



## আলোক যন্ত্র

### ভূমিকা

আলোর প্রতিফলন ও প্রতিসরণের নীতিমালা প্রয়োগ করে যেসব যন্ত্রের কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা করা যায় তাদের বলা হয় আলোকযন্ত্র। অনুবীক্ষণ ও দূরবীক্ষণযন্ত্র বহুল পরিচিত আলোকযন্ত্র। মানুষের চোখও একধরনের আলোকযন্ত্র। আলো না থাকলে মানুষের চোখও কাজ করতো না অর্থাৎ আমরা দেখতে পেতাম না। এই ইউনিটে আমাদের আলোচ্য বিষয়, দৃষ্টির বিভিন্ন ক্রটি ও তার সংশোধন, বিভিন্ন প্রকার অনুবীক্ষণ ও দূরবীক্ষণ যন্ত্র এবং এদের কার্য প্রণালী। চোখের ক্রটি সম্পর্কে ধারণা পেতে হলে চোখের গঠন সম্পর্কে আমাদের প্রথম জানতে হবে। সুতরাং আমরা এই ইউনিটটি শুরু করব মানুষের চোখ ও এর গঠন নিয়ে। তারপর আমরা চোখের ক্রটি নিয়ে আলোচনা করব। এই ইউনিটে পাঁচটি পাঠ রয়েছে। পাঠগুলো বেশ তথ্য বহুল। তাই খুব মনোযোগ দিয়ে পড়তে হবে।



## মানুষের চোখ



### উদ্দেশ্য

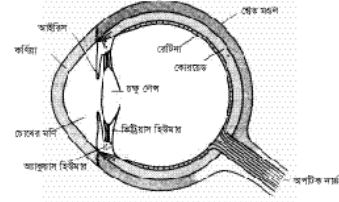
এই পাঠ শেষে আপনি-

- মানুষের চোখের গঠন বর্ণনা করতে পারবেন।
- চোখের বিভিন্ন অংশের কার্যাবলী বর্ণনা করতে পারবেন।
- স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব বলতে কি বোঝায় তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- চোখের ক্রিয়া বর্ণনা করতে পারবেন।
- দর্শনভূতির স্থায়িত্বকালের সংজ্ঞা দিতে পারবেন।

### চোখের গঠন

প্রথমে আসা যাক চোখ ও এর বিভিন্ন অংশের গঠন নিয়ে আলোচনায়। আমাদের চোখ নিম্নোক্ত অংশ দিয়ে গড়া। এদের নিজস্ব গঠন ও কাজ রয়েছে।

১. **অক্ষিগোলক:** চোখের কোটরের মধ্যে অবস্থিত এর গোলাকার অংশকে অক্ষিগোলক বলে। এর সামনের ও পিছনের অংশ খানিকটা চ্যাপ্টা। এটি চোখের কোটরের মধ্যে একটা নির্দিষ্ট সীমার চারদিকে ঘুরতে পারে।
২. **শ্বেতমন্ডল:** এটি শক্ত, সাদা, অস্বচ্ছ তত্ত্ব দিয়ে তৈরি অক্ষিগোলকের বাইরের আবরণ। এটি চোখের আকৃতি ঠিক রাখে এবং বাইরের নানা প্রকার অনিষ্ট হতে চোখকে রক্ষা করে।
৩. **কর্ণিয়া:** এটি শ্বেতমন্ডলের সামনের অংশ। শ্বেতমন্ডলের এই অংশ স্বচ্ছ এবং বাইরের দিকে কিছুটা উত্তল।
৪. **কৃষ্ণমন্ডল:** কর্ণিয়ার ভিতরের গায়ে কালো রংয়ের একটি আস্তরণ থাকে। একে কৃষ্ণমন্ডল বলে। এই কালো আস্তরণের জন্য চোখের ভিতর আভ্যন্তরীণ প্রতিফলন হয় না।
৫. **আইরিস:** কর্ণিয়ার ঠিক পেছনে অবস্থিত একটি অস্বচ্ছ পর্দাকে আইরিস বলে। এর রং বিভিন্ন লোকের ক্ষেত্রে বিভিন্ন রকমের হয়। সাধারণত এর রং কালো, হালকা নীল, গাঢ় বাদামী হয়। আইরিস চক্ষু লেসের উপর আপতিত আলোর পরিমাণ নিয়ন্ত্রণ করে।
৬. **চোখের মণি:** আইরিসের মাঝখানে একটি ছোট ছিদ্র থাকে। একে চোখের মণি বা তারারন্ধ্র বলে। চোখের মণির মধ্য দিয়ে আলো চোখের ভিতরে প্রবেশ করে।
৭. **চক্ষুলেঙ্গ:** চোখের মণির ঠিক পিছনে অবস্থিত এটি চোখের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ অংশ। এই লেন্স স্বচ্ছ জৈব পদার্থে তৈরি। লেন্সের পিছনের দিকে বক্রতা সামনের দিকের বক্রতার চেয়ে কিছুটা বেশি। লেন্সটি অক্ষিগোলকের সাথে সিলিয়ারী পেশী ও সাসপেন্ডরী বন্ধনী দ্বারা আটকানো থাকে। এই পেশী ও বন্ধনীগুলোর সংকোচন ও প্রসারণের ফলে লেন্সের ফোকাস দূরত্বে পরিবর্তন ঘটে। দূরের বা কাছের জিনিস দেখার জন্য চক্ষু লেন্সের ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তন করার প্রয়োজন হয়।
৮. **রেটিনা:** চক্ষু লেন্সের পেছনে অবস্থিত অক্ষিগোলকের ভিতরের পৃষ্ঠের গোলাপী রঙের ঈষদসচ্ছ আলোক সংবেদন আবরণকে অক্ষিপট বা রেটিনা বলে। এটি কতগুলো স্নায়ুতত্ত্ব দ্বারা তৈরি। এই তত্ত্বগুলো চক্ষু স্নায়ু এর সাথে সংযুক্ত থাকে। রেটিনার উপর আলো পড়লে তা ঐ স্নায়ুতত্ত্বতে এক প্রকার উত্তেজনার সৃষ্টি করে ফলে মস্তিষ্কে দর্শনের অনুভূতি জাগে।



চিত্র ১০.১

রেটিনার প্রায় কেন্দ্রস্থলে অবস্থিত সর্বাধিক আলোক সংবেদন অঞ্চল খানিকটা হলুদ বর্ণের। এই অংশকে হলুদ বিন্দু বলে। হলুদ বিন্দুর কেন্দ্রস্থলকে ফোভিয়া সেন্ট্রালিস বলে।

মস্তিষ্ক থেকে আগত চক্ষু স্নায়ুগুলো অক্ষিপটের যে স্থানে মিলিত হয় তাকে অন্ধবিন্দু বলে। এই অংশ মোটেই আলোক সংবেদন নয় বলে এই স্থানে আলো পড়লে মস্তিষ্কে কোন রকম দর্শনের অনুভূতি জাগে না।

**আলোক অক্ষ ও দর্শন অক্ষ:** কর্ণিয়া ও চক্ষু লেন্সের কেন্দ্র বিন্দুদ্বয়ের সংযোগ সরলরেখাকে আলোক অক্ষ বলে। ফোভিয়া সেন্ট্রালিস ও চক্ষু লেন্সের কেন্দ্রবিন্দুদ্বয়ের সংযোগ সরলরেখাকে দর্শন অক্ষ বলে। এই দুই অক্ষের মধ্যবর্তী কোণ ৫ থেকে ৭।

**অ্যাকুয়াস হিউমার ও ভিট্রিয়াস হিউমার:** কর্ণিয়া ও চক্ষুলেন্সের মধ্যবর্তী স্থান যে সব লবণাক্ত জলীয় পদার্থ দ্বারা পূর্ণ থাকে তাকে অ্যাকুয়াস হিউমার বলে। অশ্রু বলতে আমরা অ্যাকুয়াস হিউমারকে বুঝি।

রেটিনা ও চক্ষুলেন্সের মধ্যবর্তী স্থান যে জেলী জাতীয় পদার্থে পূর্ণ থাকে তাকে ভিট্রিয়াস হিউমার বলে।

কোন বস্তু কাছে বা দূরে যেখানেই থাকুক না কেন আমরা দেখতে পাই। এখানে আমরা অস্বাভাবিক কাছের বা অস্বাভাবিক দূরের কথা বলছি না। লেন্সের বেলাতে কোন কিছু স্পষ্ট করে দেখতে হলে নির্দিষ্ট অবস্থান ছাড়া দেখা যায় না। নড়াচড়া করে দূরত্ব পরিবর্তন করলে আবছা দেখা যায়। চোখের বেলায় এটা হয় না।

চোখের ক্ষেত্রে কর্ণিয়া, অ্যাকুয়াস হিউমার, চক্ষুলেন্স ও ভিট্রিয়াস হিউমার একটি অভিসারী বা উত্তল লেন্সের কাজ করে। চোখের সামনে কোন বস্তু থাকলে সেই বস্তুর প্রতিবিম্ব যদি রেটিনার উপর পড়ে তাহলে মস্তিষ্কে দর্শনের অনুভূতি জাগে এবং আমরা সেই বস্তু দেখতে পাই। আমরা চোখের সাহায্যে বিভিন্ন দূরত্বের বস্তু দেখি। চোখের লেন্সের একটি বিশেষ গুণ হচ্ছে এর আকৃতি প্রয়োজন মত বদলে যায় ফলে ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তন ঘটে। ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তনের ফলে লক্ষ্য বস্তুর যে কোন অবস্থানের জন্য লেন্স থেকে একই দূরত্বে অর্থাৎ রেটিনার উপর স্পষ্ট প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। যে কোন দূরত্বের বস্তু দেখার জন্য চোখের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নিয়ন্ত্রণ করার ক্ষমতাকে উপযোজন ক্ষমতা বলে এবং এই প্রক্রিয়াকে উপযোজন বলে।

### স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব বা নিকট বিন্দু

আমাদের দৈনন্দিন জীবনের অভিজ্ঞতা থেকে আমরা দেখতে পাই যে, কোন বস্তুকে চোখের যত নিকটে নিয়ে আসা যায় বস্তুটিও তত স্পষ্ট দেখা যায়। কিন্তু কাছে আনতে আনতে এমন একটা সময় আসে যখন আর বস্তুটি খুব স্পষ্ট দেখা যায় না। কিংবা স্পষ্ট দেখতে গেলে চোখের খুব কষ্ট হয়। যে নিকটতম দূরত্ব পর্যন্ত চোখ বিনা শান্তিতে স্পষ্ট দেখতে পায় তাকে স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব বলে। স্বাভাবিক চোখের জন্য স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব ২৫ cm বা ১০ ইঞ্চি। চোখ থেকে ২৫ cm বা ১০ ইঞ্চি দূরবর্তী বিন্দুকে চোখের নিকটতম বিন্দু বলে। কোন বস্তু ২৫ cm এর কম দূরত্বে থাকলে সেটি দেখতে চোখের বেশ কষ্ট হয় এবং অনেকক্ষণ ধরে দেখলে চোখ ব্যথা করে।

সবচেয়ে বেশি যে দূরত্বে কোন বস্তু থাকলে তা স্পষ্ট দেখা যায় তাকে স্পষ্ট দর্শনের দূরতম দূরত্ব বলে। একে চোখের দূরবিন্দুও বলে। স্বাভাবিক চোখের জন্য দূরবিন্দু অসীম দূরত্বে অবস্থিত হয়।

অর্থাৎ স্বাভাবিক চোখ বহুদূর পর্যন্ত স্পষ্ট দেখতে পায়। সুতরাং এখানে চোখে স্পষ্ট দেখার জন্য দুটি বিন্দু পেলাম। একটি নিকটবিন্দু ও অন্যটি দূরবিন্দু।

**চোখের ক্রিয়া:** কর্ণিয়া, চোখের লেন্স, অ্যাকুয়াস হিউমার ও ভিট্রিয়াস হিউমার মিলে একত্রে একটি অভিসারী লেন্সের মত কাজ করে। যখনই চোখের সামনে কোন বস্তু আসে তখন ঐ বস্তু হতে আগত আলোকরশ্মি ঐ লেন্স দ্বারা প্রতিসৃত হয়ে রেটিনার উপর প্রতিবিম্ব গঠন করে। রেটিনার উপর আলো পড়লে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কোন ও রড সেই আলো গ্রহণ করে তাকে তড়িৎ প্রেরণায় পরিণত করে। প্রত্যেকটি কোন ও রড একটি স্নায়ুর সাথে যুক্ত। এ স্নায়ু তড়িৎ প্রেরণাকে অক্ষি স্নায়ুর মাধ্যমে মস্তিষ্কে প্রেরণ করে। কিভাবে কোন ও রডগুলো আলোকশক্তিকে তড়িৎ প্রেরণায় রূপান্তরিত করে মস্তিষ্কে প্রেরণ করে তা আজো জানা সম্ভব হয়নি। তবে পরীক্ষা থেকে জানা গেছে যে, কোনগুলো তীব্র আলোতে সাড়া দেয় এবং রং-এর অনুভূতি ও রং-এর পার্থক্য বুঝিয়ে দেয়। আর রডগুলো ক্ষীণ আলোতেও সংবেদনশীল হয় এবং বস্তুর নড়াচড়া ও আলোর তীব্রতার সামান্য হ্রাস বৃদ্ধি বুঝিয়ে দেয়।

### দর্শনানুভূতির স্থায়িত্বকাল

কোন বস্তু চোখের সামনে থেকে সরিয়ে নিলে সরিয়ে নেয়ার  $\frac{1}{10}$  সেকেন্ড পর্যন্ত এর অনুভূতি মস্তিষ্কে থেকে যায়। এই সময়কে দর্শনানুভূতির স্থায়িত্বকাল বলে। কোন বস্তুকে চোখের সম্মুখ থেকে সরিয়ে নিয়ে একে আবার এক সেকেন্ডের দশভাগের এক ভাগের মধ্যে যদি চোখের সম্মুখে আনা যায় তাহলে দর্শনানুভূতির স্থায়িত্বের জন্য বস্তুটির মাঝখানে

অনুপস্থিতি টের পাওয়া যায় না। এই কারণে চোখের সামনে একটি জ্বলন্ত মশাল জ্বায়ে ঘুরালে আমরা চোখে আগুনের একটি বৃত্ত দেখি যদিও বিভিন্ন সময়ে মশালটি বিভিন্ন স্থানে থাকে।

### পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

১. আইরিস কোথায় থাকে?
  - ক. কর্ণিয়ার মধ্যে
  - খ. কর্ণিয়ার সামনে ও পেছনে
  - গ. কর্ণিয়ার ঠিক পেছনে
  - ঘ. কর্ণিয়ার ঠিক সামনে
২. চোখের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ অংশ কোনটি?
  - ক. চোখের মণি
  - খ. চক্ষুলেপ
  - গ. রেটিনা
  - ঘ. কর্ণিয়া
৩. স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব কত?
  - ক. 10 cm
  - খ. 2.5 cm
  - গ. 15 cm
  - ঘ. 25 cm

উত্তর: ১. (গ) ২. (খ) ৩. (ঘ)

### রচনামূলক প্রশ্ন

১. চোখের প্রধান অংশগুলির নাম কি কি? এদের বর্ণনা দিন।
২. মানুষের চোখের বেলায় স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব ও দর্শনানুভূতির স্থায়িত্বকাল ব্যাখ্যা করুন।



## দৃষ্টির বিভিন্ন ত্রুটি ও প্রতিকার



### উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- চোখের ত্রুটি বলতে কি বোঝায় তা বর্ণনা করতে পারবেন।
- চোখের বিভিন্ন প্রকার ত্রুটির কারণ বর্ণনা করতে পারবেন।
- চোখের বিভিন্ন ত্রুটির সংশোধনের উপায় বলতে পারবেন।
- চোখের বিভিন্ন ত্রুটি সংশোধনের গাণিতিকভাবে লিখতে পারবেন।

এর আগের পাঠে আমরা চোখের গঠন ও কার্যপ্রণালী নিয়ে আলোচনা করেছি। এছাড়া আমরা আলোচনা করেছি স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম ও দূরতম দূরত্ব নিয়ে। আমরা জানি, স্বাভাবিক চোখের দৃষ্টির পাল্লা 25 cm থেকে অসীম পর্যন্ত বিস্তৃত অর্থাৎ স্বাভাবিক চোখ 25 cm থেকে অসীম দূরত্বের মধ্যে যে কোন বস্তু স্পষ্ট দেখতে পায়। যদি কোন চোখ এই পাল্লার মধ্যে কোন বস্তুকে স্পষ্ট দেখতে না পায় তাহলে সেই চোখ ত্রুটিপূর্ণ বলে ধরা হয়। চোখে সাধারণত চার ধরনের ত্রুটি দেখা যায়। এসব ত্রুটি হল:

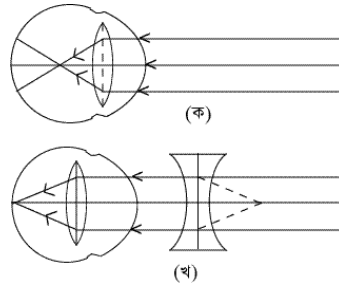
১. অদূরবদ্ধ দৃষ্টি বা মাইওপিয়া (Short sight or Myopia)
২. দূরবদ্ধ দৃষ্টি বা হাইপার মেট্রোপিয়া (Long sight or Hyper metropia)
৩. চালশে বা প্রেস বাইওপিয়া (Presbiopia)
৪. বিষম দৃষ্টি বা অ্যাসটিম্যাটিজম (Astigmatism)

এখানে আমরা চোখের চার রকম ত্রুটি ও তাদের প্রতিকার নিয়ে আলোচনা করব।

**১. অদূরবদ্ধ দৃষ্টি বা মাইওপিয়া:** যে চোখে এই ত্রুটি রয়েছে তা দূরের জিনিস ভালভাবে দেখতে পায় না। কিন্তু কাছের জিনিস স্পষ্ট দেখতে পায়। এমন কি এই চোখের নিকট বিন্দু 25 cm এরও কম হতে পারে। অক্ষিগোলকের ব্যাসার্ধ বেড়ে গেলে বা চোখের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব কমে গেলে অর্থাৎ অভিসারী ক্ষমতা বেড়ে গেলে এই ধরনের ত্রুটি দেখা দেয়। এক্ষেত্রে অনেক দূরবর্তী বস্তু থেকে আগত রশ্মিগুচ্ছ চোখের লেন্সে প্রতিসৃত হয়ে রেটিনার সামনে কোন বিন্দুতে মিলিত হয়। ফলে লক্ষ্যবস্তু স্পষ্ট দেখা যায় না।

### প্রতিকার

ক. দূরবিন্দু কাছে সরে আসলে: চোখের লেন্সের অভিসারী ক্ষমতা বেড়ে যাওয়ার জন্য এই ত্রুটির উদ্ভব হওয়ায় এই ত্রুটি দূর করার জন্য তথা চোখের লেন্সের অভিসারী ক্ষমতা কমাবার জন্য সহায়ক লেন্স বা চশমা হিসেবে অবতল লেন্স ব্যবহার করা হয়।



চিত্র-১০.২

ফোকাস দূরত্বের হিসাব: ধরা যাক, ত্রুটিপূর্ণ চোখের দূরবিন্দুর দূরত্ব  $s$ । সুতরাং ত্রুটি সংশোধনের জন্য এমন একটি লেন্স ব্যবহার করতে হবে যাতে অসীম দূরত্বে স্থাপিত লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব  $s$  দূরত্বে সৃষ্টি হয়। অতএব এক্ষেত্রে,

$$\text{লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব} = u = \infty$$

$$\text{প্রতিবিম্বের দূরত্ব} = v = s$$

সহায়ক লেন্স তথা চশমার ফোকাস দূরত্ব  $f$  হলে-

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{s} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{s}$$

$$\therefore f = s$$

ফোকাস দূরত্ব ধনাত্মক হওয়ায় লেন্সটি হবে অবতল। সুতরাং ক্রটিপূর্ণ চোখের দূরবিন্দুর দূরত্বের সমান ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট অবতল লেন্স ব্যবহার করতে হবে।

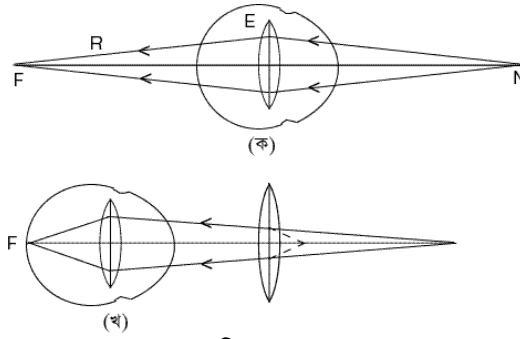
নিকট বিন্দু কাছে সরে আসলে: তা দূরীকরণের জন্যও অবতল লেন্স চশমা হিসেবে ব্যবহার করতে হবে। এক্ষেত্রে ফোকাস দূরত্ব  $f = \frac{dD}{D-d}$  ... .. (১০.১ ক)

যেখানে,  $D =$  স্বাভাবিক চোখের স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব

$d =$  ক্রটিপূর্ণ চোখের স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব

২. দূরবন্ধ দৃষ্টি বা হাইপা মেট্রোপিয়া: এই ক্রটিযুক্ত চোখ দূরের জিনিস দেখতে পায় কিন্তু কাছের জিনিস স্পষ্ট দেখতে পায় না।

অক্ষিগোলকের ব্যাসার্ধ কমে গেলে বা চোখের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব বেড়ে গেলে অর্থাৎ অভিসারী ক্ষমতা কমে গেলে চোখে এই ধরনের ক্রটি দেখা দেয়। এক্ষেত্রে চোখের সামনে লক্ষ্যবস্তু থেকে আগত আলোক রশ্মিগুচ্ছ চোখের লেন্সে প্রতিসৃত হয়ে রেটিনার পেছনে কোন বিন্দুতে মিলিত হয়। ফলে লক্ষ্যবস্তু স্পষ্ট দেখা যায় না। এই চোখের নিকটবিন্দু দূরে সরে চলে যায় যা 25 cm এর চেয়ে অনেক বেশি। তাই এই চোখে নিকটবর্তী স্থানের বস্তু স্পষ্ট দেখা যায় না।



চিত্র-১০.৩

চোখের লেন্সের অভিসারী ক্ষমতা কমে যাওয়ার দরুন এই ক্রটির উদ্ভব হওয়ায় এই ক্রটি দূর করার জন্য উক্ত চোখের অভিসারী ক্ষমতা বাড়াবার জন্য সহায়ক লেন্স হিসেবে তাই উত্তল লেন্স ব্যবহার করা হয়। এর ফোকাস দূরত্ব হয়

$$\therefore f = \frac{dD}{D-d} \dots \dots \dots (১০.১ খ)$$

এখানে,  $D =$  স্বাভাবিক চোখের স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব

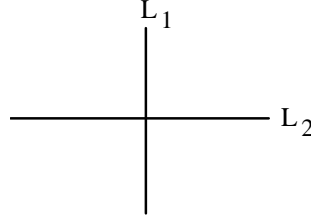
$d =$  ক্রটিপূর্ণ চোখের স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব

এক্ষেত্রে ক্রটিপূর্ণ লোকের নিকট বিন্দু দূরে সরে যাওয়ায়  $d > D$  সুতরাং  $f = -$  হয়। অর্থাৎ লেন্সটি হবে উত্তল যার ফোকাস দূরত্ব উপরোক্ত সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়।

৩. চালুশে বা প্রেসবাইওপিয়া: বয়স বাড়লে চোখের পেশীর স্থিতিস্থাপকতা হ্রাস পায়, ফলে চোখের উয়োজন ক্ষমতাও কমতে থাকে। তখন আর কাছের বস্তু দেখা যায় না। কিন্তু দূরের বস্তু হতে সমান্তরাল রশ্মি চোখের লেন্সের দ্বারা প্রতিসৃত হয়ে রেটিনার উপর প্রতিবিম্ব গঠন করে। তাই প্রেসবাইওপিয়া ক্রটিসম্পন্ন চোখ দূরের বস্তু ভাল দেখতে পেলেও কাছের জিনিস ভালো দেখতে পায় না। সাধারণত বয়স চল্লিশ বছরের বেশি হয়ে গেলে এই ধরনের ক্রটি দেখা দেয় বলে একে চালুশে বলে। চোখের উপয়োজন ক্ষমতা একেবারে নিঃশেষ হয়ে গেলে দূরের বস্তুও ভালো দেখা যায় না।

এই ক্রটি দূর করার জন্য একটি কম ফোকাস দূরত্বের উত্তল লেন্স ও একটি বেশি ফোকাস দূরত্বের অবতল লেন্স ব্যবহার করা হয়। লেন্স দুটি একই ফ্রেমের উপর স্থাপন করে চশমা তৈরি করা হয়। এই ধরনের চশমাকে বাইফোকাল লেন্স বলে।

৪. নকুলাঙ্কতা বা অ্যাসটিগম্যাটিজম: এই ক্রটিগ্রহ চোখ একই দূরত্বে অবস্থিত অনুভূমিক ও উল্লম্ব দুটি সরলরেখার উভয়টিকে সমানভাবে স্পষ্ট দেখতে পায় না। চোখের কর্ণীয়ার অনুভূমিক ও খাড়া ছেদের অসম বক্রতার জন্য চোখে এ ধরনের ক্রটি দেখা যায়।



চিত্র-১০.৪

যেহেতু অচ্ছেদপটলের তলের অসম বক্রতার জন্য এই ধরনের ক্রটির উৎপত্তি তাই এর প্রতিকারের জন্য চশমা হিসেবে এমন লেন্স ব্যবহার করতে হবে যার কোন একদিকের বক্রতা অন্যদিকের চেয়ে বেশি। সমতল বেলনাকৃতি লেন্স ব্যবহার করে এই ক্রটির প্রতিকার করা যায়। তবে চোখে এই ক্রটির সাথে যদি অদূরবদ্ধ বা দূরবদ্ধ দৃষ্টি থাকে তাহলে গোল বেলনাকৃতি লেন্স ব্যবহার করতে হয়। এই ধরনের লেন্সকে টরিক লেন্স (toric lens) বলে।

### পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

১. অদূরবদ্ধ দৃষ্টি রোগটি কেন হয়?

- ক. চোখের লেন্সের অভিসারী ক্ষমতা বেড়ে যাওয়ায়
- খ. চোখের লেন্সের অপসারী ক্ষমতা বেড়ে যাওয়ায়
- গ. চোখের লেন্সের অভিসারী ক্ষমতা কমে যাওয়ায়
- ঘ. চোখের পাতা মোটা হয়ে যাওয়ায়

২. দূরবদ্ধ দৃষ্টির ক্রটি সারাতে কোন ধরনের লেন্সের চশমা ব্যবহার করা হয়?

- ক. অবতল
- খ. উত্তল
- গ. সমাবতল
- ঘ. উত্তল-অবতল



## অনুবীক্ষণ যন্ত্র (Microscope)



### উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- অনুবীক্ষণ যন্ত্রের সংজ্ঞা দিতে পারবেন।
- সরল অনুবীক্ষণ যন্ত্রের বর্ণনা দিতে পারবেন।
- সরল অনুবীক্ষণ যন্ত্রের কার্যপ্রণালী বর্ণনা করতে পারবেন।
- জটিল অনুবীক্ষণ যন্ত্রের কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

প্রথমে দেখা যাক মাইক্রোসকোপ বা অনুবীক্ষণ যন্ত্র বলতে আমরা কি বুঝি?

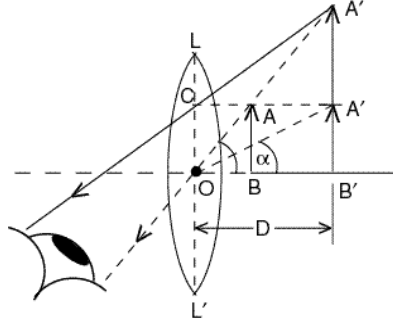
যে যন্ত্রের সাহায্যে চোখের নিকটবর্তী ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র বস্তুকে বড় করে দেখা যায় তাকে অনুবীক্ষণ যন্ত্র বলে।

অণুবীক্ষণ যন্ত্র দুই প্রকার। যথা-

১. সরল অনুবীক্ষণ যন্ত্র (Simple microscope)
২. জটিল বা যৌগিক অণুবীক্ষণ যন্ত্র (Compound microscope)

### ১. সরল অনুবীক্ষণ যন্ত্র:

সরল অনুবীক্ষণ যন্ত্রের সবচেয়ে সহজ সংস্করণ হল বিবর্ধন কাঁচ (Magnifying glass). কোন উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্বের মধ্যে কোন বস্তুকে স্থাপন করে লেন্সের অপর পাশ থেকে বস্তুটিকে দেখলে বস্তুটির একটি সমশীর্ষ, বিবর্ধিত ও অবাস্তব প্রতিবিম্ব দেখা যায়। এখন এই প্রতিবিম্ব চোখের যত কাছে গঠিত হবে চোখের বীক্ষণ কোণও তত বড় হবে এবং প্রতিবিম্বটিকেও বড় দেখাবে। চোখে একটি বস্তু যে কোণ উৎপন্ন করে তাকে বীক্ষণ কোণ বলে। কিন্তু প্রতিবিম্ব চোখের নিকট বিন্দুর চেয়ে কাছে গঠিত হলে সেই প্রতিবিম্ব আর স্পষ্ট দেখা যায় না। সুতরাং প্রতিবিম্ব যখন চোখের নিকট বিন্দু অর্থাৎ স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্বে গঠিত হয় তখনই তা সবচেয়ে স্পষ্ট দেখা যায়। ফলে যে সমস্ত লেখা বা বস্তু খালি চোখে পরিষ্কার দেখা যায় না তা স্পষ্ট ও বড় করে দেখার জন্য স্বল্প ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল লেন্স ব্যবহার করা হয়। উপযুক্ত ফ্রেমে আবদ্ধ এই উত্তল লেন্সকে বিবর্ধক কাচ বলে। এটি আসলে একটি সরল অনুবীক্ষণ যন্ত্র। এই যন্ত্রে খুব বেশি বিবর্ধন পাওয়া যায় না।



চিত্র ১০.৫

**কার্যপ্রণালী:** ধরা যাক, AB একটি খুব ক্ষুদ্র বস্তুকে একটি উত্তল লেন্সে  $L O L'$ -এর ফোকাস দূরত্ব  $f$ -এর মধ্যে এমনভাবে স্থাপন করা হলো যেন এর অবাস্তব, বিবর্ধিত, সমশীর্ষ প্রতিবিম্ব  $A'B'$  চোখের স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্বে ( $D$ ) গঠিত হয়।

**বিবর্ধন:** বীক্ষণ যন্ত্রে বীক্ষণ কোণ বাড়িয়ে বস্তুর আপাত সাইজ বৃদ্ধি করা হয় ফলে বস্তু দেখতে সুবিধে হয়। সে কারণে বীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধন বস্তু ও প্রতিবিম্ব চোখে যে বীক্ষণ কোণ উৎপন্ন করে তার উপর নির্ভর করে।

**কৌণিক বিবর্ধনের সংজ্ঞা :** চোখের নিকট বিন্দুতে অবস্থিত প্রতিবিম্ব ও লক্ষ্যবস্তু যথাক্রমে চোখে যে বীক্ষণ কোণ উৎপন্ন করে তার অনুপাতকে কৌণিক বিবর্ধন বলে।

অর্থাৎ বিবর্ধন,  $m = \frac{\text{নিকট বিন্দুতে অবস্থিত প্রতিবিম্ব কর্তৃক উৎপন্ন বীক্ষণ কোণ}}{\text{নিকট বিন্দুতে অবস্থিত বস্তু কর্তৃক উৎপন্ন বীক্ষণ কোণ}}$



$$= \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\tan \beta}{\tan \alpha}$$

$$= \frac{AB/OA}{A'B'/OA'} = \frac{OA'}{OA} = \frac{-D}{-u} = \frac{D}{u}$$

$$\therefore m = \frac{\text{প্রতিবিম্বের আকার (L')}}{\text{লক্ষ্যবস্তুর আকার (L)}} = \frac{v}{u}$$

বা,  $\frac{v}{u} = \frac{D}{u}$

$$v = D$$

এখন লেন্সের সাধারণ সূত্র থেকে,  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

উভয় পক্ষকে  $v$  দ্বারা গুণ করে,  $1 - \frac{U}{u} = \frac{v}{f}$

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

এখানে  $v = D$  এবং  $f$  ঋণাত্মক

সুতরাং  $v = D$  এবং  $f$  ঋণাত্মক বসিয়ে

$$\text{বিবর্ধন, } m = \frac{v}{u} = 1 + \frac{D}{f} \dots \dots \dots (১০.২)$$

$$\text{যদি লেন্স ও চোখের মধ্যবর্তী দূরত্ব } a \text{ হয় } \therefore \text{বিবর্ধন } m = 1 + \frac{U}{f} = 1 + \frac{D-a}{f} \dots \dots \dots (১০.৩)$$

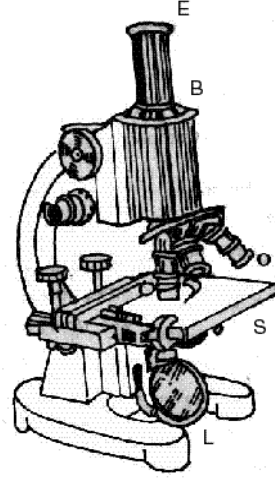
উপরের সমীকরণ থেকে দেখা যায়  $a = 0$  হলে  $m$  সর্বাপেক্ষা বড় হয়, সুতরাং লেন্স ও চোখের দূরত্ব কম হলে বিবর্তণ তত বেশী হয়।

## ২. জটিল বা যৌগিক অনুবীক্ষণ যন্ত্র:

সরল অনুবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধন ক্ষমতা খুব বেশি না তাই লক্ষ্য বস্তু খুব ছোট হলে সরল অনুবীক্ষণ যন্ত্র যথেষ্ট বিবর্ধিত করতে পারে না। এই জন্য আমাদের ব্যবহার করতে হয় জটিল অনুবীক্ষণ যন্ত্র।

এখানে আমরা একটি যৌগিক অনুবীক্ষণ যন্ত্রের গঠন ও কার্যনীতি বর্ণনা করব।

গঠন: এই যন্ত্রে দুইটি উত্তল লেন্স একটি ধাতব নলের দুই প্রান্তে একই অক্ষ বরাবর বসানো থাকে। লক্ষ্যবস্তুর কাছে যে লেন্সখানি থাকে তাকে অভিলক্ষ্য (o) বলে। এর ফোকাস দূরত্ব ও উন্মেষ অপেক্ষাকৃত ছোট। অপর লেন্সটিকে অভিনেত্র (E) বলে। অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব ও উন্মেষ অপেক্ষাকৃত বড়। লক্ষ্যবস্তু দেখার জন্য অভিনেত্রের পিছনে চোখ রাখতে হয়। অভিনেত্রটি মূল নলের ভিতর একটি টানা নলের মধ্যে বসানো থাকে। টানা নলটি উঠা-নামা করে অভিনেত্র ও অভিলক্ষ্যের মধ্যবর্তী দূরত্ব পরিবর্তন করা যায়। মূল নলটি একটি খাড়া দন্ডের (B) সাথে লাগানো থাকে। একটি জ্কুর সাহায্যে মূল নলটিকে লক্ষ্যবস্তু থেকে দূরে বা কাছে সরানো যায়। লক্ষ্যবস্তুকে একটি পাটাতনের (S) উপর রাখা হয় এবং একটি অবতল দর্পণের (M) সাহায্যে একে প্রয়োজনানুসারে আলোকিত করা হয়।

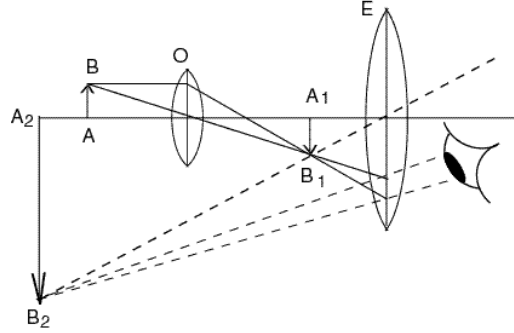


চিত্র ১০.৬

**ক্রিয়া :** যন্ত্রটির নল নিচে নামিয়ে অভিলক্ষ্যকে বস্তুর খুব কাছাকাছি আনা হয় এবং যতক্ষণ পর্যন্ত স্পষ্ট ও বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব দেখা না যায় ততক্ষণ নলটিকে ধীরে ধীরে উপরে উঠানো হয়।

প্রকৃতপক্ষে অভিলক্ষ্যে অভিনেত্র দুটি একাধিক লেন্সের সমন্বয়ে গঠিত হলেও আমাদের আলোচনার সুবিধার জন্য এদের প্রত্যেককে অল্প ফোকাস দূরত্বের উত্তল লেন্স হিসেবে কল্পনা করা হয়।

চিত্রে যৌগিক অনুবীক্ষণ যন্ত্রের ক্রিয়া বুঝানো হয়েছে। O ও E যথাক্রমে অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্র লেন্স। অতিক্ষুদ্র বস্তু ABকে অভিলক্ষ্যের ফোকাস বিন্দু F<sub>o</sub> এর ঠিক বাইরে স্থাপন করা হয়। এই অবস্থায় বস্তু থেকে নিঃসৃত আলোক রশ্মি অভিলক্ষ্য দ্বারা প্রতিসৃত হওয়ার পর বাস্তব, অবশীর্ষ ও বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> গঠন করে। এখন A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> থেকে আলোকরশ্মি অভিনেত্রে প্রতিসৃত হয় অর্থাৎ A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> অভিনেত্র লেন্সের জন্য লক্ষ্যবস্তু হিসেবে কাজ করে। এবার অভিনেত্রকে সরিয়ে এমন স্থানে রাখা হয় যেন A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> অভিনেত্র ফোকাস বিন্দু F<sub>e</sub> এর ভিতরে পড়ে। এই অবস্থায় আলোকরশ্মি প্রতিসৃত হওয়ার পর অবাস্তব, A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>এর সাপেক্ষে সমশীর্ষ ও বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> গঠিত হয়। অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের মধ্যে দূরত্ব এমন রাখা হয় যেন A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> প্রতিবিম্ব চোখের নিকট বিন্দুতে গঠিত হয়। ফলে দর্শক বিনাক্রমশে AB লক্ষ্যবস্তুর অবশীর্ষ ও বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব স্পষ্ট দেখতে পান।



চিত্র ১০.৭

**বিবর্ধন:** বিবর্ধন বলতে প্রতিবিম্বের আকার এবং বস্তুর আকারের অনুপাতকে বুঝায়। এই যন্ত্রে প্রতিবিম্ব দুবার বিবর্ধিত হয়। একবার অভিলক্ষ্য ও আর একবার অভিনেত্র দ্বারা। যন্ত্রের মোট বিবর্ধন m হলে,

$$m = \frac{\text{প্রতিবিম্বের আকার}}{\text{লক্ষ্যবস্তুর আকার}}$$

$$= \frac{A_2B_2}{AB} = \frac{A_1B_1}{AB} \times \frac{A_2B_2}{A_1B_1}$$

$$\therefore m = m_1 \times m_2 \dots \dots \dots (১০.৮)$$

এখানে  $m_1$  ও  $m_2$  যথাক্রমে অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্র লেন্সের বিবর্ধনের পরিমাণ।

ধরা যাক,

$$\begin{aligned} u_1 &= \text{অভিলক্ষ্য থেকে AB লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব} \\ v_1 &= \text{অভিলক্ষ্য থেকে } A_1B_1 \text{ প্রতিবিম্বের দূরত্ব} \\ f_o &= \text{অভিলক্ষ্য লেন্সের ফোকাস দূরত্ব} \\ u_2 &= \text{অভিনেত্র থেকে } A_1B_1 \text{ এর দূরত্ব} \\ v_2 &= \text{অভিনেত্র থেকে } A_2B_2 \text{ এর দূরত্ব} \\ f_e &= \text{অভিনেত্র লেন্সের ফোকাস দূরত্ব} \end{aligned}$$

এখন অভিলক্ষ্য লেন্সের জন্য লেন্সের সাধারণ সমীকরণ থেকে,

$$\frac{1}{v_1} - \frac{1}{u_1} = \frac{1}{f_o}$$

বা,  $1 - \frac{v_1}{u_1} = \frac{v_1}{f_o}$

বা,  $\frac{v_1}{u_1} = 1 - \frac{v_1}{f_o}$

বা,  $m_1 = \frac{v_1}{u_1} = 1 - \frac{v_1}{f_o} \dots \dots \dots (১০.৫)$

একইভাবে অভিনেত্র লেন্সের জন্য

$$m_2 = \frac{v_2}{u_2} = 1 - \frac{v_2}{f_e} \dots \dots \dots (১০.৬)$$

এখন  $m = m_1 \times m_2$

বা,  $m = \left(1 - \frac{v_1}{f_o}\right) \left(1 - \frac{v_2}{f_e}\right) \dots \dots \dots (১০.৭)$

আবার,  $m = m_1 \times m_2 = \frac{v_1}{u_1} \times \frac{v_2}{u_2}$

বা,  $m = \frac{v_1}{u_1} \left(1 - \frac{v_2}{f_e}\right)$

কিন্তু অভিনেত্রে (উত্তল লেন্সে) অবাস্তব প্রতিবিম্বের ক্ষেত্রে  $v_2$  ধনাত্মক ও  $f_2$  ঋণাত্মক।

সুতরাং  $m = \frac{v_1}{u_1} \left(1 + \frac{v_2}{f_2}\right)$

কিন্তু চূড়ান্ত প্রতিবিম্ব চোখের নিকট বিন্দুতে গঠিত হলে

$v_2 = D$  [এখানে  $D =$  স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব]

$\therefore m = \frac{v_1}{u_1} \left(1 + \frac{D}{f_e}\right) \dots \dots \dots (১০.৮)$

১০.৭ সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, নিম্নোক্তভাবে অনুবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধনের মাত্রা বাড়ানো যায়:

১.  $u_1$  এর মান কমিয়ে  $m$  এর মান বাড়ানো যায়। সুতরাং  $m$  এর মান বাড়তে হলে অল্প ফোকাস দূরত্বের অভিলক্ষ লেন্স ব্যবহার করতে হয়।
২.  $f_e$  এর মান কমিয়ে  $m$  এর মান বাড়ানো যায়। সুতরাং অনুবীক্ষণে বেশি বিবর্ধন পেতে হলে কম ফোকাস দূরত্বের অভিনেত্র ব্যবহার করতে হয়।

৩.  $v_1$  এর মান বাড়িয়েও  $m$  এর মান বাড়ানো যায়।  $v_1$  হচ্ছে অভিলক্ষ্য থেকে প্রথম বাস্তব প্রতিবিম্বের দূরত্ব। সুতরাং বেশি বিবর্ধন পাওয়ার জন্য অনুবীক্ষণের প্রধান নলের দৈর্ঘ্য বাড়াতে হবে।

### পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

১. অনুবীক্ষণ যন্ত্র কি? যে যন্ত্রের সাহায্যে-

ক. দূরের ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র বস্তুকে কাছে দেখা যায়।

খ. দূরের ক্ষুদ্র বস্তুকে বড় দেখা যায়।

গ. কাছের ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র বস্তুকে বড় দেখা যায়

ঘ. কাছের বড় বস্তু ক্ষুদ্র দেখা যায়

২. জটিল অনুবীক্ষণ যন্ত্রের বেলায় বিবর্ধনের সমীকরণ কোনটি?

ক.  $m = m_1 + m_2$

খ.  $m = m_1 \times m_2$

গ.  $m = m_2 / m_1$

ঘ.  $m = m_2 - m_1$

### রচনামূলক প্রশ্ন

১. জটিল অনুবীক্ষণ যন্ত্র কেন ব্যবহার করা হয়? এর কার্যপ্রণালী বর্ণনা করুন।



## দূরবীক্ষণ যন্ত্র



### উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- দূরবীক্ষণ যন্ত্র কি তা বলতে পারবেন।
- দূরবীক্ষণ যন্ত্রের প্রকারভেদ বলতে পারবেন।
- একটি প্রতিসারক দূরবীক্ষণের কার্যপ্রণালী বর্ণনা করতে পারবেন।

যে যন্ত্রের সাহায্যে বহু দূরের বস্তু পরিষ্কারভাবে দেখা যায় তাকে দূরবীক্ষণ যন্ত্র বা দূরবীন বলে। দূরবীক্ষণ যন্ত্র সাধারণত দু'ধরনের হয়। যথা-

ক. প্রতিসারক দূরবীক্ষণ যন্ত্র (Refracting Telescope) ও

খ. প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্র (Reflecting Telescope)

যে দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্যে বড় উন্মেষ ও ফোকাস দূরত্বের লেন্স ব্যবহার করা হয় তাকে প্রতিসারক দূরবীক্ষণ যন্ত্র বলে। প্রতিসারক দূরবীক্ষণকে প্রধানত তিনভাবে ভাগ করা হয়েছে। যথা-

১. নভো দূরবীক্ষণ যন্ত্র, ২. ভূ-দূরবীক্ষণ যন্ত্র

৩. গ্যালিলীয় দূরবীক্ষণ যন্ত্র

যে দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্যে অবতল দর্পণ ব্যবহার করা হয় তাকে প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্র বলে। প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্র আবার তিন ধরনের হয়। যথা-

১. নিউটনের দূরবীক্ষণ যন্ত্র, ২. হার্সেলের দূরবীক্ষণ যন্ত্র

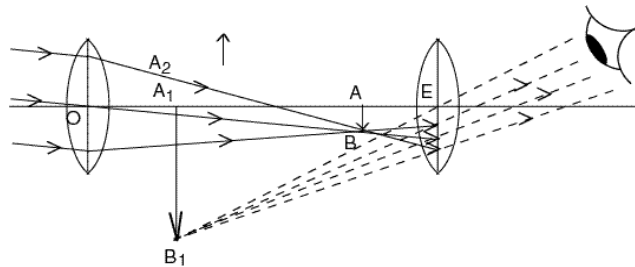
৩. গ্রেগরীর দূরবীক্ষণ যন্ত্র

### নভো দূরবীক্ষণ যন্ত্র

এই ধরনের দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অপর নাম জ্যোতি বিদ্যা সংক্রান্ত দূরবীক্ষণ যন্ত্র। চন্দ্র, সূর্য, গ্রহ, নক্ষত্র এবং আকাশ পর্যবেক্ষণের জন্য এই ধরনের দূরবীক্ষণ যন্ত্রের ব্যবহার করা হয়। ডেনমার্কের বিখ্যাত জ্যোতির্বিদ কেপলার সর্বপ্রথম এই যন্ত্র তৈরি করেন।

**বর্ণনা:** প্রধানত দুটি উত্তল লেন্সের সাহায্যে এই যন্ত্র তৈরি করা হয়। লেন্স দুটিকে দুটি টানা নলের সাহায্যে একটি ধাতব চোঙের দুই প্রান্তে সমাক্ষভাবে স্থাপন করা হয়। যে লেন্সটি সর্বদা বস্তুর দিকে থাকে তাকে অভিলক্ষ্য (O) বলে। এটি ক্রাউন কাঁচের তৈরি এবং এর ফোকাস দূরত্ব ও উন্মেষ অপেক্ষাকৃত বড়। যে লেন্সের পিছনে চোখ রেখে দেখতে হয় সেটি অভিনেত্র E<sub>1</sub> অভিনেত্র ফ্লিন্ট কাঁচের তৈরি এবং এর ফোকাস দূরত্ব ও উন্মেষ অপেক্ষাকৃত ছোট। প্রয়োজনে জুর সাহায্যে অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব পরিবর্তন করা যায়। এই যন্ত্রের বিবর্ধন খুব বেশি কিন্তু দৃষ্টিক্ষেত্র ছোট বলে এর গায়ে ভিউ ফাইন্ডার নামে অল্প ফোকাস দূরত্ব ও প্রশস্ত দৃষ্টিক্ষেত্রের একটি যন্ত্র লাগানো থাকে।

**কার্যপ্রণালী:** ধরা যাক, O ও E যথাক্রমে অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্র। OE এদের প্রধান অক্ষ। বহু দূরে কোন বস্তু থেকে আলোক রশ্মি অভিলক্ষ্যে এসে পড়ে তাদেরকে সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ বলে ধরা যায়। ধরা যাক, সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ সামান্য আনতভাবে অভিলক্ষ্যের উপর আপতিত হয়। রশ্মিগুলো অভিলক্ষ্য দ্বারা প্রতিসৃত হয়ে লেন্সের ফোকাস F<sub>0</sub> তলে বাস্তব, অবশীর্ষ ও বস্তুর চেয়ে ছোট AB প্রতিবিম্ব গঠন করে।



চিত্র ১০.৮

এখন AB প্রতিবিম্ব অভিনেত্রের সামনে লক্ষ্যবস্তুর কাজ করে। অভিনেত্রটিকে এমন দূরত্বে রাখা হয় যেন AB প্রতিবিম্ব অভিনেত্রের ফোকাসবিন্দু  $F_1$  এ থাকে। ফলে AB থেকে নিঃসৃত রশ্মিগুচ্ছ অভিনেত্র লেন্সে প্রতিসৃত হয়ে সমান্তরালভাবে চলে যায়। ফলে অসীম দূরত্বের লক্ষ্যবস্তুর একটি অবশীর্ষ, বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। স্ক্রু সাহায্যে অভিনেত্রকে নির্দিষ্ট স্থানে বসানোকে ফোকাসিং বলে। দূরবীক্ষণে এই ফোকাসিংকে অসীম দূরত্ব বা স্বাভাবিক দর্শন ফোকাসিং বলে। এই ফোকাসিং এর ফলে গঠিত প্রতিবিম্ব অসীম দূরত্বে গঠিত হয় বলে চোখ তা পরিষ্কার দেখতে পায় না। প্রতিবিম্ব বিনা ক্রেশে স্পষ্টভাবে দেখতে হলে তা চোখের নিকট বিন্দুতে গঠিত হওয়া প্রয়োজন। এরূপ প্রতিবিম্ব গঠনের জন্য অভিনেত্রকে অভিলক্ষ্যের দিকে খানিকটা এগিয়ে দেয়া হয় যাতে করে অভিলক্ষ্য দ্বারা সৃষ্ট প্রতিবিম্ব AB, অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্বের মধ্যে পড়ে। এখন AB থেকে নির্গত আলোকরশ্মি অভিনেত্রের মধ্য দিয়ে প্রতিসৃত হয়ে  $A_1B_1$  সমশীর্ষ, অবাস্তব ও বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব গঠন করে। অভিনেত্রকে এমনভাবে স্থাপন করা হয় যেন  $A_1B_1$  প্রতিবিম্ব চোখের নিকট বিন্দুতে গঠিত হয় অভিনেত্রের এই ধরনের ফোকাসিংকে স্পষ্ট দর্শন ফোকাসিং বলে।

**বিবর্ধন:** দূরবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধন বলতে প্রতিবিম্ব ও লক্ষ্যবস্তুর দ্বারা চোখে সৃষ্ট কোণের অনুপাতকে বুঝায়। যদি স্বাভাবিক দর্শন ফোকাসিংএ প্রতিবিম্ব ও লক্ষ্য বস্তু যথাক্রমে চোখে  $\beta$  ও  $\alpha$  কোণ উৎপন্ন করে, তাহলে বিবর্ধন

$$m = \frac{\text{চোখে প্রতিবিম্ব দ্বারা উৎপন্ন কোণ } \beta}{\text{চোখে লক্ষ্যবস্তু দ্বারা উৎপন্ন কোণ } \alpha}$$

যেহেতু লক্ষ্যবস্তু অনেক দূরে অবস্থিত, তাই লক্ষ্যবস্তু অভিলক্ষ্যে যে কোণ উৎপন্ন করে তাকে চোখে উৎপন্ন কোণের সমান ধরা হয়। সুতরাং,

$$m = \frac{\angle AEB}{\angle AOB} = \frac{\tan \angle AEB}{\tan \angle AOB}$$

$$= \frac{AB/OA}{AB/OA} = \frac{OA}{EA} = \frac{\text{অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব } f_o}{\text{অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব } f_e} \quad [ \because \text{স্বাভাবিক ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে } EA = f_e ]$$

$$\therefore m = \frac{f_o}{f_e}$$

সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব বাড়িয়ে ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব কমিয়ে যন্ত্রের বিবর্ধন ক্ষমতা বাড়ানো যায়।

এখানে ফোকাস দূরত্বগুলোর কেবল পরম মান বিবেচনা করতে হবে। সুতরাং  $m = \frac{|f_o|}{|f_e|}$

### পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- কোনটি প্রতীসারক দূরবীক্ষণ যন্ত্র?
 

ক. গ্যালিলীয় দূরবীক্ষণ যন্ত্র	খ. নিউটনের দূরবীক্ষণ যন্ত্র
খ. হার্সেলের দূরবীক্ষণ যন্ত্র	ঘ. খেগরীর দূরবীক্ষণ যন্ত্র
- প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্রে অভিলক্ষ্যে কোনটি ব্যবহার করা হয়?
 

ক. উত্তল দর্পণ	খ. উত্তল লেন্স
গ. অবতল দর্পণ	ঘ. সমতল দর্পণ
- নভোদূরবীক্ষণ যন্ত্রের কোনটি পর্যবেক্ষণে ব্যবহার করা হয়?
 

ক. সমুদ্রতল	খ. বাতাস
গ. আকাশ	ঘ. ভূতল

উত্তর: ১. ক ২. গ ৩. গ

### রচনামূলক প্রশ্ন

- দূরবীক্ষণ যন্ত্র কাকে বলে? এই যন্ত্র প্রধানত কত প্রকার?
- প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্র কি? একটি প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্রের গঠন ও কার্যপ্রণালী বর্ণনা করুন।
- ভূ-দূরবীক্ষণ কাকে বলে? এর কার্যাবলী বর্ণনা করুন।



## প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্র



### উদ্দেশ্য

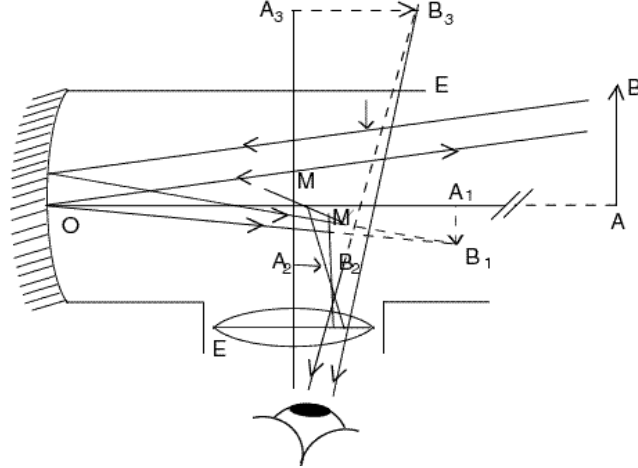
এই পাঠ শেষে আপনি-

- প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্রের কার্যপ্রণালী বর্ণনা করতে পারবেন।
- এই যন্ত্রের সুবিধা ও অসুবিধা উল্লেখ করতে পারবেন।
- প্রতিসারক ও প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্রের তুলনা করতে পারবেন।

এতক্ষণ আমরা প্রতিসারক দূরবীক্ষণের দুটি প্রকার নভোদূরবীক্ষণ ও ভূ-দূরবীক্ষণ নিয়ে আলোচনা করেছি। এখন আমরা প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্র নিয়ে আলোচনা করব।

১৬৬৩ সালে বিজ্ঞানী গ্রেগরী সর্বপ্রথম এই দূরবীক্ষণ যন্ত্র উদ্ভাবন করেন। তবে সবচেয়ে প্রচলিত প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্র আবিষ্কার করেন স্যার আইজ্যাক নিউটন ১৬৬৮ সালে। নিচে এই দূরবীক্ষণ যন্ত্রের বর্ণনা দেয়া হল।

গঠন: একটি ধাতব নলের এক প্রান্তে একটি বড় উন্মেষ বিশিষ্ট অবতল দর্পণ লাগিয়ে এই যন্ত্র তৈরি করা হয়। অবতল দর্পণটি যন্ত্রের অভিলক্ষ্যের কাজ করে। নলের খোলামুখ লক্ষ্যবস্তুর দিকে রাখা হয়। [চিত্র-১০.৯] অবতল দর্পণের প্রধান অক্ষের উপর প্রধান অক্ষের সাথে  $45^\circ$  কোণে একটি সমতল দর্পণ M, অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্বের মধ্যে স্থাপন করা হয়। সমতল দর্পণের সামনে নলের গায়ে বসানো উত্তল লেন্স যন্ত্রের অভিনেত্র (E) হিসেবে কাজ করে।



চিত্র ১০.৯

কার্যপ্রণালী: বহু দূরবর্তী লক্ষ্যবস্তু থেকে আগত সমান্তরাল রশ্মিসমূহ অবতল প্রতিফলকে প্রতিফলিত হলে প্রতিফলকের ফোকাস তলে একটি বাস্তব, অবশীর্ষ ও খর্বিত প্রতিবিম্ব গঠন করতো যদি সমতল দর্পণটি এর অবস্থান থেকে প্রতিফলিত রশ্মিকে বাধা না দিত। কিন্তু সমতল দর্পণ প্রতিফলিত রশ্মিকে বাধা দেওয়ায় এখন প্রতিবিম্ব সমতল দর্পণের সম্মুখে গঠিত হয়। অভিনেত্র লেন্সটিকে এমনভাবে স্থাপন করা হয় যেন দর্পণে গঠিত প্রতিবিম্বটি এর প্রধান ফোকাসে থাকে। ফলে এর একটি অবাস্তব, সমশীর্ষ ও বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব অসীম দূরত্বে গঠিত হয়। দেখার সুবিধার জন্য অভিনেত্র লেন্সটিকে একটু সামনের দিকে এগিয়ে দিয়ে চোখের নিকট বিন্দুতে প্রতিবিম্ব গঠন করা হয়। এই দূরবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধন,

$$m = \frac{\text{অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব}}{\text{অভিনেত্র লেন্সের ফোকাস দূরত্ব}}$$

$$\text{বা, } m = \frac{f}{f_e}$$

বাস্তব ক্ষেত্রে অভিনেত্রে একটি উত্তল লেন্সের পরিবর্তে একাধিক লেন্সের সমন্বয় ব্যবহার করা হয়।

### প্রতিফলক দূরবীক্ষণের সুবিধা:

১. লক্ষ্যবস্তু থেকে বেশি পরিমাণ আলো পাওয়ার জন্য দূরবীক্ষণ যন্ত্রে বড় উন্মেষের অভিলক্ষ্য ব্যবহার করতে হয়। প্রতিসারক দূরবীক্ষণের অভিলক্ষ্য ব্যবহৃত বড় উন্মেষের লেন্স বেশি পরিমাণ আলোকরশ্মি শোষণ করে বলে প্রতিবিম্বের উজ্জ্বল্য হ্রাস পায়। পক্ষান্তরে প্রতিফলক দূরবীক্ষণের অভিলক্ষ্যের বড় উন্মেষের অবতল দর্পণ আলো শোষণ করে না বলে প্রতিবিম্ব বেশি উজ্জ্বল হয়।
  ২. এই যন্ত্রের প্রতিবিম্ব রঙিন ক্রটি ও গোলীয় ক্রটি মুক্ত হওয়ায় তা অনেক বেশি স্পষ্ট হয়।
  ৩. বড় উন্মেষের লেন্সের চেয়ে বড় উন্মেষের দর্পণ তৈরি অনেক সহজ।
- বর্তমানে অনেক বড় ও সুস্পষ্ট প্রতিবিম্ব পাওয়ার জন্য বেতার দূরবীক্ষণ যন্ত্র বা রেডিও টেলিস্কোপ ব্যবহার করা হয়।  
প্রতিসারক ও প্রতিফলক দূরবীক্ষণের পার্থক্য-

প্রতিসারক দূরবীক্ষণ যন্ত্র	প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্র
১. এই যন্ত্রে দুটি বা তিনটি উত্তল লেন্স বা একটি উত্তল ও একটি অবতল লেন্স ব্যবহার করে প্রতিসারণের মাধ্যমে প্রতিবিম্ব গঠন করা হয়।	১. এই যন্ত্রে একটি অবতল ও একটি সমতল বা দুটি অবতল বা একটি অবতল ও একটি উত্তল দর্পণ ব্যবহার করে প্রতিফলনের মাধ্যমে প্রতিবিম্ব গঠন করা হয়।
২. এই যন্ত্রে প্রতিবিম্বের বর্ণ ক্রটিযুক্ত থাকে।	২. প্রতিবিম্বের বর্ণ ক্রটিপূর্ণ থাকে না।
৩. প্রতিবিম্বের গোলীয় ক্রটি থাকে।	৩. প্রতিবিম্বের গোলীয় ক্রটি দূর করা যায়।
৪. আলোর শোষণ বেশি হয় বলে প্রতিবিম্বের উজ্জ্বল্য হ্রাস পায়।	৪. আলোর শোষণ কম হয় বলে প্রতিবিম্বের উজ্জ্বল্য বেশি হয়।
৫. যন্ত্রের জন্য বড় উন্মেষের লেন্স প্রস্তুত করা কঠিন।	৫. বড় উন্মেষের দর্পণ তৈরি করা অপেক্ষাকৃত সহজ।
৬. বিচ্ছুরণ ক্ষমতা কম।	৬. বিচ্ছুরণ ক্ষমতা বেশি।

### পাঠোত্তর মূল্যায়ন

#### সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১. প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্রে অবতল দর্পণটি কি হিসাবে কাজ করে-  
ক. অভিলক্ষ্য  
খ. অভিনেত্র  
গ. লক্ষ্যবস্তু  
ঘ. প্রতিবিম্ব
২. কোনটি প্রতিফলক ও প্রতিসারক দূরবীক্ষণের পার্থক্য?  
ক. প্রতিসারকে বিচ্ছুরণ ক্ষমতা কম, প্রতিফলকে বেশি  
খ. প্রতিফলক দূরবীক্ষণে বিচ্ছুরণ ক্ষমতা কম, প্রতিসারক দূরবীক্ষণ বেশি  
গ. প্রতিফলক দূরবীক্ষণে প্রতিবিম্বের গোলীয় ক্রটি থাকে, প্রতিসারক দূরবীক্ষণে থাকে না  
ঘ. প্রতিসারক দূরবীক্ষণে প্রতিবিম্বের বর্ণক্রটি থাকে না প্রতিফলকে থাকে।

### চূড়ান্ত মূল্যায়ন

১. আলোকযন্ত্র কাকে বলে? পাঁচটি আলোকযন্ত্রের নাম লিখুন।
২. প্রতিফলক ও প্রতিসারক দূরবীক্ষণ কাকে বলে?
৩. একটি নভো দূরবীক্ষণযন্ত্রের চিত্রসহ গঠন ও কার্যপ্রণালী বর্ণনা করুন।
৪. ভূদূরবীক্ষণযন্ত্র কি? এই যন্ত্র কি কাজে লাগে? এর কার্যপ্রণালী বর্ণনা করুন।



### বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন।

১. কোনটি আলোকযন্ত্র নয়?
 

ক. দূরবীক্ষণ যন্ত্র	খ. অনুবীক্ষণ যন্ত্র
গ. পেরিস্কোপ	ঘ. গ্যালভানোমিটার
২. চোখের চালসে রোগ কোন ধরনের লেন্সের চশমা ব্যবহার করা হয়?
 

ক. উত্তল ও অবতল	খ. শুধু অবতল
গ. শুধু উত্তল	ঘ. কোন লেন্স ব্যবহার করতে হয় না
৩. চোখের নকুলাকৃতা ক্রটি সারানোর জন্য যে চশমা ব্যবহার করা হয় তা কেমন?
 

ক. উত্তলাবতল	খ. অবতল বর্গাকৃতি
গ. সমতল বেলনাকৃতি	ঘ. উত্তল ত্রিভুজাকৃতি
৪. আমরা জানি যে চোখে কোন ও রড থাকে, এ ছাড়া থাকে রেটিনা ও কর্ণিয়া। কোন কি কাজে ব্যবহৃত হয়-
 

ক. বস্তু স্পষ্ট দেখতে	খ. রঙের পার্থক্য বোঝাতে
গ. বস্তুর নাড়া ছাড়া বোঝাতে	ঘ. বস্তুর দৈর্ঘ্য নির্ধারণে
৫. ম্যাগনিফাইয়িং গ্লাস বা বিবর্ধন কাঁচ আসলে এক ধরনের
 

ক. নভোদূরবীক্ষণযন্ত্র	খ. জটিল অনুবীক্ষণ যন্ত্র
গ. সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্র	ঘ. ভূদূরবীক্ষণ যন্ত্র
৬. জটিল অনুবীক্ষণযন্ত্রের বিবর্ধন  $m = \frac{v_1}{u_1} \left( 1 + \frac{D}{f_e} \right)$ , এখানে D দ্বারা কোনটি বোঝানো হয়?
 

ক. স্পষ্ট দর্শনের দূরতম দূরত্ব	খ. স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব
গ. অভিনেত্র থেকে বস্তুর দূরত্ব	ঘ. অভিলক্ষ্য থেকে বস্তুর দূরত্ব
৭. নভোদূরবীক্ষণ যন্ত্রে অসীম দূরত্বে ফোকাসিং-এর বেলায় বিবর্ধনের সূত্র কোনটি?
 

ক. $m = \frac{ f_o }{ f_e }$	খ. $m = \frac{ f_e }{ f_o }$
গ. $m = \frac{f_o}{f_e}$	ঘ. $m = \frac{f_e}{f_o}$