নবম অধ্যায়

আলোর প্রতিসরণ

LECTURE SHEET

- **প্রতিসরণ (Refraction) :** আলোকরশ্মি এক স্বচ্ছ মাধ্যম থেকে অন্য স্বচ্ছ মাধ্যমে যাওয়ার সময় মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদতলে তির্যকভাবে আপতিত আলোকরশ্মির দিক পরিবর্তন করার ঘটনাকে আলোর প্রতিসরণ বলে।
- **প্রতিসরণের সূত্র (Laws of Refraction) :** আলোর প্রতিসরণ দুটি সূত্র মেনে চলে।

  প্রথম সূত্র : আপতিত রশ্মি, প্রতিসরিত রশ্মি এবং আপতন বিন্দুতে বিভেদতলের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব একই সমতলে অবস্থান করে।

  দ্বিতীয় সূত্র : একজোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম এবং নির্দিষ্ট বর্ণের আলোক রশ্মির ক্ষেত্রে আপতন কোণের সাইন এবং প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা একটা ধ্রুবক। এ ধ্রুবককে η দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

  অর্থাৎ, যদি আপতন কোণ i এবং প্রতিসরণ কোণ r হয় তবে, $\eta = \frac{\sin i}{\sin r}$
- **প্রতিসরণাঙ্ক (Refractive Index) :** আলোকরশ্মি যখন এক স্বচ্ছ মাধ্যম থেকে অন্য স্বচ্ছ মাধ্যমে তির্যকভাবে প্রবেশ করে তখন নির্দিষ্ট রঙের আলোর জন্য আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত যে ধ্রুব সংখ্যা হয় তাকে প্রথম মাধ্যমের সাপেক্ষে দ্বিতীয় মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক বা আপেক্ষিক প্রতিসরণাঙ্ক বলে।
- **পরম প্রতিসরণাঙ্ক (Absolute Refractive Index) :** আলোকরশ্মি যখন শূন্য মাধ্যম থেকে অন্য কোনো মাধ্যমে তির্যকভাবে প্রবেশ করে তখন নির্দিষ্ট রঙের আলোর জন্য আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাতকে ওই মাধ্যমের পরম প্রতিসরণাঙ্ক বলে। শূন্য মাধ্যমে আপতন কোণ i এবং অন্য কোনো মাধ্যমে প্রতিসরণ কোণ r হলে, মাধ্যমের পরম প্রতিসরণাঙ্ক $\eta_a = \frac{\sin i}{\sin r}$।
- **ক্রান্তি কোণ বা সঙ্কট কোণ (Critical Angle) :** নির্দিষ্ট রঙের আলোকরশ্মি ঘন মাধ্যম হতে হালকা মাধ্যমে প্রতিসরিত হওয়ার সময় আপতন কোণের যে মানের জন্য প্রতিসরণ কোণের মান সর্বাধিক ($90°$) হয়, তাকে ক্রান্তি কোণ বলে। একে সাধারণত θ_c দ্বারা প্রকাশ করা হয়।
- **পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন (Total Internal Reflection) :** আলোকরশ্মি যখন ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে ক্রান্তি কোণের চেয়ে বড় কোণে আপতিত হয়, তখন প্রতিসরণের পরিবর্তে আলোকরশ্মি সম্পূর্ণরূপে ঘন মাধ্যমের অভ্যন্তরে প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী প্রতিফলিত হয়। এ ঘটনাকে পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন বলে।
- **পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন হওয়ার শর্ত :** পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের শর্ত দুটি। যথা :

- ◆ আলোকরশ্মিকে অবশ্যই ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমের অভিমুখে যেতে হবে এবং দুই মাধ্যমের বিভেদতলে আপতিত হতে হবে।
- ◆ ঘন মাধ্যমে আপতন কোণ ক্রান্তি কোণের চেয়ে বড় হতে হবে।

 মরীচিকা (Mirage) : মরুভূমিতে পথচারীর কাছে প্রায়ই মনে হয় তার সামনে অল্প দূরত্বে বুঝি পানি আছে। কিন্তু তিনি কখনো সেই পানির কাছে পৌঁছাতে পারেন না, কেননা, এটি একটি আলোকীয় অলীক ঘটনা। এই ঘটনাকেই মরীচিকা বলে। পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের জন্য দৃষ্টিতে যে ভ্রান্তি হয় তাকে মরীচিকা বলে। উত্তপ্ত মরুভূমিতে মরীচিকা সৃষ্টি হয়।

 অপটিক্যাল ফাইবার (Optical Fibre) : অপটিক্যাল ফাইবার হচ্ছে খুব সরু এবং নমনীয় কাচ তন্তু। আলো বহনের কাজে এটি ব্যবহৃত হয়। যখন আলোকরশ্মি কাচ তন্তুর একপ্রান্ত দিয়ে প্রবেশ করে, তখন তন্তুর দেয়ালে বারবার এর পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন ঘটে, যতক্ষণ না অপর প্রান্ত দিয়ে নির্গত হয়। এভাবে আলোকরশ্মি দণ্ডের সম্পূর্ণ দৈর্ঘ্য অতিক্রম করে। একগুচ্ছ অপটিক্যাল ফাইবারকে আলোক নল বলা হয়।

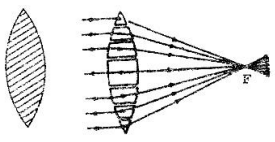
 বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরণাঙ্ক 1·33 : বায়ুর সাপেক্ষে পানির প্রতিসরণাঙ্ক 1·33 বলতে বোঝায় যে, আলোকরশ্মি যদি বায়ু মাধ্যম থেকে পানিতে প্রবেশ করে তাহলে আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা 1·33 হবে।

কাচের পরম প্রতিসরণাঙ্ক 1.5 এর অর্থ : কাচের পরম প্রতিসরণাঙ্ক 1·5 বলতে বোঝায়, শূন্য মাধ্যম বা বায়ু থেকে আলো কাচে তির্যকভাবে প্রবেশ করলে আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইন–এর অনুপাত 1·5 হয়।

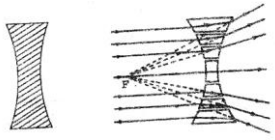
 লেন্স (Lens) : দুটি গোলীয় পৃষ্ঠ দ্বারা সীমাবদ্ধ কোনো স্বচ্ছ প্রতিসারক মাধ্যমকে লেন্স বলে। লেন্স প্রধানত দু'রকমের হয়। যথা :

- ◆ উত্তল বা অভিসারী লেন্স (Convex lens) এবং
- ◆ অবতল বা অপসারী লেন্স (Concave lens)।

 উত্তল বা অভিসারী লেন্স (Convex Lens) : যে লেন্সের মধ্যভাগ মোটা ও প্রান্ত সরু তাকে উত্তল লেন্স বলে। উত্তল লেন্সে আলোকরশ্মি উত্তল পৃষ্ঠে আপতিত হয় বলে তাকে উত্তল লেন্স বলে। এ লেন্সে সাধারণত একগুচ্ছ সমান্তরাল আলোকরশ্মিকে অভিসারী করে বলে তাকে অভিসারী লেন্সও বলা হয়।



 অবতল বা অপসারী লেন্স (Concave Lens) : যে লেন্সের মধ্যভাগ সরু ও প্রান্তের দিকে মোটা তাকে অবতল লেন্স বলে। অবতল লেন্সে আলোকরশ্মি অবতল পৃষ্ঠে আপতিত হয় বলে তাকে অবতল লেন্স বলে। এ লেন্স সাধারণত একগুচ্ছ আলোকরশ্মিকে অপসারী করে বলে তাকে অপসারী লেন্সও বলে।

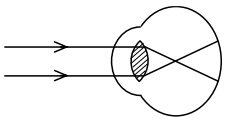


- **প্রধান অক্ষ (Principal axis) :** দুটি গোলীয় পৃষ্ঠ দ্বারা লেন্স গঠিত হয়। সুতরাং লেন্সের বক্রতার কেন্দ্র এবং বক্রতার ব্যাসার্ধ দুটি। লেন্সের উভয় পৃষ্ঠের বক্রতার কেন্দ্রের মধ্য দিয়ে গমনকারী সরলরেখাকে প্রধান অক্ষ বলে।
- **আলোক কেন্দ্র (Optical Centre) :** কোনো আলোকরশ্মি যদি কোনো লেন্সের এক পৃষ্ঠে আপতিত হয়ে নির্গত হওয়ার সময় আপতিত রশ্মির সমান্তরালভাবে নির্গত হয় তাহলে সেই রশ্মি লেন্সের প্রধান অক্ষের ওপর যে বিন্দু যায় সেই বিন্দুকে লেন্সের আলোক কেন্দ্র বলে। একে C দ্বারা সূচিত করা হয়।
- **লেন্সের প্রধান ফোকাস (Principal Focus) :** লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরাল এবং নিকটবর্তী রশ্মিগুচ্ছ প্রতিসরণের পর প্রধান অক্ষের ওপর যে বিন্দুতে মিলিত হয় (উত্তল লেন্সে) বা যে বিন্দু থেকে অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হয় (অবতল লেন্সে) সেই বিন্দুকে লেন্সের প্রধান ফোকাস বলে।
- **ফোকাস দূরত্ব (Focal Length) :** আলোক কেন্দ্র থেকে লেন্সের প্রধান ফোকাস পর্যন্ত দূরত্বকে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব বলে।
- **ফোকাস তল (Focal Plane) :** কোনো লেন্সের প্রধান ফোকাসের মধ্য দিয়ে প্রধান অক্ষের সাথে লম্বভাবে যে সমতল কল্পনা করা যায় তাকে ফোকাস তল বলে।
- **লেন্সের ক্ষমতা (Power of a Lens) :** একগুচ্ছ সমান্তরাল আলোকরশ্মিকে কোনো লেন্সের অভিসারী (উত্তল লেন্সে) গুচ্ছে বা অপসারী (অবতল লেন্সে) গুচ্ছে পরিণত করার সামর্থ্যকে ঐ লেন্সের ক্ষমতা বলে।
- **ডায়াপ্টার (Dioptre) :** লেন্সের ক্ষমতার প্রচলিত একক হলো ডায়াপ্টার। এক মিটার ফোকাস দূরত্বের কোনো লেন্সের ক্ষমতাকে এক ডায়াপ্টার (d) বলে। লেন্সের ফোকাস দূরত্বকে মিটারে প্রকাশ করে তার বিপরীত রাশি নিলে ডায়াপ্টারে লেন্সের ক্ষমতা পাওয়া যায়। কোনো লেন্সের ফোকাস দূরত্ব f মিটার এবং ক্ষমতা P ডাইঅপ্টার হলে, $P = \frac{1}{f}$।
- **বিম্ব স্থাপন বা চক্ষুর সংযোজন বা চক্ষুর উপযোজন :** যেকোনো দূরত্বের বস্তু দেখার জন্য চোখের অক্ষিপটে লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব গঠনের জন্য লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নিয়ন্ত্রণ করার প্রক্রিয়াকে বিম্ব স্থাপন বা চক্ষুর সংযোজন বা চক্ষুর উপযোজন বলে।
- **স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব ও দূরতম দূরত্ব :** যে নিকটতম দূরত্ব পর্যন্ত চোখ বিনা শ্রান্তিতে স্পষ্ট দেখতে পায় তাকে স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব বলে।
  সবচেয়ে বেশি যে দূরত্বে কোনো বস্তু থাকলে তা স্পষ্ট দেখা যায় তাকে চোখের স্পষ্ট দর্শনের দূরতম দূরত্ব বলে।
- **চোখের নিকট বিন্দু ও দূরবিন্দু :** স্বাভাবিক চোখ যে নিকটতম বিন্দু পর্যন্ত বিনা শ্রান্তিতে স্পষ্ট দেখতে পায় তাকে চোখের নিকট বিন্দু বলে। সবচেয়ে দূরে অবস্থিত যে বিন্দু পর্যন্ত স্বাভাবিক চোখ স্পষ্ট দেখতে পায় তাকে চোখের দূরবিন্দু বলে।

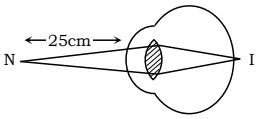
- **স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব 25 সেমি-এর অর্থ :** কোনো ব্যক্তির স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম বিন্দু 25 সেমি বলতে বোঝায় কোনো বস্তু 25 সেমি দূরে থাকতে সে ব্যক্তির চোখ বিনা বাধায় তা স্পষ্ট দেখতে পাবে।
- **দর্শনানুভূতির স্থায়িত্বকাল :** চোখের সামনে কোনো বস্তু রাখলে রেটিনায় তার বিম্ব গঠিত হয় এবং আমরা বস্তুটি দেখতে পাই। এখন যদি বস্তুটিকে চোখের সম্মুখ থেকে সরিয়ে নেওয়া হয় তাহলে সরিয়ে নেওয়ার 0·1 সেকেন্ড পর্যন্ত এর অনুভূতি মস্তিষ্কে থেকে যায়। এ সময়কে দর্শনানুভূতির স্থায়িত্বকাল বলে। দর্শনানুভূতির স্থায়িত্বকাল 0·1 সেকেন্ড বা $\frac{1}{10}$ সেকেন্ড।
- **চোখের ত্রুটি :** স্বাভাবিক চোখের দৃষ্টির পাল্লা 25 cm থেকে অসীম পর্যন্ত বিস্তৃত অর্থাৎ স্বাভাবিক চোখ 25 cm থেকে অসীম দূরত্বের মধ্যে যেকোনো বস্তু স্পষ্ট দেখতে পায়। যদি কোনো চোখ এই পাল্লার মধ্যে কোনো বস্তুকে স্পষ্ট দেখতে না পায় তাহলে সেই চোখ ত্রুটিপূর্ণ ধরা হয়। চোখে প্রধানত দুই ধরনের ত্রুটি দেখা যায়। যথা :

  ১. হ্রস্ব দৃষ্টি বা মাইওপিয়া (Short Sight or Myopia); ২. দীর্ঘ দৃষ্টি বা হাইপারমেট্রোপিয়া (Long sight or Hypermetropia)

  হ্রস্ব দৃষ্টি বা মাইওপিয়া (Short sight or Myopia) : এই ত্রুটিগ্রস্ত চোখ দূরের জিনিস ভালোভাবে দেখতে পায় না কিন্তু কাছের জিনিস স্পষ্ট দেখতে পায়। এমনকি এই চোখের নিকট বিন্দু 25 cm এরও কম হতে পারে।



  কারণ : অক্ষিগোলকের ব্যাসার্ধ বেড়ে গেলে বা চোখের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব কমে গেলে অর্থাৎ অভিসারী ক্ষমতা বেড়ে গেলে এই ত্রুটি দেখা যায়।



  দীর্ঘ দৃষ্টি বা হাইপারমেট্রোপিয়া (Long sight or Hypermetropia) : এই ত্রুটিগ্রস্ত চোখ দূরের জিনিস দেখতে পায় কিন্তু কাছের জিনিস স্পষ্ট দেখতে পায় না।

  কারণ : অক্ষিগোলকের ব্যাসার্ধ কমে গেলে বা চোখের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব বেড়ে গেলে অর্থাৎ অভিসারী ক্ষমতা কমে গেলে চোখে এই ধরনের ত্রুটি দেখা দেয়।
- **অ্যাকুয়াস হিউমার (Aqueous humour) :** কর্নিয়া ও চক্ষু লেন্সের মধ্যবর্তী স্থান যে স্বচ্ছ লবণাক্ত জলীয় পদার্থে পূর্ণ থাকে তাকে অ্যাকুয়াস হিউমার বলে। অশ্রু বলতে আমরা অ্যাকুয়াস হিউমারকে বুঝি।

অনুশীলনের জন্য দক্ষতাস্তরের প্রশ্ন ও উত্তর

● ■ জ্ঞানমূলক প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ॥ ১ ॥ আলোর প্রতিসরণের দ্বিতীয় সূত্র বিবৃত কর।

উত্তর : একজোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম এবং নির্দিষ্ট বর্ণের আলোকরশ্মির ক্ষেত্রে আপতন কোণের সাইন এবং প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা ধ্রুবক।

প্রশ্ন ॥ ২ ॥ প্রতিসরণের ক্ষেত্রে আলোকরশ্মি লেন্সের আলোক কেন্দ্র দিয়ে আপতিত হলে কী ঘটবে?

উত্তর : প্রতিসরিত হয়ে সোজাসুজি চলে যাবে।

প্রশ্ন ॥ ৩ ॥ প্রধান অক্ষ কী?

উত্তর : কোনো লেন্সের উভয় পৃষ্ঠের বক্রতার কেন্দ্র দিয়ে অতিক্রমকারী সরলরেখাকে ঐ লেন্সের প্রধান অক্ষ বলে।

প্রশ্ন ॥ ৪ ॥ অপটিক্যাল ফাইবার কী?

উত্তর : অপটিক্যাল ফাইবার হচ্ছে খুব সরু এবং নমনীয় কাচতন্তু। আলো বহনের কাজে এটি ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন ॥ ৫ ॥ আলোর কোন ধর্ম কাজে লাগিয়ে অপটিক্যাল ফাইবার তৈরি করা হয়?

উত্তর : আলোর পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন ধর্মকে কাজে লাগিয়ে অপটিক্যাল ফাইবার তৈরি করা হয়।

প্রশ্ন ॥ ৬ ॥ আইরিস কী?

উত্তর : কর্নিয়ার ঠিক পিছনে অবস্থিত একটি অস্বচ্ছ পর্দাকে আইরিস বলে।

প্রশ্ন ॥ ৭ ॥ কৃষ্ণমন্ডল কী?

উত্তর : শ্বেতমন্ডলের ভেতরের গায়ে কালো রঙের একটি আস্তরণ থাকে। একে কৃষ্ণমন্ডল বলে।

প্রশ্ন ॥ ৮ ॥ অ্যাকুয়াস হিউমার কী?

উত্তর : কর্নিয়া ও চক্ষু লেন্সের মধ্যবর্তী স্থানে যে স্বচ্ছ ও লবণাক্ত পদার্থে পূর্ণ থাকে তাকে অ্যাকুয়াস হিউমার বলে।

প্রশ্ন ॥ ৯ ॥ চোখের উপযোজন কাকে বলে?

উত্তর : যেকোনো দূরত্বের বস্তু দেখার জন্য চোখের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নিয়ন্ত্রণ করার ক্ষমতাকে চোখের উপযোজন বলে।

প্রশ্ন ॥ ১০ ॥ চোখের হ্রস্ব দৃষ্টি ত্রুটি কী?

উত্তর : চোখের হ্রস্ব দৃষ্টি চোখের এক ধরনের রোগ। এই ত্রুটিগ্রস্ত চোখ দূরের জিনিস ভালোভাবে দেখতে পায় না কিন্তু কাছের জিনিস স্পষ্ট দেখতে পায়।

প্রশ্ন ॥ ১১ ॥ চোখের দীর্ঘ দৃষ্টি ত্রুটি কী?

উত্তর : চোখের দীর্ঘ দৃষ্টি ত্রুটি চোখের এক ধরনের রোগ। এই ত্রুটিগ্রস্ত চোখ দূরের জিনিস দেখতে পায় কিন্তু কাছের জিনিস স্পষ্ট দেখতে পায় না।

প্রশ্ন ॥ ১২ ॥ চোখের রড ও কোন কী?

উত্তর : চোখের রেটিনা থেকে যে নার্ভগুলো মস্তিষ্কে গিয়েছে সেগুলোর নাম রড ও কোন।

● ■ অনুধাবনমূলক প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ॥ ১ ॥ কোনো একটি মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক বিভিন্ন হতে পারে কি? কেন?

উত্তর : প্রতিসরণাঙ্ক দুটি বিষয়ের ওপর নির্ভরশীল।

যথা : ১. মাধ্যমের প্রকৃতি এবং ২. আলোর রং।

সুতরাং এটা বোঝা যায়, মাধ্যমদ্বয়ের প্রকৃতি বা আলোর রঙের যেকোনো একটি বা উভয়ের পরিবর্তন হলে মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক বিভিন্ন হয়ে থাকে।

প্রশ্ন ॥ ২ ॥ প্রতিসরণের সময় মাধ্যমের ঘনত্বভেদে আলোকরশ্মির দিক পরিবর্তন হয়– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : আলোকরশ্মি যখন হালকা হতে ঘন মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন প্রতিসরিত রশ্মি আপতন বিন্দুতে অঙ্কিত অভিলম্বের দিকে সরে আসে। অপরদিকে আলোকরশ্মি আলোকীয়ভাবে ঘনতর মাধ্যম হতে লঘুতর মাধ্যমে প্রবেশ করলে প্রতিসরিত রশ্মি অভিলম্ব হতে দূরে সরে যায়।

প্রশ্ন ॥ ৩ ॥ আলোর প্রতিসরণের স্নেলের সূত্রটি– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : আলোর প্রতিসরণের স্নেলের সূত্রটি হলো, 'একজোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম এবং নির্দিষ্ট বর্ণের আলোক রশ্মির ক্ষেত্রে আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইন এর অনুপাত সর্বদা ধ্রুবক।'

এ সূত্রানুসারে i_1, i_2, i_3----আপতন কোণের জন্য প্রতিসরণ কোণ যথাক্রমে r_1, r_2, r_3--- ইত্যাদি হলে,

$\frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{\sin i_2}{\sin r_2} = \frac{\sin i_3}{\sin r_3}$ = ধ্রুবক হবে। এই ধ্রুবকটির মান নির্ভর করবে আপতন ও প্রতিসরণ মাধ্যমের প্রকৃতি এবং আপতিত আলোর বর্ণের ওপর।

প্রশ্ন ॥ ৪ ॥ প্রতিসরণাঙ্ক আলোর বেগের সাথে কীভাবে সম্পর্কিত– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : a মাধ্যমের সাপেক্ষে b মাধ্যমের আপেক্ষিক প্রতিসরণাঙ্ক

$$_a\eta_b = \frac{\text{a মাধ্যমে আলোর বেগ}}{\text{b মাধ্যমে আলোর বেগ}}।$$

অর্থাৎ কোনো মাধ্যমের পরম প্রতিসরণাঙ্ক ঐ মাধ্যমে আলোর বেগের মানের ব্যস্তানুপাতিক।

প্রশ্ন ॥ ৫ ॥ ক্রান্তি কোণ কি আলোর বেগের ওপর নির্ভর করে? ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : ক্রান্তি কোণ আলোর বেগের ওপর নির্ভর করে। কারণ, ক্রান্তি কোণ আলোর প্রতিসরণের একটি ঘটনা। বস্তুত ক্রান্তি কোণ তথা আলোর প্রতিসরণ দুটি বিষয়ের ওপর নির্ভর করে। যথা : ১. মাধ্যমদ্বয়ের প্রকৃতি এবং ২. আলোর রং।

আলোর বেগ পরিবর্তিত হওয়ার অর্থ হলো মাধ্যমদ্বয়ের প্রকৃতি কিংবা আলোর রঙের পরিবর্তন। আর এজন্যই ক্রান্তি কোণ আলোর বেগের ওপর নির্ভরশীল।

প্রশ্ন ॥ ৬ ॥ প্রতিসরণের ক্ষেত্রে আপতন কোণ ক্রান্তি কোণের সমান হলে কী ঘটে?

উত্তর : প্রতিসরণের সময় আপতন কোণ ক্রান্তি কোণের সমান হলে প্রতিসরণ কোণ $90°$ হয় বা প্রতিসরিত রশ্মি সংশ্লিষ্ট মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদতল ঘেঁষে চলে যায়।

প্রশ্ন ॥ ৭ ॥ অপটিক্যাল ফাইবার কী কাজে লাগে?

উত্তর : অপটিক্যাল ফাইবার বহুবিধ কাজে ব্যবহৃত হয়। নিচে বর্ণনা করা হলো :

১. বাঁকাপথে আলো বহনের জন্য।

২. চক্ষু, গলা, নাক অপারেশনে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতিতে অপটিক্যাল ফাইবারের ব্যবহার রয়েছে।

৩. চিকিৎসকগণ মানবদেহের ভেতরে কোনো অংশ দেখার জন্য অপটিক্যাল ফাইবার তথা আলোক নল ব্যবহার করে থাকেন।

৪. নেটওয়ার্কে অপটিক্যাল ফাইবারের দরুন দূর–দূরান্তে যোগাযোগ দ্রুত করা যায়।

প্রশ্ন ॥ ৮ ॥ আলোর কোন ঘটনার কারণে মরুভূমিতে মরীচিকা দেখা যায়? ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : আলোর পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের ফলে মরুভূমিতে মরীচিকা দেখা যায়। মরুভূমিতে সূর্যের প্রচণ্ড তাপে বালি খুব তাড়াতাড়ি উত্তপ্ত হয়। ফলে বালিসংলগ্ন বায়ুর তাপমাত্রা বেড়ে যায়। এ বায়ুর ঘনত্ব উপরের বায়ুর ঘনত্বের তুলনায় কমে যায়। ফলে যখন আলোকরশ্মি কোনো উঁচু গাছ থেকে দর্শকের চোখে পৌঁছে তখন উপরের বায়ু ঘন মাধ্যম এবং নিচের বায়ু হালকা মাধ্যম হিসেবে কাজ করে। ফলে আপতন কোণ সঙ্কট কোণের চেয়ে বড় হলে পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন ঘটে এবং মরীচিকার উদ্ভব ঘটে।

প্রশ্ন ॥ ৯ ॥ অপটিক্যাল ফাইবারে কীভাবে আলো বহন করা হয়– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : অপটিক্যাল ফাইবার তৈরি করা হয় কাচ বা প্লাস্টিকের খুব সরু, দীর্ঘ, নমনীয় অথচ নিরেট কাচতন্তু দ্বারা। এই তন্তুর প্রতিসরণাঙ্ক 1.7। ফাইবারের ওপর অপেক্ষাকৃত কম প্রতিসরণাঙ্কের (1.5) পদার্থের একটি আবরণ দেওয়া হয়। ফাইবারের একপ্রান্তে ক্ষুদ্র কোণে আপতিত আলোকরশ্মি ফাইবারের ভিতরে বারবার পূর্ণ অভ্যন্তরীণভাবে প্রতিফলিত হয়ে শেষ পর্যন্ত অন্য প্রান্ত দিয়ে বেরিয়ে আসে।

প্রশ্ন ॥ ১০ ॥ স্বাস্থ্যক্ষেত্রে অপটিক্যাল ফাইবার কী কাজে লাগে– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : কোনো রোগীর পাকস্থলীর ভিতরের দেয়াল পরীক্ষা করতে হলে একটি আলোক নলকে মুখের ভেতর দিয়ে পাকস্থলীতে ঢুকানো হয়। এই আলোক নলের এক সেট অপটিক্যাল ফাইবার দিয়ে আলো পাঠিয়ে পাকস্থলীর দেয়ালের সংশ্লিষ্ট অংশকে আলেকিত করা হয়, অন্য সেট দিয়ে এই আলোকিত অংশকে বাইরে থেকে দেখা যায়। এই পদ্ধতি এন্ডোস্কোপি নামে পরিচিত। এভাবে আলোক নল ঢুকিয়ে রক্তবাহী ধমনি বা শিরার ব্লক বা হৃৎপিন্ডের ভাল্বগুলোর ক্রিয়া দেখা যায়।

প্রশ্ন ॥ ১১ ॥ লেন্সে রশ্মি চিত্র অঙ্কনের নিয়মাবলি– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : লেন্সে রশ্মি চিত্র অঙ্কনের নিয়মাবলি হলো :

১. লেন্সের আলোক কেন্দ্র দিয়ে আপতিত রশ্মি প্রতিসরণের পর সোজাসুজি চলে যায়।
২. লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরাল রশ্মি প্রতিসরণের পর প্রধান ফোকাস দিয়ে যায় (উত্তল লেন্সে) বা প্রধান ফোকাস থেকে আসছে বলে মনে হয় (অবতল লেন্সে)।
৩. লেন্সের প্রধান ফোকাসের মধ্য দিয়ে (উত্তল লেন্সে) বা প্রধান ফোকাস অভিমুখী (অবতল লেন্সে) আপতিত রশ্মি প্রতিসরণের পর প্রধান অক্ষের সমান্তরাল হয়ে যায়।

প্রশ্ন ॥ ১২ ॥ উত্তল লেন্সে প্রতিবিম্ব গঠন প্রক্রিয়া– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : উত্তল লেন্সের প্রধান অক্ষের ওপর লম্বভাবে দণ্ডায়মান বিস্তৃত লক্ষ্যবস্তুর শীর্ষবিন্দু থেকে একটি আলোকরশ্মি সরাসরি এসে লেন্সের আলোক কেন্দ্রের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করার ফলে এর কোনোরূপ দিক পবিরর্তন ঘটে না। শীর্ষবিন্দু হতে অপর একটি আলোকরশ্মি প্রধান অক্ষের সমান্তরালে এসে প্রতিসরণের পর প্রধান ফোকাস দিয়ে অতিক্রম করে। এ দুটি প্রতিসরিত আলোকরশ্মি লেন্সের সামনে অথবা পিছনে কোনো একটি বিন্দুতে মিলিত হয়। এ বিন্দু হতে প্রধান অক্ষের ওপর লম্ব আঁকলে সেটাই হবে লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব।

প্রশ্ন ॥ ১৩ ॥ স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব বলতে কী বোঝ?

উত্তর : যে ন্যূনতম দূরত্ব পর্যন্ত চোখ বিনা শ্রান্তিতে স্পষ্ট দেখতে পায় তাকে স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব বলে। স্বাভাবিক চোখের জন্য স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব প্রায় 25 সেন্টিমিটার।

প্রশ্ন ॥ ১৪ ॥ কোনো ব্যক্তি দীর্ঘ দৃষ্টিসম্পন্ন হলে কাছের ও দূরের দেখার ক্ষেত্রে কীরূপ সমস্যা হয়– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : কোনো ব্যক্তি দীর্ঘ দৃষ্টি ত্রুটিগ্রস্ত হলে দূরের বস্তু দেখতে কোনো সমস্যা হয় না, কিন্তু কাছের বস্তুসমূহ স্পষ্ট দেখতে অসুবিধা হয়। এজন্য তিনি তখন বই বা খবরের কাগজ পড়তে পারেন না।

গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান

সূত্রাবলি	প্রতীক পরিচিতি
◗ আলোর প্রতিসরণাঙ্ক, $\eta = \frac{\sin i}{\sin r}$	i = আপতন কোণ r = প্রতিসরণ কোণ
◗ কোনো মাধ্যমের পরম প্রতিসরণাঙ্ক, $\eta = \frac{C_0}{C_m}$	C_0 = শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ C_m = ঐ মাধ্যমে আলোর বেগ

সূত্রাবলি	প্রতীক পরিচিতি
◗ 'a' মাধ্যমের সাপেক্ষে 'b' মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক, $_a\eta_b = \frac{C_a}{C_b}$	C_a = 'a' মাধ্যমে আলোর বেগ C_b = 'b' মাধ্যমে আলোর বেগ
◗ $_a\eta_b = \frac{1}{_b\eta_a}$	$_a\eta_b$ = a মাধ্যমের সাপেক্ষে b মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক $_a\eta_b$ = b মাধ্যমের সাপেক্ষে a মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক
◗ $_0\eta_b = \frac{C_0}{C_b}$	C_0 = শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ C_b = b মাধ্যমে আলোর বেগ $_o\eta_b$ = b মাধ্যমের পরম প্রতিসরণাঙ্ক
◗ $_0\eta_b = \frac{C_0}{C_w}$ $\eta = \frac{1}{\sin\theta_c}$	C_0 = শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ $_0\eta_w$ = পানির প্রতিসরণাঙ্ক θ_c = ক্রান্তি কোণ
◗ $P = \frac{1}{f}$	f = লেন্সের ফোকাস দূরত্ব P = লেন্সের ক্ষমতা

গাণিতিক উদাহরণ ৯.১ : বায়ু থেকে পানিতে প্রতিসরণের ক্ষেত্রে আপতন কোণ 30° এবং প্রতিসরণ কোণ 19° হলে, বায়ুর সাপেক্ষে পানির প্রতিসরণাঙ্ক কত?

সমাধান :

দেওয়া আছে,

আপতন কোণ, $i = 30°$

প্রতিসরণ কোণ, $r = 19°$

বায়ুর সাপেক্ষে পানির প্রতিসরণাঙ্ক, $_a\eta_w = ?$

আমরা জানি, $\frac{\sin i}{\sin r} = \eta$

$$_a\eta_w = \frac{\sin i}{\sin r}$$

$$= \frac{\sin 30°}{\sin 19°}$$

$$= \frac{0.5}{0.325}$$

$$= 1.538$$

∴ নির্ণেয় প্রতিসরণাঙ্ক 1.538।

গাণিতিক উদাহরণ ॥ ৯.২ ॥ বায়ুর সাপেক্ষে পানির প্রতিসরণাঙ্ক 1.33 হলে পানির সাপেক্ষে বায়ুর প্রতিসরণাঙ্ক কত?

সমাধান :

দেওয়া আছে,

বায়ুর সাপেক্ষে পানির প্রতিসরণাঙ্ক, ${}_a\eta_w = 1.33$

পানির সাপেক্ষে বায়ুর প্রতিসরণাঙ্ক, ${}_w\eta_a = ?$

আমরা জানি,

$${}_w\eta_a = \frac{1}{{}_a\eta_w} = \frac{1}{1{\cdot}33}$$

$$= 0.75$$

অতএব, পানির সাপেক্ষে বায়ুর প্রতিসরণাঙ্ক 0.75।

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৩ : কোনো লেন্সের ফোকাস দূরত্ব +0.1 m হলে ক্ষমতা কত?

সমাধান :

দেওয়া আছে,

ফোকাস দূরত্ব, $f = +0.1$ m

ক্ষমতা, $P = ?$

আমরা জানি,

$$P = \frac{1}{f} = \frac{1}{+0.1\text{ m}} = 10D$$

অতএব, লেন্সের ক্ষমতা 10D।

সমস্যা ॥ ৪ ॥ শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ 3×10^8 ms^{-1} হলে পানিতে আলোর বেগ নির্ণয় কর। (পানির প্রতিসরণাঙ্ক 1.33)

সমাধান :

দেওয়া আছে,

শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ, $C_0 = 3 \times 10^8$ ms^{-1}

পানির প্রতিসরণাঙ্ক, ${}_0\eta_w = 1{\cdot}33$

পানিতে আলোর বেগ, $C_w = ?$

আমরা জানি,

$${}_0\eta_w = \frac{C_0}{C_w}$$

$$\text{বা, } C_w = \frac{C_0}{{}_0\eta_w}$$

$$= \frac{3 \times 10^8}{1.33}\text{ ms}^{-1} = 2{\cdot}26 \times 10^8\text{ ms}^{-1}$$

অতএব, পানিতে আলোর বেগ $2{\cdot}26 \times 10^8$ ms^{-1}।

সমস্যা ॥ ৫ ॥ গ্লিসারিনের সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরণাঙ্ক 1·09। গ্লিসারিনে আলোর বেগ $2{\cdot}04 \times 10^8$ ms^{-1} হলে কাচে আলোর বেগ নির্ণয় কর।

সমাধান :

দেওয়া আছে,

গ্লিসারিনে আলোর বেগ, $C_{gl} = 2{\cdot}04 \times 10^8$ ms^{-1}

গ্লিসারিনের সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরণাঙ্ক, ${}_{gl}\eta_g = 1.09$

কাচে আলোর বেগ, $C_g = ?$

আমরা জানি,

$${}_0\eta_w = \frac{C_{gl}}{C_g}$$

$$\text{বা, } C_g = \frac{C_{gl}}{{}_{gl}\eta_g}$$

$$= \frac{2{\cdot}04 \times 10^8\,\text{ms}^{-1}}{1{\cdot}09} = 1{\cdot}87 \times 10^8\,\text{ms}^{-1}$$

অতএব, কাচে আলোর বেগ $1{\cdot}87 \times 10^8$ms^{-1}।

সমস্যা ॥ ৬ ॥ A ও B মাধ্যমে আলোর বেগ যথাক্রমে $2{\cdot}04 \times 10^8$ ms^{-1} এবং 1·87 ×

10^8 ms^{-1} হলে A মাধ্যম সাপেক্ষে B মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক বের কর।

সমাধান :

দেওয়া আছে,

A মাধ্যমে আলোর বেগ, $C_A = 2{\cdot}04 \times 10^8$ ms^{-1}

B মাধ্যমে আলোর বেগ, $C_B = 1{\cdot}87 \times 10^8$ ms^{-1}

A মাধ্যমের সাপেক্ষে B মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক, ${}_A\eta_B = ?$

আমরা জানি,

$${}_A\eta_B = \frac{C_A}{C_B}$$

$$= \frac{2{\cdot}04 \times 10^8\,\text{ms}^{-1}}{1{\cdot}87 \times 10^8\,\text{ms}^{-1}} = 1{\cdot}09$$

অতএব, A মাধ্যম সাপেক্ষে B মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক 1·09।

সমস্যা ॥ ৭ ॥ পানিতে আলোর বেগ 2.26×10^{10} cm s^{-1} হলে শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ নির্ণয় কর। পানিতে প্রতিসরণাঙ্ক 1.33।

সমাধান :

দেওয়া আছে,

পানিতে আলোর বেগ, $C_w = 2{\cdot}26 \times 10^{10}$ cm s^{-1}

পানির প্রতিসরণাঙ্ক, ${}_0\eta_w = 1{\cdot}33$

শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ, $C_0 = ?$

আমরা জানি,

$${}_0\eta_w = \frac{C_0}{C_w}$$

$$\therefore \quad C_0 = C_w \times {}_0\eta_w$$

$$= 2{\cdot}26 \times 10^{10}\ \text{cms}^{-1} \times 1{\cdot}33 = 3 \times 10^{10}\ \text{cms}^{-1}$$

অতএব, শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ 3×10^{10} cms^{-1}।

সমস্যা ॥ ৮ ॥ কোনো লেন্সের ফোকাস দূরত্ব + 0·2 হলে ক্ষমতা কত?

সমাধান :

দেওয়া আছে,

ফোকাস দূরত্ব, $f = + 0{\cdot}1\text{m}$

ক্ষমতা, $P = ?$

আমরা জানি,

$$P = \frac{1}{f}$$

$$= \frac{1}{+ 0{\cdot}2\text{m}} = 5\ \text{D}$$

অতএব, লেন্সটির ক্ষমতা 5 D।

সমস্যা ॥ ৯ ॥ বেনজিনে আলোর বেগ 2×10^8 ms^{-1} হলে কেরোসিনে আলোর বেগ নির্ণয় কর। বেনজিনের সাপেক্ষে কেরাসিনের প্রতিসরণাঙ্ক 0·96।

সমাধান :

দেওয়া আছে,

বেনজিনে আলোর বেগ, $C_b = 2 \times 10^8$ ms^{-1}

বেনজিনের সাপেক্ষে কেরোসিনের প্রতিসরণাঙ্ক, ${}_b\eta_k = 0.96$

কেরোসিনে আলোর বেগ, $C_k = ?$

আমরা জানি,

$$_b\eta_k = \frac{C_b}{C_k}$$

$$\therefore C_k = \frac{C_b}{_b\eta_k}$$

$$= \frac{2 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}{0{\cdot}96} = 2{\cdot}08 \times 10^8$$

ms^{-1}

অতএব, কেরোসিনে আলোর বেগ $2{\cdot}08 \times 10^8$ ms^{-1}।

সমস্যা ॥ ১০ ॥ বায়ুর সাপেক্ষে কোন মাধ্যমের ক্রান্তি কোণ 30° হলে ঐ মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক কত?

সমাধান :

মনে করি,

অপর মাধ্যমটি, b

দেওয়া আছে,

বায়ুর সাপেক্ষে b মাধ্যমের ক্রান্তি কোণ, $\theta_c = 30°$

মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক, $\mu = ?$

আমরা জানি,

$$\mu = \frac{1}{\sin \theta_c}$$

$$= \frac{1}{\sin 30°}$$

$$= \frac{1}{0.5} = 2$$

অতএব, মাধ্যমটির প্রতিসরণাঙ্ক 2।