত্র ১০.২

১০.১ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে আলোক রশ্মি বায়ু থেকে কাচের মধ্যে প্রতিসরিত হওয়ায় আপতিত রশ্মিটি প্রতিসরণের পর অভিলম্বের দিকে বেঁকে গেছে। আলোক রশ্মি যখন কাচ মাধ্যম থেকে বায়ুর মধ্যে প্রতিসরিত হয় তখন আলোক রশ্মির গমন পথ হয় ১০.২ নং চিত্রের মতো। এক্ষেত্রে প্রতিসরিত রশ্মি অভিলম্ব থেকে দূরে সরে যায়।

কাচ থেকে বায়ু মাধ্যম হালকা। পরীক্ষা করে দেখা গেছে আলোক রশ্মি হালকা মাধ্যম থেকে ঘন মাধ্যমে প্রবেশ করলে অভিলম্বের দিকে সরে যায় অর্থাৎ আপতন কোণ থেকে প্রতিসরণ কোণ ছোট হয়। আবার আলোক রশ্মি ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে প্রবেশ করলে তার গতিপথ অভিলম্ব থেকে দূরে সরে যায়। অর্থাৎ আপতন কোণ থেকে প্রতিসরণ কোণ বড় হয়। এই ঘটনা থেকে আলোর প্রতিসরণের নিয়ম বা সূত্র প্রতিষ্ঠিত হয়েছে।

### ১০.১.২ প্রতিসরণের সূত্র (Laws of Refraction)

আলোর প্রতিসরণ দু'টি সূত্র মেনে চলে এদের প্রতিসরণের সূত্র বলে। সূত্র দু'টি হলো:

(১) দুই মাধ্যমের বিভেদ তলে আপতিত রশ্মি, আপতন বিন্দুতে অঙ্কিত অভিলম্ব এবং প্রতিসরিত রশ্মি একই সমতলে অবস্থান করে।

(২) এক জোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম এবং নির্দিষ্ট বর্ণের আলোর জন্য আপতন কোণের সাইন এবং প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা ধ্রুব।

অর্থাৎ, $\frac{\sin i}{\sin r}$ = একটি ধ্রুব (সংখ্যা)।

প্রতিসরণের দ্বিতীয় সূত্রটি জার্মান বিজ্ঞানী স্নেলের নামানুসারে স্নেলের সূত্র নামে অভিহিত হয়।

আপতন কোণের মান পরিবর্তন করে $i_1$, $i_2$, $i_3$...ইত্যাদি করলে প্রতিসরণ কোণের মান পরিবর্তিত হবে। ধরা যাক প্রতিসরণ কোণগুলো যথাক্রমে $r_1$, $r_2$, $r_3$ ... ইত্যাদি হলো। এক্ষেত্রে স্নেলের সূত্রানুসারে,

$$\frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{\sin i_2}{\sin r_2} = \frac{\sin i_3}{\sin r_3} \text{ --------} = \text{ধ্রুব সংখ্যা } (\mu) \quad \ldots \quad \ldots. \quad \ldots\ldots \quad \ldots. \quad (১০.১)$$

$\mu$ একটি গ্রীক বর্ণ, এর উচ্চারণ মিউ।

### ১০.১.৩ প্রতিসরণাঙ্ক (Refractive Index)

স্নেলের সূত্র থেকে দেখা যায়, এক জোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম ও নির্দিষ্ট বর্ণের আলোর জন্য আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা ধ্রুব। এই ধ্রুব সংখ্যাটিকে প্রথম মাধ্যমের সাপেক্ষে দ্বিতীয় মাধ্যমের আপেক্ষিক প্রতিসরণাঙ্ক বিবেচনা করা হয়।

**সংজ্ঞা ঃ** আলোক রশ্মি যখন এক স্বচ্ছ মাধ্যম থেকে অন্য স্বচ্ছ মাধ্যমে তীর্যকভাবে প্রবেশ করে তখন নির্দিষ্ট এক জোড়া মাধ্যম ও নির্দিষ্ট বর্ণের আলোর জন্য আপতন কোণের সাইন এবং প্রতিসরণ কোণের সাইন-এর অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যা হয় এই ধ্রুব সংখ্যাটিকে প্রথম মাধ্যমের সাপেক্ষে দ্বিতীয় মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক বা সংক্ষেপে প্রতিসরণাঙ্ক বলে।

আলোক রশ্মি যখন 'a' মাধ্যম থেকে 'b' মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন 'a' মাধ্যমের মধ্যে আপতন কোণ $i$ এবং 'b' মাধ্যমের মধ্যে প্রতিসরণ কোণ $r$ হলে 'a' মাধ্যমের সাপেক্ষে 'b' মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক,

$$_a\mu_b = \frac{\sin i}{\sin r} \quad \ldots \quad \ldots.. \quad \ldots \quad \ldots \ldots (১০.২)$$

আবার আলোক রশ্মি যদি 'b' মাধ্যম থেকে 'a' মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন 'b' মাধ্যমের মধ্যে আপতন কোণ ও 'a' মাধ্যমের প্রতিসরণ কোণের মান বিপরীত হবে অর্থাৎ 'b' মাধ্যমের মধ্যে আপতন কোণটি হবে r এবং 'a' মাধ্যমে প্রতিসরণ কোণটি হবে i। তখন 'b' মাধ্যমের সাপেক্ষে 'a' মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক হবে,

$$_b\mu_a = \frac{\sin r}{\sin i} = \frac{1}{\frac{\sin i}{\sin r}} = \frac{1}{_a\mu_b}$$

বা, $_b\mu_a = 1/_a\mu_b$ ... ... .. ..... ... (১০.৩)

সমীকরণ ১০.৩ থেকে দেখা যায় 'b' মাধ্যমের সাপেক্ষে 'a' মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক 'a' মাধ্যমের সাপেক্ষে 'b' মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক-এর বিপরীত রাশি।

অর্থাৎ বায়ুর সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরণাঙ্ক $\frac{3}{2}$ হলে, কাচের সাপেক্ষে বায়ুর প্রতিসরণাঙ্ক $\frac{2}{3}$ হবে।

**এককঃ** যেহেতু প্রতিসরণাঙ্ক একই জাতীয় দুটি রাশির অনুপাত, তাই এর কোন একক নাই। উল্লেখ্য $\sin i$ বা $\sin r$ প্রত্যেকটি রাশি ত্রিকোণমিতিক অনুপাত, এদেরও কোন একক নাই।

**পরম প্রতিসরণাঙ্ক** (Absolute Refractive Index) ঃ

শূন্য মাধ্যমের সাপেক্ষে কোনো মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক ঐ মাধ্যমের পরম প্রতিসরণাঙ্ক। অর্থাৎ আলোক রশ্মি যখন শূন্য মাধ্যম থেকে অন্য কোনো মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন শূন্য মাধ্যমের আপতন কোণের সাইন ও সেই মাধ্যমের প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের পরম প্রতিসরণাঙ্ক বিবেচনা করা হয়।

আলোক রশ্মি যখন শূন্য মাধ্যম থেকে কোনো বস্তু মাধ্যমে তীর্যকভাবে প্রবেশ করে তখন নির্দিষ্ট বর্ণের আলোর জন্য আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের পরম প্রতিসরণাঙ্ক বলে। গাণিতিকভাবে শূন্য মাধ্যমে আপতন কোণ $i$ এবং অন্য কোন মাধ্যম 'a' তে প্রতিসরণ কোন $r$ হলে, 'a' মাধ্যমের পরম প্রতিসরণাঙ্ক $\mu_a$ প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সাধারণত বায়ু মাধ্যমের সাপেক্ষে কোনো মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ককে ঐ মাধ্যমের পরম প্রতিসরণাঙ্ক হিসাবে ধরা হয়।

**তাৎপর্য** ঃ কাচের পরম প্রতিসরণাঙ্ক 1.5 বলতে বুঝায় যে শূন্য মাধ্যম বা বায়ু মাধ্যম থেকে আলোক রশ্মি তীর্যকভাবে কাচের মধ্যে প্রবেশ করলে আপতন কোণের সাইন এবং প্রতিসরণ কোণের সাইন-এর অনুপাত 1.5 হয়।

**কয়েকটি পদার্থের প্রতিসরণাঙ্ক**

| পদার্থ | প্রতিসরণাঙ্ক | পদার্থ | প্রতিসরণাঙ্ক | পদার্থ | প্রতিসরণাঙ্ক |
|---|---|---|---|---|---|
| ক্রাউন কাচ | 1.5225 | বরফ | 1.3087 | কেরোসিন | 1.44 |
| ফ্লিন্ট কাচ | 1.5875 | পানি | 1.3333 | গ্লিসারিন | 1.47 |
| হীরক | 2.4172 | অ্যালকোহল | 1.3616 | বেনজিন | 1.50 |

উপরের ছকে বিভিন্ন মাধ্যমের হলুদ আলোর প্রতিসরণাঙ্ক উল্লেখ করা হয়েছে। এটি মোটামুটি ভাবে সকল দৃশ্যমান আলোক রশ্মিসমূহের (তরঙ্গের) প্রতিসরণাঙ্কের গড় মানও বলা যেতে পারে। আসলে সকল বর্ণের আলোর প্রতিসরণাঙ্ক সমান হয় না। বেগুনি বর্ণের আলোর প্রতিসরণাঙ্ক সবচেয়ে বেশি এবং লাল আলোর প্রতিসরণাঙ্ক সবচেয়ে কম। নিচের ছকে কয়েকটি পদার্থের বিভিন্ন বর্ণের জন্য প্রতিসরণাঙ্ক উল্লেখ করা হয়েছে।

**বিভিন্ন বর্ণের আলোর জন্য প্রতিসরণাঙ্ক**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| পদার্থ | বেগুনি | আসমানী | সবুজ | হলুদ | কমলা | লাল |
| ক্রাউন কাচ | 1.5380 | 1.5310 | 1.5260 | 1.5225 | 1.5216 | 1.5200 |
| ফ্লিন্ট কাচ | 1.6040 | 1.5960 | 1.5910 | 1.5875 | 1.5867 | 1.5850 |
| হীরক | 2.4580 | 2.4439 | 2.4260 | 2.4172 | 2.4150 | 2.4100 |
| বরফ | 1.3170 | 1.3136 | 1.3110 | 1.3087 | 1.3080 | 1.3060 |

**সার-সংক্ষেপঃ**

**আলোর প্রতিসরণ** ঃ এক স্বচ্ছ মাধ্যম থেকে অন্য স্বচ্ছ মাধ্যমে যাওয়ার সময় দুই মাধ্যমের বিভেদ তলে তীর্যক ভাবে আপতিত আলোক রশ্মির দিক পরিবর্তনের ঘটনাকে আলোর প্রতিসরণ বলে।

**প্রতিসরণের সূত্র ঃ**

(১) দুই মাধ্যমের বিভেদ তলে আপতিত রশ্মি, আপতন বিন্দুতে অঙ্কিত অভিলম্ব এবং প্রতিসরিত রশ্মি একই সমতলে অবস্থান করে।

(২) এক জোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম এবং নির্দিষ্ট বর্ণের আলোর জন্য আপতন কোণের সাইন এবং প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা ধ্রুব।

প্রতিসরণের দ্বিতীয় সূত্রটি জার্মান বিজ্ঞানী স্নেলের নামানুসারে **স্নেলের সূত্র** নামে অভিহিত হয়।

**পাঠোত্তর মূল্যায়ন -১০.১**

**সঠিক উত্তরের পাশে টিক ( √) চিহ্ন দিন।**

১। দুই স্বচ্ছ মাধ্যমের বিভেদ তলে আলোক রশ্মির দিক পরিবর্তনের ঘটনাকে কী বলে?

(ক) প্রতিফলন (খ) প্রতিসরণ

(গ) পোলারন (ঘ) অপবর্তন

২ পানির সাপেক্ষে বায়ুর প্রতিসরণাঙ্ক কত?

(ক) 1.5 (খ) 1.33

(গ) .075 (ঘ) 0.75

**পাঠ-২ ক্রান্তি কোণ ও পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন** (Critical angle and Total internal reflection)

**উদ্দেশ্য**

এই পাঠের শেষে আপনি –

১. ক্রান্তি কোণ কী তা বলতে ও ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের ব্যাখ্যা দিতে পারবেন।
৩. মরীচিকা এবং এর সৃষ্টি সম্পর্কীয় ধারণার ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৪. অপটিক্যাল ফাইবার কিভাবে কাজ করে এবং এর ব্যবহার বর্ণনা করতে পারবেন।

### ১০.২.১ ক্রান্তি কোণ ও পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন

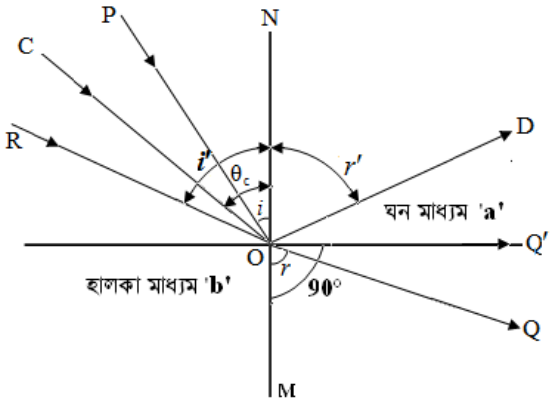
Critical angle and Total Internal Reflection

আলো এক স্বচ্ছ মাধ্যম থেকে অন্য আর একটি স্বচ্ছ মাধ্যমে প্রবেশ করলে, তার গতি পথ পরিবর্তিত হয়। একে বলা হয় প্রতিসরণ। আসলে দুই মাধ্যমের বিভেদ তলে আপতিত আলোর সম্পূর্ণ অংশের প্রতিসরণ ঘটে না, খুব সামান্য হলেও কিছু অংশ দ্বিতীয় মাধ্যম কর্তৃক শোষিত এবং কিছু অংশ প্রতিফলিত হয়ে প্রথম মাধ্যমে ফিরে যায়। এই শোষিত এবং প্রতিফলিত আলোর পরিমাণ এতোই কম যে আমরা সাধারণ ক্ষেত্রে তা' গণ্য বা গ্রাহ্য করি না।

আলোক রশ্মি যখন হালকা মাধ্যম থেকে ঘন মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন সব সময় কিছু পরিমাণ আলোক রশ্মি প্রতিসরিত হবেই। কিন্তু আলোক রশ্মি যখন ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন আপতন কোণের মান একটি নির্দিষ্ট মাত্রা অতিক্রম করলে আলোক রশ্মি আর দ্বিতীয় মাধ্যমে প্রতিসরিত না হয়ে সম্পূর্ণ আগের মাধ্যমে ফিরে আসে।

আলোক রশ্মি ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে গেলে প্রতিসরিত হয়ে অভিলম্ব থেকে দূরে সরে যায়। ১০.৩ নং চিত্রে PO আপতিত আলোক রশ্মি ঘন মাধ্যম 'a' থেকে হালকা মাধ্যম 'b'-তে প্রতিসরিত হয়েছে। PO রশ্মির জন্য আপতন কোণ, $i$ = ∠PON এবং প্রতিসরণ কোণ, $r$ = ∠MOQ। 'b' মাধ্যমে আলোক রশ্মি OQ পথে প্রতিসরিত হয়েছে। এরপর আপতন কোণ ক্রমশ বাড়াতে থাকলে প্রতিসরণ কোণও বৃদ্ধি পেতে থাকবে। এভাবে বাড়তে থাকলে এক সময় এমন একটি আপতন কোণে পৌঁছে যাবে যখন প্রতিসরণ কোণ 90° হবে। ধরা যাক,-

আপতন কোণ বাড়িয়ে ∠ CON = $\theta_c$ করা হলো- এতে প্রতিসরণ কোণ ∠ MOQ' = 90° হলো। অর্থাৎ প্রতিসরিত রশ্মিটির গমন পথ হলো বিভেদ তলের উপর দিয়ে বা তল ঘেষে। ১০.৩ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে OQ'। এরপর আপতন কোণ সামান্যতম বৃদ্ধি পেলে প্রতিসরণ কোণ 90° থেকেও বাড়বে, কিন্তু তা কি সম্ভব? ফলে দেখা যায় আলোক রশ্মি প্রতিসরিত না হয়ে সম্পূর্ণরূপে প্রতিফলিত হয়ে পূর্ববর্তি ঘন মাধ্যম 'a'-তেই ফিরে আসে। ১০.৩ চিত্রে আপতিত RO আপতিত রশ্মির জন্য প্রতিফলিত রশ্মি হবে OD।




চিত্র ঃ ১০.৩ ক্রান্তি কোণ ও অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন

এক্ষত্রে আপতন কোণ ($i'$) = ∠ RON এবং প্রতিফলন কোণ (r') = ∠ NOD । কোণ দুটি সমান হবে। আপতন কোন আরও বৃদ্ধি করলে প্রতিফলন কোণ আরও বাড়বে। এবং এভাবেই চলতে থাকবে। আপতিত আলোক রশ্মি বিভেদ তল থেকে প্রতিফলনের নিয়ম অনুসারে আগের মাধ্যমে ফিরে আসবে। আলোর এভাবে সম্পূর্ণরূপে আগের মাধ্যমে ফিরে আসার প্রক্রিয়া হলো অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন।

**ক্রান্তি কোণ** (Critical Angle) ঃ নির্দিষ্ট বর্ণের আলোক রশ্মি ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে প্রতিসরিত হওয়ার সময় আপতন কোণের যে মানের জন্য প্রতিসরণ কোণ 90° অর্থাৎ এক সমকোণ হয় অর্থাৎ প্রতিসরিত রশ্মি বিভেদতল ঘেষে যায়, তাকে হালকা মাধ্যমের সাপেক্ষে ঘন মাধ্যমের ক্রান্তি কোণ বলে। ক্রান্তি কোণকে সাধারণত $\theta_c$ দ্বারা প্রকাশ করা হয় ১০.৩ চিত্রে ∠ CON = $\theta_c$।

**পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন** (Total Internal Reflection) ঃ নির্দিষ্ট বর্ণের আলোক রশ্মি ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে ক্রান্তি কোণের চেয়ে বড় মানের কোণে আপতিত হলে আলোক রশ্মি প্রতিসরিত না হয়ে দুই মাধ্যমের বিভেদ তল থেকে প্রতিফলনের নিয়ম অনুসারে সম্পূর্ণরূপে ঘন মাধ্যমের অভ্যন্তরে (আগের মাধ্যমে) ফিরে আসে। আগের মাধ্যমে ফিরে আসার এই প্রক্রিয়াকে অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন বলে।

হীরকের ক্রান্তি কোণ 24° বলতে বুঝায় হীরক থেকে বায়ু বা শূন্য মাধ্যমের বিভেদ তলে 24°কোণে আপতিত আলোক রশ্মির প্রতিসরণ কোণ 90° হবে, অর্থাৎ প্রতিসরিত রশ্মি বিভেদ তল ঘেষে প্রতিসরিত হবে। আপতন কোণের মান 24° থেকে বেশি হলে আলোক রশ্মির প্রতিসরণ না হয়ে পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন হবে।

মনে রাখতে হবে, যেহেতু আলোর প্রতিসরণ আলোর বর্ণের উপর নির্ভরশীল সেহেতু নির্দিষ্ট মাধ্যমে ক্রান্তি কোণ বা সংকট কোণের মান আলোর বর্ণের উপর নির্ভরশীল। অর্থাৎ আলোর বিভিন্ন বর্ণের জন্য ক্রান্তি কোণ বা সংকট কোণের মানও বিভিন্ন হবে। যেমন হলুদ আলোর জন্য পানির সাপেক্ষে কাচের ক্রান্তি কোণ 60°। কিন্তু লাল আলোর জন্য 59° আবার বেগুনি আলোর জন্য প্রায় 61°।

**পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের শর্ত**

১) আলোক রশ্মি ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে যেতে হবে।
২) আপতন কোণ সংকট কোণের থেকে বড় হতে হবে।

### ১০.২.২ মরীচিকা ঃ পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের উদাহরণ

( Mirage : Example of Total Internal Reflection and Mirage)

পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের কারণে মরুভূমিতে সৃষ্ট মরীচিকা অতি পরিচিত উদাহরণ। উত্তপ্ত মরুভূমিতে মরুচারী পথিক প্রায়শ মরীচিকা দেখতে পান এবং বিভ্রান্ত হন। মরীচিকা হল এক ধরণের দৃষ্টি ভ্রম। মরুভূমির বালুকাময় ধূধূ প্রান্তরে খরতাপে ক্লিষ্ট পথিক তাদের সামনে স্বল্প দূরে পানিপূর্ণ মরুদ্যানের দৃশ্য দেখতে পান। পানি ও ছায়ার আশায় তারা সেদিকে ধাবিত হন। কিন্তু নির্দিষ্ট স্থানে যেয়ে দেখেন সেখানে কোন মরুদ্যান নাই বরং আরও দূরে মরুদ্যান সরে গেছে। এভাবে পথিক এগিয়ে যান। কিন্তু পথিক কোন মরুদ্যান তো পানই না বরং অধিক ক্লান্ত হয়ে অনেকে মৃত্যুর কোলে ঢলে পড়েন।

তাই একে বলা হয় মায়া মরীচিকা। আসলে মরীচিকা এক ধরণের আলোকীয় ঘটনা যা আলোর অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের কারণে সংঘটিত হয়।

**মরীচিকার ব্যাখ্যা ঃ** প্রচন্ড সূর্য তাপে মরুভূমির বালু খুব তাড়াতাড়ি গরম হয়। ফলে বালু সংলগ্ন বাতাসও খুব গরম হয়। এতে বালু সংলগ্ন স্তরের বায়ু খুব হালকা হয়। ভূ-পৃষ্ঠ থেকে যত উপরে ওঠা যায় বায়ু স্তরের তাপমাত্রা তত কম হয়। তাই ভূ সংলগ্ন বায়ু স্তর থেকে যতই ওপরে ওঠা যায় বায়ু স্তর তত ঘন হয়। এঅবস্থায় মরুভূমিতে দূরে কোন খেজুর গাছ Q থেকে পথিকের চোখে আসা আলোক রশ্মি ধাপে ধাপে ঘনতর মাধ্যম থেকে লঘুতর মাধ্যমে প্রবেশ করতে থাকে, ফলে প্রতিসরিত রশ্মি অভিলম্ব থেকে ক্রমশ দূরে সরে যেতে থাকে। এভাবে বাঁকতে বাঁকতে এমন কোন স্তরে পৌঁছায় যেখানে আপতন কোণ ক্রান্তি কোণের চেয়ে বড় হয়। ফলে আপতিত আলোক রশ্মির প্রতিসরণ না হয়ে পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন হয়।

চিত্র ঃ ১০.৪ মরুভূমিতে মরীচিকা (বামে) এবং প্রতিবিম্ব গঠনের রশ্মি চিত্র ( ডানে)

প্রতিফলিত রশ্মি হালকা মাধ্যম থেকে ঘন মাধ্যমে ফিরে আসে। এবং প্রতি স্তরে ক্রমশ অভিলম্বের দিকে বেঁকে আসে। এভাবে এক সময় দর্শকের (পথিকের) চোখে প্রবেশ করে। এই রশ্মিকে পেছনে বাড়ালে মনে হয় রশ্মিগুলো Q′ বিন্দু থেকে আসছে। ফলে Q′ অবস্থানে খেজুর গাছের উল্টো প্রতিবিম্ব দেখা যায় (চিত্র- ১০.৪)। উপরন্তু তাপমাত্রার নিয়ত পরিবর্তনের কারণে বায়ু স্তরের ঘনত্ব অবিরত পরিবর্তিত হতে থাকে। ফলে গাছের প্রতিবিম্বটির অবস্থান নিয়ত পরিবর্তিত হতে থাকে, মনে হয় প্রতিবিম্বটি কাঁপছে। জলাশয়ের পাড়ে কোন গাছের পানিতে পড়া প্রতিবিম্বটি যেমন কাঁপতে থাকে, ঠিক তেমনি মনে হয়।

পথিকের চোখে এই ঘটনা ধরা পড়ে না। তিনি গাছের উল্টো প্রতিবিম্ব এবং তা কাঁপতে দেখে জলাশয় বলে বিভ্রান্ত হন। এভাবেই মরিচিকা সৃষ্টি হয়।

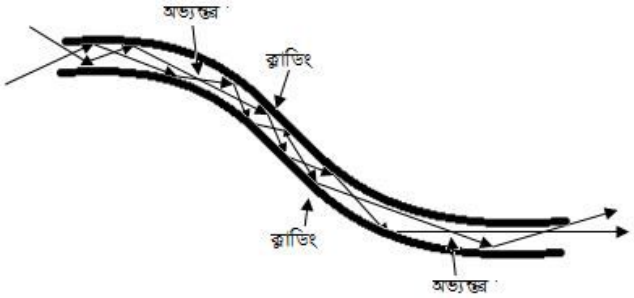
আপনি যদি চৈত্র বৈশাখের ঝাঁ-ঝাঁ দুপুরে ফাঁকা মাঠের মধ্যে দাঁড়িয়ে অথবা চলন্ত বাসে বসে দূরের গাছ পালার দিকে তাকান, মনে হবে গাছ পালার সারির সামনে কোন বিশাল জলাশয় বা বিল। এবং বিলের পানিতে গাছপালাগুলোর উল্টো প্রতিবিম্ব পড়ছে। প্রতিবিম্বগুলো কাঁপছে বলেও মনে হবে।

### ১০.২.৩ অপটিক্যাল ফাইবার ও তার ব্যবহার (Optical Fibre and It's Use)

অপটিক্যাল ফাইবার বা আলোক তন্তু এক ধরণের সরু (প্রায় চুলের মতো) স্বচ্ছ তন্তু বিশেষ। এটি তৈরি হয় সাধারণত কাচ দিয়ে। কাচের তৈরি হলেও এটি অত্যন্ত নমনীয় এবং বলা বাহুল্য নিরেট। সাধারণ কাচের থেকে এর প্রতিসরণাঙ্ক বেশ বেশি প্রায় ১.৭। এক প্রান্তে আলো আপতিত হলে এর দেয়ালে পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন প্রক্রিয়ায় আলো ক্রমশ

এগিয়ে যায় এবং তন্তুর অন্য প্রান্ত দিয়ে নির্গত হয়। বাইরের বায়ু মাধ্যম থেকে ভেতরের তন্তু-মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক বেশ বেশি হওয়ায় অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন সহজ হয়। এর বাইরে এক ধরণের আলোক প্রতিফলক পদার্থের আবরণ দেয়া থাকে যাকে বলে ক্লাডিং (চিত্র ১০.৫)। ফলে আলোর কোন রশ্মি প্রতিসরিত হলেও পুনরায় তন্তুর মধ্যে ফিরে আসে। ফলে এক প্রান্ত দিয়ে আলোক শক্তি ঢুকিয়ে দিলে অন্য প্রান্ত দিয়ে সম্পূর্ণ আলো বেরিয়ে আসে ( চিত্র ১০.৬)। তন্তু যতই দীর্ঘ বা আঁকা বাঁকা বা পেঁচানো হোক এর মধ্যে আলোর গতি ব্যহত হয় না। উপরন্তু আবহাওয়া ও ছোট খাট আঘাত থেকে রক্ষার জন্য এর বাইরে নমনীয় কিন্তু টেকসই পদার্থের আবারণ দেয়া থাকে।

চিত্র ঃ ১০.৫ অপটিকাল ফাইবারের কাঠামো




চিত্র ঃ ১০.৬ অপটিকাল ফাইবার যেভাবে কাজ করে

**অপটিক্যাল ফাইবারের ব্যবহার**

**টেলিযোগাযোগের ক্ষেত্রে ঃ** অনেকগুলো অপটিক্যাল তন্তু একসাথে করে বান্ডিল করে তৈরি করা হয় অপটিক্যাল কেবল। এবং এর মধ্য দিয়ে অনেক দূরে দূরে আলোক সংকেত পাঠান হয়। ইদানিং টেলিযোগাযোগের ক্ষেত্রে এর বহুল ব্যবহার দেখা যায়। অপটিক্যাল ফাইবার দিয়ে লম্বা দূরত্বে অনেক কম সময়ে বিপুল পরিমাণ তথ্য পরিবহণ করা যায়। এর সুবিধার মধ্যে উল্লেখযোগ্য হলো, এর মাধ্যমে তথ্য পরিবহনে তথ্য ক্ষয় কম হয়, তাড়িতচৌম্বকীয় প্রভাব মুক্ত, খরচ কম । একটি তামা বা ধাতব তারের মধ্য দিয়ে একবারে একটি মাত্র তড়িৎ সংকেত পাঠান যায় এবং অধিক দূরত্বে যেতে যেতে সংকেতটি দুর্বল হয়ে একসময় হারিয়ে যায়। অপটিক্যাল ফাইবারের মধ্য দিয়ে একবারে একসাথে ১০ হাজার আলোক সংকেত প্রেরণ করা যায়। উপরন্তু এক্ষেত্রে কোন শক্তির অপচয় না হওয়ায় সংকেতটি যত দূরত্বেই যাক না কেন দূর্বল হয় না। ধাতব সংযোগ লাইনে বৈদ্যুতিক স্পার্ক হয়ে আগুন ধরার ভয় থাকে। ফাইবার কেবলে আগুন ধরার কোন আশংকা সম্ভাবনা নাই।

**চিকিৎসা ক্ষেত্রে ঃ** চিকিৎসা ক্ষেত্রেও অপটিক্যাল ফাইবারের ব্যবহার বেশ সুবিধাজনক। যেহেতু এই তন্তুকে অত্যন্ত সরু, নমনীয় ও পাতলা করা যায়, তাই সহজেই রক্তের ধমনী, ফুসফুস এবং দেহ অভ্যন্তরের বিভিন্ন ফাঁপা অংশে প্রবেশ করানো যায়। ফলে চিকিৎসক অপারেশন ছাড়াই দেহের ভেতরের অংশগুলো বা দৃশ্যাবলী দেখতে পারেন।

যেমন পাকস্থলীর ভেতরের অবস্থা দেখার জন্য একটি সরু অপটিক্যাল টিউব গলার মধ্যদিয়ে পাকস্থলী পর্যন্ত পৌঁছে দেয়া হয়। নলটি মূলত একগুচ্ছ তন্তুর একটি সুসঙ্গত বান্ডিল। কয়েকটি তন্তু দিয়ে আলো পাঠিয়ে পাকস্থলীর ভেতর আলোকিত করা হয়। অন্য তন্তু দিয়ে আলো ফিরে এসে ক্যামেরার লেন্সে পড়ে। বাইরে থেকে দেখা বা ছবি তোলা যায়। এভাবে ছবি তোলার পদ্ধতিটির নাম এন্ডোস্কোপি।

**অন্যান্য ব্যবহার ঃ** ইদানিং টান, চাপ, তাপমাত্রা ইত্যাদির উপাত্ত সংগ্রহের মাধ্যম (বা সেন্সর) হিসাবে অপটিক্যাল ফাইবার ব্যবহার করা হচ্ছে। এসব যন্ত্রের নাম ফাইবার অপটিক সেন্সর।

আগে সেন্সর কাজে তড়িৎ যন্ত্র ব্যবহার হতো। এতে দুর্ঘটনার আশংকা এবং খরচ দুইই বেশি ছিল। তেল শিল্পে ব্যবহৃত সেসেমিক হাইড্রোফোন তৈরিতে, লেজার মাইক্রোফোন তৈরিতে অপটিক্যাল ফাইবার ব্যবহার হচ্ছে। বোয়িং ৭৬৭ এর অপটিক্যাল গাইরোস্কোপে, এমনকি গাড়ির দেহাংশ তৈরিতেও আজকাল অপটিক্যাল ফাইবার ব্যবহৃত হচ্ছে।

চিত্র ঃ ১০. ৭ আলোক সজ্জায় অপটিক্যাল ফাইবার

হালকা অথচ মজবুত এবং টেকসই বলে সুটকেস, ব্রিফকেস, চেয়ার আসবাবপত্র, যানবাহনের দেহাংশ তৈরিতেও ফাইবার গ্লাস ব্যবহৃত হয় হয়।
আলোক সজ্জায় অপটিক্যাল ফাইবারের ব্যবহারও উল্লেখযোগ্যভাবে লক্ষ্যণীয় (চিত্র ১০.৭)। অপটিক্যাল ফাইবার বা আলোক তন্তু পদার্থবিজ্ঞানের এক বিস্ময়কর আবিষ্কার।

### সার-সংক্ষেপঃ

**ক্রান্তি কোণ :** নির্দিষ্ট বর্ণের আলোক রশ্মি ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে প্রতিসরিত হওয়ার সময় আপতন কোণের যে মানের জন্য প্রতিসরণ কোণ $90°$ অর্থাৎ এক সমকোণ হয় অর্থাৎ প্রতিসরিত রশ্মি বিভেদতল ঘেষে যায়, তাকে ঐ হালকা মাধ্যমের সাপেক্ষে সংশ্লিষ্ট ঘন মাধ্যমের সংকট কোণ বা ক্রান্তি কোণ বলে।

**পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন :** নির্দিষ্ট বর্ণের আলোক রশ্মি ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে ক্রান্তি কোণের চেয়ে বড় মানের কোণে আপতিত হলে আলোক রশ্মি প্রতিসরিত না হয়ে দুই মাধ্যমের বিভেদ তল থেকে প্রতিফলনের নিয়ম অনুসারে সম্পূর্ণরূপে ঘন মাধ্যমের অভ্যন্তরে (আগের মাধ্যমে) ফিরে আসে এবং প্রতিফলনের নিয়ম মেনে চলে। আগের মাধ্যমে ফিরে আসার এই প্রক্রিয়াকে অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন বলে।

**মরীচিকা :** এক ধরণের আলোকীয় ঘটনা যা আলোর অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের কারণে সংঘটিত হয়।

### পাঠোত্তর মূল্যায়ন -১০.২

সঠিক উত্তরের পাশে টিক ( √ ) চিহ্ন দিন।

১ কোন মাধ্যমের ক্রান্তি কোণ $24°$ ?

(ক) পানি থেকে হীরকের (খ) হীরক থেকে বায়ুর
(গ) কাচ থেকে হীরকের (ঘ) হীরক থেকে পানির

২ কোন কোন ক্ষেত্রে আলোর পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন ঘটবে? যখন -

(ক) $i > \theta_c$ (খ) $i < \theta_c$
(গ) $i = \theta_c$ (ঘ) $i = 90°$

৩ টেলিফোনের লাইনে কোনটি ব্যবহার সুবিধা জনক?

(ক) অপটিক্যাল ফাইবার (খ) তামার তার
(গ) ধাতব তার (ঘ) খ ও গ

## পাঠ-৩ লেন্স (Lens)

### উদ্দেশ্য

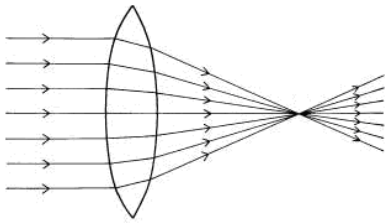
এই পাঠের শেষে আপনি -

১. লেন্স ও লেন্সের প্রকারভেদ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. লেন্স সংক্রান্ত কয়েকটি পদ ও রাশির সংজ্ঞাসহ ব্যাখ্যা করতে এবং চিত্র নির্দেশ করতে পারবেন।
৩. লেন্সের সাহায্যে প্রতিবিম্ব গঠনের ব্যখ্যাদানের জন্য প্রয়োজনীয় রশ্মি চিত্র আঁকতে পারবেন।

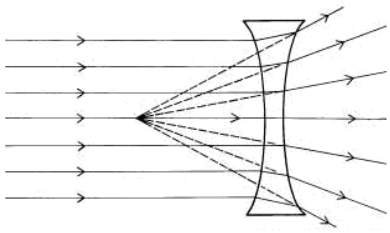
### ১০.৩.১ লেন্স (Lens)

দুটি গোলকীয় অথবা একটি গোলকীয় এবং একটি সমতল পৃষ্ঠ দ্বারা আবদ্ধ কোন স্বচ্ছ প্রতিসারক আলোক মাধ্যমকে লেন্স বলে। সাধারণত লেন্স কাচের তৈরি হয়। তবে বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে প্লাস্টিক, কোয়ার্টজ এমন কী তরল পদার্থ বা অর্ধতরল পদার্থ দিয়েও লেন্স তৈরি হতে পারে। লেন্স প্রধানত দুই প্রকার,- অভিসারী লেন্স বা উত্তল লেন্স এবং অপসারী লেন্স বা অবতল লেন্স।

**অভিসারী বা উত্তল লেন্স** (Convex Lens) :
যে লেন্সের মধ্য দিয়ে এক গুচ্ছ আলোক রশ্মি প্রতিসরিত হয়ে প্রতিসরণের পর একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে মিলিত হয় তাকে অভিসারী লেন্স বলে। গঠন অনুসারে এই লেন্সের মধ্য ভাগ উঁচু বা মোটা এবং প্রান্ত ভাগ সরু, তাই একে স্থূল মধ্য বা উত্তল লেন্সও বলে (চিত্র ১০.৮)।


চিত্র ১০.৮ অভিসারী লেন্সের মধ্যদিয়ে আলোর প্রতিসরণ

**অপসারী বা অবতল লেন্স** (Concave Lens) :
যে লেন্সের মধ্য দিয়ে এক গুচ্ছ আলোক রশ্মি প্রতিসরিত হয়ে প্রতিসরণের পর চারিদিকে ছড়িয়ে পড়ে তাকে অপসারী লেন্স বলে। গঠন অনুসারে এই লেন্সের মধ্যভাগ সরু বা পাতলা এবং প্রান্ত ভাগ মোটা তাই একে ক্ষীণ মধ্য বা অবতল লেন্সও বলে (চিত্র ১০.৯)।

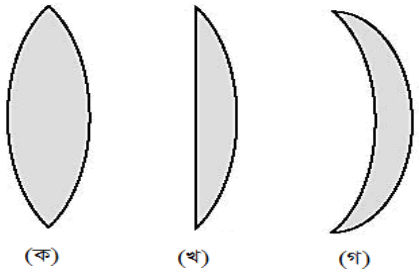

চিত্র ১০.৯ অপসারী লেন্সের মধ্যদিয়ে আলোর প্রতিসরণ

তলের আকৃতির উপর ভিত্তি করে উত্তল (অভিসারী) এবং অবতল (অপসারী) প্রত্যেক প্রকার লেন্সকে আবার তিন ভাগে ভাগ করা হয় যথা-

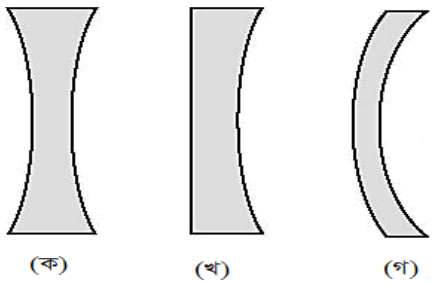
উত্তল লেন্স : দ্বি-উত্তল লেন্স, সমতলোত্তল লেন্স, অবতলোত্তল লেন্স
অবতল লেন্স : দ্বি-অবতল লেন্স, সমতলাবতল লেন্স, উত্তলাবতল লেন্স

তাহলে লেন্সের প্রকার ভেদ মূলত ছয়টি।

১. **দ্বি-উত্তল লেন্স** (Bi-convex lens) : যে লেন্সের দুই তলই উত্তল তাকে দ্বি-উত্তল বা উভোত্তল লেন্স বলে। [ চিত্র ১০.১০ (ক)]
২. **সমতলোত্তল লেন্স** (Plno-convex lens) : যে লেন্সের একটি তল সমতল এবং একটি তল উত্তল তাকে সমতলোত্তল লেন্স বলে। [ চিত্র ১০.১০ (খ)]
৩. **অবতলোত্তল লেন্স** (Cocavo-convex lens): যে লেন্সের একটি তল অবতল এবং অপর একটি তল উত্তল তাকে অবতলোত্তল লেন্স বলে। [ চিত্র ১০.১০ (গ)]



চিত্র ঃ ১০.১০ বিভিন্ন প্রকার উত্তল লেন্স



চিত্র ঃ ১০.১১ বিভিন্ন প্রকার অবতল লেন্স

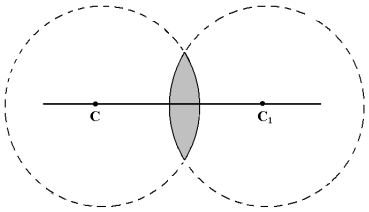
৪. **দ্বি-অবতল লেন্স** (Bi-concave lens) : যে লেন্সের দুই তলই অবতল তাকে দ্বি-অবতল বা উভোবতল লেন্স বলে। [ চিত্র ১০.১১ (ক)]
৫. **সমতলাবতল লেন্স** (Plno-concave lens): যে লেন্সের একটি তল সমতল এবং একটি তল অবতল তাকে সমতলাবতল লেন্স বলে। [ চিত্র ১০.১১ (খ)]
৬. **উত্তলাবতল লেন্স** (Convexo-concave lens) : যে অবতল লেন্সের একটি তল উত্তল এবং অপর একটি তল অবতল তাকে উত্তলাবতল লেন্স বলে। [ চিত্র ১০.১১ (গ)]

অবতলোত্তল এবং উত্তলাবতল লেন্সের মধ্যে আপাত দৃষ্টিতে কোন পার্থক্য নাই মনে হয়। কিন্তু আলোক রশ্মি যে তলে আপতিত হয় সেই তলকে আগে বিবেচনা করলে প্রতীয়মান হবে প্রথমটি অভিসারী এবং দ্বিতীয়টি অপসারী লেন্স।

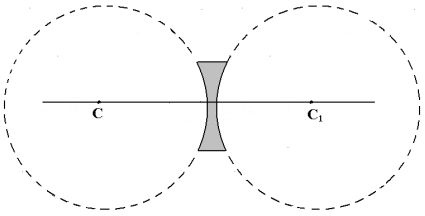
**১০.৩.২ কয়েকটি প্রয়োজনীয় সংজ্ঞা** (A Few important definitions) :

লেন্সের মধ্য দিয়ে প্রতিসরণের নিয়ম অনুসারে আলোক রশ্মি প্রতিসরিত হয়। ফলে লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। এসব প্রতিবিম্বের অবস্থান, বৈশিষ্ট্য বুঝতে এবং লেন্সের মধ্য দিয়ে প্রতিসরিত আলোক রশ্মির রেখা চিত্র আঁকতে কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ পদের সঙ্গে পরিচিত হওয়া প্রয়োজন। সেগুলো নিম্নে উল্লেখ করা হলো।

**১. প্রধান অক্ষ** (Principal axis) : যে দুটি গোলক পৃষ্ঠ দ্বারা লেন্সটি গঠিত তাদের উভয়ের বক্রতার কেন্দ্রের মধ্য দিয়ে গমনকারী সরলরেখাকে লেন্সের প্রধান অক্ষ বলে।



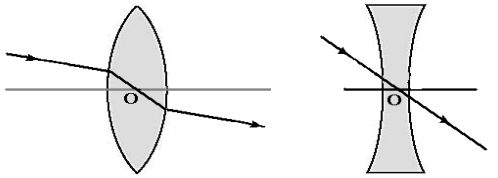

চিত্র ঃ ১০.১২ (ক) উত্তল লেন্সের প্রধান অক্ষ




চিত্র ঃ ১০.১২ (খ) অবতল লেন্সের প্রধান অক্ষ

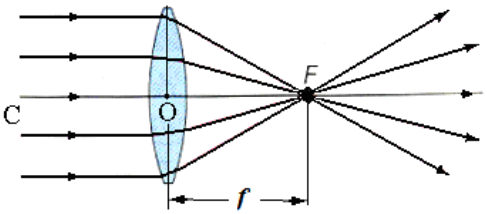
১০.১২ (ক) চিত্রে একটি উত্তল লেন্সের এবং ১০.১২ (খ) চিত্রে একটি অবতল লেন্সর গঠন ও প্রধান তল দেখান হয়েছে। লেন্স দুটি যে গোলক দ্বারা গঠিত তাদের কেন্দ্র C ও $C_1$ দেখান হয়েছে। প্রত্যেক চিত্রে C $C_1$ সরলরেখাটি লেন্সের প্রধান অক্ষ। লেন্সের একটি পৃষ্ঠ সমতল হলে গোলীয় পৃষ্ঠের বক্রতার কেন্দ্র থেকে সমতলের উপর অঙ্কিত অভিলম্বটি হবে প্রধান অক্ষ।

**২. আলোক কেন্দ্র** (Optical centre) : লেন্সের এক পৃষ্ঠে আপতিত আলোক রশ্মি অন্য পৃষ্ঠ দিয়ে নির্গত হওয়ার সময় যদি আপতিত রশ্মির সমান্তরাল ভাবে নির্গত হয় বা দিক পরিবর্তন না করে তা হলে ঐ রশ্মি লেন্সের প্রধান অক্ষের যে বিন্দু দিয়ে যায় বা যে বিন্দুতে ছেদ করে তাকে ঐ লেন্সের আলোক কেন্দ্র বলে। ১০.১৩ চিত্রে উত্তল ও অবতল উভল লেন্সের আলোক কেন্দ্র O।

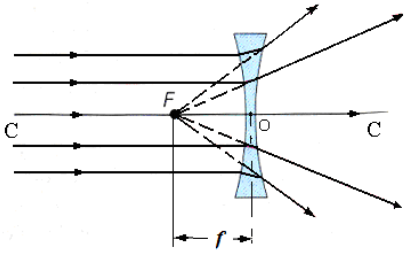



চিত্র ঃ ১০.১৩ লেন্সের আলোক কেন্দ্র

**৩. প্রধান ফোকাস (Principal focus) :** লেন্সের উপর আপতিত প্রধান অক্ষের সমান্তরাল এবং নিকটবর্তী রশ্মিগুচ্ছ প্রতিসরণের পর প্রধান অক্ষের উপর যে বিন্দুতে মিলিত হয় (উত্তল লেন্সে) অথবা যে বিন্দু থেকে ছড়িয়ে পড়ছে বলে মনে হয় (অবতল লেন্সে), সেই বিন্দুকে ঐ লেন্সের প্রধান ফোকাস বলে।




চিত্র ১০.১৪ (ক) উত্তল লেন্সের প্রধান ফোকাস




চিত্র ১০.১৪ (খ) অবতল লেন্সের প্রধান ফোকাস

১০.১৪ (ক) চিত্রে একটি উত্তল লেন্সের উপর আপতিত আলোক রশ্মি প্রতিসরণের পর প্রধান অক্ষ CO এর উপর F বিন্দুতে মিলিত হয়েছে। F বিন্দুটি লেন্সটির প্রধান ফোকাস বা সংক্ষেপে ফোকাস বিন্দু।

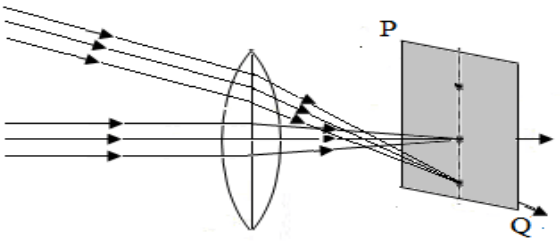
১০.১৪ (খ) চিত্রে একটি অবতল লেন্সের উপর আপতিত আলোক রশ্মি প্রতিসরণের পর চারিদিকে ছড়িয়ে পড়ছে কিন্তু (পেছন দিকে বর্ধিত করলে) মনে হচ্ছে প্রধান অক্ষ OC এর উপর F বিন্দু থেকে প্রতিসৃত হচ্ছে বা ছড়িয়ে পড়ছে। F

বিন্দুটি লেন্সটির প্রধান ফোকাস বা সংক্ষেপে ফোকাস বিন্দু। লক্ষ্য করুন উত্তল লেন্সের প্রধান ফোকাস একটি সদ বিন্দু এবং অবতল লেন্সের প্রধান ফোকাস একটি অসদ বিন্দু।

আলোক রশ্মি লেন্সের যে কোনো এক পৃষ্ঠে আপতিত হয়ে অপর পৃষ্ঠ দিয়ে নির্গত হতে পারে তাই প্রত্যেক লেন্সেরই আলোক কেন্দ্রের দু'দিকে দুটি প্রধান ফোকাস থাকে।

৪. **ফোকাস দূরত্ব** (Focal length) : আলোক কেন্দ্র থেকে প্রধান ফোকাস বিন্দু পর্যন্ত দূরত্বকে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব বলে। ১০.১৪ চিত্রে OF ফোকাস দূরত্ব। ফোকাস দূরত্বকে $f$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

৪. **ফোকাস তল** (Focal plane) : কোনো লেন্সের প্রধান ফোকাসের মধ্য দিয়ে প্রধান অক্ষের সাথে লম্বভাবে যে সমতল কল্পনা করা যায় তাকে ফোকাস তল বলে। ১০.১৫ চিত্রে PQ তলটি প্রধান ফোকাসের মধ্যদিয়ে প্রধান অক্ষের উপর লম্বভাবে কল্পিত ফোকাস তল। দেখা যাচ্ছে প্রধান ফোকাস গৌণ ফোকাস এই তলে অবস্থিত।



চিত্র ১০.১৫ ফোকাস তল

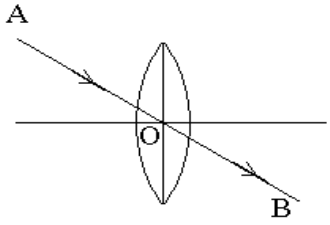
### ১০.৩.৩ লেন্সের রশ্মি চিত্র (Ray Diagram for Lens)

উত্তল বা অবতল লেন্সের সামনে কোনো বস্তু রাখলে লেন্সের মধ্য দিয়ে আলোর প্রতিসরণের জন্য প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। এই বিম্বের অবস্থান, আকার ও প্রকৃতি জানতে হলে রশ্মি চিত্র আঁকতে হয়। রশ্মি চিত্রের মাধ্যমে বস্তু থেকে নিঃসৃত বা নির্গত রশ্মিগুচ্ছ লেন্সে প্রতিসরণের পর কোথায় মিলিত হয় বা কোথা থেকে নিসৃত হচ্ছে বলে মনে হয় তা জানা যায়। লেন্সের প্রধান অক্ষ, প্রধান ফোকাস, আলোক কেন্দ্র নির্দিষ্ট, তাই কয়েকটি বিশেষ আপতিত রশ্মি প্রতিসরিত হয়ে কোন পথে যাবে তা জ্যামিতিক চিত্র এঁকে সহজে স্থির করা যায়। এই সমস্ত রশ্মির গমন পথ বা রশ্মি চিত্র থেকে বিম্বের অবস্থান, আকৃতি এবং প্রকৃতি নির্ণয় করা যায়। এ জন্য উত্তল এবং অবতল উভয় প্রকার লেন্সের ক্ষেত্রে সচরাচর নিচের তিন ধরণের রশ্মি বিবেচনা করা হয়।

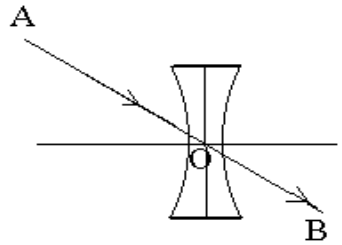
১. লেন্সের আলোক কেন্দ্র দিয়ে আপতিত রশ্মি
২. লেন্সের প্রধান অক্ষের সাথে সমান্তরাল ভাবে আপতিত রশ্মি
৩. লেন্সের প্রধান ফোকাসের মধ্য দিয়ে বা প্রধান ফোকাস বরাবর আপতিত রশ্মি

লেন্সের মধ্য দিয়ে আলোক রশ্মি দু'বার প্রতিসরিত হয়। প্রথম বার বায়ু মাধ্যম থেকে কাচ (লেন্সের উপাদান) মাধ্যমে; দ্বিতীয় বার কাচ মাধ্যম থেকে বায়ু মাধ্যমে। কিন্তু চিত্রগুলো সহজ করার জন্য লেন্সের মধ্যভাগ দিয়ে প্রধান অক্ষের উপর একটি উলম্ব রেখা বরাবর আলোক রশ্মির একবার দিক পরিবর্তন দেখান হয়।

**১. লেন্সের আলোক কেন্দ্র দিয়ে আপতিত রশ্মি প্রতিসরণের পর সোজাসুজি যায়।**



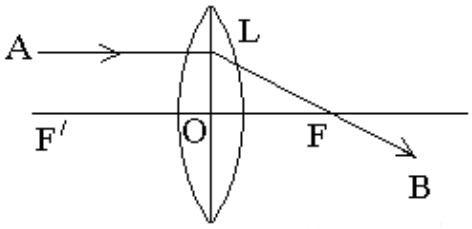
চিত্র ঃ ১০.১৬ (ক)



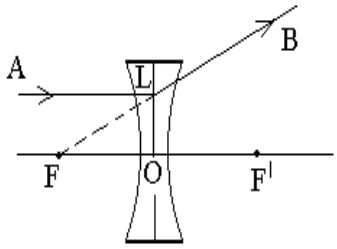
চিত্র ঃ ১০.১৬ (খ)

১০.১৬ (ক) ও (খ) চিত্রে যথাক্রমে উত্তল ও অবতল লেন্সে একটি রশ্মি AO লেন্সের আলোক কেন্দ্র O বরাবর আপতিত হয়েছে, এটি দিক পরিবর্তন না করে সোজাসুজি OB পথে প্রতিসরিত হয়েছে।

**২. লেন্সের প্রধান অক্ষের সাথে সমান্তরাল ভাবে আপতিত রশ্মি প্রতিসরণের পর প্রধান ফোকাস দিয়ে যায় (উত্তল লেন্সে) অথবা প্রধান ফোকাস থেকে আসছে বলে মনে হয় (অবতল লেন্সে)।**




চিত্র ঃ ১০.১৭ (ক)

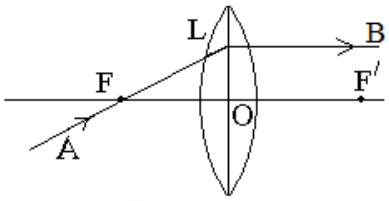



চিত্র ঃ ১০.১৭ (খ)

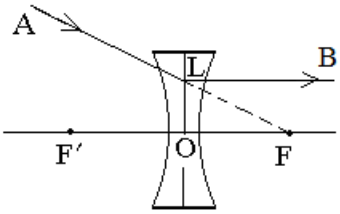
১০.১৭ (ক) চিত্রে একটি রশ্মি AL উত্তল লেন্সের প্রধান অক্ষ FOF′ এর সমান্তরাল ভাবে L বিন্দুতে আপতিত হয়ে প্রধান ফোকাস F দিয়ে LFB পথে প্রতিসরিত হয়। ১০.১৭ (খ) চিত্রে অবতল লেন্সের প্রধান অক্ষ FOF′ এর সমান্তরাল একটি রশ্মি AL, L বিন্দুতে আপতিত হয়ে LB পথে এমন ভাবে প্রতিসরিত হয় যেন এটি প্রধান ফোকাস F বিন্দু থেকে আসছে বলে মনে হয়। এক্ষেত্রে LB কে পেছনে বর্ধিত করলে প্রধান অক্ষের সাথে F বিন্দুতে মিলিত হবে।

**৩. লেন্সের প্রধান ফোকাসের মধ্য দিয়ে (উত্তল লেন্সে) বা প্রধান ফোকাস বরাবর (অবতল লেন্সে) আপতিত রশ্মি প্রতিসরণের পর প্রধান অক্ষের সমান্তরাল হয়ে যায়।**

১০.১৮ (ক) চিত্রে একটি রশ্মি AL উত্তল লেন্সের প্রধান ফোকাস বরাবর (মধ্য দিয়ে) লেন্সের উপর L বিন্দুতে আপতিত হয়ে প্রধান অক্ষ FOF′ এর সমান্তরাল হয়ে LB পথে প্রতিসরিত হয়।




চিত্র ঃ ১০.১৮ (ক)




চিত্র ঃ ১০.১৮ (খ)

১০.১৮ (খ) চিত্রে অবতল লেন্সের প্রধান ফোকাস F অভিমুখে একটি রশ্মি AL লেন্সের L বিন্দুতে আপতিত হয়ে প্রধান অক্ষ FOF′ এর সমান্তরাল হয়ে LB পথে প্রতিসরিত হয়।

**সার-সংক্ষেপঃ**

**লেন্স ঃ** দুটি গোলকীয় অথবা একটি গোলকীয় এবং একটি সমতল পৃষ্ঠ দ্বারা আবদ্ধ কোন স্বচ্ছ প্রতিসারক আলোক মাধ্যমকে লেন্স বলে।

**অভিসারী বা উত্তল লেন্স ঃ** যে লেন্সের মধ্য দিয়ে এক গুচ্ছ আলোক রশ্মি প্রতিসরিত হয়ে প্রতিসরণের পর একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে মিলিত হয় তাকে অভিসারী লেন্স বলে।

**অপসারী বা অবতল লেন্স ঃ** যে লেন্সের মধ্য দিয়ে এক গুচ্ছ আলোক রশ্মি প্রতিসরিত হয়ে প্রতিসরণের পর চারিদিকে ছড়িয়ে পড়ে তাকে অপসারী লেন্স বলে।

লেন্স ছয় প্রকার যথা- দ্বি-উত্তল, সমতলোত্তল, অবতলোত্তল, অবতল, দ্বি-অবতল, সমতলাবতল এবং উত্তলাবতল লেন্স।

**ফোকাস দূরত্ব ঃ** আলোক কেন্দ্র থেকে প্রধান ফোকাস বিন্দু পর্যন্ত দূরত্বকে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব বা ফোকাস দৈর্ঘ্য বলে।

## পাঠোত্তর মূল্যায়ন -১০.৩

সঠিক উত্তরের পাশে টিক ( √ ) চিহ্ন দিন।

১। লেন্সের মধ্য দিয়ে গমনকারী আলোক রশ্মি কতবার প্রতিসরিত হয়?

(ক) এক (খ) দুই
(গ) তিন (ঘ) চার

২। যে লেন্সের মধ্যভাগ পুরু এবং প্রান্ত ভাগ সরু সেটি কোন শ্রেণীর লেন্স?

(ক) অভিসারী (খ) অপসারী
(গ) সমতলোত্তল (ঘ) সম অবতল

৩। অভিসারী লেন্সকে কী বলা হয়?

(ক) অবতল লেন্স (খ) ক্ষীণ মধ্য লেন্স
(গ) অপসারী লেন্স (ঘ) উত্তল লেন্স

## পাঠ- ৪ লেন্সে প্রতিবিম্ব (Image by Lens)

### উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি -

১. উত্তল লেন্সে বস্তুর বাস্তব বা সদ প্রতিবিম্ব সৃষ্টি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. উত্তল লেন্সে বস্তুর অবাস্তব প্রতিবিম্ব সৃষ্টি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৩. অবতল লেন্সে বস্তুর প্রতিবিম্ব সৃষ্টি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৪. প্রতিসরণের ফলে কিভাবে প্রতিবিম্বের সৃষ্টি হয়, রশ্মি চিত্রের সাহায্যে এঁকে দেখাতে পারবেন।

### ১০.৪.১ লেন্সের প্রতিবিম্ব সৃষ্টি (Image Formation by Lens)

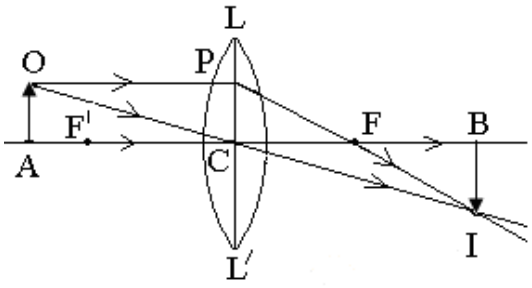
আমরা জানি, কোনো বিন্দু থেকে নিঃসৃত আলোক রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলন বা প্রতিসরণের পর যদি দ্বিতীয় কোনো বিন্দুতে মিলিত হয় বা দ্বিতীয় কোন বিন্দু থেকে নিঃসৃত হচ্ছে বলে মনে হয়, তাহলে ঐ বিন্দুতেই প্রথম বিন্দুর প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। লেন্সের মধ্য দিয়ে আলোক রশ্মি প্রতিসরিত হয়। তাই কোনো লেন্সের সামনে বস্তু রাখলে প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। লেন্সের দ্বারা কোনো বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠনের জন্য ১০.৩.৩ অনুচ্ছেদে বর্ণিত নিয়ম অনুযায়ী রশ্মি চিত্র আঁকা হয়।

**ক. উত্তল লেন্সে বাস্তব প্রতিবিম্ব গঠন**

১০.২০ চিত্রে LL' একটি উত্তল লেন্স। C এর আলোক কেন্দ্র, F প্রধান ফোকাস এবং F′CF প্রধান অক্ষ। লেন্সটির সামনে প্রধান অক্ষের ওপর A বিন্দুতে লম্বভাবে স্থাপিত AO একটি বিস্তৃত লক্ষ্যবস্তু। OA বস্তুটি অসংখ্য বিন্দু বস্তুর সমষ্টি, যার প্রান্ত বিন্দু দু'টি যথাক্রমে O (শীর্ষ) এবং A (পাদ বিন্দু)। এখন A এবং O বিন্দুর বিম্বের অবস্থান নির্ণয় করলেই AO বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব পাওয়া যাবে।

প্রথমে O বিন্দুর প্রতিবিম্ব নির্ণয়ের জন্য O বিন্দু থেকে প্রধান অক্ষের সমান্তরাল OP রশ্মি আঁকা হলো যা প্রতিসরণের পর প্রধান ফোকাস F বিন্দু দিয়ে যাবে। O বিন্দু থেকে আর একটি রশ্মি OC আলোক কেন্দ্র C বিন্দুর মধ্য দিয়ে OCI পথে প্রতিসরিত হবে। PF ও OI প্রতিসরিত রশ্মি দু'টি I বিন্দুতে ছেদ করবে। I বিন্দুতে O বিন্দুর প্রতিবিম্ব গঠিত হবে।

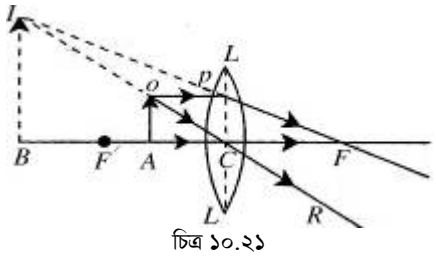
A থেকে প্রধান অক্ষ বরাবর আপতিত আলোক রশ্মি প্রতিসরণের পর প্রধান অক্ষের উপর দিয়েই ACF পথে প্রতিসরিত হবে। ফলে A বিন্দুর প্রতিবিম্ব অবশ্যই প্রধান অক্ষের ওপর থাকবে। আবার যেহেতু AO লক্ষ্যবস্তুটি প্রধান অক্ষের উপর লম্ব, সেহেতু প্রতিবিম্বটিও প্রধান অক্ষের উপর লম্ব হবে। তাই I থেকে প্রধান অক্ষের ওপর IB লম্ব টানলে BI হবে AO লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব। চিত্র থেকে দেখা যায় প্রতিবিম্বটি বাস্তব বা সদ, উল্টো এবং আকারে লক্ষ্যবস্তু থেকে বড়।



চিত্র ঃ ১০.২০ উত্তল লেন্সে বিস্তৃত লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব গঠন

**খ. উত্তল লেন্সে অবাস্তব প্রতিবিম্ব গঠন**

১০.২১ চিত্রে LL′ একটি উত্তল লেন্স। C-এর আলোককেন্দ্র, F প্রধান ফোকাস এবং F′CF প্রধান অক্ষ। লেন্সটির সামনে প্রধান অক্ষের উপর A বিন্দুতে লম্বভাবে স্থাপিত OA একটি বিস্তৃত লক্ষ্যবস্তু। OA বস্তুটি অসংখ্য বিন্দু বস্তুর সমষ্টি, যার প্রান্ত বিন্দু দুটি যথাক্রমে O (শীর্ষ) এবং A (পাদবিন্দু)। এখন A এবং O বিন্দুর বিম্বের অবস্থান নির্ণয় করলেই AO বস্তুর প্রতিবিম্ব পাওয়া যাবে।



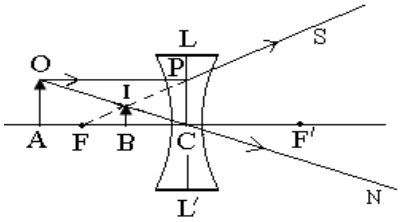
চিত্র ১০.২১

O বিন্দু থেকে প্রধান অক্ষের সমান্তরাল OP রশ্মি আঁকা হলো যা প্রতিসরণের পর প্রধান ফোকাস F বিন্দু দিয়ে যাবে। O বিন্দু থেকে আর একটি রশ্মি OC আলোককেন্দ্র C বিন্দুর মধ্য দিয়ে OCR পথে প্রতিসরিত হবে। এই প্রতিসরিত রশ্মিদ্বয় অপসারী বলে মিলিত হয় না। এদেরকে পিছনের দিকে বাড়িয়ে দিলে I বিন্দু থেকে আসছে বলে মনে হয়। সুতরাং I হচ্ছে O বিন্দুর অবাস্তব প্রতিবিম্ব। এখন I থেকে প্রধান অক্ষের উপর অঙ্কিত IB লম্বই হচ্ছে OA লক্ষ্যবস্তুর অবাস্তব প্রতিবিম্ব (চিত্র ১০.২১)।

**গ. অবতল লেন্সে বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠন**

১০.২২ চিত্রে LL' একটি অবতল লেন্স। C এর আলোক কেন্দ্র, F প্রধান ফোকাস এবং FCF′ প্রধান অক্ষ। লেন্সটির সামনে প্রধান অক্ষের ওপর A বিন্দুতে লম্বভাবে স্থাপিত AO একটি বিস্তৃত লক্ষ্যবস্তু। OA বস্তুটি অসংখ্য বিন্দু বস্তুর সমষ্টি, যার প্রান্ত বিন্দু দু'টি যথাক্রমে O (শীর্ষ) এবং A (পাদ বিন্দু)। এখন A এবং O বিন্দুর বিম্বের অবস্থান নির্ণয় করলেই AO বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব পাওয়া যাবে।

O বিন্দু থেকে প্রধান অক্ষের সমান্তরাল OP আপতিত রশ্মি এবং এর প্রতিসরিত রশ্মি PS আঁকা হলো যা প্রধান ফোকাস F বিন্দু থেকে আসছে বলে মনে হবে। O বিন্দু থেকে আর একটি রশ্মি OC আলোক কেন্দ্র C বিন্দুর বরাবর আপতিত হয়ে OCN পথে প্রতিসরিত হবে। রশ্মি দু'টি অপসারী। এদের পেছনে বর্ধিত করলে I বিন্দু থেকে আসছে বলে মনে হবে। সুতরাং I বিন্দুই হবে O বিন্দুর প্রতিবিম্ব।



চিত্র ১০.২২ অবতল লেন্সের বিস্তৃত লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব গঠন

AO লক্ষ্যবস্তুটি প্রধান অক্ষের ওপর লম্ব, তাই প্রতিবিম্বটিও প্রধান অক্ষের ওপর লম্ব হবে। I বিন্দু থেকে প্রধান অক্ষের উপর IB লম্ব আঁকা হলো। IB, OA লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব। চিত্র থেকে দেখা যায় প্রতিবিম্বটি অবাস্তব বা অসদ্, সোজা এবং আকারে লক্ষ্যবস্তু থেকে ছোট।

## ১০.৪.২ সদ্ বা বাস্তব ও অসদ্ বা অবাস্তব প্রতিবিম্ব (Real and Virtual Image)

আমরা জানি প্রতিফলন এবং প্রতিসরণ উভয় ক্ষেত্রেই প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। কখনও লক্ষ্যবস্তু থেকে নি:সৃত আলো প্রতিফলনের বা প্রতিসরণের পর দ্বিতীয় বিন্দুতে মিলিত হয়ে প্রতিবিম্ব গঠন করে, কখনও বা দ্বিতীয় বিন্দু থেকে অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হয়। এক্ষেত্রেও প্রতিবিম্ব দেখা যায়। এ সব বিম্বের বৈশিষ্ট্যের উপর ভিত্তি করে প্রতিবিম্বকে দুই ভাগে ভাগ করা হয়েছে। আলোর প্রতিফলন ইউনিটে এদের বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা হয়েছে। উত্তল লেন্সের ক্ষেত্রে সদ ও অসদ প্রতিবিম্ব গঠিত হয় কিন্তু অবতল লেন্সে কেবল অসদ প্রতিবিম্ব গঠিত হয়।

**সার-সংক্ষেপঃ**

| উত্তল লেন্সের সামনে লক্ষ্যবস্তুর অবস্থান | গঠিত প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও আকৃতি |
|---|---|
| 2f এর বেশি দূরত্বে | f ও 2f এর মধ্যে, সদ ও উল্টো, খর্বিত |
| 2f দূরত্বে | 2f দূরত্বে , সদ ও উল্টো, লক্ষ্যবস্তুর সমান |
| f ও 2f এর মধ্যে | 2f এর বেশি দূরত্বে, সদ ও উল্টো, বিবর্ধিত |
| ফোকাস বিন্দুতে | অসীমে, সদ ও উল্টো, অত্যন্ত বিবর্ধিত |
| আলোক কেন্দ্র ও প্রধান ফোকাসের মধ্যে | লক্ষ্যবস্তুর পেছনে, অসদ ও সোজা, বিবর্ধিত |
| অসীম দূরে | ফোকাস তলে, সদ ও উল্টো, অত্যন্ত খর্বিত |

**পাঠোত্তর মূল্যায়ন -১০.৪**

সঠিক উত্তরের পাশে টিক ( √ ) চিহ্ন দিন।

১। লক্ষ্যবস্তু উত্তল লেন্স থেকে $2f$ এর বেশি দূরত্বে অবস্থিত হলে বিম্বের প্রকৃতি কেমন হবে?

(ক) অসদ, উল্টো ও খর্বিত (খ) সদ, উল্টো ও লক্ষ্যবস্তুর সমান

(গ) সদ, সোজা ও খর্বিত (ঘ) সদ, উল্টো ও খর্বিত

২। উত্তল লেন্স থেকে $2f$ দূরত্বে লক্ষ্যবস্তু থাকলে বিম্বের অবস্থান কোথায় হবে?

(ক) $f$ দূরত্বে (খ) অসীম দূরত্বে

(গ) $2f$ দূরত্বে (ঘ) $f$ ও $2f$ এর মধ্যবর্তী দূরত্বে

৩। 15 cm ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল লেন্সের প্রধান অক্ষের উপর আলোক কেন্দ্র থেকে 20 cm দূরে রাখা বস্তুর জন্য সৃষ্ট প্রতিবিম্বের দূরত্ব $v$ এর ক্ষেত্রে কোনটি সঠিক?

(ক) $v > 30$ cm (খ) $v = 30$ cm

(গ) $v < 30$ cm (ঘ) $v = 20$ cm

## পাঠ -৫ঃ লেন্সের ক্ষমতা ও সমীকরণ (Power and Equation of Lens)

**উদ্দেশ্য**

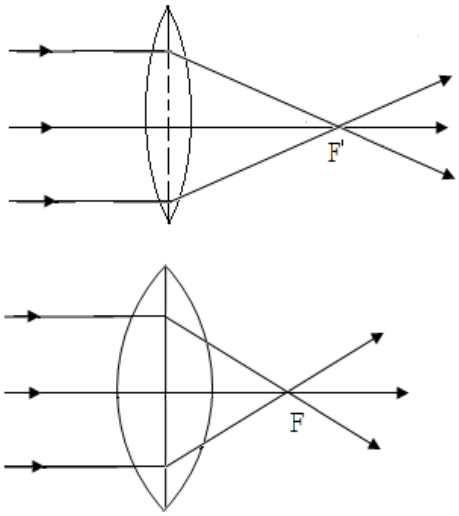
এই পাঠের শেষে আপনি -

১. লেন্সের ক্ষমতা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. লেন্সের ক্ষেত্রে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, প্রতিবিম্বের দূরত্ব ও ফোকাস দূরত্বের সম্পর্ক সূচক সমীকরণটি লিখতে ও ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৩. লেন্সের বিবর্ধন ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৪. লেন্সের বিবর্ধনের রাশিমালা লিখতে পারবেন।

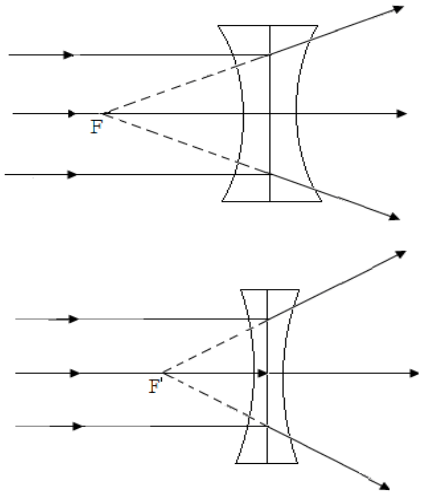
### ১০.৫.১ লেন্সের ক্ষমতা (Power of Lens)

আমরা জানি উত্তল লেন্স প্রধান অক্ষের সমান্তরাল আলোক রশ্মিকে প্রধান ফোকাসে একত্রিত করে এবং অবতল লেন্স প্রধান অক্ষের সমান্তরাল আলোক রশ্মিকে ছড়িয়ে দেয়। এজন্য উত্তল লেন্সকে অভিসারী এবং অবতল লেন্সকে অপসারী লেন্স বলে। নিচে দুটি অভিসারী এবং দুটি অপসারী লেন্স দেখানো হয়েছে। ধরা যাক প্রত্যেকটি লেন্সের উপর

সমান পরিমাণ সমান্তরাল আলোক রশ্মি ফেলা হয়েছে। বলুনতো প্রতিসরণের পরে কোন লেন্সে আলোর পথ কেমন হবে? সঠিক উত্তর হলো প্রথম লেন্স দুটিতে প্রতিসরিত আলোক রশ্মিকে একটি ফোকাস বিন্দুতে মিলিত করবে। দ্বিতীয় দুটিতে মনে হবে একটি ফোকাস বিন্দু থেকে প্রতিসরিত রশ্মি গুচ্ছকে ছড়িয়ে দিচ্ছে। নিচের চিত্রগুলো দেখুন।




চিত্র ঃ ১০. ২৩ (ক)




চিত্র ঃ ১০.২৩ (খ)

চিত্র-১০.২৩ (ক) এর দুটি লেন্সই প্রতিসৃত রশ্মিকে প্রধান ফোকাসে একত্রিত করেছে। কিন্তু লক্ষ্য করুন একটু পার্থক্য চোখে পড়ছে কি? হ্যাঁ উপরের লেন্সটির থেকে নিচের লেন্সটির ফোকাস বিন্দু লেন্স থেকে নিকটবর্তী। আমরা বলি উপরেরটি থেকে নিচের লেন্সটির আলোক রশ্মিগুচ্ছকে একত্রিত করার ক্ষমতা বেশি।

একইভাবে চিত্র ১০.২৩ (খ) এর দুটি লেন্সই প্রতিসৃত রশ্মিকে ছড়িয়ে দিচ্ছে। কিন্তু একটি অন্যটির তুলনায় লেন্সের কাছ থেকে। উপরের লেন্সটি থেকে নিচের লেন্সটির আলোক রশ্মি ছড়িয়ে দেয়ার ক্ষমতা বেশি। লেন্সের এই অভিসারিতা এবং অপসারিতার সামর্থ্যকে ক্ষমতা বলা হয়। কেন এমন হয়? লক্ষ্য করুন লেন্সের ফোকাস দূরত্বই এর জন্য দায়ী। যে উত্তল লেন্স রশ্মি গুচ্ছকে যত কাছে একত্রিত করে তার ফোকাস দূরত্ব তত কম, সেই লেন্সের ক্ষমতা তত বেশি। অনুরূপভাবে যে অবতল লেন্স রশ্মি গুচ্ছকে যত কাছ থেকে ছড়িয়ে দিচ্ছে বলে মনে হয় অর্থাৎ যার ফোকাস দূরত্ব যত কম সেই লেন্সের ক্ষমতা তত বেশি। কিন্তু উত্তল লেন্সের বেলায় ফোকাসটি সদ। অবতল লেন্সের বেলায় অসদ।

লেন্সের আলোক কেন্দ্র থেকে ফোকাস বিন্দুর দিক এবং আলোর প্রতিসরণ একই দিকে তাই ক্ষমতা ধণাত্মক। অপর দিকে অবতল লেন্সের বেলায় ফোকাসটি অসদ, লেন্সের আলোক কেন্দ্র থেকে ফোকাস বিন্দুর দিক আলোর প্রতিসরণের বিপরীত দিকে তাই অবতল লেন্সের ক্ষমতা ঋণাত্মক। লেন্সের ফোকাস দূরত্ব যত কম হয় তার ক্ষমতা তত বেশি হয়। অর্থাৎ লেন্সের ক্ষমতা তার ফোকাস দূরত্বের ব্যস্তানুপাতিক। বা লেন্সের ক্ষমতা কে $P$ এবং ফোকাস দৈর্ঘ্যক $f$ ধরলে, $P \propto \frac{1}{f}$ ।

[“$\propto$” সমানুপাতের প্রতীক চিহ্ন । ‘ $P \propto \frac{1}{f'}$ ’ বাক্যটি পড়তে হয় $P$ ব্যস্তানুপাতিক $f$ ]

লেন্সের ক্ষমতার প্রচলিত একক ডাইঅপ্টার। এক মিটার ফোকাস দৈর্ঘ্যের কোনো লেন্সের ক্ষমতাকে এক ডাইঅপ্টার (D) বলে। অর্থাৎ লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ($f$) মিটার এবং ক্ষমতা ($P$) ডাইঅপ্টার হলে,

$$P = \frac{1}{f} \quad \text{... ... .... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ...} \quad (১০.৪)$$

**চিহ্ন প্রথা ঃ** সকল দূরত্ব লেন্সের আলোক কেন্দ্র থেকে পরিমাপ করতে হয়। যে সকল দূরত্ব আলোর দিকে অর্থাৎ আলো প্রকৃত পক্ষে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে ধনাত্মক বা বাস্তব দূরত্ব এবং আলো যে দিকে যায় তার বিপরীত দিকের দূরত্বকে ঋণাত্মক বা অবাস্তব দূরত্ব বিবেচনা করা হয়।

**তাৎপর্য-১:** কোন লেন্সের ক্ষমতা + 0.5 D বলতে বুঝায় লেন্সটির ক্ষমতা ধনাত্মক, অতএব এটি একটি উত্তল লেন্স। এবং এর ফোকাস দূরত্ব $f = \frac{1}{0.5}\text{m} = 2\text{m}$ অর্থাৎ প্রধান অক্ষের সমান্তরাল একগুচ্ছ আলোক রশ্মিকে লেন্সটি 2m দূরে একত্রিত করে।

**তাৎপর্য-২:** কোন লেন্সের ক্ষমতা - 0.5 D বলতে বুঝায় লেন্সটির ক্ষমতা ঋণাত্মক, অতএব এটি একটি অবতল লেন্স। এবং এর ফোকাস দূরত্ব $f = \frac{1}{-0.5}\text{m} = -2\text{m}$ অর্থাৎ প্রধান অক্ষের সমান্তরাল একগুচ্ছ আলোক রশ্মি লেন্সটির পেছনের 2m দূরের কোন বিন্দু থেকে অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হবে।

**গাণিতিক উদাহরণ- ১০.১**

একটি লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 25cm হলে , লেন্সটির ক্ষমতা কত?

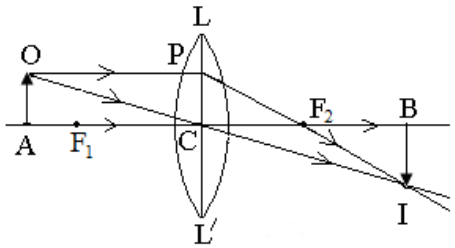
**সমাধান ঃ** ফোকাস দূরত্ব, $f = 25\text{ cm} = 0.25\text{m}$

অতএব লেন্সটির ক্ষমতা, $P = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.25\text{m}} = 4\text{ D}$

### ১০.৫.২ লেন্সের সমীকরণ (Equation of Lens)

ধরা যাক LL' একটি সরু উত্তল লেন্স (চিত্র ১০.২৪)। C এর আলোক কেন্দ্র, $F_1$ ও $F_2$ প্রথম ও দ্বিতীয় প্রধান ফোকাস এবং $F_1CF_2$ প্রধান অক্ষ। লেন্সটির সামনে প্রধান অক্ষের ওপর $F_1$ এর বাইরে A বিন্দুতে লম্বভাবে স্থাপিত AO একটি বিস্তৃত লক্ষ্যবস্তু।

O বিন্দু থেকে প্রধান অক্ষের সমান্তরাল OP রশ্মি দ্বিতীয় ফোকাস $F_2$ এর মধ্য দিয়ে প্রতিসৃত হয়। O থেকে আর একটি রশ্মি OC আলোক কেন্দ্র C বিন্দুর মধ্য দিয়ে বরাবর OCI পথে প্রতিসৃত হয়। $PF_2$ ও OI প্রতিসরিত রশ্মি দু'টি I বিন্দুতে ছেদ করবে। I বিন্দুতে O বিন্দুর প্রতিবিম্ব গঠিত হবে। I থেকে প্রধান অক্ষের ওপর IB লম্ব টানলে BI হবে AO লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব।




চিত্র ঃ ১০.২৪

এখানে চিত্র ১০.২৪ এ লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, $CA = +u$

প্রতিবিম্বের দূরত্ব, $CB = +v$

ফোকাস দূরত্ব, $CF = +f$ হলে,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} \quad \text{... ... .... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... (১০.৫)}$$

এই ১০.৫ নং সমীকরণটি উত্তল লেন্সের দ্বারা গঠিত সদ বিম্বের ক্ষেত্রে লেন্সের সমীকরণ। উত্তল লেন্স দ্বারা গঠিত অসদ বিম্ব এবং অবতল লেন্স দ্বারা গঠিত বিম্বের ক্ষেত্রেও অনুরূপভাবে একই সমীকরণ পাওয়া যায়। পরবর্তী শ্রেণির পাঠ্যপুস্তকে এগুলোর প্রতিপাদন পাওয়া যাবে। মনে করে দেখুন, নবম ইউনিটের পাঠ -৫ এর ৯.৫.১ অনুচ্ছেদে গোলীয় দর্পণের ক্ষেত্রেও একই সমীকরণ পেয়েছিলেন।

অতএব (১০.৫) সমীকরণটি সকল প্রকার লেন্স ও গোলকীয় দর্পণের ক্ষেত্রে গ্রহণযোগ্য সমীকরণ। এটিকে তাই লেন্সের এবং গোলীয় দর্পণের সাধারণ সমীকরণ বলা হয়।

### ১০.৫.৩ বিবর্ধন ও বিবর্ধনের রাশিমালা (Magnification)

আগের ইউনিটের পাঠ-৬ এ আমরা গোলীয় দর্পণের ক্ষেত্রে বিবর্ধন সম্পর্কে আলোচনা করেছি। সাধারণ অর্থে বিবর্ধন মানে কতগুণ বৃদ্ধি হয়েছে তার পরিমাণ। বৈজ্ঞানিক দৃষ্টিতে বৃদ্ধি বা হ্রাস সবই বিবর্ধন। মূলত প্রতিবিম্বের আকার লক্ষ্যবস্তুর তুলনায় কতগুণ বড় বা ছোট সেই রাশিকে তার বিবর্ধন বলে। এই আকার পরিমাপের ক্ষেত্রে বিম্বের দৈর্ঘ্য এবং বস্তুর দৈর্ঘ্যের অনুপাতকে ব্যবহার করি। তাই এক বলা হয় রৈখিক বিবর্ধন।

ধরা যাক কোন লক্ষ্যবস্তুর দৈর্ঘ্য $L_o$ এবং প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য $L_i$। তা হলে,

রৈখিক বিবর্ধন $m = \frac{L_i}{L_o} =$ ... ... .... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... (১০.৬)

$m > 1$ হলে, প্রতিবিম্বটি বিবর্ধিত হবে। অর্থাৎ লক্ষ্যবস্তু থেকে বিম্বের আকার বড় হবে।

$m = 1$ হলে, প্রতিবিম্বটি লক্ষ্যবস্তুর সমান হবে। অর্থাৎ লক্ষ্যবস্তুর আকার ও বিম্বের আকার সমান হবে।

$m < 1$ হলে, প্রতিবিম্বটি খর্বিত হবে। অর্থাৎ লক্ষ্যবস্তু থেকে বিম্বের আকার ছোট হবে।

লেন্স উত্তল বা অবতল যাই হোক, বিম্ব বাস্তব বা অবাস্তব এবং সোজা বা উল্টো যাই হোক

বিবর্ধন হবে, $m = -\frac{v}{u}$ ... ... .... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... (১০.৭)

এখানে, $u$ = লেন্সের আলোক কেন্দ্র থেকে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব এবং $v$ = লেন্সের আলোক কেন্দ্র থেকে প্রতিবিম্বের দূরত্ব।

বিবর্ধনের পরম মান $|m| = \left|\frac{v}{u}\right|$ ... ... .... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... (১০.৮)

### সার-সংক্ষেপ:

**লেন্সের ক্ষমতা :** এক মিটার ফোকাস দৈর্ঘ্যের কোন লেন্সের ক্ষমতাকে এক ডাইঅপ্টার (D) বলে। অর্থাৎ লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ($f$) মিটার এবং ক্ষমতা (P) ডাইঅপ্টার হলে, $P = \frac{1}{f}$ ডাইঅপ্টার

**লেন্সের রৈখিক বিবর্ধন :** কোন লক্ষ্যবস্তুর দৈর্ঘ্য $L_o$ এবং প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য $L_i$। তা হলে, রৈখিক বিবর্ধন $m = \frac{L_i}{L_o}$

অথবা, লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব $= +u$ এবং বিম্ব দূরত্ব $= +v$ হলে, বিবর্ধন হবে, $m = -\frac{v}{u}$

$m > 1$ হলে, প্রতিবিম্বটি বিবর্ধিত হবে। অর্থাৎ লক্ষ্যবস্তু থেকে বিম্বের আকার বড় হবে।

$m = 1$ হলে, প্রতিবিম্বটি লক্ষ্যবস্তুর সমান হবে। অর্থাৎ লক্ষ্যবস্তুর আকার ও বিম্বের আকার সমান।

$m < 1$ হলে, প্রতিবিম্বটি খর্বিত হবে। অর্থাৎ লক্ষ্যবস্তু থেকে বিম্বে আকার ছোট হবে।

### পাঠোত্তর মূল্যায়ন -১০.৫

সঠিক উত্তরের পাশে টিক ( √ ) চিহ্ন দিন।

১। একটি অবতল লেন্সের ফোকাস দুরত্ব 20 cm হলে এর ক্ষমতা কত?

(ক) -5 D (খ) 5 D

(গ) 0.5 D (ঘ) 5m

২। লেন্সের ক্ষমতা ও ফোকাস দূরত্বে সম্পর্ক কী?

(ক) পরস্পর সমান (খ) পরস্পর সমানুপাতিক

(গ) পরস্পর ব্যস্তানুপাতিক (ঘ) এক অপরের দ্বিগুণ

## পাঠ-৬ : দৃষ্টি ও দৃষ্টি ত্রুটি (Vision and Defects of Vision)

### উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি -

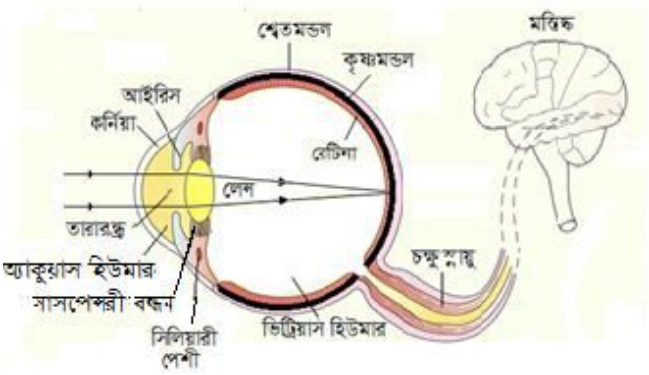
১. আলোক রশ্মির ক্রিয়ারেখা অংকন করে চোখের ক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. রঙিন বস্তুর আলোকীয় উপলব্ধি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৩. চোখের উপযোজন ক্ষমতা ও স্পষ্ট দর্শনের ন্যুনতম দূরত্ব বলতে কি বুঝায় তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৪. দৃষ্টির প্রধান ত্রুটিগুলো ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৫. আলোক রশ্মির ক্রিয়া রেখা অংকন করে দৃষ্টির ত্রুটি প্রতিকারে লেন্সের ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৬. দৈনন্দিন জীবনে আলোর প্রতিসরণের ব্যবহার বর্ণনা করতে পারবেন।

### ১০.৬.১ চোখ ও তার ক্রিয়া (Eye and Its Function)

আমাদের মুখ মন্ডলের দুদিকে দুটি চক্ষু কোটরের মধ্যে আছে এক জোড়া চোখ। এই চোখ দিয়ে আমরা দেখি। চোখ কিভাবে কাজ করে বা আমরা কিভাবে দেখি বুঝতে হলে চোখের গঠন সম্পর্কে জানতে হবে। নিচের ১০.২৫ নং চিত্রে চোখের বিভিন্ন অংশ দেখান হয়েছে। একটি শক্ত গোলকের মধ্যে বিভিন্ন জৈব পদার্থের সমন্বয়ে চক্ষু গঠিত, গোলকটির নাম অক্ষি গোলক। গোলকটির বাইরের অংশ একটি শক্ত সাদারঙের অস্বচ্ছ তন্তু দিয়ে আবৃত, এই আবরণীর নাম **শ্বেতমন্ডল**। শ্বেতমন্ডলের সামনে খানিকটা অংশ উত্তল ও স্বচ্ছ, এই অংশের নাম **কর্নিয়া**। শ্বেতমন্ডলের ভেতরের গায়ে কালো রঙের আস্তরণ থাকে এক বলে **কৃষ্ণমন্ডল**। কর্নিয়ার পেছনে একটি এই অস্বচ্ছ আবরণীকে বলে **আইরিশ**।

আইরিশ চোখের উপর পতিত আলো নিয়ন্ত্রণ করে। বিভিন্ন মানুষের আইরিশের রঙ বিভিন্ন হয়। সাধারণত রঙগুলো কালো, নীল বা বাদামী হয়।

অক্ষিগোলকের ভেতরের পৃষ্ঠে গোলাপী রঙের ঈষদচ্ছ আলোক সংবেদন আবরণকে **রেটিনা** বলে। এটি **রড** এবং **কোন** নামে কতগুলো স্নায়ুতন্তু দ্বারা গঠিত এবং এগুলো চক্ষু স্নায়ুর সাথে সংযুক্ত থাকে।




চিত্র ঃ ১০.২৫ মানব চক্ষুর গঠন

আইরিশের মাঝখানে একটি ছোট্ট ছিদ্র থাকে, এটি চোখের মণি বা তারা রন্ধ্র। এর মধ্য দিয়ে আলো চোখে প্রবেশ করে। তারা রন্ধ্রের পেছনে থাকে চক্ষু লেন্স। এটি স্বচ্ছ, জৈব পদার্থের তৈরি একটি উত্তল লেন্স। সিলিয়ারী পেশী ও সাসপেন্সরী বন্ধনী দ্বারা আটকানো থাকে।

লেন্স ও কর্ণিয়ার মাঝে ফাঁকা যায়গায় এক ধরনের স্বচ্ছ লবণাক্ত জলীয় পদার্থে পূর্ণ থাকে। লেন্স ও রেটিনার মাঝখানের ফাঁকা যায়গাও অনুরূপভাবে এক ধরণের জেলি জাতীয় স্বচ্ছ পদার্থে পূর্ণ থাকে। এদের যথাক্রমে অ্যাকুয়াস হিউমার এবং ভিট্রিয়াস হিউমার বলা হয়। কর্ণিয়া, অ্যাকুয়াস হিউমার, ভিট্রিয়াস হিউমার, চক্ষুলেন্স সব কিছু মিলে একত্রে একটি উত্তল লেন্সের কাজ করে। চোখের সামনে বস্তু থাকলে ঐ বস্তু থেকে প্রতিফলিত আলো চক্ষু লেন্সের মধ্য দিয়ে রেটিনার উপর পড়ে এবং বিম্ব সৃষ্টি করে। তা থেকে মস্তিষ্কে দর্শনের অনুভূতি সৃষ্টি হয় এবং আমরা দেখতে পাই। চক্ষুলেন্স প্রয়োজন মতো স্বয়ংক্রিয়ভাবে আকৃতি ছোট বড় করে। ফলে এর ফোকাস দূরত্ব কম বেশি হয়। ফোকাস দূরত্ব পরিবর্তনের ফলে লক্ষ্যবস্তু যেখানেই থাকুক রেটিনার উপরেই তার প্রতিবিম্ব পড়ে। চক্ষু লেন্সের এভাবে ফোকাসিং করার ক্ষমতাকে **উপযোজন ক্ষমতা** বলে।

উপরের চিত্রে দেখান হয়েছে, লক্ষ্যবস্তু থেকে প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছ চক্ষু লেন্সের মধ্য দিয়ে রেটিনায় ফোকাস হয়। ঐ আলো স্নায়ুতন্তুত্রে এক প্রকার উত্তেজনা সৃষ্টি করে ফলে মস্তিষ্কে দর্শনের অনুভূতি জাগে।

### ১০.৬.২ রঙিন বস্তুর আলোকীয় উপলব্ধি (Perception of Coloured Objects)

আমরা যখন কোন লক্ষ্যবস্তুর দিকে তাকাই তখন ঐ বস্তু থেকে আলো আমাদের চোখে পড়ে চক্ষু লেন্সের মধ্যদিয়ে প্রতিসৃত হয়ে রেটিনায় পড়ে। রেটিনায় বিপুল সংখ্যক স্নায়ু থাকে যারা মস্তিষ্কে আলোর অনুভূতি প্রেরণ করে। মস্তিষ্ক বিশ্লেষণের মাধ্যমে আমাদের অনুভূতি সৃষ্টি করে। রেটিনার স্নায়ু তন্তুগুলোর নাম রড (Rod) এবং কোন (Cone)| এদের মধ্যে তিন ধরণের কোন আছে। কিছু নীল বর্ণ, কিছু লাল বর্ণ এবং কিছু সবুজ বর্ণ সংবেদনশীল। বস্তুর রঙ যাই হোক না কেন কোনগুলো তাকে এই তিনটি মৌলিক রঙে ধারণ করে। ধারণ কৃত তথ্য মস্তিষ্কে যায়। অন্যদিকে রডগুলো বস্তুর নড়াচড়া সনাক্ত করে। মস্তিষ্ক সকল বস্তুর বর্ণ ও গতিবিধি বিশ্লেষণ করে আমাদের অনুভূতি সৃষ্টি করে। এভাবে আমাদের চোখ বস্তুর গতিশীলতা এবং বর্ণ সম্পর্কে সংবেদনশীল হয়।

### ১০.৬.৩ চোখের উপযোজন ও স্পষ্ট দর্শনের ন্যুনতম দূরত্ব

### Accommodation of Eye and Least Distance for Distinct Vision

**চোখের উপযোজন ঃ** আমরা জানি একটি উত্তল লেন্সের সামনে তার ফোকাস দূরত্বের বাইরে যে কোনো দূরত্বে একটি বস্তু রাখলে লেন্সের পেছনে বস্তুটির একটি বাস্তব ও উল্টো প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হয়। পেছনে একটি পর্দা রাখলে পর্দার উপর ঐ বিম্বটি দেখা যায়। পরীক্ষা করে দেখা গেছে বস্তু দূরত্ব পরিবর্তন হলে সুস্পষ্ট বিম্বের জন্য পর্দাটির অবস্থান পরিবর্তন করতে হয়। পর্দাটি একই জায়গায় রেখে বিভিন্ন দূরত্বের বস্তুর স্পষ্ট বিম্ব পেতে হলে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব পরিবর্তন করতে হয়, অর্থাৎ আলাদা আলাদা ফোকাস দূরত্বের লেন্স ব্যবহার করতে হয়। আমরা নিয়ত বিভিন্ন দূরত্বের বস্তু দেখি, অথচ আমাদের চোখের লেন্সের কোন পরিবর্তন করতে হয় না। একটি মাত্র চক্ষু লেন্স দিয়ে সবকিছু দেখা যায়। এটি অদ্ভুত নয় কি? কীভাবে এটি সম্ভব হয়?

চোখের কর্ণিয়া, অ্যাকুয়াস হিউমার, ভিট্রিয়াস হিউমার এবং চক্ষু লেন্স মূলত এক সঙ্গে একটি লেন্সের কাজ করে। এই সম্মিলিত লেন্সের বিশেষ গুণ হলো প্রয়োজন মত এর আকৃতি পরিবর্তন করে ফোকাস দূরত্ব কমিয়ে বাড়িয়ে নিতে পারে। ফোকাস দূরত্বের এই পরিবর্তনের কারণে লক্ষ্যবস্তু যে কোন দূরত্বে থাকুক না কেন লেন্স তদানুযায়ী ফোকাস দূরত্ব সমন্বয় করে রেটিনার উপর স্পষ্ট প্রতিবিম্ব গঠন করে। যে কোন দূরত্বের বস্তু দেখার জন্য চোখের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব সমন্বয়ের এই ক্ষমতাকে চোখের উপযোজন ক্ষমতা বা সংক্ষেপ উপযোজন বলা হয়।

**স্পষ্ট দর্শনের ন্যুনতম বা নিকটতম দূরত্ব ঃ** বইয়ের পৃষ্ঠাটি সামনে ধরুন এবং পৃষ্ঠাটির উপর তাকান। অক্ষরগুলো দেখুন। পৃষ্ঠাটি আস্তে আস্তে দূরে নিন। কী দেখছেন ? পাতাটি যত দূরে যায় অক্ষরগুলো তত ছোট হতে থাকে এবং এক সময় অস্পষ্ট হয়ে যায়। কিন্তু বস্তুর আকার বড় হলে তা অস্পষ্ট হয় না কেবল ছোট হয়। এবার পৃষ্ঠাটি ক্রমশ সামনের দিকে আনতে থাকুন। এক সময় দেখবেন সুস্পষ্ট অক্ষরগুলো আবার অস্পষ্ট হয়ে যাচ্ছে, পড়তে কষ্ট হচ্ছে। অর্থাৎ চোখের সামনে একটা নির্দিষ্ট দূরত্ব পর্যন্ত অক্ষরগুলো খুব স্পষ্ট দেখা যায়। যে নিকটতম দূরত্ব পর্যন্ত চোখ বিনা শ্রান্তিতে স্পষ্ট দেখতে পায় তাকে স্পষ্ট দর্শনের ন্যুনতম বা নিকটতম দূরত্ব বলে। স্বাভাবিক চোখের জন্য স্পষ্ট দর্শনের ন্যুনতম (নিকটতম) দূরত্ব 25 সেমি। অর্থাৎ চোখের লেন্স থেকে 25 সেন্টিমিটার দূরবর্তী বিন্দুতে স্থাপিত বস্তুটিকে সুন্দর সুস্পষ্টভাবে দেখা যায়।এর থেকে কম দূরত্বে স্থাপিত বস্তু স্পষ্ট দেখা যায় না।

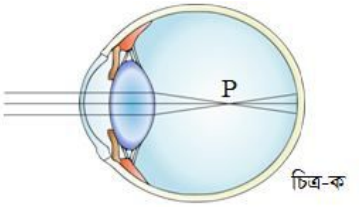
### ১০.৬.৪ চোখের ত্রুটি ও তার প্রতিকার (Defects of Vision and their Remedy)

আমরা আগের অনুচ্ছেদে জানলাম স্বাভাবিক চোখের দৃষ্টির সীমা চোখের সামনে 25 সেন্টিমিটার থেকে অসীম পর্যন্ত (যদিও দূরের বস্তু ছোট দেখা যায়)। এই দূরত্বকে চোখের পাল্লা বলে।যদি কোনো চোখ এই পাল্লার মধ্যে কোনো বস্তুকে স্পষ্ট দেখতে না পায়, তা হলে সেই চোখকে ত্রুটিপূর্ণ বলা হয়। চোখে প্রধানত: দু ধরণের ত্রুটি দেখা যায়–হ্রস্ব দৃষ্টি বা নিকট বদ্ধ দৃষ্টি এবং দীর্ঘ দৃষ্টি বা দূর বদ্ধ দৃষ্টি।

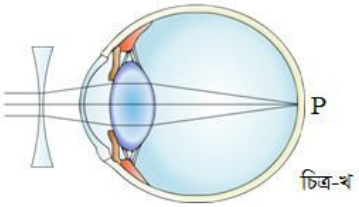
**১.হ্রস্ব দৃষ্টি বা নিকট বদ্ধ দৃষ্টি বা মাইওপিয়া** (Short sight or Myopia)

এই ত্রুটিগ্রস্থ মানুষ দূরের বস্তু ভালভাবে দেখতে পারে না, তবে কাছের বস্তু ভালভাবে দেখতে পায়। চোখের স্পষ্ট দর্শনের ন্যুনতম দূরত্ব বা নিকট দূরত্ব কমে যায়। নিকট বিন্দু চোখের সামনে চলে আসে। চক্ষুগোলকের ব্যাসার্ধ বেড়ে গেলে বা চোখের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব কমে গেলে এই ত্রুটি দেখা দেয়।

এই ত্রুটির ফলে দূর থেকে আগত রশ্মিগুচ্ছ চক্ষু লেন্সের মধ্য দিয়ে প্রতিসৃত হয়ে রেটিনার সামনে একটি বিন্দুতে মিলিত হয়, ফলে রেটিনার পরিবর্তে আগেই প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। উদাহরণ স্বরূপ চিত্র ১০.২৬ (ক) দেখান হয়েছে P বিন্দুতে প্রতিবিম্ব গঠিত হয়েছে। ফলে রেটিনায় গঠিত বিম্বটি অস্পষ্ট হবে। তাই চোখ দূরের বস্তু স্পষ্ট দেখতে পায় না।



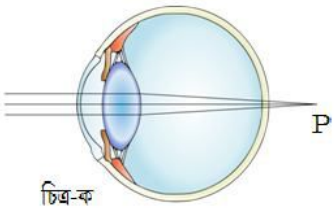

এই ত্রুটি দূর করার জন্য চোখে চশমা বা কন্টাক্ট লেন্স ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে ত্রুটির পরিমাণ যাচাই করে প্রয়োজনীয় ফোকাস দৈর্ঘ্যের বা পাওয়ারের অবতল লেন্স ব্যবহার করা হয়। অবতল লেন্স লক্ষ্যবস্তু থেকে আগত রশ্মিকে পরিমাণ মতো ছড়িয়ে দেয়, ফলে ফোকাস রেটিনাতে পড়ে এবং বস্তুর সুস্পষ্ট বিম্ব তৈরি হয়। চিত্র ১০.২৬ (খ) দেখান হয়েছে। এক্ষেত্রে লেন্স চোখের নিকট বিন্দু পেছনে সরিয়ে দেয়।

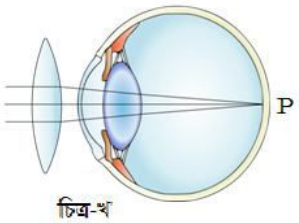



চিত্র ঃ ১০.২৬ হ্রস্ব দৃষ্টি ও তার প্রতিকার

**২. দীর্ঘ দৃষ্টি বা দূর বদ্ধ দৃষ্টি বা হাইপারমেট্রোপিয়া** (Long sight or Hypermetropia)

এই ত্রুটিগ্রস্থ মানুষ দূরের বস্তু ভালভাবে দেখতে পারে, কিন্তু কাছের বস্তু ভালভাবে দেখতে পারে না। চোখের স্পষ্ট দর্শনের নিকট দূরত্ব দূরে সরে যায় বা বেড়ে যায়। চক্ষু গোলকের ব্যাসার্ধ কমে গেলে বা চোখের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব বেড়ে গেলে এই ত্রুটি দেখা দেয়।




চিত্র ঃ ১০.২৭ দীর্ঘদৃষ্টি ও তার প্রতিকার

এই ত্রুটির ফলে চোখের কাছের লক্ষ্যবস্তু থেকে আগত রশ্মিগুচ্ছ চক্ষু লেন্সের মধ্য দিয়ে প্রতিসৃত হয়ে রেটিনার পেছনে একটি বিন্দুতে মিলিত হয়, ফলে রেটিনার পরিবর্তে পেছনে প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। উদাহরণ স্বরূপ চিত্র ১০.২৭ (ক) দেখান হয়েছে P বিন্দুতে প্রতিবিম্ব গঠিত হয়েছে। ফলে রেটিনায় গঠিত বিম্বটি অস্পষ্ট হয়। তাই চোখ কাছের বস্তু স্পষ্ট দেখতে পায় না।

এই ত্রুটি দূর করার জন্যও চোখে চশমা বা কন্টাক্ট লেন্স ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে ত্রুটির পরিমাণ যাচাই করে প্রয়োজনীয় ফোকাস দৈর্ঘ্যের বা পাওয়ারের উত্তল লেন্স ব্যবহার করা হয়। উত্তল লেন্স লক্ষ্যবস্তু থেকে আগত রশ্মিকে পরিমাণ মতো সংকুচিত করে, ফলে ফোকাসটি রেটিনাতে পড়ে এবং বস্তুর সুস্পষ্ট বিম্ব তৈরি হয়। চিত্র ১০.২৭ (খ) দেখান হয়েছে। এক্ষেত্রে লেন্স চোখের নিকট বিন্দুটি সামনে এগিয়ে আনে। ১০.২৭ ক-চিত্রে প্রথমে একটি ত্রুটিপূর্ণ চোখ এবং ১০.২৭ খ-চিত্রে চশমা ব্যবহারের ফলে ত্রুটি মুক্ত দৃষ্টি দেখান হয়েছে।

**১০.৬.৫ দৈনন্দিন জীবনে আলোর প্রতিসরণের ব্যবহার** (Uses of refraction of light in our daily life)

আমাদের দৈনন্দিন জীবনে আলোর প্রতিসরণের প্রভাব অপরিসীম। আমরা জ্ঞাত অথবা অজ্ঞাত ভাবেই আলোর প্রতিসরণকে জীবনে অহরহ কাজে লাগাচ্ছি। নিচে এসংক্রান্ত কয়েকটি সাধারণ ঘটনা উল্লেখ করা হলো।

১. বায়ু এবং শূন্য মাধ্যমের মধ্যদিয়ে প্রতিসরিত সুর্যের এবং চন্দ্রের আলো নিয়ত পৃথিবীতে পড়ছে যা আমাদের জীবন ধারণা ও পরিচালনের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ অবলম্বন।

২. সূর্যাস্ত এবং সূর্যোদয়ের সময় সূর্যটিকে বিশাল থালার মত দেখি, বায়ু স্তরের মধ্য দিয়ে আলোর প্রতিসরণের কারণে এমন হয়।

৩. কাচের দরজা, জানালার মধ্য দিয় আলো প্রতিসরিত হয় যা আমরা বিভিন্নভাবে ব্যবহার করি।

৪. একইভাবে নিরাপত্তার কারণে বাতির ঢাকনা, লণ্ঠনের চিমনি, বৈদ্যুতিক বালবে কাচের আবরণ দিয়ে ঢেকে নিয়ে ব্যবহার করছি। কিন্তু আলোর প্রতিসরণ না হলে এটি সম্ভব হত কি?

৫. বিভিণ্ন ধরণের আলোক সংক্রান্ত যন্ত্রপাতি তৈরিতে এবং ব্যবহারে প্রতিসরণের প্রভাব কার্যকর ভাবে অনুসরণ করা হয়।

৬. চশমা, দূরবীক্ষণ, বাইনোকুলার, মাইক্রোস্কোপের, ক্যামেরা কার্যপ্রণালী আলোর প্রতিসরণের নীতিকে কাজে লাগানো হয়।

৭. প্রিজমের মধ্যদিয়ে আলো প্রতিসরণ ঘটিয়ে বর্ণালী বিশ্লেষণ করা হয়।বর্ণালী বিশ্লেষণের জন্য গবেষণাগায়ে ব্যবহৃত যন্ত্রের নামবর্ণালী বীক্ষণ যন্ত্র। এই যন্ত্র মহাকাশ গবেষণা থেকে শুরু করে ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র পরমাণুর বৈশিষ্ট্য গবেষণায় ব্যবহৃত হয়।

৮. পানির তলায় কোন বস্তুর প্রকৃত অবস্থা সনাক্ত করতে প্রতিসরণের জ্ঞান ও অভিজ্ঞতা কাজে লাগে। প্রতিসরণের কারণে স্বচ্ছ পানির পুকুর বা জলাশয়ের তলার জলজ উদ্ভিদ প্রাণী এমনকি পানির তলার ভূমিকেও উঁচুতে দেখা যায়।

৯. একটি সরল দন্ডকে কাত করে পানিতে রাখলে বাঁকা দেখায়। একটি নিমজ্জিত মুদ্রাকে উপরে দেখা যায়– আলোর প্রতিসরণের প্রভাবে। প্রতিসরণের জ্ঞানকে কাজে লাগিয়ে এদের সঠিক অবস্থান বুঝতে হয়। আপনিও এ ধরনের আরও অনেক উদাহরণ দিতে পারবেন।

১০. আকাশের তারাগুলোকে আমরা মিট মিট করতে দেখি। বায়ুমন্ডলের বিভিন্ন স্তরের মধ্য দিয়ে আলোর প্রতিসরণের তারতম্য এর কারণ।

১১. অপটিক্যাল ফাইবারের মধ্য দিয়ে আলোর প্রতিসরণকে কাজে লাগিয়ে টেলিকমিউনিকেশন, চিকিৎসা ব্যবস্থা, সেন্সর ও আলোক সজ্জায় প্রভূত উন্নয়ন ও অগ্রগতি সাধিত হচ্ছে।

## সার-সংক্ষেপঃ

**উপযোজন ক্ষমতাঃ** যে কোনো দূরত্বের বস্তু দেখার জন্য চোখের লেন্সের সয়ংক্রিয়ভাবে ফোকাস দূরত্ব সমন্বয়ের ক্ষমতাকে চোখের উপযোজন ক্ষমতা বা সংক্ষেপ উপযোজন বলা হয়।

**স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব ঃ** যে নিকটতম দূরত্ব পর্যন্ত চোখ বিনা শ্রান্তিতে স্পষ্ট দেখতে পায় তাকে স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম বা নিকটতম দূরত্ব বলে। স্বাভাবিক চোখের জন্য স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম (নিকটতম) দূরত্ব ২৫ সেমি।

## পাঠোত্তর মূল্যায়ন -১০.৬

সঠিক উত্তরের পাশে টিক ( √ ) চিহ্ন দিন।

১। মানব চক্ষুর শ্বেতমন্ডলের অবস্থান কোথায়?

(ক) চক্ষু কোটরের বাইরে (খ) চক্ষু গোলকের বাইরে
(গ) চক্ষু গোলকের ভেতরে (ঘ) চক্ষু গোলকের সামনে

২। রেটিনার রডগুলোর কাজ কি?

(ক) বস্তুর রঙ বা বর্ণ সনাক্ত করা (খ) বস্তুর উজ্জ্বলতা সনাক্ত করা
(গ) বস্তুর দূরত্ব সনাক্ত করা (ঘ) বস্তুর নড়াচড়া সনাক্ত করা

৩। স্বাভাবিক চোখের স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনমত দূরত্ব কত?

(ক) 0.25 মিটার (খ) 0.025 মিটার
(গ) 25 মিটার (ঘ) 0.25সেন্টিমিটার

## পাঠ -৭ঃ ব্যবহারিক-১২ উত্তল লেন্স ব্যবহার করে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি

To create an image using convex lens

**উদ্দেশ্য**

এই পাঠের শেষে আপনি -

১. উত্তল লেন্স ব্যবহার করে বাস্তব প্রতিবিম্ব সৃষ্টি ও প্রদর্শন করতে পারবেন।

**প্রয়োজনীয় উপকরণ ঃ** একটি উত্তল লেন্স অথবা ম্যাগনিফাইং গ্লাস।

**কাজের ধারা ঃ**

১। একটি উত্তল লেন্স বা ম্যাগনিফাইং গ্লাস হাতে নিন। ঘরের বাইরে বারান্দায় বা ঘরের মধ্যে খোলা জানালার সামনে গিয়ে দাঁড়ান।

২। বারান্দায় দাঁড়ালে ঘরের দেয়ালের সামনে (ঘরের মধ্যে দাঁড়ালে, পেছনে এক খন্ড সাদা কাগজের টুকরোর সামনে) লেন্সটি এমন ভাবে সমান্তরাল করে ধরুন যেন ঘরের বাইরের কোনো লক্ষ্যবস্তু থেকে লেন্সের উপর খাড়াভাবে একগুচ্ছ সান্তরাল আলো এসে পড়তে পারে। বাইরের কোন গাছ পালা, দালান ইত্যাদি দৃশ্যকে লক্ষ্যবস্তু নির্বাচন করতে পারেন।

৩। লেন্সটিকে ডানে- বামে ঘুরিয়ে দেয়াল বা সাদা কাগজের উপর লক্ষ্যবস্তুর একটি প্রতিবিম্ব ফেলুন।

৪। লেন্সটিকে সামনে পেছনে সরিয়ে দেয়ালের প্রতিবিম্বটি সুস্পষ্ট করুন। কোন একটি নির্দিষ্ট স্থানে বস্তুর বিম্বটি সুস্পষ্ট হবে। সকলকে এটি দেখান।

৫। এভাবে দেয়ালে বা কাগজের পর্দায় দূরের লক্ষ্য বস্তুর সুস্পষ্ট প্রতিবিম্ব প্রদর্শন করা যায়।

চিত্র ১০.২৮

৬। রশ্মিচিত্র এঁকে প্রতিবিম্বটির গঠন চিত্র আঁকুন ও ব্যাখ্যা করুন

সতর্কতা ঃ

(ক) লক্ষ্য রাখবেন দেয়ালের বা কাগজের তল সাদা, মসৃণ এবং লেন্সের তলের সাথে সমান্তরাল হয়। (খ) লক্ষ্যবস্তুটি পর্যাপ্ত আলোকিত থাকে এবং বিম্ব সৃষ্টির যায়গাটি অপেক্ষাকৃত কম আলোকিত থাকে।

**https://www.youtube.com/watch?v=ZuBF4LNmC68**

## পাঠ -৮ঃ ব্যবহারিক-১৩ বিভিন্ন ব্যক্তির চোখের স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব নির্ণয়

To Determine the near vision of different persons

**উদ্দেশ্য**

এই পাঠের শেষে আপনি

১. স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব পরিমাপ করে চোখের ত্রুটি চিহ্নিত করতে পারবেন।

**প্রয়োজনী উপকরণ :** এক টুকরা খবরের কাগজ বা যে কোন মুদ্রিত বইয়ের একটি পৃষ্ঠা বা খবরের কাগজ, একটি সেন্টিমিটারে দাগাঙ্কিত স্কেল বা ফিতা।

**কাজের ধারা ঃ**

১. আপনার পরিবার ও প্রতিবেশিদের মধ্যে বিভিন্ন বয়সের ৭/৮ জন মানুষ বেছে নিন।
২. আপনার খাতায় নিচের ছকের মতো একটি পর্যবেক্ষণ ছক তৈরি করুন।।
৩. এক এক জনকে চেয়ারে বসিয়ে প্রত্যেককে নির্ধারিত খবরের কাগজ বা বইয়ের পৃষ্ঠাটি পড়তে দিন। এবার এক চোখ বন্ধ করে পড়তে বলুন।
৪. যিনি যে অবস্থানে রেখে পড়তে স্বাচ্ছন্দ্য বোধ করেন সেই অবস্থানে কাগজটি ধরে রাখতে দিন।
৫. সেন্টিমিটার স্কেলে চোখ থেকে কাগজের দূরত্ব (লম্বভাবে) পরিমাপ করে ছকে লিখুন। এটিই তার ঐচোখের স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব।

চিত্র ঃ ১০.২৯

৬. প্রথম বারে খোলা চোখটি বন্ধ করে এবার অন্য চোখটি দিয়ে দেখতে বলুন এবং একইভাবে দ্বিতীয়চোখের স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব রেকর্ড করুন।
৭. যিনি চশমা পরেন তার চশমাসহ এবং চশমা ছাড়া দুভাবেই পরিমাপ নিন এবং রেকর্ড করুন।
৮. ছক থেকে বয়স অনুযায়ী স্পষ্ট দর্শনের নিকট বিন্দু সম্পর্কে আপার মতামত লিখুন। যারা চশমা পরেন না তাদের স্পষ্ট দর্শনের গড় মান বের করুন।
৯. চশমাসহ এবং চশমা ছাড়া স্পষ্ট দর্শনের নিকট বিন্দুর কি তারতম্য আলোচনা করুন।

**পর্যবেক্ষণ ছক**

| ক্রমিক নং | বয়স (বছরে) | স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব (চশমাসহ) | | | স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব (চশমা ছাড়া) | | | সুপারিশকৃত চশমা ( প্রয়োজন হলে) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ডান চোখ | বাম চোখ | গড় দূরত্ব | ডান চোখ | বাম চোখ | গড় দূরত্ব | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

**সতর্কতা ঃ**

(ক) পরীক্ষণ কালে স্কেল দিয়ে মাপার সময় যেন চোখে খোচা না লাগে সেদিকে সতর্ক থাকতে হবে। (খ) চোখের থেকে কাগজের পিঠের পরিমাপ অবশ্য লম্বভাবে নিতে হবে।

(গ) যারা পড়তে পারেন না তাদের জন্য ছবি যুক্ত কার্ড ব্যবহার করুন।

## চূড়ান্ত মূল্যায়ন-১০

### ক. সাধারণ বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১। কোন বর্ণের আলোর প্রতিসরণাঙ্কের মান সবচেয়ে কম?

(ক) লাল (খ) হলুদ
(গ) বেগুনি (ঘ) কমলা

২। প্রতিসরণাঙ্কের একক কোনটি?

(ক) মিলি মিটার (খ) মিউ
(গ) ডিগ্রি (ঘ) একক নাই

৩। 'ধ' মাধ্যম থেকে আপতিত রশ্মি 'ন' মাধ্যমের মধ্যে অভিলম্বের দিকে বেঁকে গেলে কোনটি সঠিক?

(ক) ${}_a\mu_b > 1$ (খ) ${}_a\mu_b < 1$
(গ) ${}_a\mu_b = 1$ (ঘ) ${}_a\mu_b = {}_b\mu_a$

৪। অপটিক্যাল ফাইবারের মধ্য দিয়ে কোন শক্তি প্রবাহিত হয়?

(ক) তাপ (খ) আলো
(গ) বিদ্যুৎ (ঘ) যান্ত্রিক

৫। কোনটি পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন সংগঠিত হওয়ার শর্ত?

(ক) আপতন কোণ > প্রতিসরণ কোণ (খ) আপতন কোণ = μান্তি কোণ
(গ) আপতন কোণ > μান্তি কোণ (ঘ) আপতন কোণ < μান্তি কোণ

### খ. বহুপদী সমাপ্তি সূচক প্রশ্ন ঃ

১। টেলিযোগাযোগে অপটিক্যাল ফাইবারের ব্যবহারের কারণ –

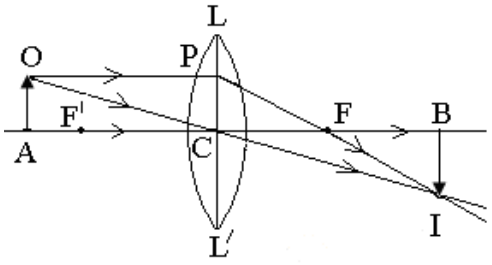
i. এর মধ্য দিয়ে প্রেরিত তথ্য অপচয় হয়না।
ii. এটি তাড়িতচৌম্বকীয় প্রভাব মুক্ত।
iii. অপারেশন ছাড়াই দেহের ভেতরের অংশগুলো দেখা যায়।

কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) ii ও iii
গ) iii ও i ঘ) i, ii ও iii

### গ. অভিন্ন তথ্য ভিত্তিক বহুনির্বাচনী প্রশ্ন ঃ

পাশের চিত্রে LL' একটি উত্তল লেন্স। C এর আলোক কেন্দ্র, F প্রধান ফোকাস এবং F′CF প্রধান অক্ষ। লেন্সটির সামনে প্রধান অক্ষের ওপর A বিন্দুতে লম্বভাবে স্থাপিত AO একটি বিস্তৃত লক্ষ্যবস্তু। BI বস্তুটির প্রতিবিম্ব।
চিত্রটি পর্যবেক্ষণ করুন এবং নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দিন।




১। গঠিত প্রতিবিম্বটির বৈশিষ্ট্য কি?

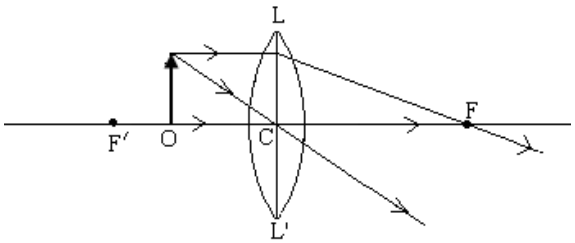
(ক) অসদ ও উল্টো (খ) অসদ ও সোজা
(গ) সদ ও সোজা (ঘ) সদ ও উল্টো

২। চিত্রের LL' লেন্সটি অবতল হলে, গঠিত প্রতিবিম্বটির বৈশিষ্ট্য কি হতো?

(ক) অসদ ও উল্টো (খ) অসদ ও সোজা
(গ) সদ ও সোজা (ঘ) সদ ও উল্টো

**ঘ. সৃজনশীল প্রশ্ন - ১**

চিত্রে দেখা যাচ্ছে একটি উত্তল লেন্সের সামনে প্রধান অক্ষের উপর 15 mm উঁচু একটি বস্তু O। বস্তুটির শীর্ষ থেকে লেন্সের মধ্য দিয়ে দুটি রশ্মির গমন পথ দেখানো হয়েছে। লেন্সটির ফোকাস বিন্দু দুটি F ও F′। লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব 30 mm। এবং লেন্সের আলোক কেন্দ্র থেকে বস্তুটির দূরত্ব 20 mm। নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দিন এবং সমস্যাগুলোর সমাধান করুন।




(১) লেন্সের সংজ্ঞা দিন।

(২) উত্তল লেন্সের মধ্যদিয়ে প্রতিসরিত রশ্মি দুটি অপসারি কেন ব্যাখ্যা করুন।

(৩) চিত্রটি খাতায় তুলে সম্পূর্ণ করুন। প্রতিবিম্বটি কোথায় গঠিত হয়েছে এবং গঠিত প্রতিবিম্বটির বৈশিষ্ট্যগুলো লিখুন।

(৪) বিবর্ধন ক্ষমতা নির্ণয়ের সূত্রটি লিখুন। সম্পূর্ণ চিত্র থেকে গঠিত প্রতিবিম্বটির দৈর্ঘ্য নির্ণয় করা যাবে কি? কিভাবে ? বর্ণনা করুন। প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য এবং বিবর্ধন নির্ণয় করুন।

**ঘ. গাণিতিক সমস্যা ঃ**

১। 45° আপতন কোণে বায়ু মাধ্যম থেকে পানি মাধ্যমে আপতিত সাধারণ আলোর প্রতিসরণ কোণ 32° হলে বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরণাঙ্ক নির্ণয় করুন।

২। বেনজিনের সাপেক্ষে কেরোসিনের প্রতিসরণাঙ্ক 0.96। বেনজিন ও কেরোসিনের বিভেদ তলে বেনজিনের মধ্যে আপতিত রশ্মির জন্য সংকট কোণ কত হবে?

৩। 50 cm ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট উত্তল লেন্সের ক্ষমতা নির্ণয় করুন।

৪। 25 cm ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট অবতল লেন্সের ক্ষমতা নির্ণয় করুন।

৬। কোন ব্যক্তি চশমা হিসাবে 20 cm ফোকাস দূরত্বের একটি অবতল লেন্স ব্যবহার করেন। লেন্সটির ক্ষমতা কত?

## বহুনির্বাচনী প্রশ্ন ও গাণিতিক সমস্যাসমূহের উত্তরমালা

পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১০.১- ১। (খ) ২। (ঘ)
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১০.২- ১। (খ) ২। (ক) ৩। (ক)
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১০.৩- ১। (খ) ২। (ক) ৩। (ঘ)
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১০.৪- ১। (ঘ) ২। (গ) ৩। (ক)
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১০.৫- ১। (খ) ২। (খ)
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১০.৬- ১। (খ) ২। (ঘ) ৩। (ক)

**চূড়ান্ত মূল্যায়ন ১০**

ক. সাধারণ বহুনির্বাচনী প্রশ্ন ঃ ১। (ক) ২। (ঘ) ৩। (ক) ৪। (খ) ৫। (গ)
খ. বহুপদী সমাপ্তি সূচক বহুনির্বাচনী প্রশ্ন ঃ ১। (খ) ২। (ক)
গ. অভিন্ন তথ্য ভিত্তিক বহুনির্বাচনী প্রশ্ন ঃ ১। (ঘ)
সৃজনশীল প্রশ্ন ঃ ২ (ক) পাঠ-২ সারংশে দেখুন
(খ) আপতন বিন্দুতে লম্ব একেঁ রশ্মি চিত্র আঁকতে হবে। নিজে চেষ্টা করুন।
(গ) নিজে চিত্র আঁকুন, দর্পণের পেছনে সোজা,বর্ধিত অসদ বা অবাস্ত বিম্ব হবে।
(ঘ) সমীকরণ ১০.১১ বা ১০.১৪, সমস্যাটি সমাধান নিজে করুন, (উঃ 45mm) টিউটোরিয়াল ক্লাসে শিক্ষককে দেখান।

গাণিতিক সমস্যার উত্তর ১। 1.33 ২। 74° ৩। +2D ৪। -4D ৫। -5D