



আলোর প্রতিফলন

ভূমিকা

আলো যখন এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে গমন করে তখন তিন রকমের ঘটনা ঘটতে পারে (১) দ্বিতীয় মাধ্যম দ্বারা কিছু পরিমাণ আলোর শোষণ, (২) দ্বিতীয় মাধ্যমে বাধা পেয়ে কিছু পরিমাণ আলো প্রথম মাধ্যমে ফিরে আসা বা প্রতিফলন এবং (৩) দ্বিতীয় মাধ্যমটি স্বচ্ছ হলে তার মধ্যে আলোর প্রবেশ বা প্রতিসরণ। এর আগে আপনারা আলোর প্রতিফলন সম্পর্কে জেনে থাকবেন। আলো বায়ু বা অন্য কোন মাধ্যম দিয়ে গমনের সময় অন্য কোন মাধ্যমে বাধা পেলে দুই মাধ্যমের বিভেদতল থেকে কিছু পরিমাণ আলো ফিরে আসে। এ ঘটনাকে বলা হয় আলোর প্রতিফলন। আলো যে পৃষ্ঠে বাধা পেয়ে ফিরে আসে তাকে বলে প্রতিফলক পৃষ্ঠ। প্রতিফলন পৃষ্ঠে যে আলোকরশ্মি পতিত হয় তাকে বলা হয় আপতিত রশ্মি আর যে আলোক রশ্মি প্রতিফলক পৃষ্ঠ থেকে ফিরে আসে তাকে বলা হয় প্রতিফলিত রশ্মি।

আলো যখন প্রতিফলিত হয় তখন দুটি নিয়ম মেনে চলে : (১) আপতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি ও প্রতিফলক পৃষ্ঠের উপর অভিলম্ব একই সমতলে অবস্থান করে এবং (২) আপাতন কোণ ও প্রতিফলন কোণ সমান হয়।

দর্পণে আলোর প্রতিফলন ঘটে। দর্পণ হতে পারে সমতল দর্পণ ও গোলায় দর্পণ। এই ইউনিটে আমরা গোলায় দর্পণে আলোর প্রতিফলন ও এ সংক্রান্ত বিভিন্ন রাশিমালা নিয়ে আলোচনা করব।

এই ইউনিটে যেসব পাঠ রয়েছে তা হল-

- পাঠ-১ : গোলায় দর্পণ
- পাঠ-২ : চিহ্নের বাস্তব ধণাত্মক রীতি
- পাঠ-৩ : দর্পণের ফোকাস দূরত্বের সমীকরণ
- পাঠ-৪ : বিবর্ধন
- পাঠ-৫ : দর্পণে বিভিন্ন অবস্থানে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি
- পাঠ-৬ : দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়।



গোলীয় দর্পণ (Spherical Mirror)



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- গোলীয় দর্পণের সংজ্ঞা দিতে পারবেন;
- গোলীয় দর্পণ সংক্রান্ত বিভিন্ন রাশির বর্ণনা দিতে পারবেন।

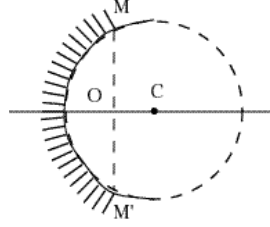
গোলীয় পৃষ্ঠে আলোর প্রতিফলনের জন্য গোলীয় দর্পণ ব্যবহার করা হয়। গোলীয় দর্পণ কোন ফাঁপা গোলকের পৃষ্ঠের মসৃণ অংশ। এখানে আলোর প্রতিফলন হয়। গোলীয় দর্পণকে এভাবে বর্ণনা করা যায়- কোন ফাঁপা গোলকের পৃষ্ঠের অংশ বিশেষ যদি মসৃণ হয় এবং তাতে আলোক রশ্মির সুসম প্রতিফলন ঘটে তবে তাকে গোলীয় দর্পণ বলে।

৮.১ (ক) ও ৮.১ (খ) চিত্রে MOM গোলীয় দর্পণ। একটি স্বচ্ছ ফাঁপা গোলকের খানিকটা অংশ কেটে নিয়ে একদিকে ধাতব প্রলেপ লাগিয়ে গোলীয় দর্পণ তৈরি করা হয়েছে। গোলীয় দর্পণ দুই প্রকারের হয়। যথা-

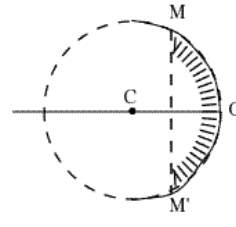
(১) অবতল দর্পণ (Concave mirror) এবং

(২) উত্তল দর্পণ (Convex mirror)।

এবার দেখা যাক, অবতল দর্পণ ও উত্তল দর্পণ বলতে কি বোঝায়?



চিত্র- ৮.১ (ক)



চিত্র- ৮.১ (খ)

(১) **অবতল দর্পণ** : কোন ফাঁপা গোলকের ভিতরের পৃষ্ঠের কিছু অংশ যদি মসৃণ হয় এবং তাতে আলোর সুসম প্রতিফলন ঘটে অর্থাৎ গোলকের অবতল পৃষ্ঠ যদি প্রতিফলকরূপে কাজ করে তবে তাকে অবতল দর্পণ বলে।

কোন স্বচ্ছ ফাঁপা গোলকের খানিকটা অংশ কেটে নিয়ে যদি এর বাইরের পৃষ্ঠে অর্থাৎ উত্তল পৃষ্ঠে পারা লাগান হয় তাহলে অবতল দর্পণ তৈরি হয়।

চিত্র-৮.১ এ একটি অবতল দর্পণ দেখানো হয়েছে। কোন দর্পণের একেবারে নিকটে একটি আঙ্গুল খাড়াভাবে স্থাপন করলে লক্ষবস্তুর চেয়ে বড় সমশীর্ষ প্রতিবিম্ব গঠিত হয় তাহলে দর্পণটি অবতল।

(২) **উত্তল দর্পণ** : কোন ফাঁপা গোলকের বাইরের পৃষ্ঠের কিছু অংশ যদি মসৃণ হয় এবং তাতে আলোর সুসম প্রতিফলন ঘটে অর্থাৎ গোলকের উত্তল পৃষ্ঠ যদি প্রতিফলকরূপে কাজ করে তবে তাকে উত্তল দর্পণ বলে। কোন স্বচ্ছ ফাঁপা গোলকের থেকে কেটে নেয়া অংশের অবতল দিকে অর্থাৎ ভিতরের দিকে যদি পারা লাগান হয় তাহলে উত্তল দর্পণ তৈরি হয়। এই দর্পণের একেবারে নিকটে একটি আঙ্গুলকে খাড়াভাবে স্থাপন করলে আঙ্গুলের চেয়ে ছোট সমশীর্ষ প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হবে।

এবার আমরা গোলীয় দর্পণ সম্পর্কিত কয়েকটি সংজ্ঞা নিয়ে আলোচনা করবো। গোলীয় দর্পণ সম্পর্কিত রাশিগুলো হল-

- ১) দর্পণের মেরু
- ২) বক্রতার কেন্দ্র
- ৩) বক্রতার ব্যাসার্ধ
- ৪) প্রধান অক্ষ
- ৫) গৌণ অক্ষ
- ৬) প্রধান ছেদ
- ৭) উন্মেষ

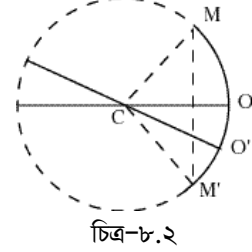
- ৮) প্রধান ফোকাস
- ৯) ফোকাস দূরত্ব
- ১০) ফোকাস তল
- ১১) গৌণ ফোকাস।

১) **মেরু (Pole)** : প্রতিফলক পৃষ্ঠের মধ্যবিন্দুকে দর্পণের মেরু বলে। ৮.২ নং চিত্রে O দর্পণের মেরু। অবতল দর্পণের ক্ষেত্রে প্রতিফলক পৃষ্ঠের সবচেয়ে নিচু বিন্দু এবং উত্তল দর্পণের ক্ষেত্রে প্রতিফলক পৃষ্ঠের সবচেয়ে উঁচু বিন্দুই মেরু।

২) **বক্রতার কেন্দ্র (Centre of Curvature)** : গোলীয় দর্পণ যে গোলকের অংশ সেই গোলকের কেন্দ্রকে এ দর্পণের বক্রতার কেন্দ্র বলে। ৮.২ চিত্রে C দর্পণের বক্রতার কেন্দ্র। বক্রতার কেন্দ্র একটি বিন্দু।

৩) **বক্রতার ব্যাসার্ধ (Radius of curvature)** : গোলীয় দর্পণ যে গোলকের অংশ সেই গোলকের ব্যাসার্ধকে গোলীয় দর্পণের বক্রতার ব্যাসার্ধ বলে।

দর্পণে মেরু থেকে বক্রতার কেন্দ্র পর্যন্ত দূরত্বকে বক্রতার ব্যাসার্ধ ধরা হয়। বক্রতার ব্যাসার্ধকে সাধারণত: r বা R দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ৮.২ চিত্রে OC, MC বা M'C দৈর্ঘ্য MOM' দর্পণের বক্রতার ব্যাসার্ধ।



চিত্র-৮.২

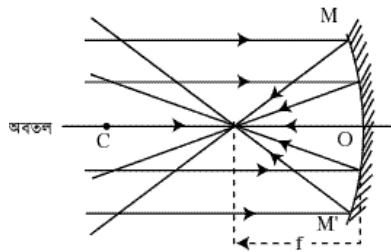
৪) **প্রধান অক্ষ (Principal axis)** : দর্পণের মেরু ও বক্রতার কেন্দ্রের মধ্যদিয়ে গমনকারী সরলরেখাকে প্রধান অক্ষ বলে। ৮.২ চিত্রে OC সরলরেখা দর্পণের একটি প্রধান অক্ষ।

৫) **গৌণ অক্ষ (Secondary axis)** : মেরু বিন্দু ব্যতীত দর্পণের প্রতিফলক পৃষ্ঠের উপরস্থ যে কোন বিন্দু ও বক্রতার কেন্দ্রের মধ্যদিয়ে গমনকারী সরলরেখাকে গৌণ অক্ষ বলে। ৮.২ চিত্রে O'C সরলরেখা দর্পণের একটি গৌণ অক্ষ। প্রধান অক্ষ ও গৌণ অক্ষ উভয়ই দর্পণের উপর লম্ব।

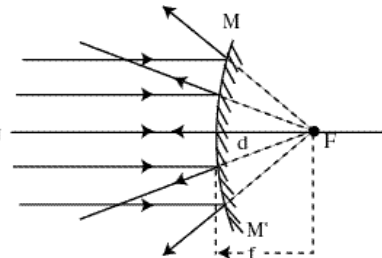
৬) **প্রধান ছেদ (Principal section)** মেরু ও বক্রতার কেন্দ্রের মধ্যদিয়ে কোন সমতল কল্পনা করলে, সেই সমতল যে বক্ররেখায় দর্পণকে ছেদ করলে তাকে দর্পণের প্রধান ছেদ বলে।

৭) **উন্মেষ (Aperture)** : কৌণিক উন্মেষ = $\frac{\text{চাপ MOM}'}{\text{ব্যাসার্ধ OC}}$ দর্পণের প্রান্ত বিন্দুদ্বয় বক্রতার কেন্দ্রে যুক্ত করলে যে কোণ উৎপন্ন হয় তাকে কৌণিক উন্মেষ বা উন্মেষ বলে।

৮) **প্রধান ফোকাস (Principal Focus)** : অবতল দর্পণে আপতিত প্রধান অক্ষের সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলনের পর প্রধান অক্ষের উপরস্থ একটি বিন্দুতে পরস্পরকে ছেদ করে। এই বিন্দুকে অবতল দর্পণের প্রধান ফোকাস বলে। ৮.৩ (ক) চিত্রে F বিন্দু অবতল দর্পণের প্রধান ফোকাস।



চিত্র- ৮.৩(ক)



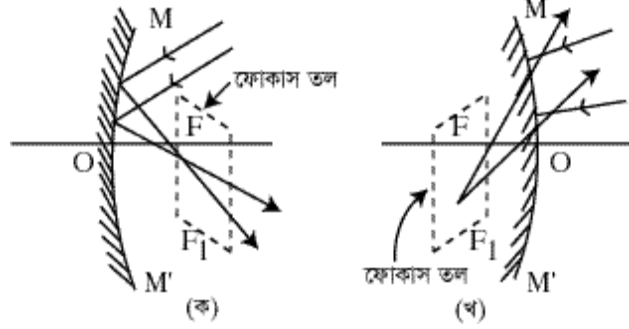
চিত্র-৮.৩(খ)

সুতরাং আমরা বলতে পারি যে, গোলকীয় দর্পণে আপতিত প্রধান অক্ষের সমান্তরাল আলোক রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলনের পর প্রধান অক্ষের উপর যে বিন্দুতে মিলিত হয় (অবতল দর্পণে) বা যে বিন্দু থেকে অপসৃত হয় বলে মনে হয় (উত্তল দর্পণে) তাকে প্রধান ফোকাস বলে।

৯) **ফোকাস দূরত্ব (Focal length)** : গোলীয় দর্পণের মেরু থেকে প্রধান ফোকাস পর্যন্ত দূরত্বকে ফোকাস দূরত্ব বলে। ফোকাস দূরত্বকে সাধারণত f দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ৮.৩ চিত্রে OF ফোকাস দূরত্ব।

১০) ফোকাস তল (Focal Plane) : কোন গোলীয় দর্পণের প্রধান ফোকাসের মধ্য দিয়ে প্রধান অক্ষের সাথে লম্বভাবে যে সমতল কল্পনা করা হয় তাকে ফোকাস তল বলে। (চিত্র-৮.৪)

১১) গৌণ ফোকাস (Secondary focus) : পরস্পর সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ যখন কোন গোলীয় দর্পণের প্রধান অক্ষের সাথে সামান্য আনতভাবে দর্পণে আপতিত হয়, তখন প্রতিফলনের পর রশ্মিগুচ্ছ ফোকাসতলের উপরস্থ একটি বিন্দু থেকে অপসৃত হয় বলে মনে হয় (উত্তল দর্পণের ক্ষেত্রে) ফোকাস তলের উপরস্থ এই বিন্দুকে গৌণ ফোকাস বলে।



চিত্র-৮.৪

চিত্রে F_1 গৌণ ফোকাস। সুতরাং আমরা গৌণ ফোকাসকে এভাবে সংজ্ঞায়িত করতে পারি, গোলীয় দর্পণে প্রধান অক্ষের সাথে আনতভাবে আপতিত পরস্পর সমান্তরাল আলোক রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলনের পর ফোকাসতলের উপরস্থ যে বিন্দুতে মিলিত হয় (অবতল দর্পণে) বা যে বিন্দু থেকে অপসৃত হয় বলে মনে হয় (উত্তল দর্পণে) তাকে গৌণ ফোকাস বলে।

এই পাঠে আমরা কি শিখলাম তা দেখা যাক। এবার নিচের প্রশ্নগুলোর জবাব দিন।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন-

- গোলীয় দর্পণ হল কোন ফাঁপা গোলকের-
 - খসখসে অংশ যা থেকে আলোর বিচ্ছুরণ ঘটে
 - মসৃণ অংশ যা থেকে আলো প্রতিফলিত হয়
 - অমসৃণ অংশ যা দিয়ে আলো প্রতিসৃত হয়
 - মসৃণ সমতল অংশ যা দিয়ে আলোর প্রতিসরণ ঘটে।
- অবতল দর্পণ গঠিত হয় কোন গোলকের কোন অংশে পারা লাগিয়ে?

(ক) বাইরের মসৃণ অংশ	(খ) ভিতরের মসৃণ অংশ
(গ) বাইরের অমসৃণ অংশ	(ঘ) ভিতরের অমসৃণ অংশ।
- কোন গোলীয় দর্পণের বক্রতার ব্যাসার্ধ বলতে কোন দূরত্ব বোঝায়?

(ক) প্রতিফলক পৃষ্ঠ থেকে প্রধান ফোকাস	(খ) উন্মোষ থেকে বক্রতার কেন্দ্র
(গ) মেরু থেকে বক্রতার কেন্দ্র	(ঘ) বক্রতার কেন্দ্র থেকে প্রধান ফোকাস।

উত্তর : ১। (খ); ২। (গ); ৩।

রচনামূলক প্রশ্ন :

- উত্তল ও অবতল দর্পণের সংজ্ঞা লিখ।
- কোন গোলীয় দর্পণের প্রধান ফোকাস, গৌণফোকাস ও ফোকাস দূরত্ব বলতে কি বোঝায় বর্ণনা করুন।
- নিচের রাশি/পদগুলোর বর্ণনা দিন।
 - মেরু
 - বক্রতার কেন্দ্র
 - উন্মোষ
 - ফোকাস তল।



চিহ্নের বাস্তব ধনাত্মক রীতি



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- চিহ্নের পুরনো প্রথা উল্লেখ করতে পারবেন;
- চিহ্নের বাস্তব ধনাত্মক রীতি বর্ণনা করতে পারবেন;
- চিহ্নের বাস্তব ধনাত্মক রীতির প্রয়োগ দেখাতে পারবেন।

গোলীয় দর্পণের সামনে লক্ষ্যবস্তুর বিভিন্ন অবস্থানের জন্য প্রতিবিম্বও বিভিন্ন অবস্থানে গঠিত হয়। কখনো লক্ষ্যবস্তু যদি কে সেদিকে কখনো বা লক্ষ্যবস্তুর বিপরীত দিকে প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। তাই লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, প্রতিবিম্বের দূরত্ব ও ফোকাস দূরত্বের পারস্পরিক সম্পর্ক নির্ণয়ের জন্য এদের চিহ্ন ঠিক করে নেয়া প্রয়োজন। সাধারণত দুই রকমের চিহ্নের রীতির সাথে আমরা পরিচিত। যথা-

(১) পুরানো রীতি (Old convention)

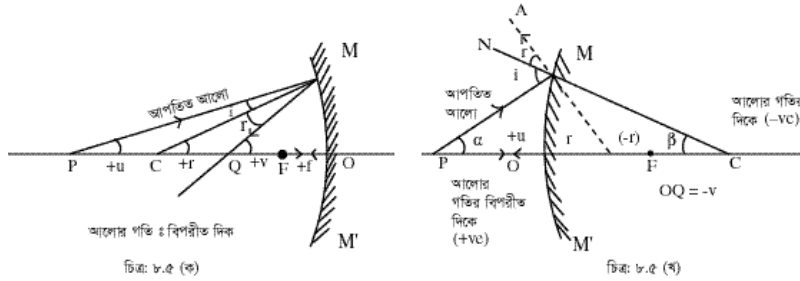
(২) বাস্তব ধনাত্মক রীতি (Real Positive convention)

(১) পুরানো রীতি : বিভিন্ন দূরত্বের চিহ্ন নির্ণয়ের এই প্রথা প্রাচীনকাল থেকে চলে আসছে। এই প্রথা অনুসারে সকল দূরত্ব দর্পণের মেরু থেকে পরিমাপ করা হয়। দূরত্ব মাপতে গেলে যদি আলোর গতির বিপরীত দিকে যেতে হয় তাহলে সেই দূরত্বকে ধনাত্মক ধরা হয়। আর যদি আলোর গতির দিকে যেতে হয় তাহলে সেই দূরত্বকে ঋণাত্মক ধরা হয়।

সুতরাং এই প্রথা অনুসারে দর্পণের যে দিকে লক্ষ্যবস্তু বা আলোক উৎস থাকে সে দিককার সকল দূরত্ব ধনাত্মক এবং অন্যদিকের দূরত্ব ঋণাত্মক ধরা হয়। [চিত্র- ৮.৫ (ক) ও ৮.৫ (খ)]

অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব মাপতে গেলে আমাদের মেরু থেকে আপতিত রশ্মির গতির বিপরীত দিকে অর্থাৎ যে দিকে আলোক উৎস আছে সেদিকে যেতে হয়, তাই অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব ধনাত্মক। পক্ষান্তরে উত্তল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব পরিমাপের জন্য আমাদেরকে মেরু থেকে আপতিত রশ্মির গতির অভিমুখে যেতে হয় অর্থাৎ যদি কে দর্পণের আলোক উৎস আছে তার বিপরীত দিকে যেতে হয়, তাই উত্তল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব ঋণাত্মক। এভাবে অবতল ও উত্তল লেন্সের ক্ষেত্রে ফোকাস দূরত্ব $f +ve$ এবং উত্তল দর্পণের ক্ষেত্রে ফোকাস দূরত্ব $f -ve$ ।

একই কারণে অবতল দর্পণের বক্রতার ব্যাসার্ধ ধনাত্মক কিন্তু উত্তল দর্পণের বক্রতার ব্যাসার্ধ ঋণাত্মক। চিহ্নের এই রীতি ব্যবহার করে আমরা যা পাই তা হুকে দেখানো হল।



	৮.৫ (ক) চিত্রে		৮.৫ (খ) চিত্রে
বক্রতার ব্যাসার্ধ	$OC = +r$	বক্রতার ব্যাসার্ধ	$OC = -r$
ফোকাস দূরত্ব	$OF = +f$	ফোকাস দূরত্ব	$OF = -f$
লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব	$OP = +u$	লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব	$OP = +u$
প্রতিবিম্বের দূরত্ব	$OQ = +v$	প্রতিবিম্বের দূরত্ব	$OQ = -v$

২। বাস্তব ধনাত্মক রীতি (Real Positive Convention or R.P. Convention)

পুরনো রীতির কিছু অসুবিধার জন্য ১৯৩৪ সালে লন্ডনের ফিজিক্যাল সোসাইটি চিহ্নের এই নতুন রীতি সুপারিশ করেন। এই রীতি অনুসারে-

- (ক) সকল দূরত্ব দর্পণের মেরু থেকে পরিমাপ করতে হবে;
- (খ) সকল বাস্তব দূরত্ব ধনাত্মক। বাস্তব দূরত্ব বলতে আলোক রশ্মি প্রকৃতপক্ষে যে দূরত্ব অতিক্রম করে সেই দূরত্বকে বুঝায়।
- (গ) সকল অবাস্তব দূরত্ব ঋণাত্মক। আলোক রশ্মি যে দূরত্ব প্রকৃতপক্ষে অতিক্রম করে না- অতিক্রম করেছে বলে মনে হয় সেই দূরত্বকে অবাস্তব দূরত্ব বলে।

এই রীতি অনুসারে বাস্তব লক্ষ্যবস্তু বাস্তব প্রতিবিম্ব বা বাস্তব ফোকাসের দূরত্বকে ধনাত্মক দূরত্ব ধরা হয়। এই রীতি অনুসারে অবাস্তব লক্ষ্যবস্তু, অবাস্তব প্রতিবিম্ব, অবাস্তব ফোকাসের দূরত্বকে ঋণাত্মক দূরত্ব ধরা হয়।

অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব বাস্তব কারণ আলোক রশ্মি প্রকৃতপক্ষে এই দূরত্ব অতিক্রম করে। তাই অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্বকে ধনাত্মক ধরা হয়। পক্ষান্তরে উত্তল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব অবাস্তব কারণ আলোক রশ্মি এই দূরত্ব প্রকৃতপক্ষে অতিক্রম করে না। তাই উত্তল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব ঋণাত্মক ধরা হয়।

দর্পণের ক্ষেত্রে উভয় রীতিতেই চিহ্ন একই হয়। সুতরাং পুরনো ধনাত্মক রীতির ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়। প্রচলিত প্রথার সারণীটি এখানে প্রয়োগ করা হয়েছে।

বাস্তব ধনাত্মক রীতির প্রয়োগ

গোলীয় দর্পণের ফোকাস দূরত্ব ও বক্রতার ব্যাসার্ধের মধ্যে সম্পর্ক-

(ক) অবতল দর্পণ- ধরা যাক, MOM' ছোট উন্মেষ বিশিষ্ট একটি অবতল দর্পণের প্রধান ছেদ [চিত্র- ৮.৬] C দর্পণের বক্রতার কেন্দ্র এবং O এর মেরু। ধরা যাক, প্রধান অক্ষ CO এর সমান্তরাল PM আলোক রশ্মি দর্পণের উপর M বিন্দুতে আপতিত হয়। CM যোগ করা হল। CM দর্পণের বক্রতার ব্যাসার্ধ বলে এটি M বিন্দুতে দর্পণের উপর লম্ব। এখন আপতন কোণ $\angle PMC$ এর সমান করে $\angle CMF$ কোণ অঙ্কন করলে MF প্রতিফলিত রশ্মি পাওয়া যায়। এই প্রতিফলিত রশ্মি প্রধান অক্ষকে F বিন্দুতে ছেদ করে। সংজ্ঞানুসারে F অবতল দর্পণের প্রধান ফোকাস।

এখন প্রতিফলনের সূত্রানুসারে $\angle PMC = \angle CMF$ আবার PM এবং CO পরস্পর সমান্তরাল হওয়ায়

$$\angle PMC = \angle MCF \text{ [একান্তর কোণ বলে]}$$

বা, $\angle CMF = \angle MCF \therefore MCF$ একটি সমদ্বিবাহু ত্রিভুজ।

$$\text{সুতরাং, } MF = FC$$

এখন দর্পণের উন্মেষ খুব ছোট হওয়ায় M বিন্দুকে O বিন্দুর খুব কাছাকাছি ধরা যায়, ফলে $MF = OF$ লেখা যায়।

$$\therefore OF = FC$$

অতএব, F, OC এর মধ্যবিন্দু

$$\text{সুতরাং } OF = \frac{1}{2} OC$$

এখন চিহ্নের বাস্তব ধনাত্মক রীতি অনুসারে সকল বস্তুর দূরত্ব ধনাত্মক এখানে ফোকাস দূরত্ব OF বাস্তব।

$$\text{সুতরাং ফোকাস দূরত্ব } OF = +f$$

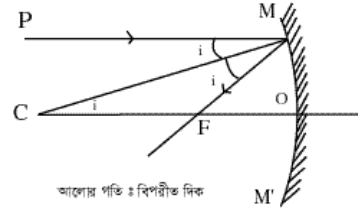
$$\text{এবং বক্রতার ব্যাসার্ধ } OC = +r$$

এখন OF ও OC বাস্তব

সুতরাং OC এর মান বসিয়ে-

$$\therefore f = \frac{r}{2} \text{ ----- (৮.১ ক)}$$

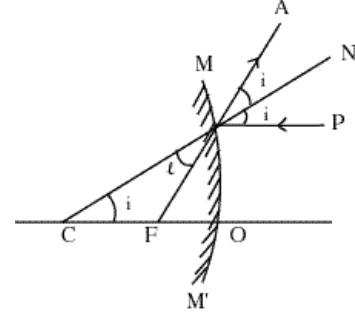
সুতরাং অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব বক্রতার ব্যাসার্ধের অর্ধেক।



চিত্র-৮.৬

খ) উত্তল দর্পণ ঃ এবার উত্তল দর্পণের বেলায় বাস্তব ধনাত্মক রীতির প্রয়োগ দেখা যাক।

ধরাযাক, MOM' ছোট উন্মেষ বিশিষ্ট একটি উত্তল দর্পণের প্রধান ছেদ। C বক্রতার কেন্দ্র এবং O মেরু ধরা যাক, প্রধান অক্ষ OC এর সমান্তরাল PM রশ্মি দর্পণের উপর M বিন্দুতে আপতিত হয়। CM যোগ করে N পর্যন্ত বাড়ানো হল। CM দর্পণের বক্রতার ব্যাসার্ধ বলে এটি M বিন্দুতে দর্পণের উপর লম্ব। এখন আপাতন কোণ $\angle PMN$ এর সমান করে $\angle NMA$ অংকন করলে MA প্রতিফলিত রশ্মিকে পেছন দিকে বাড়ালে প্রধান অক্ষকে F বিন্দুতে ছেদ করে। সংজ্ঞানুসারে F উত্তল দর্পণের প্রধান ফোকাস। এখন প্রতিফলনের সূত্রানুসারে-



চিত্র- ৮.৭

$$\angle PMN = \angle NMA$$

আবার, PM ও OC পরস্পর সমান্তরাল হওয়ায়

$$\angle PMN = \angle MCF \text{ [অনুরূপ কোণ বলে]}$$

$$\text{এবং } \angle NMA = \angle CMF \text{ [বিশ্রুতীপ কোণ বলে]}$$

$$\text{সুতরাং } \angle CMF = \angle MCF$$

\therefore MCF একটি সমদ্বিবাহু ত্রিভুজ

$$\text{সুতরাং } MF = FC$$

এখন দর্পণের উন্মেষ খুব ছোট হওয়ায় M বিন্দুকে O বিন্দুর খুব কাছাকাছি ধরা যায়। ফলে $MF = OF$ লেখা যায়।

$$\therefore OF = FC$$

অর্থাৎ F, OC এর মধ্যবিন্দু।

$$\text{সুতরাং } OF = \frac{1}{2} OC$$

এখন চিহ্নের বাস্তব ধনাত্মক রীতি অনুসারে সকল অবাস্তব দূরত্ব ঋণাত্মক। এখানে OF এবং OC উভয়ই অবাস্তব। তাই উভয়ই ঋণাত্মক।

$$\text{সুতরাং ফোকাস দূরত্ব } OF = -f$$

$$\text{এবং বক্রতার ব্যাসার্ধ } OC = -r$$

$$\text{বা, } -f = -\frac{r}{2}$$

$$\text{বা, } f = \frac{r}{2} \text{ ----- ৮.১ (খ)}$$

সুতরাং উত্তল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব বক্রতার ব্যাসার্ধের অর্ধেক।

সুতরাং দেখা যায় যে, অবতল বা উত্তল অর্থাৎ যে কোন গোলীয় দর্পণের ফোকাস দূরত্ব বক্রতার ব্যাসার্ধের অর্ধেক।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন।

১। দর্পণের বক্রতার ব্যাসার্ধ r এবং ফোকাস দূরত্ব f এর মধ্যে সম্পর্ক কি?

(ক) $f = \frac{2}{r}$

(খ) $f = \frac{1}{r}$

(গ) $f = \frac{r}{2}$

(ঘ) $f = \frac{r}{3}$

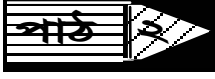
- ২। চিহ্নের বাস্তব ধনাত্মক রীতি অনুসারে অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব ঋণাত্মক কারণ আলোক রশ্মি—
- (ক) খুব কম দূরত্ব অতিক্রম করে (খ) অনেক দূরত্ব অসীম করে
(গ) অসীম পর্যন্ত দূরত্ব অতিক্রম করে (ঘ) এই দূরত্ব অতিক্রম করে না।

রচনামূলক প্রশ্ন :

- ১। দেখান যে, দর্পণের ফোকাস দূরত্ব এর বক্রতার ব্যাসার্ধের অর্ধেক। প্রমাণ করুন যে, $f = \frac{r}{2}$ ।
- ২। চিহ্নের বাস্তব ধনাত্মক রীতি অনুসারে উত্তল ও অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব, প্রতিবিম্বের দূরত্ব ও বক্রতার ব্যাসার্ধের চিহ্নগুলো লিখুন।

নৈব্যক্তিক প্রশ্নের উত্তর :

- ১। (গ); ২। (ঘ)



দর্পণের ফোকাস দূরত্বের সমীকরণ



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- অবতল দর্পণের লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, প্রতিবিম্বের দূরত্ব ও ফোকাস দূরত্বের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করতে পারবেন;
- উত্তল দর্পণের লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, প্রতিবিম্বের দূরত্ব ও ফোকাস দূরত্বের মধ্যে সম্পর্ক বের করতে পারবেন।

এর আগে আমরা দর্পণের ফোকাস দূরত্ব f ও বক্রতার ব্যাসার্ধ r এর মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করেছি।

এখানে আমরা অবতল ও উত্তল দর্পণের লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব u প্রতিবিম্বের দূরত্ব v এবং ফোকাস দূরত্ব f এর মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করব।

অবতল দর্পণ :

ধরা যাক, চিত্র- ৮.৮-এ MOM' একটি ছোট উন্মুখ বিশিষ্ট অবতল দর্পণের প্রধান ছেদ। O এর মেরু এবং C বক্রতার কেন্দ্র। এর প্রধান অক্ষের উপর P একটি লক্ষ্যবস্তু। ধরাযাক, P থেকে আগত একটি আলোক রশ্মি প্রধান অক্ষ বরাবর PO পথে O বিন্দুতে লম্বভাবে আপতিত হয়। এটি বিপরীত দিকে OP পথে প্রতিফলিত হয়। অন্য একটি রশ্মি PM , দর্পণের M বিন্দুতে আপতিত হয়। CM যোগ করা হল, এটি M বিন্দুতে অভিলম্ব। এখন আপতন কোণ $\angle PMC$ এর সমান করে $\angle CMA$ কোণ অংকন করলে MA প্রতিফলিত রশ্মি পাওয়া যায়। প্রতিফলিত রশ্মি দুটি OP এবং MA প্রধান অক্ষের উপর Q বিন্দুতে মিলিত হয়। সুতরাং Q হল P বিন্দুর বাস্তব প্রতিবিম্ব।

অতএব, আপতন কোণ $\angle PMC = i$

এবং প্রতিফলন কোণ $\angle QMX = r$

এখন প্রতিফলনের সূত্রানুসারে-

$$i = r$$

ধরা যাক, MP , MC এবং MQ রেখা প্রধান অক্ষের সাথে যথাক্রমে-

α , β ও γ কোণ উৎপন্ন করে।

এখন MPC ত্রিভুজের একটি বহিঃস্থ কোণ β

$\therefore \beta = \alpha + i$ [বহিঃস্থ কোণ অন্তঃস্থ বিপরীত কোণদ্বয়ের সমষ্টির সমান]

$$\text{বা, } i = \beta - \alpha$$

আবার, MQC ত্রিভুজের একটি বহিঃস্থ কোণ γ

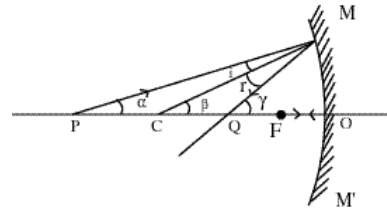
$$\therefore \gamma = \beta + r$$

$$\text{বা, } r = \gamma - \beta$$

সমীকরণে i ও r এর মান বসিয়ে

$$\beta - \alpha = \gamma - \beta$$

$$\text{বা, } \alpha + \gamma = 2\beta$$



চিত্র-৮.৮

এইচ এস সি প্রোগ্রাম

যেহেতু দর্পণের উন্মেষ খুব ছোট তাই α , β ও γ কোণগুলোও খুব ছোট হবে। কোণগুলোকে রেডিয়ানে প্রকাশ করে সমীকরণকে লেখা হয়-

$$\frac{MO}{OP} + \frac{MO}{OQ} = \frac{2MO}{OC}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{OP} + \frac{1}{OQ} = \frac{2}{OC}$$

এখন চিহ্নের বাস্তব ধনাত্মক রীতি ব্যবহার করলে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব OP , প্রতিবিম্বের দূরত্ব OQ এবং বক্রতার ব্যাসার্ধ OC সবই বাস্তব দূরত্ব। সুতরাং এরা সবাই দনাত্মক তাই লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব $OP = +u$

প্রতিবিম্বের দূরত্ব $OQ = +v$

বক্রতার ব্যাসার্ধ $OC = +r$

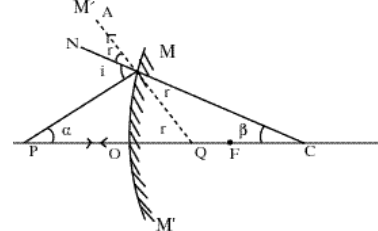
$$\therefore \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{2}{r} = \frac{1}{f} \quad [Qr = 2f]$$

$$\text{বা, } \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \quad (c.2)$$

এবার উত্তল দর্পণের ফোকাস দূরত্বের ব্যাপারটি বিবেচনা করা যাক।

উত্তল দর্পণ

ধরা যাক, MOM' একটি ছোট উন্মেষ বিশিষ্ট উত্তল দর্পণের প্রধান ছেদ [চিত্র-৮.৯]। O এর মেরু এবং C বক্রতার কেন্দ্র। এর প্রধান অক্ষের উপর P একটি বিন্দু লক্ষ্যবস্তু। ধরা যাক, P থেকে আগত একটি আলোক রশ্মি প্রধান অক্ষ বরাবর PO পথে O বিন্দুতে লম্বভাবে আপতিত হয়, এটি বিপরীত দিকে OP পথে প্রতিফলিত হয়। অন্য একটি PM দর্পণের M বিন্দুতে আপতিত হয়। CM যোগ করে N পর্যন্ত বাড়ানো হল। এটি M বিন্দুতে অভিলম্ব।



চিত্র-৮.৯

এখন আপাতন কোণ $\angle PMN$ এর সমান করে $\angle NMA$ কোণ অঙ্কন করলে MA প্রতিফলিত রশ্মি পাওয়া যায়। প্রতিফলিত রশ্মি দুটি OP ও MA অপসারী হওয়ায় এদেরকে পেছন দিকে বাড়িয়ে দিলে প্রধান অক্ষের উপর Q বিন্দু থেকে আসছে বলে মনে হয়। সুতরাং Q হলো P বিন্দুর অবাস্তব প্রতিবিম্ব।

$$\therefore \text{আপাতন কোণ } \angle PMN = i$$

$$\text{এবং প্রতিফলন কোণ } \angle NMA = \angle CMQ = r$$

$$\text{এখন প্রতিফলনের সূত্রানুসারে, } i = r$$

ধরা যাক, MP MC ও MQ রেখা প্রধান অক্ষের সাথে যথাক্রমে α , β ও γ কোণ উৎপন্ন করে। এখন MPC ত্রিভুজের একটি বহিঃস্থ কোণ i

$$\therefore i = \alpha + \beta$$

$$\text{আবার } MQC \text{ ত্রিভুজের একটি বহিঃস্থ কোণ } \gamma \text{ হওয়ায় } r + \beta = \gamma \text{ বা, } r = \gamma - \beta$$

এখন ৮.৬ সমীকরণে i ও r এর মান বসিয়ে

$$\alpha + \beta = \gamma - \beta$$

$$\text{বা, } \gamma = \alpha = 2\beta$$

যেহেতু দর্পণের উন্মেষ খুব ছোট তাই α , β , γ কোণগুলোও খুব ছোট হবে। কোণগুলোকে রেডিয়ানে প্রকাশ করে ৮.৭ সমীকরণ লেখা যায়-

$$\frac{MO}{OQ} - \frac{MO}{OP} = \frac{2MO}{OC}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{OQ} - \frac{1}{OP} = \frac{2}{OC}$$

এখন চিহ্নের বাস্তব ধনাত্মক রীতি ব্যবহার করলে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব OP বাস্তব এবং প্রতিবিম্বের দূরত্ব OQ এবং বক্রতার ব্যাসার্ধ OC অবাস্তব।

সুতরাং, লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব $OP = +u$

প্রতিবিম্বের দূরত্ব $OQ = -v$

বক্রতার ব্যাসার্ধ $OC = -r$

$$\therefore \frac{1}{-v} - \frac{1}{u} = \frac{2}{-r}$$

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

$$\therefore \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \quad [\text{ই } r = 2f] \dots\dots\dots(\text{চ.৩})$$

উদাহরণ-১

একটি গোলীয় দর্পণের 0.20m সামনে লক্ষ্যবস্তু স্থাপন করলে 1.0m পিছনে প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। দর্পণটির ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করুন।

সমাধান : আমরা জানি,
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$$

$$= \frac{1}{-1.0\text{m}} + \frac{1}{0.20\text{m}}$$

$$= \frac{-1+5}{1.0\text{m}}$$

$$= \frac{4}{1.0\text{m}} = 4.0\text{m}^{-1}$$

$$= f = \frac{1}{4.0} \text{m}$$

এখানে,
লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব $u = 0.20 \text{ m}$
প্রতিবিম্বের দূরত্ব $v = -1.0\text{m}$
ফোকাস দূরত্ব $f = ?$

$$\therefore f = 0.25 \text{ m}$$

উত্তর : 0.25m

উদাহরণ-২

একটি বস্তু দর্পণ থেকে 100cm দূরে অবস্থিত। এর প্রতিবিম্ব একই দিকে 30cm দূরে অবস্থিত। দর্পণটি অবতল না উত্তল? এর ফোকাস দূরত্ব বের করুন।

সমাধান :

সমাধান : আমরা জানি,
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f} = \frac{1}{0.3\text{m}} + \frac{1}{1.0\text{m}}$$

$$= \frac{1.0 + 0.3}{0.3\text{m}}$$

$$= \frac{1.3}{0.3\text{m}}$$

$$f = \frac{0.3\text{m}}{1.3} = 0.231\text{m}$$

এখানে,
লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব $u = 100\text{cm} = 1.0\text{m}$
প্রতিবিম্বের দূরত্ব $v = 30 \text{ cm} = 0.3\text{m}$
ফোকাস দূরত্ব $f = ?$

$$\therefore f = + \text{ অতএব দর্পণটি অবতল।}$$

উত্তর : 0.23m অবতল দর্পণ।

উদাহরণ-৩

18cm ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল দর্পণ এর অক্ষের উপর দর্পণ থেকে 6cm দূরে একটি প্রতিবিম্ব গঠন করে। লক্ষ্যবস্তুর অবস্থান নির্ণয় করুন।

সমাধান : আমরা জানি, $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

$$\text{বা, } \frac{1}{-6\text{cm}} + \frac{1}{u} = -\frac{1}{18\text{cm}}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{4} = \frac{1}{6\text{cm}} - \frac{1}{18\text{cm}} = \frac{3-1}{18\text{cm}}$$

$$= \frac{2}{18} = \frac{1}{9} \text{ cm}$$

$$u = 9\text{cm} = 0.09 \text{ m}$$

উত্তর : 0.09 m সামনে

এখানে,

উত্তল দর্পণের জন্যে

ফোকাস দূরত্ব $f = -18\text{cm}$

প্রতিবিম্বের দূরত্ব $v = -6\text{cm}$

∴ [উত্তল দর্পণ সর্বদা দর্পণের পেছনে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে]

লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব $u = ?$

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

নৈর্ব্যক্তিক প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন।

১। দর্পণের ফোকাস দূরত্ব f , প্রতিবিম্বের দূরত্ব v এবং লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব u এর মধ্যে সম্পর্ক কোনটি?

(ক) $u + v = f$ (খ) $\frac{1}{u} - \frac{1}{v} = f$

(গ) $\frac{1}{u} - \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ (ঘ) $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$

২। উত্তল ও অবতল দর্পণের বেলায় নিচের কোন সূত্রটি দিয়ে ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করা যায়?

(ক) $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ (খ) $\frac{1}{u} - \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$

(গ) $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = f$ (ঘ) $\frac{v-u}{uv} = \frac{1-f}{f}$

উত্তরমালা

১। (ঘ); ২। (ক)।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের সূত্রটি লিখ ও প্রতিটি রাশির নাম লিখুন।

২। অবতল দর্পণের জন্য $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ সূত্রটি প্রতিপাদন করুন।

৩। উত্তল দর্পণের লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, প্রতিবিম্বের দূরত্ব ও ফোকাস দূরত্বের মধ্যে সম্পর্ক প্রতিপাদন করুন।

বিবর্ধন



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

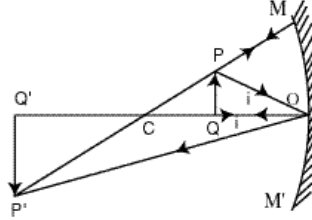
- রৈখিক বিবর্ধন কি তা বর্ণনা করতে পারবেন;
- রৈখিক বিবর্ধনের প্রকাশ লিখতে পারবেন;
- বিভিন্ন রাশির সাহায্যে বিবর্ধনের প্রকাশ লিখতে পারবেন।

প্রতিবিম্ব লক্ষ্যবস্তুর তুলনায় কতগুণ বড় বা ছোট তাই রৈখিক বিবর্ধন। সুতরাং আমরা বলতে পারি যে, প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য ও লক্ষ্যবস্তুর দৈর্ঘ্যের অনুপাতকে রৈখিক বিবর্ধন বলা হয়।

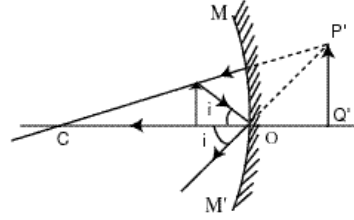
কোন লক্ষ্যবস্তুর দৈর্ঘ্য L এবং প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য L' হলে রৈখিক বিবর্ধন,

$$m = \frac{\text{প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য } L'}{\text{লক্ষ্যবস্তুর দৈর্ঘ্য } L}$$

$$= \frac{L'}{L}$$



চিত্র: ৮.১০ (ক)



চিত্র: ৮.১০ (খ)

চিত্রে লক্ষ্যবস্তুর দৈর্ঘ্য $L = PQ$ এবং প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য $L' = P'Q'$

$$\therefore m = \frac{P'Q'}{PQ}$$

যেহেতু প্রতিবিম্ব লক্ষ্যবস্তুর সাপেক্ষে অবশীর্ষ বা উল্টা তাই প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্যের আগে ঋণাত্মক চিহ্ন ব্যবহার করা হয়েছে।

$\therefore \Delta POQ$ এবং $\Delta P'OQ'$ সদৃশ তাই-

$$\frac{P'OQ'}{PQ} = \frac{OQ'}{OQ}$$

$$\therefore \frac{L'}{L} = m = -\frac{OQ'}{OQ} \text{ যেহেতু } P'Q' = L' \text{ এবং } PQ = l$$

এখন চিহ্নের বাস্তব ধনাত্মক রীতি অনুসারে

লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব $OQ = +u$

প্রতিবিম্বের দূরত্ব $OQ' = +v$

$$\therefore m = -\frac{v}{u} \text{ ----- (৮.৮)}$$

একইভাবে ৮.১০ (খ) চিত্রে অবাস্তব প্রতিবিম্বের বিবর্ধন $m = \frac{P'OQ'}{PQ}$

এক্ষেত্রে প্রতিবিম্ব লক্ষ্যবস্তুর সাপেক্ষে সমশীর্ষ বলে $P'Q'$ এর আগে ধনাত্মক চিহ্ন ব্যবহার করা হয়েছে।

আবার, ΔPQO এবং $\Delta P'Q'O$ সদৃশ বলে।

এইচ এস সি প্রোগ্রাম

$$\frac{P'Q'}{PQ} = \frac{OQ'}{OQ}$$

$$\therefore m = \frac{OQ'}{OQ}$$

কিন্তু চিহ্নের বাস্তব ধনাত্মক রীতি ব্যবহার করলে OQ বাস্তব এবং OQ' অবাস্তব। সুতরাং এই রীতি অনুসারে—

$$OQ = +u \text{ এবং } OQ' = -v$$

$$\therefore m = -\frac{v}{u} \text{ ----- (৮.৫)}$$

একইভাবে উত্তল দর্পণের বেলায় পাওয়া যায় $m = -\frac{v}{u}$ সুতরাং দর্পণ অবতলই হোক আর উত্তলই হোক প্রতিবিম্ব বাস্তব হোক আর অবাস্তবই হোক, সমশীর্ষ হোক আর অবশিষ্ট হোক, বিবর্ধন হবে।

$$m = -\frac{v}{u} \text{ ----- (৮.৬)}$$

অতএব গাণিতিক হিসেবের সময় ৮.৫ ও ৮.৬ সমীকরণে u ও v এর যথাযথ চিহ্নসহ মান বসিয়ে m হিসেব করতে হবে। m -এর হিসাবকৃত মান ধনাত্মক হলে, বুঝতে হবে প্রতিবিম্ব সমশীর্ষ ও m এর মান ঋণাত্মক হলে বুঝতে হবে প্রতিবিম্ব অবশীর্ষ। প্রতিবিম্বটি লক্ষ্যবস্তুর তুলনায় বিবর্ধিত বা বড় কিংবা খর্বিত বা ছোট কিনা তা বুঝতে হলে বিবর্ধন m এর গুণু মানটি অর্থাৎ m এর চিহ্ন ব্যতীত পরম মান $|m| = \left| \frac{v}{u} \right|$ কত দেখতে হবে। m এর পরম মান 1 এর চেয়ে বড় হলে প্রতিবিম্ব লক্ষ্যবস্তুর চেয়ে বড় বা বিবর্ধিত হবে, 1 এর চেয়ে ছোট হলে প্রতিবিম্ব লক্ষ্যবস্তুর চেয়ে খর্বিত বা ছোট হবে। আর 1 এর সমান হলে প্রতিবিম্ব লক্ষ্যবস্তুর সমান হবে।

অর্থাৎ— $|m| > 1$ হলে প্রতিবিম্ব বিবর্ধিত

$|m| < 1$ হলে প্রতিবিম্ব খর্বিত

$|m| = 1$ হলে প্রতিবিম্ব লক্ষ্যবস্তুর সমান।

$m = -\frac{v}{u}$ ছাড়াও অন্যান্য রাশির সাহায্যে বিবর্ধন প্রকাশ করা যায়।

$$১। \text{ আমরা জানি, } \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

উভয়পক্ষকে v দ্বারা গুণ করলে পাওয়া যায়—

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

এখন m এর জন্য রাশিমালা লিখলে বিবর্ধন দাঁড়ায়—

$$\therefore m = \frac{-v}{u} = -\left(\frac{v-f}{f}\right) \text{ ----- (৮.৭)}$$

২। আবার $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ সমীকরণের উভয় পক্ষকে u দ্বারা গুণ করে আমরা পাই—

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

সুতরাং বিবর্ধন হল—

$$m = \frac{-v}{u} = \left(\frac{f}{u-f}\right) \text{ ----- (৮.৮)}$$

৩। আবার $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{2}{r}$ সমীকরণ থেকে আমরা পাই-

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{r} = \frac{1}{r} - \frac{1}{u} \quad \text{বা,} \quad \frac{r-v}{vr} = \frac{u-r}{ur}$$

$$\therefore \frac{v}{u} = \frac{r-v}{u-r}$$

সুতরাং, বিবর্ধন হল-

$$m = \frac{v}{u} = - \left(\frac{r-v}{u-r} \right) \text{ ----- (৮.৯)}$$

বিবর্ধন m এবং প্রতিবিম্বের দূরত্ব v এর উপর নির্ভর করে কোন প্রতিবিম্বের পূর্ণ বিবরণ দেয়া যায়। এদের মান ও চিহ্ন থেকে বোঝা যায় যে, প্রতিবিম্বের অবস্থান দর্পণ থেকে কত দূরে প্রতিবিম্বটি বাস্তব না অবাস্তব, সমশীর্ষ বা অবশীর্ষ। আকৃতি কেমন বিবর্ধিত না খর্বিত না লক্ষ্যবস্তুর সমান।

$$\text{আমরা জানি যে,} \quad \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

এই সমীকরণে u , v ও f এর মান ও চিহ্ন থেকে আমরা দর্পণের প্রকৃতি, প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও আকৃতি বের করতে পারি।

১। দর্পণের প্রকৃতি :

ফোকাস দূরত্বের চিহ্ন থেকে দর্পণ কিরূপ তা জানা যায়-

$f = +$ হলে দর্পণটি অবতল হয়।

$f = -$ হলে দর্পণটি উত্তল হল।

২। প্রতিবিম্বের অবস্থান :

v এর মান যত হয় দর্পণ থেকে প্রতিবিম্বের দূরত্বও তত হয়। v ধনাত্মক হলে প্রতিবিম্ব দর্পণের সামনে হয় আর v ঋণাত্মক হলে প্রতিবিম্ব দর্পণের পিছনে হয়।

৩। প্রতিবিম্বের প্রকৃতি :

(ক) যেহেতু দর্পণে আলোর প্রতিফলন ঘটে, সুতরাং লক্ষ্যবস্তু বা আলোক উৎস দর্পণের যে পাশে থাকে প্রতিফলিত রশ্মিও সেই পাশে থাকে। সুতরাং প্রতিফলিত রশ্মির প্রকৃত মিলনের ফলে যে প্রতিবিম্ব গঠিত হয় সেই প্রতিবিম্ব অর্থাৎ বাস্তব প্রতিবিম্ব লক্ষ্যবস্তু যে পাশে আছে সেই পাশেই গঠিত হয়। অতএব, দর্পণের মেরু থেকে বাস্তব প্রতিবিম্বের দূরত্ব সর্বদা ধনাত্মক হয়। আর অবাস্তব প্রতিবিম্ব, দর্পণের যে পাশে লক্ষ্যবস্তু থাকে তার বিপরীত পাশে গঠিত হয়। ফলে অবাস্তব প্রতিবিম্বের দূরত্ব সর্বদা ঋণাত্মক হয়।

এখন v এর চিহ্ন থেকে প্রতিবিম্ব বাস্তব না অবাস্তব তা নির্ণয় করা হয়।

$v = +$ হলে প্রতিবিম্ব বাস্তব হয়।

$v = -$ হলে প্রতিবিম্ব অবাস্তব হয়।

(খ) এরপর নিম্নোক্ত সমীকরণে u ও v এর যথাযথ চিহ্নসহ মান বসিয়ে বিবর্ধন m হিসেব করা হয়, $m = \frac{-v}{u}$

m এর চিহ্ন থেকে প্রতিবিম্ব সমশীর্ষ বা অবশীর্ষ তা নির্ণয় করা হয়।

$m = +$ হলে প্রতিবিম্ব সমশীর্ষ হয়।

$m = -$ হলে প্রতিবিম্ব অবশীর্ষ হয়।

৪। প্রতিবিম্বের আকৃতি : এরপর বিবর্ধনের পরমমান অর্থাৎ বিবর্ধনের চিহ্ন ব্যতীত শুধু সংখ্যাগত মানটি বিবেচনা করা হয়।

এইচ এস সি প্রোগ্রাম

$lml = \left| \frac{v}{u} \right|$ এর মান থেকে প্রতিবিম্ব বিবর্ধিত, খর্বিত না লক্ষ্যবস্তুর সমান তা নির্ণয় করা হয়।

$lml > 1$ হলে প্রতিবিম্ব বিবর্ধিত

$lml < 1$ হলে প্রতিবিম্ব খর্বিত

$lml = 1$ হলে প্রতিবিম্ব লক্ষ্যবস্তুর সমান।

৫। প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য l লক্ষ্যবস্তুর দৈর্ঘ্য L দেয়া থাকলে প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য-

$$l = lmlL \text{ ----- (৮.১০)}$$

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

নৈর্ব্যক্তিক প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (■) চিহ্ন দিন।

১। দর্পণের বেলায় রৈখিক বিবর্ধন বলতে কোনটি বোঝায়?

(ক) লক্ষ্যবস্তু ও প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্যের অনুপাত

(খ) লক্ষ্যবস্তুর দৈর্ঘ্য ও আয়তনের অনুপাত

(গ) লক্ষ্যবস্তু ও প্রতিবিম্বের ক্ষেত্রফলের অনুপাত

(ঘ) লক্ষ্যবস্তুর ক্ষেত্রফল ও প্রতিবিম্বের আয়তনের অনুপাত।

২। লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব u এবং প্রতিবিম্বের দূরত্ব v হলে কোন সম্পর্কটি দিয়ে দর্পণের বিবর্ধন m বোঝানো যায়-

(ক) $m = \frac{u}{v}$ (খ) $m = -\frac{u}{v}$

(গ) $m = -\frac{v}{u}$ (ঘ) $m = \frac{v}{u}$

৩। m এর মান 1 এর চেয়ে কম হলে প্রতিবিম্বের কোন গুণ বোঝায়?

(ক) প্রতিবিম্ব বিবর্ধিত

(খ) প্রতিবিম্ব খর্বিত

(গ) প্রতিবিম্ব সম্যবস্তুর সমান

(ঘ) প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য অসীম।

উত্তরমালা :

১। (ক); ২। (গ); ৩। (খ)।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। কোন দর্পণের রৈখিক বিবর্ধন বলতে কি বোঝায়? বিবর্ধনের জন্য লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, প্রতিবিম্বের দূরত্ব, ফোকাস দূরত্ব ও বক্রতার ব্যাসার্ধ এর মাধ্যমে বিভিন্ন প্রকাশ লিখুন।

২। বিবর্ধনের বিভিন্ন মানের জন্য প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্যের প্রকৃতি লিখুন।

উত্তরমালা- অনুচ্ছেদ-১



লক্ষ্যবস্তুর বিভিন্ন অবস্থানের জন্য প্রতিবিম্বের প্রকৃতি, অবস্থান ও আকৃতি



উদ্দেশ্য

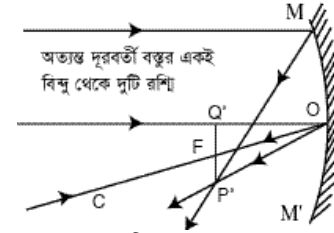
এই পাঠ শেষে আপনি-

- অবতল দর্পণের প্রধান অক্ষের উপর লক্ষ্যবস্তুর বিভিন্ন অবস্থানের জন্য প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও আকৃতি নির্ণয় করতে পারবেন;
- উত্তল দর্পণের প্রধান অক্ষের উপর লক্ষ্যবস্তুর বিভিন্ন অবস্থানের জন্য প্রতিবিম্বের অবস্থান, আকৃতি ও প্রকৃতি বর্ণনা করতে পারবেন।

গোলীয় দর্পণে গঠিত প্রতিবিম্বের অবস্থান, আকৃতি ও প্রকৃতি দর্পণের সামনে অবস্থিত লক্ষ্যবস্তুর অবস্থানের উপর নির্ভর করে। লক্ষ্যবস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন ঘটলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, আকৃতি ও প্রকৃতির ও পরিবর্তন ঘটে। এই পাঠে আমরা অবতল দর্পণের প্রধান অক্ষের উপর ৬টি অবস্থানের জন্য প্রতিবিম্বের অবস্থান, আকৃতি ও প্রকৃতি বিবেচনা করব।

(ক) অবতল দর্পণ :

ধরা যাক, MOM' একটি অবতল দর্পণ। O এর মেরু, F প্রধান ফোকাস এবং C বক্রতার কেন্দ্র। এর প্রধান অক্ষ OC এর উপর বিভিন্ন অবস্থানে PQ লক্ষ্যবস্তু লম্বভাবে অবস্থিত। PQ এর প্রতিবিম্ব অংকনের জন্য যে কোন দুটি রশ্মি বিবেচনা করা হয়।



চিত্র-৮.১১

১। লক্ষ্যবস্তু অসীম দূরে অবস্থিত : অসীম দূরে অবস্থিত লক্ষ্যবস্তুর শীর্ষ থেকে আগত পরস্পর সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ প্রধান অক্ষের সাথে আনতভাবে আপতিত হয়ে প্রতিফলনের পর ফোকাস তলের F বিন্দুতে মিলিত হয়। F থেকে প্রধান অক্ষের উপর অঙ্কিত $P'Q'$ লম্বই PQ এর প্রতিবিম্ব।

এখন দেখা যাক, প্রতিবিম্বের অবস্থান, আকৃতি ও প্রকৃতি কি?

এক্ষেত্রে প্রতিবিম্বের

অবস্থান : ফোকাস তলে।

প্রকৃতি : বাস্তব ও অবশীর্ষ।

আকৃতি : অত্যন্ত খর্বিত।

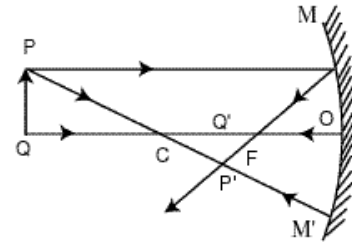
২। লক্ষ্যবস্তু অসীম ও বক্রতার কেন্দ্রের মধ্যে : P থেকে একটি রশ্মি বক্রতার ব্যাসার্ধ বরাবর এবং একটি রশ্মি প্রধান অক্ষের সমান্তরাল বিবেচনা করলে প্রতিফলনের পর এগুলো F

থেকে প্রধান অক্ষের উপর অংকিত $P'Q'$ লম্বই PQ এর প্রতিবিম্ব। সুতরাং প্রতিবিম্বের-

অবস্থান : বক্রতার কেন্দ্র ও প্রধান ফোকাসের মধ্যে

প্রকৃতি : বাস্তব ও অবশীর্ষ

আকৃতি : খর্বিত।



চিত্র-৮.১২

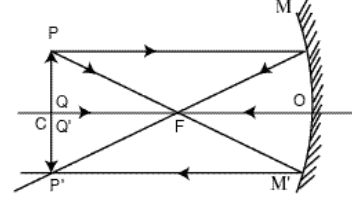
৩। লক্ষ্যবস্তু বক্রতার কেন্দ্রে : P থেকে একটি রশ্মি প্রধান অক্ষের সমান্তরাল এবং একটি রশ্মি প্রধান ফোকাস বরাবর বিবেচনা করলে প্রতিফলনের পর P' বিন্দুতে মিলিত হয় [চিত্র- চ.১৩], P থেকে প্রধান অক্ষের উপর অঙ্কিত PQ লম্বই PQ এর প্রতিবিম্ব।

এক্ষেত্রে- প্রতিবিম্বের

অবস্থান : বক্রতার কেন্দ্রে

প্রকৃতি : বাস্তব ও অবশীর্ষ

আকৃতি : লক্ষ্যবস্তুর সমান।



চিত্র-চ.১৩

৪। লক্ষ্যবস্তু বক্রতার কেন্দ্র ও প্রধান ফোকাসের মধ্যেঃ

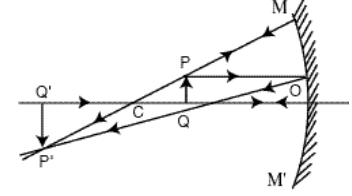
P থেকে একটি রশ্মি বক্রতার ব্যাসার্ধ বরাবর এবং একটি রশ্মি প্রধান অক্ষের সমান্তরাল বিবেচনা করলে প্রতিফলনের পর P' বিন্দুতে মিলিত হয়। P থেকে প্রধান অক্ষের উপর অঙ্কিত PQ লম্বই PQ এর প্রতিবিম্ব।

সুতরাং এক্ষেত্রে প্রতিবিম্বের

অবস্থান : বক্রতার কেন্দ্র ও অসীমের মধ্যে

প্রকৃতি : বাস্তব ও অবশীর্ষ

আকৃতি : বিবর্ধিত।



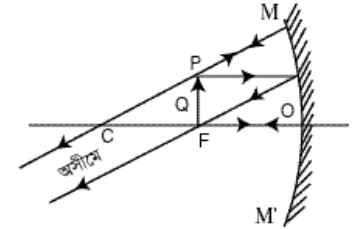
চিত্র-চ.১৪

৫। লক্ষ্যবস্তু প্রধান ফোকাসে : P থেকে একটি রশ্মি প্রধান অক্ষের সমান্তরাল বিবেচনা করলে প্রতিফলনের পর এগুলো পরস্পর সমান্তরাল হয়। [চিত্র-চ.১৫] দর্পণের সামনে এগুলো অসীমে মিলিত হয় অথবা পেছন দিকে বাড়ালে অসীম থেকে আসছে বলে মনে হয়। সুতরাং এক্ষেত্রে প্রতিবিম্বের-

অবস্থান : অসীমে

প্রকৃতি : বাস্তব ও অবশীর্ষ অথবা অবাস্তব ও সমশীর্ষ

আকৃতি : অত্যন্ত বিবর্ধিত।



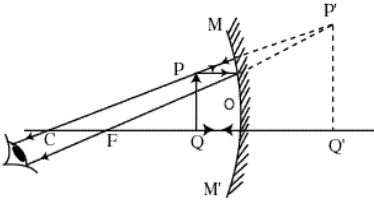
চিত্র-চ.১৫

৬। লক্ষ্যবস্তু প্রধান ফোকাস ও মেরুর মধ্যে : P থেকে একটি রশ্মি বক্রতার ব্যাসার্ধ বরাবর ও একটি রশ্মি প্রধান অক্ষের সমান্তরাল বিবেচনা করলে প্রতিফলনের পর পরস্পর অপসারী হয়। এগুলোকে পেছন দিকে বাড়ালে P' বিন্দু থেকে অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হয়। P থেকে প্রধান অক্ষের উপর অঙ্কিত PQ লম্বই PQ এর প্রতিবিম্ব।

অবস্থান : দর্পণের পেছনে

প্রকৃতি : অবাস্তব ও সমশীর্ষ

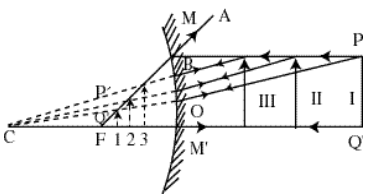
আকৃতি : লক্ষ্যবস্তুর সমান।



চিত্র-চ.১৬

(খ) উত্তল দর্পণ :

চিত্র- চ.১৭ MOM উত্তল দর্পণের সামনে প্রধান অক্ষের উপর লম্বভাবে স্থাপিত PQ একটি লক্ষ্যবস্তু। এর শীর্ষবিন্দু থেকে নিঃসৃত আলোক রশ্মি প্রধান অক্ষের সমান্তরালভাবে দর্পণের M বিন্দুতে আপতিত হয়ে MA পথে এমনভাবে প্রতিফলিত হয় যেন প্রধান ফোকাস F থেকে আসছে বলে মনে হয়। বক্রতার কেন্দ্র C অভিমুখী অপর একটি রশ্মি B বিন্দুতে আপতিত হয়ে একই পথে প্রতিফলিত হয়।



চিত্র-চ.১৭

এখন প্রতিফলিত রশ্মিদ্বয় অপসারী হওয়ায় এরা কোথাও মিলিত হয় না। কিন্তু এদের পেছন দিকে বর্ধিত করলে P বিন্দুতে মিলিত হয় অর্থাৎ এরা P বিন্দু থেকে আসছে বলে মনে হয়। সুতরাং P বিন্দু হচ্ছে P বিন্দুর অবাস্তব প্রতিবিম্ব। এখন P বিন্দু থেকে প্রধান অক্ষের উপর অঙ্কিত PQ লম্বই PQ লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব। প্রতিবিম্ব দর্পণের পেছনে গঠিত হয় এবং তা অবাস্তব সমশীর্ষ এবং আকারে লক্ষ্যবস্তুর চেয়ে ছোট।

৮.১৭ চিত্রে PQ লক্ষ্যবস্তু যথাক্রমে (I), (II) ও (III) অবস্থানে রাখলে এর প্রতিবিম্ব দর্পণের অপর পার্শ্বে যথাক্রমে 1, 2, 3 অবস্থানে গঠিত হয়। চিত্র থেকে সহজেই বুঝা যায় যে, লক্ষ্যবস্তু যেখানেই থাকুক না কেন তার প্রতিবিম্ব সর্বদা দর্পণের পেছনে গঠিত হবে এবং তা অবাস্তব, সমশীর্ষ ও আকারে বস্তু অপেক্ষা ছোট হবে। বস্তু যত দর্পণের কাছে থাকবে প্রতিবিম্বও দর্পণের তত কাছে থাকে। বস্তু দর্পণ থেকে দূরে সরিয়ে নিলে প্রতিবিম্ব দর্পণ থেকে দূরে সরে যায় এবং প্রতিবিম্বের আকৃতি ক্রমশ: ছোট হতে থাকে। বস্তু অসীমে থাকলে প্রতিবিম্ব প্রধান ফোকাসে গঠিত হবে।

উদাহরণ-১

0.05 মিটার দীর্ঘ একটি বস্তুকে 0.6 মিটার বক্রতার ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট একটি অবতল দর্পণ থেকে 0.5 মিটার দূরে স্থাপন করা হল। প্রতিবিম্বের অবস্থান ও আকার নির্ণয় করুন।

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \frac{1}{v} + \frac{1}{0.5\text{m}} = \frac{1}{0.3\text{m}}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{v} = \frac{1}{0.3\text{m}} - \frac{1}{0.5\text{m}}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{v} = \frac{0.5 - 0.3}{0.15\text{m}}$$

$$= \frac{0.2}{0.15}$$

$$v = \frac{0.15\text{m}}{0.2}$$

$$= 0.75\text{m}$$

অবস্থান : 0.75m

সামনে বিবর্ধন m হলে-

$$|m| = \frac{L'}{L}$$

$$\therefore L' = |m|L$$

$$\text{কিন্তু } m = \frac{v}{u} = \frac{0.75\text{m}}{0.50\text{m}} = -\frac{3}{2}$$

$$|m| = \frac{3}{2}$$

$$\text{সুতরাং } L' = \frac{3}{2} \times 0.05\text{m}$$

$$= \frac{0.15\text{m}}{2} = 0.075\text{m}$$

এখানে,

অবতল দর্পণের বক্রতার ব্যাসার্ধ $r = 0.6\text{m}$

অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব $f = \frac{r}{2}$

$$= \frac{0.6}{2} \text{ m} = 0.3\text{m}$$

লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব $u = 0.5\text{m}$

প্রতিবিম্বের দূরত্ব $v = ?$

লক্ষ্যবস্তুর দৈর্ঘ্য $L = 0.05\text{m}$

প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য $L' = ?$

উদাহরণ-২

একটি উত্তল দর্পণের বক্রতার ব্যাসার্ধ 0.5m। 0.02m লম্বা একটি লক্ষ্যবস্তু দর্পণ থেকে 1.0m দূরে প্রধান অক্ষের উপর লম্বভাবে অবস্থান করে। প্রতিবিম্বের অবস্থান ও আকার নির্ণয় করুন।

এইচ এস সি প্রোগ্রাম

আমরা জানি,

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

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

$$= \frac{1}{-0.25\text{m}} - \frac{1}{1.0\text{m}}$$

$$= \frac{-4-1}{1.0\text{m}} = -\frac{5}{1.0\text{m}}$$

$$\therefore v = -0.20$$

অবস্থান : 0.20m পিছনে

$$\text{বিবর্ধন } m \text{ হলে, } |m| = \frac{L'}{L}$$

$$\therefore L' = |m|L \text{ -----(1)}$$

$$\text{আবার } m = -\frac{v}{u} = \frac{0.20\text{m}}{1.00\text{m}} = \frac{1}{5}$$

$$\therefore |m| = \frac{1}{5}$$

(1) নং সমীকরণে মান বসিয়ে

$$L' = \frac{1}{5} \times 0.02\text{m}$$

$$= 0.004 \text{ m}$$

উত্তর : 0.2m পিছনে, 0.004m

উদাহরণ-৩

0.03m ফোকাস দূরত্বের একটি অবতল দর্পণ থেকে কত দূরে একটি বস্তু স্থাপন করলে এর বাস্তব প্রতিবিম্বের আকৃতি বস্তুর আকৃতির তিনগুণ হবে?

ধরা যাক,

প্রতিবিম্বের দূরত্ব v

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

$$v = 3u$$

যেহেতু প্রতিবিম্ব বাস্তব,

সুতরাং v ধনাত্মক হবে,

অর্থাৎ $v = +3u$

এখন আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \frac{1}{3u} + \frac{1}{u} = \frac{1}{0.30\text{m}}$$

$$\text{বা, } \frac{1+3}{3u} = \frac{1}{0.30\text{m}}$$

$$\text{বা, } 3u = 1.20\text{m}$$

$$u = 0.40\text{m}$$

উত্তর : দর্পণের 0.40m সামনে।

এখানে,

উত্তল দর্পণের বক্রতার ব্যাসার্ধ $r = -0.5\text{m}$

উত্তল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব $f = \frac{r}{2} = -\frac{0.5}{2} \text{ m} = -0.25 \text{ m}$

লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব $u = 1.0\text{m}$

প্রতিবিম্বের দূরত্ব $v = ?$

লক্ষ্যবস্তুর দৈর্ঘ্য $L = 0.02\text{m}$

প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য $L' = ?$

এখানে,

অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব $f = 0.3\text{m}$

বিবর্ধন $|m| = 3$

লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব $u = ?$

উদাহরণ-৪

0.15m ফোকাস দূরত্বের একটি অবতল দর্পণের সামনে কোন বস্তু রাখলে পাঁচগুণ বিবর্ধিত অলীক প্রতিবিম্ব উৎপন্ন হয়। দর্পণ হতে বস্তুটির দূরত্ব নির্ণয় করুন।

ধরা যাক, প্রতিবিম্বের দূরত্ব v

$$|m| = \frac{v}{u} = 5$$

$$v = -5u$$

যেহেতু প্রতিবিম্ব অবাস্তব, সুতরাং v ঋণাত্মক হবে, অর্থাৎ $v = -5u$

এখন আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \frac{1}{-5u} + \frac{1}{u} = \frac{1}{0.15m}$$

$$\text{বা, } \frac{-1+5}{5u} = \frac{1}{0.15m}$$

$$\text{বা, } \frac{4}{5u} = \frac{1}{0.15m}$$

$$\text{বা, } u = 0.12m$$

উত্তর : দর্পণের 0.12m সামনে।

এখানে,

অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব $f = 0.15m$

বিবর্ধন $|m| = 5 = 0.15m$

লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব $u = ?$

উদাহরণ-৫

0.20m ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল দর্পণ থেকে কত দূরে বস্তু রাখলে বস্তুর অর্ধেক আকারের প্রতিবিম্ব পাওয়া যাবে? সৃষ্ট প্রতিবিম্বের প্রকৃতি কি?

প্রতিবিম্বের দূরত্ব v হলে

আমরা জানি

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ ----- (1)}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{-0.20m}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{v} = \frac{1}{-0.20m} - \frac{1}{u}$$

u এর যে কোন মানের জন্য v ঋণাত্মক হবে, ফলে প্রতিবিম্ব অবাস্তব হবে।

$$\therefore |m| = \frac{v}{u} = \frac{1}{2} \therefore v = \frac{u}{2}$$

যেহেতু প্রতিবিম্ব অবাস্তব হবে তাই $v = -\frac{u}{2}$ এখন (1) নং

সমীকরণে মান বসিয়ে

$$\frac{-2}{u} + \frac{1}{u} = -\frac{1}{0.20m}$$

$$\text{বা, } \frac{-2+1}{u} = -\frac{1}{0.20m}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{u} = \frac{1}{0.20m}$$

$$\therefore u = 0.20m$$

উত্তর : দর্পণের 0.20m সামনে, অবাস্তব।

উদাহরণ-৬

1.0m ফোকাস দূরত্বের উত্তল দর্পণ দ্বারা সৃষ্ট প্রতিবিম্বের আকার বস্তুর আকারের এক পঞ্চমাংশ হলে দর্পণ থেকে বস্তুর দূরত্ব কত?

প্রতিবিম্বের দূরত্ব v হলে

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

$$\text{বা, } \frac{1}{5} = \frac{v}{u}$$

$$\therefore v = \frac{u}{5}$$

যেহেতু উত্তল দর্পণ সর্বদা অবাস্তব প্রতিবিম্ব গঠন করে সুতরাং প্রতিবিম্বের দূরত্ব ঋণাত্মক হবে।

$$v = -\frac{u}{5}$$

এখন আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \frac{-5}{u} + \frac{1}{u} = \frac{-1}{0.10\text{m}}$$

$$\text{বা, } \frac{-4}{u} = \frac{-1}{0.10\text{m}}$$

$$u = 4.0\text{m}$$

উত্তর : 4.0m

এখানে,

অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব $f = -1.0\text{m}$

$$\text{বিবর্ধন } |m| = \frac{1}{5}$$

বস্তুর দূরত্ব $u = ?$

উদাহরণ-৭

একটি অবতল দর্পণের বক্রতার ব্যাসার্ধ 0.20m দর্পণ থেকে কত দূরে একটি বস্তু স্থাপন করলে অবাস্তব প্রতিবিম্বের আকার বস্তুর আকারের দ্বিগুণ হবে?

ধরা যাক, প্রতিবিম্বের দূরত্ব v

$$\therefore |m| = \frac{v}{u} = 2$$

$$v = 2u$$

যেহেতু প্রতিবিম্ব অবাস্তব,

সুতরাং v ঋণাত্মক হবে,

$$\text{অর্থাৎ } v = -2u$$

এখন আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \frac{1}{-2u} + \frac{1}{u} = \frac{1}{0.10\text{m}}$$

$$\text{বা, } \frac{-1+2}{2u} = \frac{1}{0.10\text{m}}$$

$$\text{বা, } u = 0.05\text{m}$$

এখানে,

অবতল দর্পণের বক্রতার ব্যাসার্ধ $r = 0.20\text{m}$

$$\text{ফোকাস দূরত্ব } f = \frac{r}{2} = 0.10\text{m}$$

$$\text{বিবর্ধন } |m| = 2$$

লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব $u = ?$

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন।

- ১। অবতল দর্পণের বেলায় লক্ষ্যবস্তু অসীম দূরত্বে অবস্থিত হলে প্রতিবিম্বের প্রকৃতি কেমন হবে?

(ক) বাস্তব ও সমশীর্ষ	(খ) অবাস্তব ও সমশীর্ষ
(গ) অবাস্তব ও অবশীর্ষ ও খর্বিত	(ঘ) বাস্তব ও অবশীর্ষ।
- ২। উত্তল দর্পণের প্রধান অক্ষের উপর লক্ষ্যবস্তু যেকোন অবস্থানে রাখা হোক না কেন, প্রতিবিম্ব গঠিত হবে সর্বদাই দর্পণের পেছনে এবং প্রতিবিম্ব হবে-

(ক) বাস্তব, সমশীর্ষ ও খর্বিত	(খ) বাস্তব অবশীর্ষ ও খর্বিত
(গ) অবাস্তব ও সমশীর্ষ ও খর্বিত	(ঘ) অবাস্তব, অবশীর্ষ ও খর্বিত।
- ৩। অবতল দর্পণের প্রধান অক্ষের উপর দর্পণের বক্রতার কেন্দ্রে কোন বস্তু স্থাপন করা হলে প্রতিবিম্ব কোথায় গঠিত হবে?

(ক) বক্রতার কেন্দ্রে	(খ) ফোকাস তলে
(গ) বক্রতার কেন্দ্র ও প্রধান ফোকাসের মধ্যে	(ঘ) অসীমে।
- ৪। কোন অবতল দর্পণের প্রধান ফোকাসে কোন লক্ষ্যবস্তু স্থাপন করা হলে প্রতিবিম্ব কেমন হবে?

(ক) বাস্তব, অবশীর্ষ ও অত্যন্ত খর্বিত	(খ) বাস্তব, অবশীর্ষ ও অত্যন্ত বিবর্ধিত
(গ) অবাস্তব, সমশীর্ষ ও অত্যন্ত খর্বিত	(ঘ) অবাস্তব, অবশীর্ষ ও অত্যন্ত বিবর্ধিত।

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। একটি উত্তল দর্পণের প্রধান অক্ষের উপর বিভিন্ন অবস্থানে স্থাপিত লক্ষ্যবস্তুর জন্য প্রতিবিম্বের আকৃতি, প্রকৃতি ও অবস্থান বর্ণনা করুন।

উত্তরমালা

- ১।(খ); ২।(গ); ৩।(ক); ৪।(খ)।



দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের প্রধান দুটি পদ্ধতির নাম লিখতে পারবেন;
- লম্বন পদ্ধতিতে দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের সূত্র উল্লেখ করতে পারবেন;
- লম্বন পদ্ধতিতে দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের কার্যপ্রণালী বর্ণনা করতে পারবেন;
- u-v পদ্ধতিতে দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের সূত্র লিখতে পারবেন;
- u-v পদ্ধতিতে দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের কার্যপ্রণালী বর্ণনা করতে পারবেন;
- দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ে যেসব সতর্কতা অবলম্বন করতে হয় তা বর্ণনা করতে পারবেন।

অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের দুটি পদ্ধতি বেশ পরিচিত, লম্বন পদ্ধতি ও u-v পদ্ধতি। আমরা এখানে দুটি পদ্ধতি নিয়েই আলোচনা করবো।

১। লম্বন পদ্ধতি :

তত্ত্ব : অবতল দর্পণের প্রতিফলক পৃষ্ঠের মধ্যবিন্দুকে দর্পণের মেরু আর প্রধান অক্ষের সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলনের পর প্রধান অক্ষের উপর যে বিন্দুতে মিলিত হয় তাকে অবতল দর্পণের প্রধান ফোকাস বলে। দর্পণের মেরু থেকে প্রধান ফোকাস পর্যন্ত দূরত্বকে দর্পণের ফোকাস দূরত্ব বলে। অবতল দর্পণ যে গোলকের অংশ তার ব্যাসার্ধ দর্পণের বক্রতার ব্যাসার্ধ।

কোন দর্পণের ফোকাস দূরত্ব f এবং বক্রতার ব্যাসার্ধ r হলে আমরা জানি, $f = \frac{r}{2}$

আবার, অবতল দর্পণের বক্রতার কেন্দ্রে লক্ষ্যবস্তু স্থাপন করলে বক্রতার কেন্দ্রেই বাস্তব, অবশীর্ষ এবং লক্ষ্যবস্তুর সমান আকারের প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হয়।

এখন দেখা যাক, এই পরীক্ষণের জন্য কি যন্ত্রপাতি প্রয়োজন এবং কি কার্যপ্রণালী অনুসরণ করে ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করা যায়।

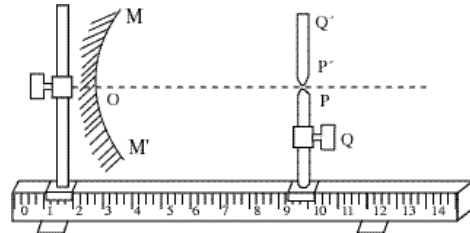
যন্ত্রপাতি : আলোক-বেধ, অবতল দর্পণ, পিন ইত্যাদি।

কার্যপ্রণালী : অবতল দর্পণটিকে একটি আলোকীয় বেধের উপর স্ট্যান্ডের সাহায্যে এমনভাবে রাখা হয় যেন এর প্রধান অক্ষ আনুভূমিক অবস্থায় আলোক বেধের সমান্তরাল থাকে। এখন দর্পণের সামনে আলোক বেধের উপর একটি পিন এমনভাবে রাখা হয় যেন পিনটির শীর্ষ প্রধান অক্ষের উপর থাকে। এই অবস্থায় দর্পণের সামনে একটি অবশীর্ষ প্রতিবিম্ব দেখা যাবে। এখন পিনটিকে সামনে পিছনে সরিয়ে এমন অবস্থানে আনা হয় যেন পিনের (PQ) সাথে এর অবশীর্ষ প্রতিবিম্ব (P'Q') এর কোন লম্বন ত্রুটি বা প্যারালাক্স না থাকে (চিত্র-৮.১৮)

এই অবস্থায় পিনের মাথার সাথে প্রতিবিম্বের মাথা ঠিকভাবে মিলে যাবে। এবং চোখ অনুভূমিকভাবে ডানে বা বামে সরালে পিন ও এর প্রতিবিম্ব উভয়ই একত্রে সরে যায় বলে মনে হবে এবং উভয়ের মধ্যে কোন ফাঁক দেখা যাবে না। এই অবস্থায় লক্ষ্যবস্তু দর্পণের বক্রতার কেন্দ্রে থাকে। এবার দর্পণ ও পিনের মধ্যবর্তী দূরত্ব মেপে নিলে বক্রতার ব্যাসার্ধ r পাওয়া যায়। এখন $f = \frac{r}{2}$ সূত্রের সাহায্যে দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করা হয়।

এই পদ্ধতিতে ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের জন্য কিছু সতর্কতা অবলম্বন করতে হয় এগুলো হলো-

ইউনিট আট



চিত্র-৮.১৮

- ১। দর্পণের মেরু এবং লক্ষ্যবস্তুর শীর্ষ একই সরলরেখায় রাখা হয়।
- ২। প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণয়ের সময় লম্বন ত্রুটি পরিহার করা হয়।
- ৩। ছোট উন্মোচ বিশিষ্ট দর্পণ ব্যবহার করা হয়।

এবার আমরা লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব u এবং তার প্রতিবিম্বের দূরত্ব v মেপে $u-v$ পদ্ধতিতে অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করব।

২। $u-v$ পদ্ধতি :

তত্ত্ব : দর্পণের মেরু থেকে প্রধান ফোকাস পর্যন্ত দূরত্বকে ফোকাস দূরত্ব বলে। দর্পণের ক্ষেত্রে আমরা জানি, $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$

এখানে, $f =$ ফোকাস দূরত্ব

$u =$ লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব

$v =$ প্রতিবিম্বের দূরত্ব।

অবতল দর্পণের প্রধান ফোকাসের বাইরে কোন লক্ষ্যবস্তু স্থাপন করলে এর বাস্তব ও অবশীর্ষ প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। চিহ্নের বাস্তব ধনাত্মক রীতি অনুসারে সকল বাস্তব দূরত্ব ধনাত্মক। এক্ষেত্রে ফোকাস দূরত্ব f , লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব u এবং প্রতিবিম্বের দূরত্ব v বাস্তব। সুতরাং এগুলো সবই বাস্তব ধনাত্মক।

ফোকাস দূরত্ব $f = +f$

লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব $u = +u$

বাস্তব প্রতিবিম্বের দূরত্ব $v = +v$

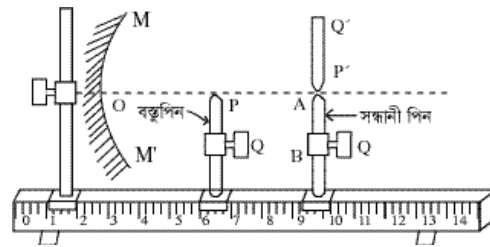
$$\therefore \frac{1}{f} = \frac{u+v}{uv}$$

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

যন্ত্রপাতি : আলোকবেধে, অবতল দর্পণ এবং স্ট্যান্ডসহ দুটি পিন।

কার্যপ্রণালী : এক্ষেত্রে দুটি পিন ব্যবহার করা হয়। একটি বস্তু পিন অন্যটি সন্ধানী পিন। অবতল দর্পণটিকে একটি আলোক বেধের উপর স্ট্যান্ডের সাহায্যে এমনভাবে রাখা হয় যেন এর প্রধান অক্ষ অনুভূমিক অবস্থায় আলোক বেধের সমান্তরাল থাকে।

এখন দর্পণের সামনে আলোক বেধের উপর বস্তু পিনটিকে এমনভাবে রাখা হয় যেন পিনটির শীর্ষ প্রধান অক্ষের উপর থাকে। এই অবস্থায় দর্পণের সামনে একটি অবশীর্ষ প্রতিবিম্ব দেখা যাবে। এখন পিনটিকে সামনে পেছনে সরিয়ে এমন অবস্থানে আনা হয় যেন পিনের সাথে এর অবশীর্ষ প্রতিবিম্বের কোন লম্বন ত্রুটি না থাকে। এরপর পিনটি (PQ) কে একটু সামনে এগিয়ে দিলে এর পিছনে একটি বাস্তব প্রতিবিম্ব (P'Q) গঠিত হয়। এবার সন্ধানী পিনটি (AB) কে আলোক বেধের উপর প্রতিবিম্বের অবস্থানে এমনভাবে রাখতে হবে যেন বস্তু পিনের প্রতিবিম্ব ও সন্ধানী পিনের মধ্যে কোন লম্বন ত্রুটি না থাকে (চিত্র-৮.১৯)।



চিত্র-৮.১৯

এই অবস্থায় সন্ধানী পিনের মাথার সাথে প্রতিবিম্ব ঠিকভাবে মিলে যাবে এবং চোখ অনুভূমিকভাবে ডানে বা বামে সরালে সন্ধানী পিন ও প্রতিবিম্ব উভয়ই একত্রে সরে যায় বলে মনে হয় এবং উভয়ের মধ্যে কোন ফাঁক দেখা যাবে না।

দর্পণ থেকে বস্তু পিনের দূরত্ব ও সন্ধানী পিনের দূরত্ব মেপে নিলে যথাক্রমে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব (u) ও প্রতিবিম্বের দূরত্ব (v) পাওয়া যায়।

উপরোক্ত পদ্ধতিতে বস্তু পিনের বিভিন্ন অবস্থানের জন্য প্রতিবিম্বের বিভিন্ন অবস্থানের পাঠ নেওয়া হয়। u ও v এর আনুষঙ্গিক মান উপরোক্ত সূত্রে বসিয়ে (f) এর মান নির্ণয় করে গড় f হিসেব করা হয়।

সতর্কতা :

এই পদ্ধতিতেও লম্বন পদ্ধতির অনুরূপ সতর্কতা মেনে চলতে হয়। এগুলো হল—

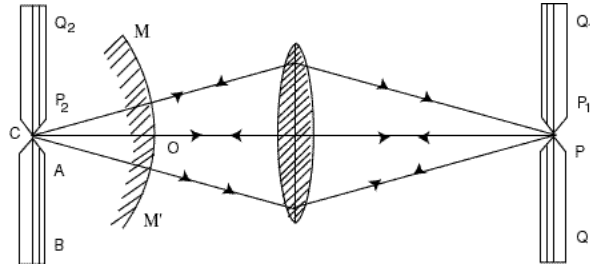
- ১। দর্পণের মেরু এবং লক্ষ্যবস্তুর শীর্ষ একই সরলরেখায় রাখা হয়।
- ২। প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণয়ের সময় লম্বন ত্রুটি পরিহার করা হয়।
- ৩। ছোট উন্মেষ বিশিষ্ট দর্পণ ব্যবহার করা হয়।

উত্তল দর্পণ :

একটি উত্তল লেন্স ব্যবহার করে উত্তল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় :

MOM উত্তল দর্পণটিকে একটি স্ট্যান্ডের সাহায্যে এমনভাবে রাখা হয় যেন এর প্রধান অক্ষ অনুভূমিক থাকে [চিত্র-৮.২০] এখন এর সামনে একটি উত্তল লেন্স এমনভাবে স্থাপন করা হয় যেন লেন্স ও দর্পণের প্রধান অক্ষ একই অনুভূমিক রেখায় থাকে।

এবার লেন্সের ফোকাস দূরত্বের চেয়ে বেশি দূরত্বে একটি পিন PQ এমনভাবে স্থাপন করা হয় যেন এর মাথা P দর্পণের প্রধান অক্ষের উপরে থাকে। এখন দর্পণের অবস্থান পরিবর্তন করে এমন জায়গায় রাখা হয়, যেন পিনের বাস্তব প্রতিবিম্ব $P_1 Q_1$, PQ পিনের মাথায় গঠিত হয়। এই অবস্থায় LO দূরত্ব মেপে নেয়া হয়। এবার PQ পিন ও লেন্সের অবস্থান অপরিবর্তিত রেখে শুধু দর্পণটিকে সরিয়ে নেয়া হয়। পরে একটি সন্ধানী পিন AB এর সাহায্যে লম্বন পদ্ধতিতে লেন্স দ্বারা সৃষ্ট PQ লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব $P_2 Q_2$ এর অবস্থান নির্ণয় করা হয়। এই L ও C এর দূরত্ব পরিমাপ করা হয়। এখন চিত্র থেকে সহজে বুঝা যায় যে, দর্পণের বক্রতার ব্যাসার্ধ $OC = LC - OL = r$



চিত্র-৮.২০

$$\text{কিন্তু } f = \frac{r}{2} \quad \therefore f = \frac{LC - OL}{2}$$

LC ও OL নির্ণয় করে উপরের সমীকরণ থেকে f বের করা হয়।

চূড়ান্ত মূল্যায়ন

রচনামূলক প্রশ্ন :

- ১। সংজ্ঞা লিখ :
 (ক) গোলায় দর্পণ (খ) অবতল দর্পণ
 (গ) উত্তল দর্পণ।
- ২। গোলায় দর্পণের ক্ষেত্রে সংজ্ঞা দাও-
 (ক) মেরু (খ) বক্রতার কেন্দ্র
 (গ) বক্রতার ব্যাসার্ধ (ঘ) প্রধান অক্ষ
 (ঙ) প্রধান ছেদ (চ) উন্মেষ
 (ছ) প্রধান ফোকাস (জ) ফোকাস দূরত্ব
 (ঝ) ফোকাস তল (এঃ) গৌণ ফোকাস।
- ৩। চিহ্নের বাস্তব ধনাত্মক রীতি অনুসারে অবতল ও উত্তল দর্পণের ফোকাস দূরত্বকে ধনাত্মক না ঋণাত্মক ধরা হয়? কেন?
- ৪। 0.6m বক্রতার ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট কোন গোলায় দর্পণের ফোকাস দূরত্ব কত হবে?
- ৫। গোলায় দর্পণের ক্ষেত্রে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, প্রতিবিম্বের দূরত্ব এবং ফোকাস দূরত্বের সম্পর্ক প্রকাশক সমীকরণটি প্রতিপাদন করুন।
- ৬। রৈখিক বিবর্ধন কাকে বলে? বিবর্ধন বলতে কি বুঝেন? বিবর্ধনের জন্য একটি গাণিতিক প্রকাশ লিখুন।
- ৭। নিম্নোক্ত প্রকৃতি ও আকৃতির প্রতিবিম্ব পেতে হলে অবতল দর্পণের সাপেক্ষে লক্ষ্যবস্তুকে কোথায় রাখতে হবে?
 (ক) বাস্তব ও বিবর্ধিত
 (খ) বাস্তব ও খর্বিত
 (গ) বাস্তব ও লক্ষ্যবস্তুর সমান
 (ঘ) অবাস্তব ও বিবর্ধিত।

নৈর্ব্যক্তিক প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন।

- ১। বাস্তব ধনাত্মক রীতি অনুসারে কোন উত্তল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব হবে-
 (ক) ধনাত্মক
 (খ) ঋণাত্মক
 (গ) অসীম
 (ঘ) শূন্য।
- ২। দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের সূত্র কোনটি?
 (ক) $u - v = f$
 (খ) $\frac{1}{u} - \frac{1}{v} = f$
 (গ) $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$
 (ঘ) $u + v = \frac{1}{f}$

এইচ এস সি প্রোগ্রাম

৩। উত্তল দর্পণে ফাঁপা গোলকের কোন অংশে পারা লাগানো থাকে?

- (ক) সমস্ত গোলকের অবতল অংশে
- (খ) সমস্ত গোলকের উত্তল অংশে
- (গ) গোলকের কেটে নেওয়া অংশের অবতল দিকে
- (ঘ) গোলকের কেটে নেয়া অংশের উত্তল দিকে।

৪। কোন দর্পণের বক্রতার কেন্দ্র বলতে কোনটি বোঝায়?

- (ক) দর্পণের কেন্দ্রবিন্দু
- (খ) যে গোলক থেকে দর্পণ তৈরি হয়েছে তার কেন্দ্রে
- (গ) যে গোলক থেকে দর্পণ তৈরি হয়েছে তার মধ্যবিন্দু
- (ঘ) দর্পণের প্রতিফলক পৃষ্ঠের সবচেয়ে উঁচু বিন্দু।

৫। কোন দর্পণের ফোকাস দূরত্ব বলতে বোঝায় ঐ দর্পণের

- (ক) মেরু থেকে ফোকাস পর্যন্ত দূরত্ব
- (খ) বক্রতার কেন্দ্র থেকে ফোকাস পর্যন্ত দূরত্ব
- (গ) প্রধান ফোকাস ও গৌণ ফোকাসের মধ্যবর্তী দূরত্ব
- (ঘ) মেরু ও বক্রতার কেন্দ্র মধ্যবর্তী দূরত্ব।

নৈর্ব্যক্তিক প্রশ্নের উত্তর

১।(খ); ২।(গ); ৩।(গ); ৪।(খ); ৫।(ক)।