“জ্যামিতিক আলোক বিজ্ঞান”(আলোর প্রতিফলন)

প্রশ্ন ঃ আলোকীয় পথ কি?

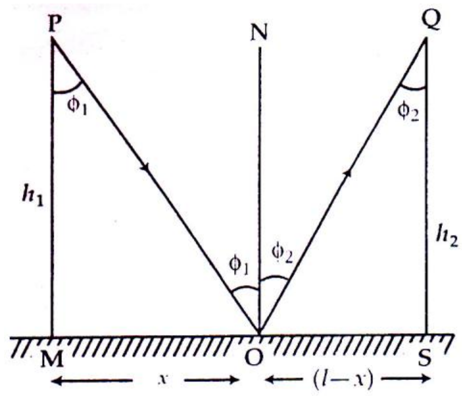
উঃ কোন মাধ্যমে একটি নিদিষ্ট পথ অতিক্রম করতে আলোর যে সময় লাগে সেই সময়ে শুন্য বা বায়ু মাধ্যমের মধ্য দিয়ে আলো যে পথ অতিক্রম করে তাকে আলোকীয় পথ বলে। $\therefore$ আলোকীয় পথ $s =$ মাধ্যমের প্রতিসরাংক $\times$ অতিক্রান্ত জ্যামিতিক পথ $= \mu \times l$

প্রশ্নঃ ফার্মাটের নীতি লিখ:

উত্তরঃ 1650 খ্রিষ্টাব্দে পিয়ারে ফার্মাট আলোক পথ সংক্রান্ত একটি নীতি অবিষ্কার করেন যা ফার্মাটের নীতি নামে পরিচিত। এই নীতির সাহায্যে আলোর রৈখিক গতি, আলোর প্রতিফলন ও প্রতিসরনের সূত্র প্রমান করা যায়। নীতিটি হলো

“যখন কোনো আলোক রশ্মি প্রতিফলন বা প্রতিসরণের সূত্র মেনে কোনো সমতল পৃষ্ঠে প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হয়, তখন তা সর্বদা ক্ষুদ্রত্তম পথ অনুসরণ করে।”

প্রশ্নঃ ফার্মাটের নীতির সাহায্যে আলোর প্রতিফলন ও প্রতিসরণের সূত্র প্রমান কর।



ক) প্রতিফলনের সূত্র প্রমান (Laws of reflection)

মনে করি, MS একটি সমতল প্রতিফলক। PO এবং OQ যথাক্রমে আপতিত রশ্মি ও প্রতিফলিত রাশ্মি। ফার্মাটের নীতি অনুসারে P ও Q এর মধ্যে POQ দূরত্ব ক্ষুদ্রতম। P এবং Q থেকে MS প্রতিফলকের উপর যথাক্রমে $PM = h_1$ এবং $QS = h_2$ অভিলম্ব টানি। ধরি $OM = x$ এবং $MS = l$ তাহলে $OS = (l-x)$। এখানে প্রাথমিক ও অন্তিম বিন্দু P এবং Q স্থির হলে $MS = l$ দুরত্ব স্থির।

চিত্র থেকে পাই $POQ = s = PO + OQ = \sqrt{h_1^{\,2} + x^2} + \sqrt{h_2^{\,2} + (l-x)^2}$

s ধ্রবক বলে, $\dfrac{ds}{dx} = O$..............(1) $\therefore \dfrac{ds}{dx} = O = \dfrac{1}{2}(h_1^2 + x^2)^{-\frac{1}{2}} 2x - \dfrac{1}{2}\{h_2^2 + (l-x)^2\}^{-\frac{1}{2}} 2(l-x)$

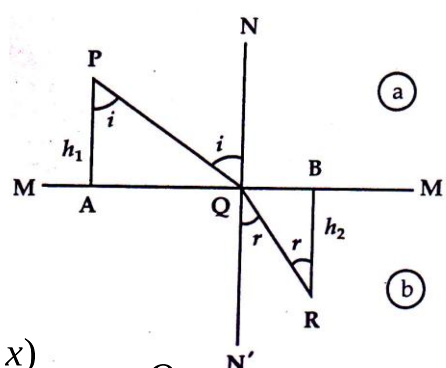
বা, $O = x(h_1^2 + x^2)^{-\frac{1}{2}} - (l-x)\{h_2^2 + (l-x)^2\}^{-\frac{1}{2}}$ বা, $O = \dfrac{x}{\sqrt{h_1^2 + x^2}} - \dfrac{l-x}{\sqrt{h_2^2 + (l-x)^2}}$ বা, $\dfrac{MO}{PO} - \dfrac{OS}{OQ} = O$ বা, $\dfrac{MO}{PO} = \dfrac{OS}{OQ}$

বা, $\sin OPM = \sin OQS$ বা, $\sin\phi_1 = \sin\phi_2$ অর্থাৎ আপতন কোণ, $\angle PON =$ প্রতিফলন কোণ $\angle QON$

$\therefore$ আপতন কোণ=প্রতিফলন কোণ। এটা প্রতিফলনের দ্বিতীয় সূত্র।

আবার, আপতিত রশ্মি PO, প্রতিফলিত রশ্মি OQ এবং অভিলম্ব ON একই সমতলে অবস্থান করে। এটা প্রতিফলনের ১ম সূত্র।

খ) প্রতিসরণের ১ম সূত্র (Laws of refraction): ধরি, PQ আলোক রশ্মি স্থির বিন্দু P থেকে Q বিন্দু হতে অন্য একটি স্থির বিন্দু R-এ পৌঁছাল। PQ আলোক রশ্মি a ও b স্থির মাধ্যমে MM' বিভেদ তলে Q বিন্দুতে i কোণে আপতিত হয়ে b মাধ্যমে r কোণে প্রতিসৃত হচ্ছে ।



বিভেদ তল MM' এর উপর PA এবং RB টানা হলো।

মনে করি, $PA = h_1 RB = h_2, AB = d$ এবং $AQ = x$ তাহলে $QB = d - x$।

যদি a ও b মাধ্যমে আলোর বেগ যথাক্রমে C_a ও C_b হয় এবং PQ ও QR পথ অতিক্রম করতে আলোর t সময় লাগে, তবে

$t = \dfrac{PQ}{c_a} + \dfrac{QR}{c_b} = \dfrac{\sqrt{h_1^2 + x^2}}{c_a} + \dfrac{\sqrt{h_2^2 + (d-x)^2}}{c_b}$, ফার্মাটের নীতি অনুযায়ী t সময়

ন্যূনতম হবে; কাজেই $\dfrac{dt}{dx} = O$, অতএব, $\dfrac{dt}{dx} = \dfrac{2x}{c_a\sqrt{h_1^2 + x^2}} - \dfrac{2(d-x)}{c_a\sqrt{h_2^2 + (d-x)^2}} = O$

বা, $2\left\{\dfrac{x}{c_a\sqrt{h_1^2 + x^2}} - \dfrac{(d-x)}{c_b\sqrt{h_2^2 + (d-x)^2}}\right\} = O$ বা, $\dfrac{x}{c_a\sqrt{h_1^2 + x^2}} - \dfrac{d-x}{c_b\sqrt{h_1^2 + (d-x)^2}} = O$ বা, $\dfrac{\sin i}{c_a} = \dfrac{\sin r}{c_b}$

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

ইহাই প্রতিসরণের দ্বিতীয় সূত্র বা স্নেলের সূত্র। আবার, আপতিত রশ্মি PQ, প্রতিসৃত রশ্মি QR এবং অভিলম্ব NN' একই সমতলে অবস্থিত। এটাই প্রতিসরনের প্রথম সূত্র।

প্রশ্নঃ দর্পন কি? উহা কত প্রকার ও কি কি? বুঝিয়ে লিখ।

উত্তরঃ দর্পন ঃ যে মসৃন তলে আলোর সুষম বা নিয়মিত প্রতিফলন ঘটে তাকে দর্পন বলে। দর্পন দু’প্রকার। যথা (i) সমতল দর্পন এবং (ii) গোলকীয় দর্পন।

(i) **সমতল দর্পন ঃ-** যে দর্পনের নিয়মিত প্রতিফলন তল সমতল তাকে সমতল দর্পন বলে। একটি সমতল ও মসৃণ কাচ পাতের একপৃষ্ঠে পারা লাগিয়ে সমতল দর্পন তৈরী করা হয়।

(ii) **গোলকীয় দর্পনঃ-** যে দর্পনের নিয়মিত প্রতিফলন তল কোন ফাঁপা গোলকের অংশবিশেষ তাকে গোলকীয় দর্পন বলে। গোলকীয় দর্পন আবার দু’প্রকার। যথাঃ (a) অবতল দর্পন $(Concave\ mirror)$ এবং (b) উত্তল দর্পন $(Convex\ mirror)$।

(a) **অবতল দর্পন ঃ** যে গোলকীয় দর্পনের অবতল বা নিচুপৃষ্ট আলোর প্রতিফলক তল হিসেবে ব্যবহৃত হয় তাকে অবতল দর্পন বলে।

(b) **উত্তল দর্পন ঃ** যে গোলকীয় দর্পনের উত্তল বা উচু পৃষ্ঠ আলোর প্রতিফলক তল হিসেবে ব্যবহৃত হয় তাকে উত্তল দর্পন বলে। চিত্র (ক) ও (খ) তে যথাক্রমে অবতল ও উত্তল দর্পন দেখানো হলো।

(ক) অবতল দর্পণ (খ) উত্তল দর্পণ

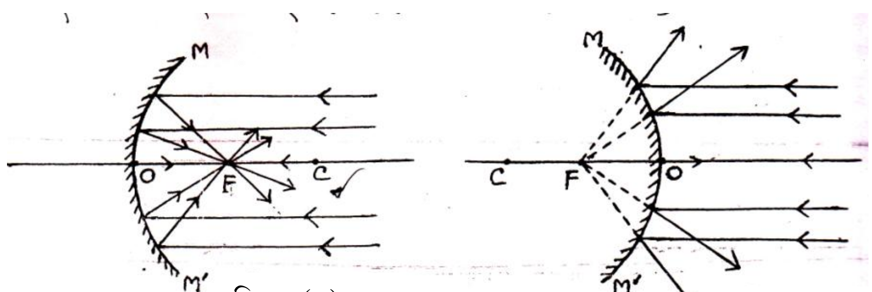
প্রশ্নঃ- গোলকীয় দর্পনের ক্ষেত্রে সংজ্ঞা লিখঃ (i) মেরু (ii) বক্রতার কেন্দ্র (iii) বক্রতার ব্যাসার্ধ (iv) প্রধান অক্ষ (v) প্রধান ফোকাস বা মুখ্য ফোকাস (vi) ফোকাস দূরত্ব (vii) ফোকাস তল $(viii)$ গৌন ফোকাস (ix) অনুবন্ধী ফোকাস (x) প্রধান ছেদ (ix) উন্মেষ (xii) গৌন অক্ষ

উত্তরঃ (i) **মেরু** $(Pole)$: গোলকীয় দর্পনের প্রতিফলক পৃষ্ঠের মধ্যবিন্দুকে মেরু বা মেরুবিন্দু বলে। অবতল দর্পনের ক্ষেত্রে প্রতিফলক পৃষ্টের সবচেয়ে নিচু বিন্দু এবং উত্তল দর্পনের ক্ষেত্রে প্রতিফলক পৃষ্ঠের সবচেয়ে উচু বিন্দু হচ্ছে মেরু বিন্দু।

(ii) **বক্রতার কেন্দ্র** $(Centre\ of\ curvature)$: গোলকীয় দর্পন যে গোলকের অংশ বিশেষ তার কেন্দ্রকে ঐ দর্পনের বক্রতার কেন্দ্র বলা হয়। একে সাধারনত c দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

(iii) **বক্রতার ব্যাসার্ধ** $(radius\ of\ curvature)$: গোলকীয় দর্পন যে গোলকের অংশ বিশেষ তার ব্যাসার্ধ কে ঐ দর্পনের বক্রতার ব্যাসার্ধ বলে। অথবা, কোন গোলকীয় দর্পনের মেরুবিন্দু এবং বক্রতার কেন্দ্রের মধ্যবতী দূরত্ব কে ঐ দর্পনের বক্রতার ব্যাসার্ধ বলে। একে r দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

(iv) **প্রধান অক্ষ** $(Principal\ axis)$: কোন গোলকীয় দর্পনের বক্রতার কেন্দ্র ও মেরুবিন্দুর মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত সরলরেখাকে ঐ দর্পনের প্রধন অক্ষ বলে। চিত্র ১(ক) ও ১(খ) তে oc রেখা হচ্ছে প্রধান অক্ষ।

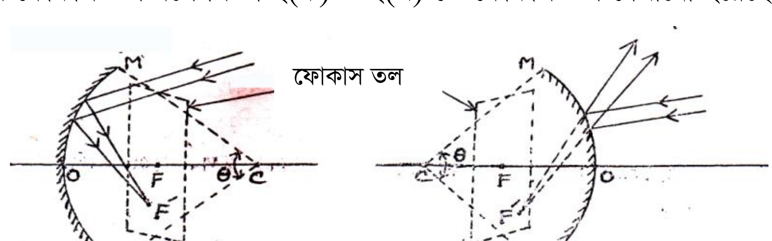


চিত্রঃ ১(ক) চিত্রঃ ১(খ)

(v) **প্রধান ফোকাস** $(Principal\ focus)$: সমান্তরাল আলোক রশ্মিগুচ্ছ প্রধান অক্ষের সমান্তরালে কোন গোলকীয় দর্পনে আপতিত হবার পর প্রতিফলিত রশ্মি সমুহ প্রধান অক্ষের উপর যে বিন্দুতে মিলিত হয় বা প্রধান অক্ষের যে বিন্দু থেকে ছড়িয়ে পড়ছে বলে মনে হয় সেই বিন্দুকে ঐ দর্পনের প্রধান ফোকাস বলে। প্রধান ফোকাসকে F দ্বারা প্রকাশ করা হয়। চিত্র ১(ক) ও ১(খ)।

(vi) **ফোকাস দূরত্ব** $(Focal\ length)$: গোলকীয় দর্পনের মেরুবিন্দু ও প্রধান ফোকাসের মধ্যবর্তী দূরত্বকে ফোকাস দূরত্ব বলে। ফোকাস দূরত্বকে f দ্বারা প্রকাশ করা হয়। চিত্র ১(ক) ও ১(খ) তে OF ফোকাস দূরত্ব

(vii) **ফোকাস তল** $(Focal\ plane)$: কোন গোলকীয় দর্পনের প্রধান ফোকাসের মধ্য দিয়ে এবং প্রধান অক্ষের সাথে লম্বভাবে যে তল কল্পনা করা হয় তাকে ঐ দর্পনের ফোকাস তল বলে। চিত্র ২(ক) ও ২(খ) তে ফোকাস তল দেখানো হয়েছে।



চিত্র : ২ (ক) চিত্র : ২ (খ)

$(viii)$ **গৌন ফোকাস** $(Secondary\ focus)$: সমান্তরাল আলোক রশ্মিগুচ্ছ প্রধান অক্ষের সাথে আনতভাবে কোন গোলকীয় দর্পনের উপর আপতিত হওয়ার পর প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছ দর্পনের ফোকাস তলের যে বিন্দুতে মিলিত হয় বা ফোকাস তলের যে বিন্দু হতে ছড়িয়ে পড়ছে বলে মনে হয় তাকে ঐ গোলকীয় দর্পনের গৌন ফোকাস বলা হয়। চিত্র ২(ক) ও ২(খ) তে গৌণ ফোকাস F' দেখানো হলো।

(ix) **অনুবন্ধী ফোকাস** : কোন গোলকীয় দর্পনের প্রধান অক্ষের উপর এমন দুটি বিন্দু আছে যাদের একটিতে বিন্দু বস্তু রাখলে অন্যটিতে তার প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। প্রধান অক্ষের উপর এমন দুটি বিন্দুকে ঐ দর্পনের অনুবন্ধী ফোকাস বলে।

(x) **প্রধান ছেদ** $(Principal\ Section)$: গোলকীয় দর্পনের প্রধান অক্ষের মধ্য দিয়ে অতিক্রমকারী কোন সমতল যে বক্ররেখায় দর্পণকে ছেদ করে তাকে ঐ দর্পনের প্রধান ছেদ বলে। চিত্র ২ (ক) ও ২(খ)-এ MM' দ্বারা দর্পনের প্রধান ছেদ দেখানো হয়েছে।

(xi) **উন্মেষ** $(Aperture)$: কোন গোলকীয় দর্পনের প্রধান ছেদ বক্রতার কেন্দ্রে যে কোণ উৎপন্ন করে তাকে ঐ দর্পনের উন্মেশ বলে। কোন গোলকীয় দর্পনের প্রধান ছেদের প্রান্ত বিন্দুদ্বয়কে (M ও M') বক্রতার কেন্দ্রের সাতে যোগ করলে ঐ দর্পনের উন্মেষ পাওয়া যায়। উন্মেষকে θ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। দর্পণের উন্মেষ θ যদি 10^0 অপেক্ষা ছোট হয় তবে ঐ দর্পনকে ক্ষুদ্র উন্মেষের দর্পন বলে।

(xii) **গৌন অক্ষ** $(Secondary\ axis)$:গোলকীয় দর্পনের পৃষ্ঠের যে কোন একটি বিন্দু (মেরু বিন্দু ব্যতীত) এবং বক্রতার কেন্দ্রের সংযোজক রেখাকে গৌণ অক্ষ বলে।

প্রশ্নঃ- প্রতিবিম্ব বলতে কি বুঝায়? প্রতিবিম্ব কত প্রকার ও কি কি? এদের মধ্যে পার্থক্য কর।

উত্তরঃ প্রতিবিম্ব : কোন বিন্দু হতে কতিপয় আলোক রশ্মি গমন করে কোন তলে বা মাধ্যমে প্রতিফলিত বা প্রতিসরিত হবার পর রশ্মিগুলো যদি দ্বিতীয় কোন বিন্দুতে মিলিত হয় বা দ্বিতীয় কোন বিন্দু হতে অপসারিত হচ্ছে বলে মনে হয় তাহলে এই দ্বিতীয় বিন্দুকে প্রথম বিন্দুর প্রতিবিম্ব বলে।

প্রতিবিম্ব দু'প্রকার। যথা:

(i) বাস্তব বা প্রকৃত বা সদ বা বিপরীত শীর্ষ প্রতিবিম্ব (Re*al image*)

(ii) অবাস্তব বা অলীক বা অসদ বা সমশীর্ষ প্রতিবিম্ব (*Virtual image*)

(i) বাস্তব বা প্রকৃত প্রতিবিম্ব: কোন কিছু হতে কতিপয় আলোক রশ্মি গমন করে কোন তলে বা মাধ্যমে প্রতিফলিত বা প্রতিসরিত হবার পর রশ্মিগুলো যদি দ্বিতীয় কোন বিন্দুতে মিলিত হয় তাহলে দ্বিতীয় বিন্দুকে প্রথম বিন্দুর বাস্তব প্রতিবিম্ব বলে।

(ii) অবাস্তব প্রতিবিম্ব : কোন বিন্দু হতে কতিপয় আলোক রশ্মি গমন করে কোন তলে বা মাধ্যমে প্রতিফলিত বা প্রতিসরিত হবার পর রশ্মিগুলো যদি দ্বিতীয় কোন বিন্দু হতে অপসারিত হচ্ছে বলে মনে হয়, তাহলে দ্বিতীয় বিন্দুকে প্রথম বিন্দুর অবাস্তব প্রতিবিম্ব বলে।

নিম্নে বাস্তব ও অবাস্তব প্রতিবিম্বের মধ্যে পার্থক্য করা হলো-

বাস্তব প্রতিবিম্ব	অবাস্তব প্রতিবিম্ব
১। সংজ্ঞা	১। সংজ্ঞা
২। প্রতিফলিত বা প্রতিসরিত রশ্মি সমুহের কোন বিন্দুতে প্রকৃত মিলনের ফলে বাস্তব প্রতিবিম্ব গঠিত হয়।	২। প্রতিফলিত বা প্রতিসরিত রশ্মি সমুহের কোন বিন্দুতে আপাত ভাবে মিলনের ফলে অবাস্তব প্রতিবিম্ব গঠিত হয়।
৩। বাস্তব প্রতিবিম্বের প্রকৃত অস্তিত্ব আছে।	৩। অবাস্তব প্রতিবিম্বের প্রকৃত অস্তিত্ব নেই।
৪। বাস্তব প্রতিবিম্ব উল্টা হয়ে থাকে।	৪। অবাস্তব প্রতিবিম্ব সিধা হয়ে থাকে।
৫। বাস্তব প্রতিবিম্বকে পর্দায় ফেলা যায়।	৫। অবাস্তব প্রতিবিম্বকে পর্দায় ফেলা যায় না।

প্রশ্নঃ- চিহ্নের প্রথা কত প্রকার ও কি কি? প্রত্যেক প্রকারের বর্ণনা দাও।

উত্তরঃ চিহ্নের প্রথা দু'প্রকার। যথা (a) চিহ্নের পুরাতন বা প্রচলিত প্রথা এবং (b) চিহ্নের নতুন প্রথা। নিম্নে এদের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দেয়া হলো:

(a) **চিহ্নের পুরাতন প্রথা:**

(i) সকল দুরত্বকে দর্পনের মেরুবিন্দু থেকে পরিমাপ করতে হবে।

(ii) আপতিত রশ্মি যে দিকে গমণ করে দূরত্ব যদি মেরুবিন্দু হতে সেই দিকেই পরিমাপ করতে হয় তাহলে সেই দূরত্ব ঋনাত্মক হবে।

(iii) আপতিত রশ্মি যে দিকে গমণ করে দূরত্ব যদি মেরুবিন্দু হতে তার বিপরীত দিকে পরিমাপ করা হয় তাহলে সেই দুরত্বকে ধনাত্মক ধরতে হবে।

(b) **চিহ্নের নতুন প্রথা:**

(i) সকল দূরত্বকে দর্পনের মেরুবিন্দু হতে পরিমাপ করতে হবে।

(ii) সকল বাস্তব দূরত্বকে ধনাত্মক ধরতে হবে। (আলোক রশ্মি প্রকৃত পক্ষে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে বাস্তব দুরত্ব বলে।)

(iii) সকল অবাস্তব দূরত্বকে ঋনাত্মক ধরতে হবে। (আলোক রশ্মি প্রকৃতপক্ষে যে দূরত্ব অতিক্রম করে না; শুধু অতিক্রম করেছে বলে মনে হয় তাকে অবাস্তব দূরত্ব বলে।)

[চিহ্নের নতুন প্রথা অনুসারে বাস্তব লক্ষ্য বস্তু, বাস্তব প্রতিবিম্ব ও বাস্তব ফোকাস দূরত্ব ধন রাশি। অবাস্তব লক্ষ্যবস্তু, অবাস্তব প্রতিবিম্ব, অবাস্তব ফোকাস দূরত্ব ঋন রাশি। অবতল দর্পনের ফোকাস দূরত্ব ও বক্রতার ব্যাসার্ধ ধনাত্মক এবং উত্তল দর্পনের ফোকাস দূরত্ব ও বক্রতার ব্যাসার্ধ ঋনাত্মক।]

প্রশ্নঃ- বিবর্ধন বলেতে কি বুঝ? ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ বিবর্ধনঃ- বিবর্ধন শব্দের অভিধানগত অর্থ বিশেষ বৃদ্ধি। বিজ্ঞানের ভাষায় বিবর্ধনের অর্থ হচ্ছে বস্তর তুলনায় প্রতিবিম্ব কতগুন বড় বা ছোট। বস্তুত: বিবর্ধন বলতে রৈখিক বিবর্ধনকে বুঝায়। প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য এবং বস্তুর দৈর্ঘ্যের অনুপাতকে রৈখিক বিবর্ধন বলে।

বিবর্ধনকে m দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যদি বস্তুর দৈর্ঘ্য x এবং প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য y হয় তাহলে, $m=\frac{y}{x}$............(1) সাধারনভাবে, বিবর্ধন বলতে প্রতিবিম্বের আকার এবং বস্তুর আকারের অনুপাতকে বুঝায়। অর্থাৎ

$$m=\frac{\text{প্রতিবিম্বের আকার}}{\text{বস্তুর আকার}}=\frac{P'Q'}{PQ}\text{.................(2)}$$

বিবর্ধন যেহেতু একই জাতীয় রাশির অনুপাত অতএব এর কোন একক নেই।

প্রশ্নঃ- স্পর্শ না করে কিভাবে কোন দর্পনকে সনাক্ত করা যায়?

উত্তরঃ কোন একটি দর্পন কে স্পর্শ না করে নিম্নোক্ত উপায়ে চেনা যায় বা সনাক্ত করা যায়ঃ-

প্রথমে দর্পনের সামনে অতি নিকটে একটি লক্ষ্যবস্তু স্থাপন করা হয়। এই বস্তুর প্রতিবিম্বের অবস্থান আকৃতি ও প্রকৃতি জেনে দর্পন কে সনাক্ত করা যায়।

(i) যদি প্রতিবিম্ব অবাস্তব, সিধা এবং বস্তুর আকারের সমান হয় তাহলে বুঝতে হবে দর্পনটি সমতল।

(ii) যদি প্রতিবিম্ব অবাস্তব, সিধা এবং বস্তু অপেক্ষা বড় আকারের হয় তাহলে বুঝতে হবে দর্পনটি অবতল।

(iii) যদি প্রতিবিম্ব অবাস্তব, সিধা এবং বস্তু অপেক্ষা ছোট আকারের হয় তাহলে বুঝতে হবে দর্পনটি উত্তল।

"জ্যামিতিক আলোক বিজ্ঞান" (আলোর প্রতিসরণ)

প্রশ্নঃ- আলোর প্রতিসরণ কি? আলোর প্রতিসরণের সূত্রগুলি বর্ণনা ও ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ আলোর প্রতিসরন: আলোক রশ্মি এক স্বচ্ছ মাধ্যম থেকে অন্যএক স্বচ্ছ মাধ্যমে প্রবেশকালে যদি মাধ্যম দুটির বিভেদ তলে তির্যকভাবে আপতিত হয় তাহলে বিভেদ তল হতে দিক পরিবর্তন করে দ্বিতীয় মাধ্যমে প্রবেশ করে। এ ঘটনাকেই আলোর প্রতিসরণ বলে।

আলোর প্রতিসরণের সূত্র ঃ আলোর প্রতিসরণের দুটি সূত্র আছে। সূত্রগুলি নিম্নে বর্ণনা করা হলো।-

প্রথম সূত্র ঃ "আপতিত রশ্মি, প্রতিসরিত রশ্মি এবং আপতন বিন্দুতে অঙ্কিত অভিলম্ব একই সমতলে থাকে।"

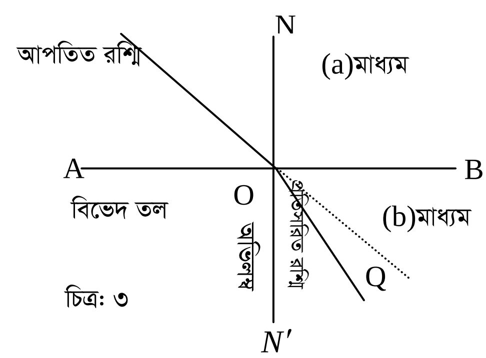
ব্যাখ্যা ঃ চিত্র (৩) এ (a) এবং (b) দুটি স্বচ্ছ মাধ্যম এবং AB হচ্ছে বিভেদ তল। PO আপতিত রশ্মি, OQ প্রতিসরিত রশ্মি এবং NON অভিলম্ব। প্রতিসরণের প্রথম সূত্রানুযায়ী, PO, OQ এবং NON' একই সমতলে অবস্থান করবে। এখানে কাগজের পৃষ্ঠই উক্ত সমতল।

দ্বিতীয় সূত্রঃ- "এক জোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম এবং একটি নির্দিষ্ট বর্ণের তির্যক ভাবে আপতিত আলোক রশ্মির জন্য আপতন কোণের সাইন $(\sin e)$ এবং প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা ধ্রুব।"

বিজ্ঞানি স্নেল এ সূত্রটি আবিষ্কার করেন বলে সূত্রটিকে স্নেলের সূত্রও বলা হয়। আর ধ্রুব রাশিটিকে প্রথম মাধ্যম সাপেক্ষে দ্বিতীয় মাধ্যমের প্রতিসরাংক বলা হয়। আলোর প্রতিসরাংক কে μ (মিউ) দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

ব্যাখ্যাঃ চিত্রে একজোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যমে আলোর প্রতিসরণ দেখানো হয়েছে। চিত্রে $\underline{PON}=$ আপতন কোণ $=i$ এবং $\underline{QON'}=$ প্রতিসরণ কোন $=r$ । স্নেলের সূত্রানুসারে $\frac{\sin i}{\sin r}=$ ধ্রুবক

এই ধ্রুবক কে সাধারনত μ দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং একে আলোর প্রতিসরাংক বলে। অর্থাৎ $\mu=\frac{\sin i}{\sin r}$



চিত্রঃ ৩

প্রশ্নঃ- কোন মাধ্যমের প্রতিসরাংক বলতে কি বুঝ? প্রতিসরাংক কত প্রকার ও কি কি? এদের মধ্যে পার্থক্য কর। কাচের প্রতিসরাংক 1.5 বলতে কি বুঝ?

উত্তরঃ প্রতিসরাংক ঃ একজোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম এবং একটি নির্দিষ্ট বর্ণের তির্যকভাবে আপতিত আলোক রশ্মির জন্য আপতন কোণের সাইন এবং প্রতিসরন কোনের সাইনের অনুপাতকে প্রথম মাধ্যম সাপেক্ষে দ্বিতীয় মাধ্যমের প্রতিসরাংক বলে। প্রতিসরাংক কে সাধারনত μ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

যদি (a) মাধ্যমে আপতন কোণ $=i$ এবং (b) মাধ্যমে প্রতিসরন কোণ $=r$ হয় তাহলে (a) মাধ্যম সাপেক্ষে (b) মাধ্যমের প্রতিসরাংক, $${}_a\mu_b=\frac{\sin i}{\sin r}$$

আলোর প্রতিসরাংক দু'প্রকার। যথা (i) পরম প্রতিসরাংক এবং (ii) আপেক্ষিক প্রতিসরাংক।

(i) পরম প্রতিসরাংক ঃ- শূন্য মাধ্যম সাপেক্ষে অন্য কোন মাধ্যমের প্রতিসরাংক কে ঐ মাধ্যমের পরম প্রতিসরাংক বলে। পরম প্রতিসরাংক কে ${}_o\mu_a$ বা ${}_o\mu_b$ ইত্যাদি দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

(ii) আপেক্ষিক প্রতিসরাংকঃ- এক স্বচ্ছ মাধ্যমর সাপেক্ষে অন্য এক স্বচ্ছ মাধ্যমের প্রতিসরাংককে প্রথম মাধ্যম সাপেক্ষে দ্বিতীয় মাধ্যমের আপেক্ষিক প্রতিসরাংক বলে। (a) মাধ্যম সাপেক্ষে (b) মাধ্যমের প্রতিসরাংককে লেখা হয় ${}_a\mu_b$ আবার

(b) মাধ্যম সাপেক্ষে (a) মাধ্যমের প্রতিসরাংককে লেখা হয় ${}_b\mu_a$ ।

নিম্নে পরম ও আপেক্ষিক প্রতিসরাংকের মধ্যে পার্থক্য করা হলো-

পরম প্রতিসরাংক	আপেক্ষিক প্রতিসরাংক
১। সংজ্ঞা	১। সংজ্ঞা
২। এর মান সর্বদা এক অপেক্ষা বড় হয়।	২। এর মান এক অপেক্ষা বড়ও হতে পারে আবার এক অপেক্ষা ছোটও হতে পারে।
৩। পরম প্রতিসরাংক শুধু মাত্র একটি মাধ্যমের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।	৩। আপেক্ষিক প্রতিসরাংক দুটি মাধ্যমের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।
৪। পরম প্রতিসরাংককে ${}_o\mu_a$, ${}_o\mu_b$ বা ${}_o\mu_2$ ইত্যাদি দ্বারা প্রকাশ করা হয়।	৪। আপেক্ষিক প্রতিসরাংক কে ${}_a\mu_b$, ${}_b\mu_c$ বা ${}_1\mu_2$ ইত্যাদি দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

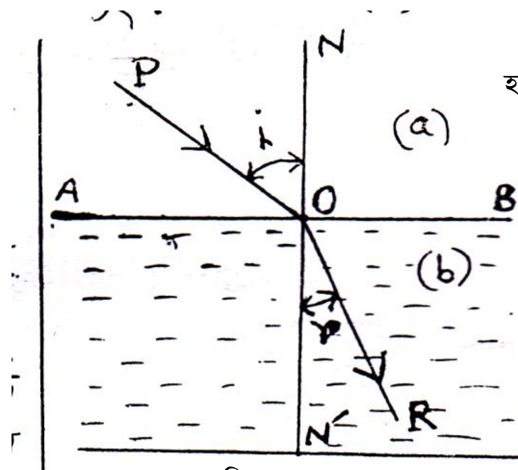
[বায়ু সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাংক 1.5 বলতে বুঝায় যে, আলোক রশ্মি বায়ু (a) মাধ্যম হতে কাচ (g) মাধ্যমে প্রবেশ করলে আপতন কোণের সাইন এবং প্রাতসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা 1.5 হবে। অর্থাৎ আলোক রশ্মি বাতাস থেকে কাচে প্রতিসরিত হবার কালে যদি আপতন কোণ i এবং প্রতিসরন কোণ r হয় তাহলে, ${}_a\mu_g = \dfrac{\sin i}{\sin r} = 1.5$]

প্রশ্নঃ- a মাধ্যমে সাপেক্ষে b মাধ্যমের প্রতিসরাংক ${}_a\mu_b$ এবং b মাধ্যম সাপেক্ষে a মাধ্যমের প্রতিসরাংক ${}_b\mu_a$ হলে দেখাও যে, ${}_a\mu_b = \dfrac{1}{{}_b\mu_a}$ ।

অথবাঃ দুটি মাধ্যমের একের সাপেক্ষে অন্যের প্রতিসরাংকের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর।

উত্তরঃ মনেকরি a ও b দুটি স্বচ্ছ মাধ্যম এবং AB এদের মধ্যকার বিভেদ তল। PO একটি আলোক রশ্মি বিভেদ তলের O বিন্দুতে আপতিত হলো তাহলে O হচ্ছে আপতন বিন্দু এবং NON' অভিলম্ব। ধরি b মাধ্যমটি a মাধ্যম অপেক্ষা ঘন। সেজন্য প্রতিসরিত রশ্মি OR অভিলম্বের দিকে বেকে গেল। তাহলে a মাধ্যম সাপেক্ষে b মাধ্যমের প্রতিসরাংক,

$$ {}_a\mu_b = \frac{\sin i}{\sin r} ....(1) $$



চিত্রঃ ২

এখনে $i =$ আপতন কোন এবং $r =$প্রতিসরণ কোণ। এখন আমরা জানি, আলোক রশ্মি প্রত্যাবর্তনশীল অর্থাৎ আলোক রশ্মি যদি RO পথে O বিন্দুতে আপতিত হয় তাহলে OP পথে প্রতিসরিত হবে। সেক্ষেত্রে আপতন কোন $r =$এবং প্রতিসরণ কোণ$= i$ । $\therefore b$ মাধ্যম সাপেক্ষে a মাধ্যমের প্রতিসরাংক,

$$ {}_b\mu_a = \frac{\sin r}{\sin i} ....(2) $$

এখন সমীকরন (1)ও (2)গুন করে পাই,

$$ {}_a\mu_b \times {}_b\mu_a = \frac{\sin i}{\sin r} \times \frac{\sin r}{\sin i} = 1 \quad \therefore {}_a\mu_b = \frac{1}{{}_b\mu_a} ....(3) $$

ইহাই নির্ণেয় সম্পর্ক।

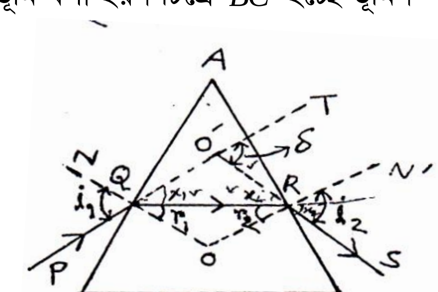
প্রশ্নঃ- প্রিজম কি? বিচ্যুতি এবং ন্যূনতম বিচ্যুতি বুঝিয়ে লিখ। ন্যূনতম বিচ্যুতির শর্তগুলি লিখ।

উত্তরঃ প্রিজম ঃ- যে স্বচ্ছ মাধ্যম তিনটি সমতল পৃষ্ঠ দ্বারা আবদ্ধ থাকে তাংকে প্রিজম বলে। তবে একটি পৃষ্ঠ সমতল নাও হতে পারে।

প্রিজমের যে দুই সমতল পৃষ্ঠ খুব মসৃন থাকে এবং যারা প্রতিসরণে অংশ গ্রহণ করে তাদেরকে প্রতিসারক পৃষ্ঠ বা প্রতিসারক তল বলে। চিত্রে ৪(ক) এ AB ও AC প্রতিসারক তল। প্রিজমের প্রতিসারক তলদ্বয় যে সরল রেখায় পরস্পরের সাথে মিলিত হয় তাকে প্রিজম শীর্ষ বলে। চিত্র (৪) এ A হচ্ছে প্রিজম শীর্ষ। আবার প্রতিসারক তলদ্বয় যে কোণে মিলিত হয় তাকে প্রিজম কোণ বলে। প্রিজম কোণকে A দ্বারা প্রকাশ করা হয়। প্রিজম কোণের বিপরীত বাহুকে প্রিজমের ভূমি বলা হয়। চিত্রে BC হচ্ছে ভূমি।

বিচ্যুতি ঃ প্রিজমে আপতিত আলোক রশ্মিকে সামনের দিকে এবং প্রিজম হতে নির্গত রশ্মিকে পিছনের দিকে বর্ধিত করলে মিলিত বিন্দুতে যে কোণ সৃষ্টি হয় তাকে ঐ আলোক রশ্মির বিচ্যুতি বলা হয়। বিচ্যুতি কে δ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

চিত্রে ৪(ক) এ আপতিত রশ্মি PQ কে সামনের দিকে T পর্যন্ত এবং নির্গত রশ্মি Rs কে পিছনের দিকে O' পর্যন্ত বর্ধিত করলে O' বিন্দুতে বর্ধিতাংশ দ্বয় মিলিত হয়। তাহলে $\angle SO'T$ ই নির্ণেয় বিচ্যুতি δ নির্দেশ করে।

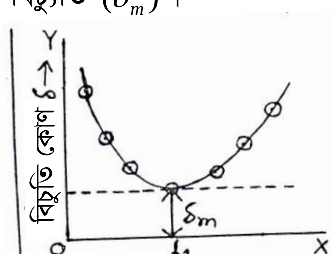


চিত্র : ৪(ক)

ন্যূনতম বিচ্যুতিঃ- একটি প্রিজমের ক্ষেত্রে বিচ্যুতি কোণের একটি সর্বনিম্ন মান আছে। বিচ্যুতির এ সর্বনিম্ন মানকে ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ বলে। ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণকে δ_m দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের ব্যাখ্যাঃ আমরা জানি, প্রিজমের মধ্য দিয়ে আলোক রশ্মি গমন করলে তার বিচ্যুতি ঘটে। এ বিচ্যুতির মান আপতন কোণের উপর নির্ভর করে। আপতন কোণের মান নিম্ন মান হতে শুরু করে ধীরে ধীরে বাড়াতে থাকলে বিচ্যুতির মান কমতে থাকে এবং আপতন কোণের একটি নিদিষ্ট মানের জন্য বিচ্যুতির মান সর্বাপেক্ষা কম হয়। এরপর আপতন কোণের মান আরও বাড়াতে থাকলে বিচ্যুতির মানও বাড়তে থাকে। বিচ্যুতির এই সর্বনিম্ন মানই হচ্ছে ন্যূনতম বিচ্যুতি (δ_m) ।

চিত্র-৪(খ) এ আমরা দেখতে পাচ্ছি আপতন কোণের মান অতিক্ষুদ্র হতে ধীরে ধীরে বাড়াতে থাকলে বিচ্যুতি কোণের মান কমতে থাকে এরপর একটি নির্দিষ্ট আপতন কোণ i_1 এর জন্য বিচ্যুতির মান সর্বনিম্ন হয়। আপতন কোণের মান i_1 এর চেয়ে আরো বাড়ালে বিচ্যুতির মানও বাড়তে থাকে। চিত্রে ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ δ_m দেখানো হলো।



চিত্র : ৪(খ)

ন্যূনতম বিচ্যুতির শর্ত সমূহ ঃ- ন্যূনতম বিচ্যুতির দুটি শর্ত আছে, শর্তগুলো হচ্ছে,

(i) $i_1 = i_2$ অর্থাৎ প্রথম প্রতিসারক পৃষ্ঠে আপতন কোণ দ্বিতীয় প্রতিসারক পৃষ্ঠে আলোক রশ্মির নির্গত কোণ।

(ii) $r_1 = r_2$ অর্থাৎ, প্রথম প্রতিসারক পৃষ্ঠে রশ্মির প্রতিসরণ কোণ =দ্বিতীয় প্রতিসারক পৃষ্ঠে রশ্মির আপতন কোণ।

প্রশ্নঃ- প্রিজমের মধ্যদিয়ে আলোক রশ্মি গমণ করলে রশ্মির বিচ্যুতির রাশিমালা বের কর।

অথবা, প্রিজমের ক্ষেত্রে প্রমান কর যে, $\delta = i_1 + i_2 - A$ যেখানে $\delta =$বিচ্যুতি কোণ, $i_1 =$১ম প্রতিসারক পৃষ্ঠে আপতন কোণ এবং $i_2 =$দ্বিতীয় প্রতিসারক পৃষ্ঠে নির্গমণ কোণ এবং $A =$প্রিজম কোণ।

উপরোক্ত সমীকরণ হতে ন্যূনতম বিচ্যুতির ক্ষেত্রে দেখাও যে, $\mu = \dfrac{\sin\frac{A+\delta_m}{2}}{\sin\frac{A}{2}}$, যেখানে $\mu =$প্রিজম পদার্থের উপাদানের প্রতিসরাংক ।

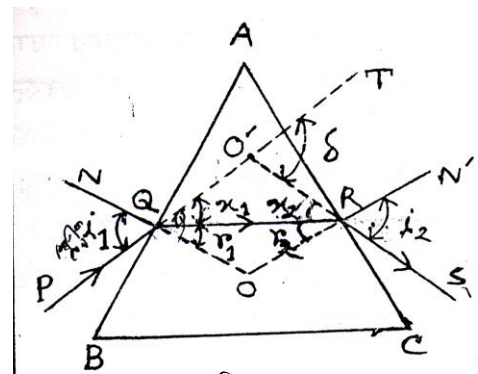
অথবাঃ- প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাংক μ নির্ণয়ের একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

অথবাঃ- প্রিজম পদার্থের প্রতিসরাংক, প্রিজম কোণ এবং ন্যূনতম বিচ্যুতির মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর।

উত্তরঃ ধরি ABC একটি প্রিজমের প্রধান ছেদ; যার AB ও AC দুটি প্রতিসারক তল, A প্রিজম কোণ এবং BC ভূমি।

চিত্রঃ-৫(ক)। PQ একটি আলোক রশ্মি বায়ু মাধ্যম হতে তির্যকভাবে AB তলের Q বিন্দুতে আপতিত হয়ে ভূমির দিকে বেঁকে QR পথে প্রতিসরিত হলো। QR রশ্মিটি AC তলের R বিন্দুতে আপতিত হয়ে আবার ভূমির দিকে বেঁকে অভিলম্ব $N'O$ থেকে দূরে সরে RS পথে নির্গত হলো। তাহলে $PQRS$ আলোক রশ্মির গতিপথ নির্দেশ করে।

এখন PQ রশ্মিকে সামনের দিকে T পর্যন্ড় এবং RS রশ্মিকে পিছনের দিকে O' পর্যন্ড় বর্ধিত করি। তাহলে বর্ধিত অংশদ্বয় O'
বিন্দুতে মিলিত হলো। তাহলে $\angle SO'T$, PQ রশ্মিটির বিচ্যুতি $= \delta$ নির্দেশ করে। অভিলম্ব NQ ও $N'R$ কে পিছনের দিকে বর্ধিত করলে O বিন্দুতে মিলিত হয়।



চিত্র : ৫(ক)

বিচ্যুতির হিসাবঃ- ধরি $\angle PQN = i_1$, $\angle SRN' = i_2$, $\angle OQR = r_1$
এবং $\angle ORQ = r_2$। PQ রশ্মিটির Q বিন্দুতে বিচ্যুতি $= x_1$
এবং R বিন্দুতে বিচ্যুতি $= x_2$। $\therefore PQ$ রশ্মিটির মোট বিচ্যুতি,

$$\delta = x_1 + x_2 \quad = (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2)$$

$$\therefore \delta = (i_1 + i_2) - (r_1 + r_2) ....(1)$$

এখন OQR ত্রিভুজ হতে পাই, $\angle O + r_1 + r_2 = 180^o$..........................(2)

আবার, $AQOR$ চতুর্ভূজে $\angle AQO + \angle ARO = 180^o$ [কারন NO এবং $N'Q$ লম্ব]

$\therefore \angle A + \angle O = 180^o$............(3) [কারন চর্তুভূজের চার কোনের সমষ্টি=চার সমকোণ]

$\therefore$ (2) ও (3) হতে পাই, $\angle O + r_1 + r_2 = \angle A + \angle O$ $\qquad \therefore r_1 + r_2 = A$......................(4)

এখন (4) নং সমীকরন হতে $r_1 + r_2$ এর মান (1) নং সমীকরণে বসাই, $\delta = i_1 + i_2 - A$......................(5) (প্রমানিত)

সমীকরন (5) বিচ্যুতির রাশিমালা নির্দেশ করে।

দ্বিতীয় অংশ ঃ- ধরি, প্রিজমটি যে মাধ্যমে অবস্থিত তার সাপেক্ষে প্রিজম পদার্থের প্রতিসরাংক $= \mu$ । এখন আমরা পাই,

$$\mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{\sin i_2}{\sin r_2} ....(6)$$

ন্যূনতম বিচ্যুতির ক্ষেত্রে আমরা জানি, $i_1 = i_2$ এবং $r_1 = r_2$ আবার $\delta = \delta_m$ ।

$\therefore$ সমীকরন (5) থেকে পাই, $\delta_m = 2i_1 - A$ বা, $2i_1 = A + \delta_m$ $\qquad \therefore i_1 = \dfrac{A+\delta_m}{2}$..............(7)

আবার সমীকরন (4) হতে পাই, $r_1 + r_2 = A$ বা, $r_1 + r_1 = A$ বা, $2r_1 = A$ $\qquad \therefore r_1 = \dfrac{A}{2}$...........(8)

এখন i_1 এবং r_1 এর মান সমীকরন (6) এ বসাই, $\mu = \dfrac{\sin\frac{A+\delta_m}{2}}{\sin\frac{A}{2}}$..................(9)

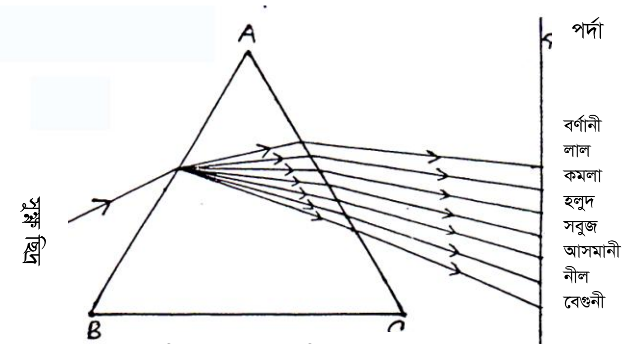
এই সমীকরনের ডান পার্শ্বের রাশিগুলির মান বসিয়ে প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাংক নির্ণয় করা যায়।

প্রশ্নঃ- আলোর বিচ্ছুরণ বলতে কি বুঝ? চিত্রসহ কারন ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ আলোর বিচ্ছুরনঃ সাদা আলোর একটি সরু রশ্মিগুচ্ছ প্রিজমের মধ্যদিয়ে প্রতিসরিত হলে নির্গত রশ্মি বিভিন্ন বর্নে বিশি- ষ্ট হয়ে যায়। এ ঘটনাকে আলোর বিচ্ছুরন বলে। বিখ্যাত বিজ্ঞানি স্যার আইজাক নিউটন সর্ব প্রথম আলোর বিচ্ছুরন আবিষ্কার করেন।

আলোর বিচ্ছুরনের ফলে মৌলিক বর্ণ সমূহের যে মনোরম সজ্জা বা পট্রি পাওয়া যায় তাকে বর্নালী বলে। সূর্যরশ্মির বিচ্ছুরনের ফলে যে বর্ণালী পাওয়া যায় তাকে সৌর বর্ণালী বলে। সৌর বর্ণালীতে মোট সাতটি বর্ণ পাওয়া যায়। বর্ণগুলি হচ্ছে বেগুনী, নীল, আসমানী, সবুজ, হলুদ, কমলা, ও লাল। এই সাতটি মৌলিক বর্ণের আলোকে সংক্ষেপে বেনীআসহকলা বলা হয়। **আলোর বিচ্ছুরনের কারন ব্যাখ্যা ঃ-** চিত্র ৬ এ আলোর বিচ্ছুরন দেখানো হলো। আমরা জানি, আলোক রশ্মি যখন এক স্বচ্ছ মাধ্যম হতে অন্য এক স্বচ্ছ মাধ্যমে প্রবেশ করে (তীর্যকভাবে) তখন আলোক রশ্মি দ্বিতীয় মাধ্যমে প্রবেশকালে বেঁকে যায়। এই বাকার পরিমাণ মাধ্যমে দুটির প্রকৃতির উপর ও আলোক রশ্মির বর্ণের উপর নির্ভর করে। তাই সূর্যের সাদা বর্ণের আলোক রশ্মি (যা সাতটি বর্ণের সমন্বয়ে গঠিত) একই আপতন কোনে প্রিজমের প্রতিসারক পৃষ্ঠে আপতিত হলেও এদের বিচ্যুতির মান বিভিন্ন হয়। তাই প্রিজম থেকে নির্গত রশ্মিগুলো বিশি- ষ্ট হয়ে যায়। এখন প্রশ্ন হচেছ, বর্ণভেদে আলোক রশ্মির বিচ্যুতির পরিমান বিভিন্ন হয় কেন? শূন্য বা

বায়ু মাধ্যম সবগুলো আলোক রশ্মির বেগ প্রায় সমান। কিন্তু অন্য যে কোন মাধ্যমে বিভিন্ন বর্ণের আলোর বেগ বিভিন্ন হয়। উদাহরন স্বরূপ কাচ মাধ্যমে লাল আলোর বেগ বেগুনী আলোর বেগের প্রায় 1.8 গুন। তাই বেগুনী আলো সবচেয়ে বেশী এবং লাল আলো সবচেয়ে কম বিচ্যুত হয়। অনুরূপ ভাবে অন্যান্য রশ্মিও নিজ নিজ বিচ্যুতি কোণে বিচ্যুত হয় বা বেঁকে যায়। আর এ জন্যই আলোর বিচ্ছুরন ঘটে তথা বর্ণালীর সৃষ্টি হয়।



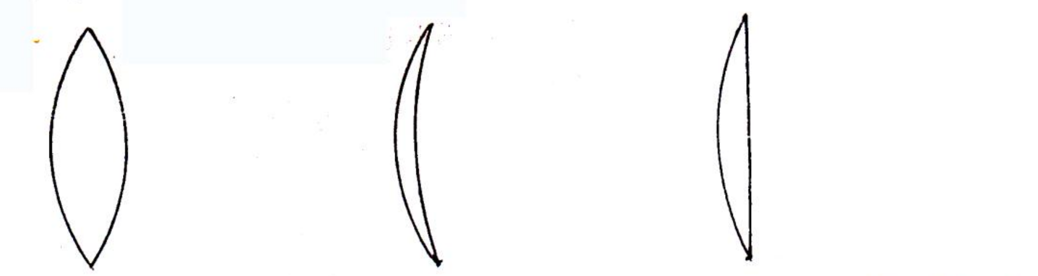
চিত্র: (৬)আলোর বিচ্ছুরন

প্রশ্নঃ- লেন্স কি? লেন্স কত প্রকার ও কি কি?

উত্তরঃ দুটি গোলকীয় তল অথবা একটি গোলকীয় ও একটি সমতল পৃষ্ঠ দ্বারা সীমাবদ্ধ কোন স্বচ্ছ সমসত্ত্ব ও প্রতিসারক মাধ্যমকে লেন্স বলে। লেন্স সাধারনত কাচ, ফোয়ার্টাজ, স্বচ্ছ প-াস্টিক ইত্যাদি দ্বারা তৈরী করা হয়।

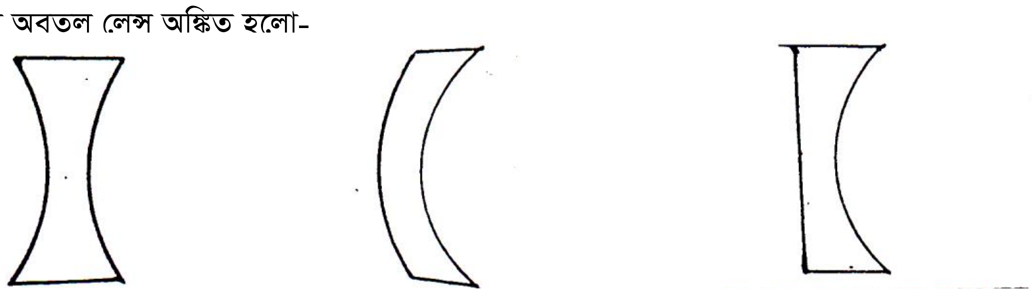
লেন্স প্রধানত দু'প্রকার, যথা-(1) উত্তল লেন্স এবং (2) অবতল লেন্স।

(1) **উত্তল লেন্স বা অভিসারী লেন্স ঃ** যে লেন্সের মধ্যভাগ মোটা এবং প্রান্তের দিকে ক্রমশ সরু তাকে উত্তল বা স্থুলমধ্য লেন্স বলে। উত্তল লেন্স আবার তিন প্রকার । যথা (i) উভোত্তল বা দ্বি-উত্তল লেন্স (ii) অবতলোত্তল লেন্স এবং (iii) সমতলোওল লেন্স। নিম্নে তিন প্রকার



উভোত্তল লেন্স　　অবতলোত্তল লেন্স　　সমতলোত্তল লেন্স

(2) **অবতল লেন্সঃ** যে লেন্সের মধ্যভাগ সরু এবং প্রান্তের দিকে ক্রমশ মোটা তাকে অবতল লেন্স বা ক্ষীণ মধ্য লেন্স বলে। অবতল লেন্স আবার তিন প্রকার। যথা (i) উভাবতল বা দ্বি-অবতল লেন্স (ii) উত্তল অবতল লেন্স এবং (iii) সমতলাবতল লেন্স । নিম্নে তিন প্রকার অবতল লেন্স অঙ্কিত হলো-



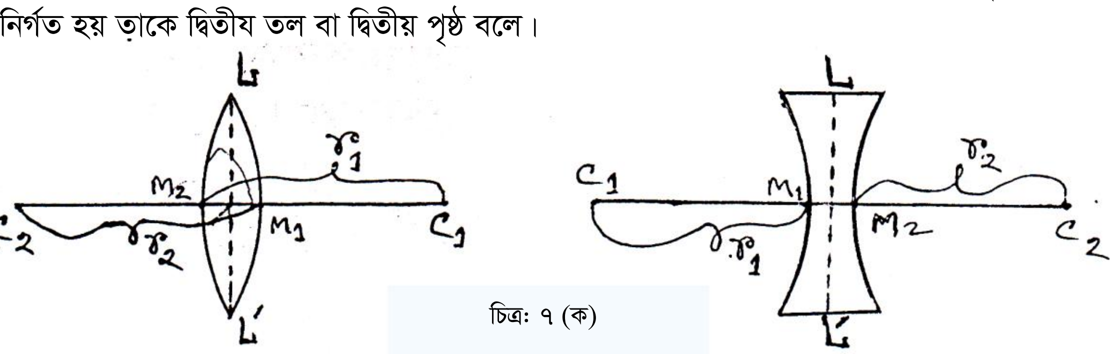
উভোত্তল লেন্স　　উত্তলাবতল লেন্স　　সমতলাবতল লেন্স

প্রশ্নঃ- লেন্সের ক্ষেত্রে সংজ্ঞা লিখঃ (i) বক্রতার কেন্দ্র (ii) বক্রতার ব্যাসার্ধ (iii) প্রথম ও দ্বিতীয় তল (iv) প্রধান অক্ষ (v) মেরু (vi) সরু লেন্স (vii) উন্মেষ $(viii)$ আলোক কেন্দ্র (ix) প্রধান ছেদ (x) প্রধান ফোকাস (xi) ফোকাস দূরত্ব (xii) ফোকাস তল $(xiii)$ গৌন ফোকাস (xiv) অনুবন্ধী ফোকান ।

(i) **বক্রতার কেন্দ্র :** লেন্সের প্রত্যেকটি তল একটি নির্দিষ্ট গোলকের অংশ বিশেষ। উক্ত গোলকের কেন্দ্রকে ঐ তলের বক্রতার কেন্দ্র বলে। চিত্র: (৭) (ক) এ C_1 ও C_2 হচ্ছে বক্রতার কেন্দ্র

(ii) **বক্রতার ব্যাসার্ধ :** লেন্সের প্রত্যেকটি তল একটি গোলকের অংশ বিশেষ। উক্ত গোলকের ব্যাসার্ধকে ঐ তলের বক্রতার ব্যাসাধ বলে। চিত্র (৭) (ক) এর r_1 ও r_2 হচ্ছে বক্রতার ব্যাসার্ধ।

(iii) **প্রথম ও দ্বিতীয় তল :** লেন্সের যে তলে আলোক রশ্মি তাপতিত হয় তাকে প্রথম তল বা পৃষ্ঠ বলে এবং লেন্সের যে তল হতে রশ্মি নির্গত হয় তাকে দ্বিতীয় তল বা দ্বিতীয় পৃষ্ঠ বলে।



চিত্র: ৭ (ক)

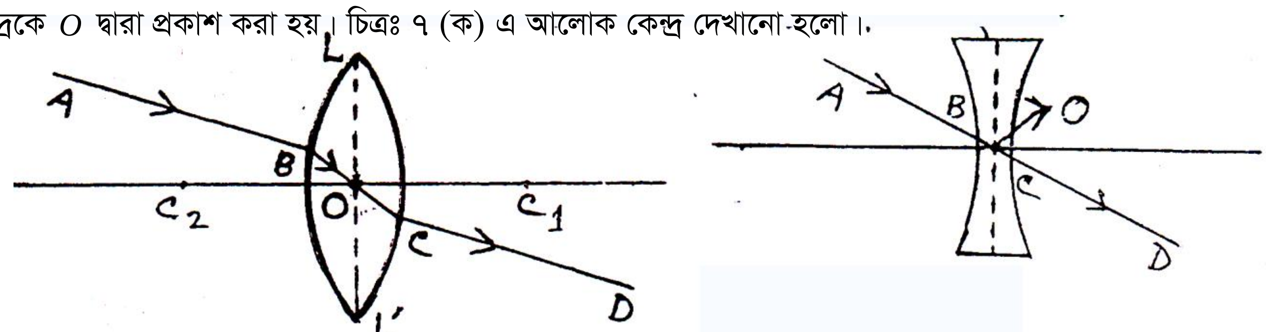
(iv) **প্রধান অক্ষ :** কোন লেন্সের উভয় তলের বক্রতার কেন্দ্র দিয়ে অতিক্রমকারী সরলরেখাকে ঐ লেন্সের প্রধান অক্ষ বলে। লেন্সের একটি তল সমতল হলে গোলকীয় তলের বক্রতার কেন্দ্র হতে সমতল পৃষ্ঠের উপর অঙ্কিত লম্বকে প্রধান অক্ষ বলে। চিত্র৭ (ক) এ C_1 C_2 হচ্ছে প্রধান অক্ষ।

(v) **মেরু:** প্রধান অক্ষ লেন্সের দুই পৃষ্ঠকে যে দুটি বিন্দুতে ছেদ করে তাদেরকে মেরু বা মধ্যবিন্দু বলে। চিত্র ৭ (ক) M ও M' হচ্ছে মেরু।

(vi) **সরু লেন্স:** লেন্সের দুই তলের মেরুদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব যদি বক্রতার ব্যাসার্ধদ্বয় অপেক্ষা খুব ছোট হয় তবে উক্ত লেন্সকে সরু বা পাতলা লেন্স বলে।

(vii) **উন্মেষ :** লেন্সের আকার সাধারনত গোলাকার বা বৃত্তাকার হয়। এ বৃত্তের ব্যাসকে লেন্সের উন্মেষ বলে। চিত্র ৭ (ক) LL' হচ্ছে লেন্সের উন্মেষ।

$(viii)$ **আলোক কেন্দ্র** $(Optical\ centre)$ **:** লেন্সের মধ্যদিয়ে প্রতিসরণের সময় যদি আপতিত রশ্মি ও নির্গত রশ্মি পরস্পর সমান্তরাল হয়, সেক্ষেত্রে লেন্সের মধ্যে প্রতিসরিত রশ্মিটি প্রধান অক্ষকে যে বিন্দুতে ছেদ করে তাকে আলোক কেন্দ্র বলে। আলোক কেন্দ্রকে O দ্বারা প্রকাশ করা হয়। চিত্রঃ ৭ (ক) এ আলোক কেন্দ্র দেখানো হলো।

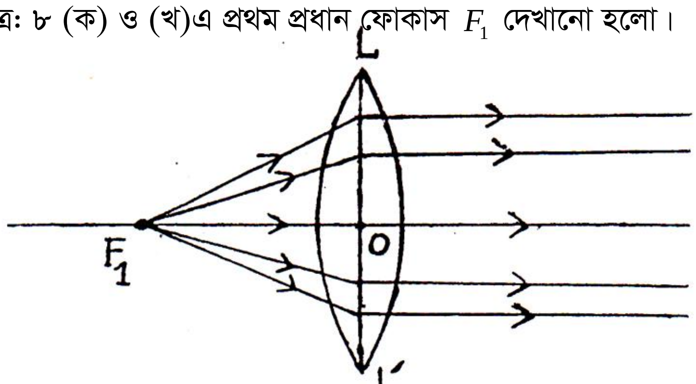


চিত্র: ৭ (ক)

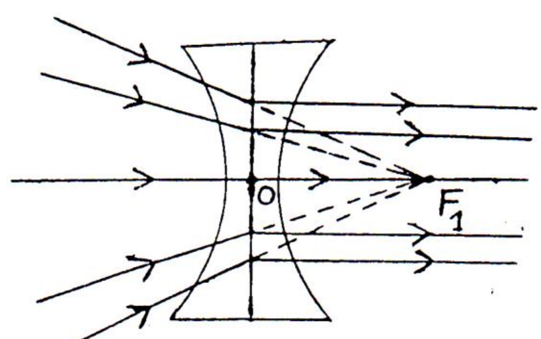
(ix) **প্রধান ছেদ :** লেন্সের আলোক কেন্দ্রের মধ্যদিয়ে এবং প্রধান অক্ষের সাথে লম্বভাবে কল্পিত কোন সমতল লেন্সকে ছেদ করলে উক্ত ছেদকে লেন্সের প্রধান ছেদ বলে। চিত্র-৭ (ক) এ LL' একটি প্রধান ছেদের ব্যাস।

(x) **প্রধান ফোকাস :** লেন্সের প্রধান ফোকাস দুটি যথা (i) প্রথম প্রধান ফোকাস এবং (ii) দ্বিতীয় প্রধান ফোকাস।

(a) **প্রথম প্রধান ফোকাস ঃ** লেন্সের প্রধান অক্ষের উপর এমন একটি বিন্দু আছে যেখান থেকে আগত আলোক রশ্মিগুচ্ছ (উত্তল লেন্সের ক্ষেত্রে) অথবা যে বিন্দু অভিমুখী আলোক রশ্মিগুচ্ছ (অবতল লেন্সের ক্ষেত্রে) লেন্সে প্রতিসরনের পর প্রধান অক্ষের সমান্তরালে নির্গত হয় সেই বিন্দুকে লেন্সের প্রথম প্রধান ফোকাস বলে। প্রথম প্রধান ফোকাসকে সাধারনত F_1 দ্বারা প্রকাশ করা হয়। চিত্র: ৮ (ক) ও (খ)এ প্রথম প্রধান ফোকাস F_1 দেখানো হলো।

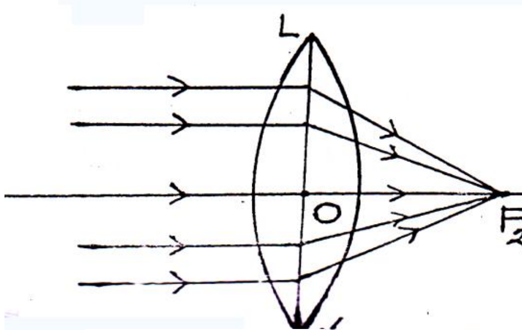


চিত্র: ৮(ক)

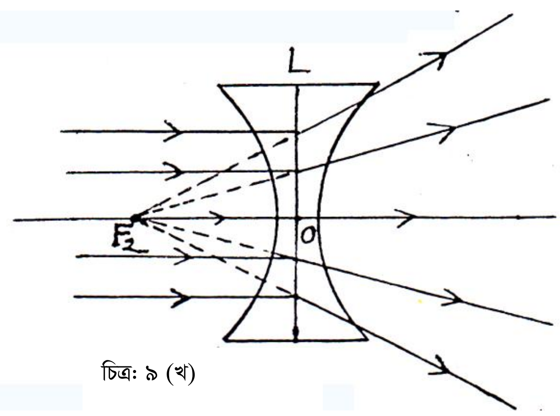


চিত্র: ৮(খ)

(b) **দ্বিতীয় প্রধান ফোকাসঃ** সমান্তরাল আলোক রশ্মিগুচ্ছ প্রধান অক্ষের সমান্তরালে কোন লেন্সে আপতিত হবার পর প্রতিসরিত রশ্মি গুচ্ছ প্রধান অক্ষের যে বিন্দুতে মিলিত হয় (উত্তল লেন্সে) অথবা প্রধান অক্ষের উপর যে বিন্দু থেকে অপসারিত হচ্ছে বলে মনে হয় (অবতল লেন্সে) তাকে লেন্সের দ্বিতীয় প্রধান ফোকাস বলে। দ্বিতীয় প্রধান ফোকাসকে F_2 দ্বারা প্রকাশ করা হয়। চিত্রঃ ৯ (ক) ও ৯ (খ) এ দ্বিতীয় প্রধান ফোকাস F_2 দেখানো হলো।



চিত্র: ৯ (ক)



চিত্র: ৯ (খ)

(xi) **ফোকাস দূরত্ব :** লেন্সের আলোক কেন্দ্র হতে প্রধান ফোকাস পর্যন্ড় দূরত্বকে ফোকাস দূরত্ব বলে। একে f দ্বারা প্রকাশ করা হয়। তবে প্রথম প্রধান ফোকাস ও দ্বিতীয় প্রধান ফোকাস দূরত্বকে যথাক্রমে f_1 ও f_2 দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

(xii) **ফোকাস তল :** লেন্সের প্রধান ফোকাসের মধ্যদিয়ে এবং প্রধান অক্ষের সাথে লম্বভাবে যে তল কল্পনা করা হয় তাকে ফোকাস তল বলে।

$(xiii)$ **গৌন ফোকাস :** সমান্ড়রাল আলোক রশ্মিগুচ্ছ প্রধান অক্ষের সাথে আনতভাবে লেন্সে আপতিত হলে প্রতিসরিত রশ্মিগুলো ফোকাস তলের যে বিন্দুতে মিলিত হয় বা যে বিন্দু থেকে অপসারিত হচ্ছে বলে মনে হয় তাকে গৌন ফোকাস বলে। একে F' দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

(xiv) **অনুবন্ধী ফোকান :** লেন্সের প্রধান অক্ষের উপর এমন দুটি বিন্দু আছে যাদের একটিতে বিন্দু বস্তু রাখলে অন্যটিতে প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। প্রধান অক্ষের উপর অবস্থিত এমন দুটি বিন্দুকে অনুবন্ধী ফোকাস বলে।

[চিহ্নের প্রথা : নতুন প্রথানুসারে: (i) সকল দূরত্বকে আলোক কেন্দ্র হতে পরিমাপ করা হয় (ii) সকল বাস্ড়ব জিনিসের দূরত্ব ধনাত্মক (iii) সকল অবাস্ড়ব জিনিসের দূরত্ব হবে ঋণাত্মক]

প্রশ্নঃ- লেন্স প্রস্ড়ত কারকের সূত্রটি প্রতিপাদক কর।

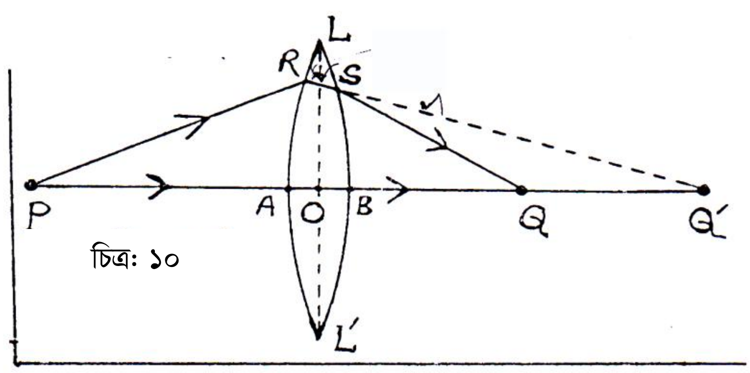
অথবা, লেন্সের ফোকাস দূরত্বের সাধারন সমীকরন বাহির কর।

অথবা, লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক, ফোকাস দূরত্ব ও বক্রতার ব্যাসার্ধের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর।

অথবা, একটি সর" গোলকীয় লেন্সের ক্ষেত্রে প্রমান কর যে, $\frac{1}{f}=(\mu-1)(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2})$ **প্রতীকগুলি প্রচলিত অর্থে ব্যবহৃত।**

উত্তরঃ মনেকরি, LL' একটি পাতলা উত্তল লেন্সের প্রধান ছেদ যার প্রথম পৃষ্ঠ LAL' এবং দ্বিতীয় পৃষ্ঠ LBL' এবং আলোক কেন্দ্র O। প্রথম ও দ্বিতীয় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে r_1 ও r_2। লেন্সটির প্রধান অক্ষের উপর P একটি বিন্দু বস্তু অবস্থিত। P হতে একটি আলোক রশ্মি প্রধান অক্ষ বরাবর লেন্সে আপতিত হয়ে আলোক কেন্দ্রের মধ্যদিয়ে সোজা প্রতিসরিত হল। P হতে অন্য একটি আলোক রশ্মি প্রধান অক্ষের সাথে আনতভাবে প্রথম পৃষ্ঠের R বিন্দুতে আপতিত হল। এরপর RS পথে প্রতিসরিত হয়ে দ্বিতীয় পৃষ্ঠের S বিন্দুতে আপতিত হল। দ্বিতীয় পৃষ্ঠ থেকে রশ্মিটি SQ পথে নির্গত হল। চিত্র (১০)। Rs রশ্মিটি দ্বিতীয় পৃষ্ঠ দ্বারা বেঁকে না গেলে প্রধান অক্ষের উপর Q' বিন্দুতে মিলিত হত। তাহলে Q' হবে লেন্সের প্রথম পৃষ্ঠের জন্য P এর একটি প্রতিবিম্ব। আর Q' প্রতিবিম্বটি দ্বিতীয় পৃষ্ঠের জন্য আবাস্ড়ব বস্ড়ু হিসেবে কাজ করবে যার প্রতিবিম্ব Q।

এখন, প্রথম পৃষ্ঠের ক্ষেত্রে বস্ড়র দূরত্ব $OP=u$, প্রতিবিম্বের দূরত্ব $OQ'=v'$। ধরি প্রথম পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ= r_1 এবং বায়ু সাপেক্ষে লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক= μ



চিত্রঃ ১০

অতএব, প্রথম পৃষ্ঠের ক্ষেত্রে আমরা পাই,

$$\frac{\mu}{V'}+\frac{1}{u}=\frac{\mu-1}{r_1}\text{....................(1)}\left[\frac{\mu}{V}+\frac{1}{u}=\frac{\mu-1}{r}\right]$$

দ্বিতীয় পৃষ্ঠের ক্ষেত্রে, অবাস্ড়ব বস্তুর দূরত্ব $OQ'=-v'$, প্রতিবিম্বের দূরত্ব $OQ=v$। ধরি দ্বিতীয় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ= r_2 এবং লেন্স সাপেক্ষে বায়ুর প্রতিসরাংক $\frac{1}{\mu}$।

অতএব আমরা পাই,

$$\frac{\frac{1}{\mu}}{V}+\frac{1}{-V'}=\frac{\frac{1}{\mu}-1}{r_2}$$

$$\frac{1}{V}-\frac{\mu}{V'}=\frac{1-\mu}{r_2}\text{..................(2)}$$

উভয় পক্ষে μ দ্বারা গুন করিয়া পাই,

এখন সমকরন (1) ও (2) যোগ করি,

$$\cancel{\frac{\mu}{V'}}+\frac{1}{u}+\frac{1}{v}-\cancel{\frac{\mu}{V'}}=\left(\frac{\mu-1}{r_1}+\frac{1-\mu}{r_2}\right)=\frac{\mu-1}{r_1}-\frac{\mu-1}{r_2}$$

বা, $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=(\mu-1)(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2})$.....................(3)

[সমীকরন (3) লেন্সের ক্ষেত্রে বস্তুর দূরত্ব, প্রতিবিম্বের দূরত্ব , বক্রতার ব্যাসার্ধ এবং লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংকের মধ্যে সম্পর্ক নির্দেশ করে]

আমরা জানি, বস্তু অসীম দূরত্বে থাকলে প্রতিবিম্ব গঠিত হয় ফোকাস তলে। অর্থাৎ $u=\alpha$ হলে $v=f$ হয়। অতএব, সমীকরন (3) থেকে পাই,

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

বা, $\frac{1}{f}=(\mu-1)\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$................(4)

সমীকরন (4) কে লেন্সের ফোকাস দূরত্বের সাধারন সমীকরন বলা হয়। ইহা লেন্স প্রস্তুতকারকের সমীকরন নামেও পরিচিত।

[লেন্সের চারপার্শ্বে বায়ু মাধ্যম না থাকিয়া যদি অন্য কোন মাধ্যম থাকে যার প্রতিসরাংক μ_1 তাহলে সমীকরনটি হবে,
$\frac{1}{f}=\left(\frac{\mu}{\mu_1}-1\right)\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$]

প্রশ্নঃ- লেন্সের ক্ষমতা বলতে কি বুঝ? ব্যাখ্যা কর। ডায়াপ্টারের সংজ্ঞা দাও। কোন লেন্সের ক্ষমতা $+10D$ বলতে কি বুঝ?

উত্তরঃ লেন্সের ক্ষমতা ঃ লেন্স কর্তৃক আলোক রশ্মিকে অভিসারিত বা অপসারিত করার সামর্থকে লেন্সের ক্ষমতা বলে।

ব্যাখ্যাঃ যে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব যত কম তার ক্ষমতা তত বেশী, আবার যে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব যত বেশী তার ক্ষমতা তত কম। অর্থাৎ লেন্সের ক্ষমতা তার ফোকাস দূরত্বের বিপরীত রাশি। কোন লেন্সের ফোকাস দূরত্ব $=f$ হলে তার ক্ষমতা, $P=\frac{1}{f}$ ।

লেন্সের ক্ষমতার একক হলো ডায়াপটার। একে D দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

ডায়প্টারের সংজ্ঞাঃ কোন লেন্সের ফোকাস দূরত্বকে মিটারে প্রকাশ করার পর তার বিপরীত রাশি নিলে যে সংখ্যা পাওয়া যায় তাকে ডায়াপ্টারে উক্ত লেন্সের ক্ষমতা বলে। একে D দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

উত্তল লেন্সের ক্ষমতা ধনাত্মক এবং অবতল লেন্সের ক্ষমতা ঋণাত্মক ।

কোন লেন্সের ক্ষমতা $+10D$ (10 ডায়াপ্টার) এর অর্থঃ আমরা জানি, কোন লেন্সের ক্ষমতা f মিটার হলে উহার ক্ষমতা,

$P=\frac{1}{f}$ ডায়াপ্টার (D)

বা, $f=\frac{1}{p}$ মিটার $=\frac{1}{10}=0.1$ মিটার

$\therefore f=0.1\times100$ সে.মি $=10cm$

অতএব, কোন লেন্সের ক্ষমতা $+10D$ এর অর্থ হচ্ছে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব 10 সে.মি এবং লেন্সটি উত্তল।

প্রশ্নঃ- লেন্সের সংযোজন ও সমতুল্য লেন্স বলতে কি বুঝ?

লেন্সের সংযোজনঃ পরস্পর সংস্পর্শভাবে একই অক্ষে দুই বা ততোধিক লেন্সকে স্থাপন করলে যদি লেন্সগুলি একটি মাত্র লেন্সের ন্যায় ক্রিয়া করে তাহলে এই সমবায়কে লেন্সের সমবায় বা লেন্সের সংযোজন বলে।

লেন্সের সমবায় তিন ধরনের। যথা (i) উত্তল লেন্সের সমবায় (ii) অবতল লেন্সের সমবায় (বা সংযোজন) (iii) উত্তল অবতল লেন্সের সমবায়।

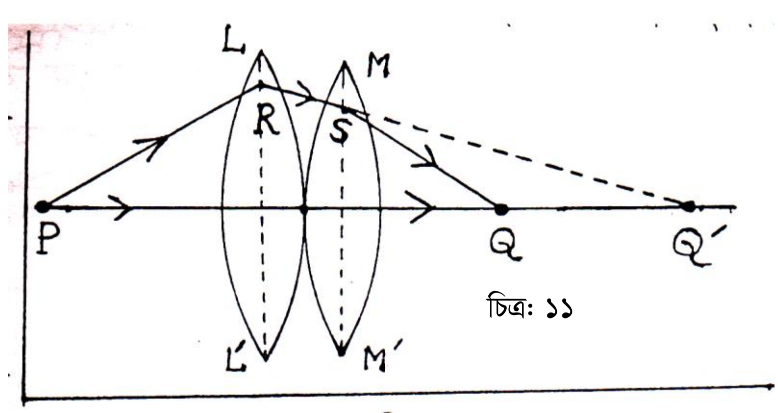
সমতুল্য লেন্স (*Equivalent lens*) ঃ কোন লেন্স সমবায় দ্বারা যদি কোন বস্তুর প্রতিবিম্ব পাওয়া যায় তাহলে বস্তু হতে একই দূরত্বে সংযোজিত লেন্সগুলির পরিবর্তে যে একক লেন্স স্থাপন করলে একই অবস্থানে ও একই বিবর্ধনের প্রতিবিম্ব পাওয়া যায় তাকে ঐ সংযোজিত লেন্সগুলির সমতুল্য লেন্স বলে।

প্রশ্নঃ- দুটি লেন্স দ্বারা গঠিত সমবায়ের সমতুল্য লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ও ক্ষমতার রাশিমালা বাহির কর।

অথবা, প্রমান কর যে, দুটি পাতলা লেন্সের সমন্বয়ে গঠিত একটি তুল্য লেন্সের ক্ষমতা সংযোজিত লেন্সগুলির ক্ষমতার সমষ্টির সমান।

অথবা, দেখাও যে, সমতুল্য লেন্সের ক্ষমতা সংযোজিত লেন্সগুলির ক্ষমতার সমষ্টির সমান।

উত্তরঃ চিত্রে দুটি পাতলা উত্তল লেন্স LL' ও MM' এর সংযোজন দেখানো হয়েছে। ধরি, LL' ও MM' লেন্সদ্বয়ের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে f_1 ও f_2 । লেন্সদ্বয়ের সাধারণ প্রধান অক্ষের উপর P একটি বিন্দু বস্তু অবস্থিত । P হতে একটি আলোক রশ্মি সাধারন প্রধান অক্ষ বরাবর লেন্সে আপতিত হয়ে দিক পরিবর্তন না করে সোজা প্রতিসরিত হল। P হতে অন্য একটি রশ্মি প্রধান অক্ষের সাথে আনতভাবে LL' লেন্সের R বিন্দুতে আপতিত হয়ে RS পথে প্রতিসরিত হলো এবং MM' লেন্সটির s বিন্দুতে আপতিত হলে । MM' লেন্সটি না থাকিলে Rs রশ্মিটি প্রধান অক্ষের উপর Q' বিন্দুতে মিলিত হতো। তাহলে Q' বিন্দুটি হতো LL' লেন্সের ক্ষেত্রে P এর একটি বাস্তব প্রতিবিম্ব। কিন্তু Rs রশ্মিটি দ্বিতীয় লেন্স MM' দ্বারা প্রতিসরিত হয়ে প্রধান অক্ষের উপর Q বিন্দুতে মিলিত হয়। তাহলে Q বিন্দু MM' লেন্সের জন্য Q' এর একটি প্রতি বিম্ব। এক্ষেত্রে Q' বিন্দুটি MM' লেন্সের জন্য অবাস্তব বস্তু হিসেবে কাজ করেছে।



চিত্রঃ ১১

এখন ধরি, সংযুক্ত লেন্স হতে বস্তু P এর দূরত্ব $=u$, প্রতিবিম্ব Q' এর দূরত্ব $=v'$ । অতএব LL' লেন্সের ক্ষেত্রে আমরা পাই, $\frac{1}{v'}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f_1}$...............(1)

MM' লেন্সের জন্য Q' অবাস্তব বস্তু হিসেবে কাজ করছে এবং Q' এর বাস্তব প্রতিবিম্ব $=Q$ । তাহলে MM' লেন্সের ক্ষেত্রে বস্তুর দূরত্ব $=-v'$, প্রতিবিম্বের দূরত্ব $=v$ । অতএব MM' লেন্সের জন্য পাই,

$\frac{1}{v}+\frac{1}{(-v')}=\frac{1}{f_2}$ বা, $\frac{1}{v}-\frac{1}{v'}=\frac{1}{f_2}$..................(2)

সমীকরন (1)ও (1)যোগ করে পাই,

$$\cancel{\frac{1}{v'}}+\frac{1}{u}+\frac{1}{v}-\cancel{\frac{1}{v'}}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}$$

$$\therefore \frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}........................(3)$$

এখন এই লেন্স সমন্বয়ের সমতুল্য লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ধরি $=F$ । এই সমতুল্য লেন্সের জন্য বস্তু হবে P এবং প্রতিবিম্ব হবে Q । অতএব সমতুল্য লেন্সের জন্য বস্তুর দূরত্ব $=u$ এবং প্রতিবিম্বের দূরত্ব $=v$ । অতএব সমতুল্য লেন্সের ক্ষেত্রে আমরা পাই,

$$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{F}..............(4)$$

এখন সমীকরন (3) ও (4) পাই,

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}..............(5)$$

সমীকরন (5) দুটি লেন্স সমবায়ের তুল্য লেন্সের ফোকাস দূরত্বের রাশিমালা।

সমতুল্য লেন্সের ক্ষমতা: ধরি LL' ও MM' লেন্সসদ্বয়ের ক্ষমতা যথাক্রমে P_1 ও P_2 । আমরা জানি, লেন্সের ক্ষমতা তার ফোকাস দূরত্বের বিপরীত রাশি। অতএব, পাই $P_1=\frac{1}{f_1}$ এবং $P_2=\frac{1}{f_2}$ । আবার, সমতুল্য লেন্সের ক্ষমতা $=P$ হলে, $P=\frac{1}{F}$ ।

এই মানগুলি সমীকরন (5) এ বসাইয়া পাই, $P=P_1+P_2$................(6)

সমীকরন (6) দুটি লেন্স দ্বারা গঠিত সমবায়ের সমতুল্য লেন্সের ক্ষমতার রশিমালা। এই রাশিমালা হতে দেখা যাচ্ছে যে, সমতুল্য লেন্সের ক্ষমতা সংযোজিত লেন্সগুলির ক্ষমতার সমষ্টির সমান। (প্রমানিত)

[বি.দ্র. দুটি লেন্সের পরিবর্তে n সংখ্যক লেন্সকে সমন্বয় করলে এবং লেন্স গুলির ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে $f_1, f_2 f_3...............f_n$ হলে সেক্ষেত্রে সমতুল্য লেন্সের ফোকাস দূরত্বের সমীকরন হবে।

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}+\frac{1}{f_3}+....................+\frac{1}{f_n}=\sum_1^n\frac{1}{f_n}$$

আবার , n সংখ্যক লেন্সের ক্ষমতা যদি $P_1, P_2 P_3...............+P_n$ হয় তাহলে সমতুল্য লেন্সের ক্ষমতা

$$P=P_1+P_2+P_3+....................+P_n=\sum_1^n P_n]$$

প্রশ্নঃ- একটি উত্তল ও একটি অবতল লেন্সের সমবায় কোন পরিস্থিতিতে কিরূপ লেন্সের ন্যায় আচরন করবে? ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: মনে করি f_1 এবং f_2 ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট দুটি লেন্সের সমবায় করা হল। এই সমবায়ের সমতুল্য লেন্সের ফোকাস দূরত্ব যদি F হয় তাহলে আমরা পাই,

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}....................(1)$$

এখন যদি প্রথম লেন্সটি উত্তল এবং দ্বিতীয় লেন্সটি অবতল হয় তাহলে f_1 ধনাত্মক এবং f_2 ঋনাত্মক হবে। অতএব (1) থেকে পাই, $\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}-\frac{1}{f_2}=\frac{f_2-f_1}{f_1 f_2}$ $\quad \therefore F=\frac{f_2 f_1}{f_2-f_1}$..........................(2)

সমীকরন (2) থেকে দেখা যাচ্ছে যে, $f_2>f_1$ হলে সমতুল্য লেন্সের ফোকাস দূরত্ব F হবে ধনাত্মক। অতএব, সমতুল্য লেন্সের আচরন হবে উত্তল লেন্সের মত। অর্থাৎ সমতুল্য লেন্সটি উত্তল লেন্স হিসেবে কাজ করবে।

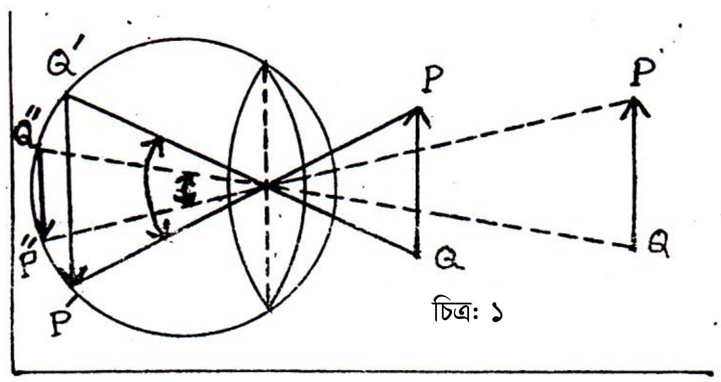
আবার যদি $f_1>f_2$ হয় তাহলে মমতুল্য লেন্সের ফোকাস দূরত্ব F হবে ঋনাত্মক । অতএব, সমতুল্য লেন্সটি অবতল লেন্স হিসেবে কাজ করবে।

[আবার $f_1=f_2$ হলে সমতুল্য লেন্সের ফোকাস দূরত্ব $F=\alpha$ হবে এবং ক্ষমতা $P=\frac{1}{\alpha}=0$ হবে। অর্থাৎ সমবায়টি লেন্স হিসেবে কাজ করবে না]

"জ্যামিতিক আলোক বিজ্ঞান"(আলোক যন্ত্রপাতি)

প্রশ্ন: বীক্ষন কোণ বা দৃষ্টি কোণ কি?

উত্তর: বীক্ষণ কোণ বা দৃষ্টি কোণ (*Angle of vision*) **:** লক্ষবস্ড় চোখে যে কোণ সৃষ্টি করে তাকে বীক্ষণ কোণ বা দৃষ্টি কোণ বলে। কোন একটি বস্ড় চোখের কাছে থাকলে যে বীক্ষণ কোণ সৃষ্টি করে,ধীরে ধীরে দূরে সরাতে থাকলে উহা দ্বারা সৃষ্ট বীক্ষণ কোণের মান কমতে থাকে । এজন্যই একটি বস্ড় চোখের কাছে থাকলে উহাকে বড় দেখা যায় এবং দূরে থাকলে ছোট মনে হয়। চিত্রে- দেখা যাচ্ছে যে, একই বস্ড় PQ কে চোখের নিকটে রাখায় বড় বীক্ষণ কোণ সৃষ্টি করায় প্রতিবিম্ব $P'Q'$ বড় হয়েছে এবং দূরে স্থাপন করায় ছোট বীক্ষণ কোণ সৃষ্টি করেছে এবং প্রতিবিম্ব $P'Q'$-ও ছোট হয়েছে ।



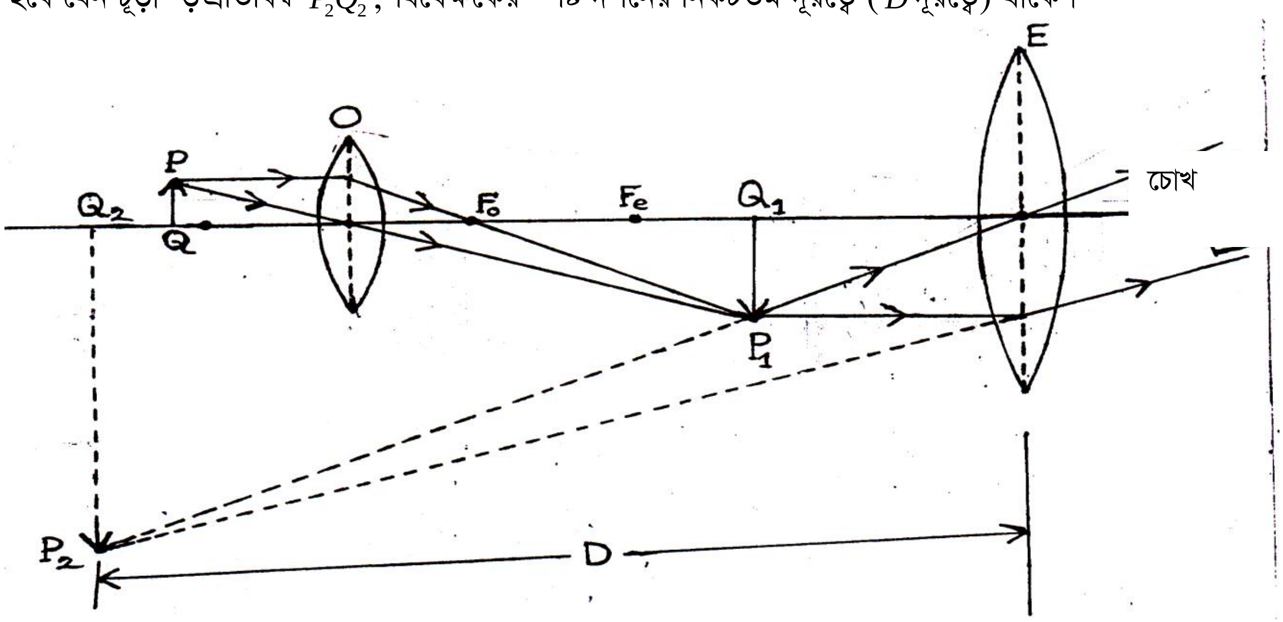
চিত্র: ১

প্রশ্ন:একটি জটিল বা যৌগিক অনুবীক্ষণ যন্ত্রের বর্ণনা দাও। কিভাবে এতে বিবর্ধনের সৃষ্টি হয়? –তা পরিস্কার রশ্মি চিত্রের সাহায্যে দেখাও এবং বিবর্ধনের রাশিমালা বের কর।

অথবা:– পরিস্কার রশ্মি চিত্রের সাহায্যে একটি জটিল অনুবীক্ষণ যন্ত্রের কার্যনীতি বর্ণনা কর এবং বিবর্ধনের রাশিমালা বের কর।

উত্তর:– জটিল অনুবীক্ষণ যন্ত্রের গঠন: জটিল বা যৌগিক অনুবীক্ষণ যন্ত্রে দুটি উত্তল লেন্স একটি ধাতব নলের দুপার্শ্বে একই অক্ষে বসানো থাকে। লেন্সদ্বয়ের মধ্যে একটি থাকে পরীক্ষণীয় বস্ড়র দিকে, একে অভিলক্ষ্য $'O'$ বলা হয়, এবং অপরটি থাকে পর্যবেক্ষকের চোখের দিকে, একে অভিনেত্র 'E' বলা হয় । অভিনেত্র $'E'$ এর ফোকাস দূরত্ব ও উন্মেষ অভিলক্ষ্যের চেয়ে তুলনামূলক বেশী থাকে । অভিলক্ষ্য$'O'$ কে ক্রুর সাহায্যে স্থির রাখা হয়, অভিনেত্রকে স্ক্রুর সাহায্যে উঠা নামা করানো যায়। অভিলক্ষ্যের সম্মুখে একটি কাচ পাতের উপর লক্ষ্য বস্ড়কে রাখা হয়। [১৬১০ সালে বিজ্ঞানী গ্যালিলিও প্রথম জটিল বা যৌগিক "অনুবীক্ষণ যন্ত্র আবিস্কার করেন ।]

জটিল অনুবীক্ষণ যন্ত্রের কার্যনীতি (বা বিবর্ধন সৃষ্টির কৌশল): রশ্মি চিত্রের সাহায্যে একটি জটিল অনুবীক্ষণ যন্ত্রের কার্যনীতি দেখানো হয়েছে। অভিলক্ষ্য $'O'$ এর ফোকাসের একটু বাইরে প্রধান অক্ষের উপর PQ একটি পরীক্ষনীয় ক্ষুদ্র বস্ড়ু অবস্থিত। PQ বাস্ড়টি অভিলক্ষ্য $'O'$ এর ফোকাসের বাইরে অবস্থিত বলে, অভিলক্ষ্য দ্বারা PQ এর একটি বাস্ড়ব উল্টা এবং বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব P_1Q_1 গঠিত হবে। এই P_1Q_1 প্রতিবিম্বটি অভিনেত্র$'E'$এর জন্য বস্ড়ু হিসেবে কাজ করবে । এখন P_1Q_1 প্রতিবিম্বটি অভিনেত্র $'E'$-এর জন্য বস্তু হিসেবে কাজ করবে। অভিনেত্র $'E'$কে সরিয়ে এমন অবস্থানে রাখা হয় যেন P_1Q_1 প্রতিবিম্বটি E এর ফোকাস ও আলোক কেন্দ্রের মধ্যে থাকে। এখন P_1Q_1 প্রতিবিম্বটি অভিনেত্র $'E'$ এর ফোকাস ও আলোক কেন্দ্রের মাঝে অবস্থিত বলে অভিনেত্র দ্বারা P_1Q_1 এর একটি অবাস্ড়ব, সিধা এবং অধিক বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব P_2Q_2 গঠিত হবে। অভিনেত্র E কে এমন অবস্থানে রাখতে হবে যেন চূড়ান্ড় প্রতিবিম্ব P_2Q_2 ,পর্যবেক্ষকের স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্বে (D দূরত্বে) থাকে।



চিত্র: 2

য়

বিবর্ধনের রাশিমালাঃ- জটিল অনুবীক্ষণ যন্ত্রে লক্ষ্যবস্ড়র বিবর্ধন দুই ধাপে হয়। প্রথমে অভিলক্ষ্য $'O'$ দ্বারা অতপর অভিনেত্র $'E'$দ্বারা। ধরি,$'O'$ দ্বারা বিবর্ধন$=m_1$ এবং $'E'$দ্বারা বিবর্ধন$=m_2$ । অতএব, চিত্র থেকে পাই, $m_1=\frac{p_1Q_1}{PQ}$ এবং $m_2\,\frac{P_2Q_2}{P_1Q_1}$

মোট বিবর্ধন $=m$ হলে আমরা পাই $m=\frac{P_2Q_2}{P\;Q}=\frac{P_2Q_2}{P_1Q_1}\times\frac{P_1Q_1}{PQ}=m_1m_2.........(1)$

ধরি, অভিলক্ষ্য হতে বস্ড়র দূরত্ব $=u_o$ এবং প্রতিবিম্বের দূরত্ব $=V_o$ । তাহলে অভিলক্ষ্য দ্বারা বিবর্ধন,

$$m_1 = \frac{V_o}{u_o}..................(2)$$

আবার ধরি, অভিনেত্র হতে বস্তু P_1Q_1 এর দূরত্ব $= u_e$ এবং প্রতিবিম্ব P_2Q_2 এর দূরত্ব $= V_e$ । তাহলে অভিনেত্র দ্বারা বিবর্ধন,

$$m_2 = \frac{V_e}{u_e}..................(3)$$

এখন, অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব $= f_e$ হলে আমরা পাই

$$\frac{1}{-V_e} + \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$$ [অভিনেত্রের ক্ষেত্রে প্রতিবিম্ব অবাস্ড়ব বলে V_e কে ঋনাত্মক ধরা হয়েছে]

$$\therefore \frac{1}{u_e} = \frac{1}{V_e} + \frac{1}{f_e}................(4)$$

সমীকরন (4) থেকে $\frac{1}{u_e}$ এর মান সমীকরন (৩) এ বসাই,

$$m_2 = V_e(\frac{1}{V_e} + \frac{1}{f_e}) = 1 + \frac{V_e}{f_e}.................(5)$$

চুড়ান্ড় প্রতিবিম্ব P_2Q_2 কে পর্যবেক্ষকের স্পষ্ট দর্শনের নিকটমত দূরত্বে রাখতে হয় । স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব $= D$ হলে আমরা পাই, $V_e = D$ । অতএব সমীকরন (5) থেকে পাই,

$$m_2 = 1 + \frac{D}{f_e}.................(6)$$

এখন, সমীকরন (2) ও (6) থেকে এর মান সমীকরন (1) এ বসাই,

$$m = \frac{V_o}{u_o}(1 + \frac{D}{f_e})..................(7)$$

সমীকরন (7) ই জটিল অনুবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধনের রাশিমালা।

[সমীকরন (7) থেকে দেখা যায় যে, u_o যত কম হবে বিবর্ধন তত বেশী হবে, কিন্তু বস্ড়কে সর্বদা অভিলক্ষ্যের ফোকাসের বাইরে রাখতে হবে। সেজন্য অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব খুব কম হতে হবে। আবার, V_o যত বেশী হবে বিবর্ধন তত বেশী হবে, এজন্য ধাতব নলের দৈর্ঘ্য বড় নিতে হয়। f_e যত কত হবে বিবর্ধন তত বেশী হবে, কিন্তু f_e কে সর্বদা f_o অপেক্ষা বড় নিতে হবে। অর্থাৎ $f_e > f_o$ ।]

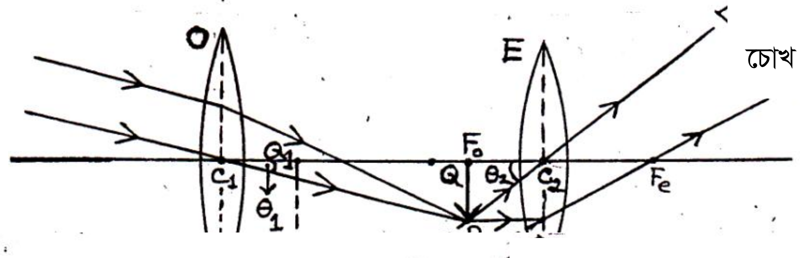
প্রশ্নঃ- নভোদূরবীক্ষন যন্ত্র কি? এর গঠন ও কার্যনীতি বর্ণনা কর এবং এর বির্ধনের রাশিমালা বের কর।

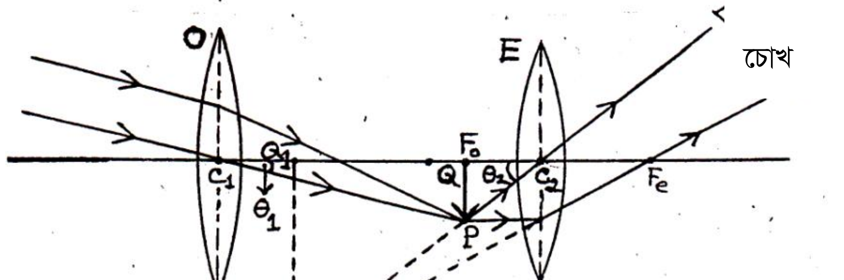
অথবাঃ পরিষ্কার রশ্মি চিত্রের সাহায্যে একটি নভোদূরবীক্ষন যন্ত্রের কার্যনীতি বর্ণনা কর এবং এর বিবর্ধনের রাশিমালা বের কর।

নভোদূরবীক্ষণ যন্ত্রঃ যে দূরবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে আকাশের বস্ড়ু সমুহ যেমন- গ্রহ, উপগ্রহ, নক্ষত্র, ধুমকেতু, উল্কা ইত্যাদি পর্যবেক্ষন করা হয় তাকে নভোদূরবীক্ষন যন্ত্র বলে। ডেনমার্কের জ্যোতির্বিদ কেপলার ১৬১১ সালে ইহা আবিষ্কার করেন।

নভোদূরবীক্ষণ যন্ত্রের বর্ণনাঃ এই যন্ত্রে দুটি উত্তল লেন্স একটি ফাপা ধাতব নলের দু'প্রান্ড়ে একই অক্ষে বসানো থাকে। লেন্সদ্বয়ের মধ্যে একটি থাকে পরীক্ষনীয় বস্তুর দিকে, একে অভিলক্ষ্য O বলা হয় এবং অপরটি থাকে পর্যবেক্ষকের চোখের দিকে একে অভিনেত্র E বলা হয়। অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব এবং উন্মেষ অপেক্ষাকৃত বড় থাকে এবং অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব ও উন্মেষ অপেক্ষাকৃত ছোট। (অভিলক্ষ্য ক্রাউন কাচের এবং অভিনেত্রটি ফ্লিন্ট কাচের তৈরী) প্রায়োজনে স্ক্রুর সাহায্যে অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব পরিবর্তন করা যায়। এই যন্ত্রের দৃষ্টিক্ষেত্র কম কিন্তু বিবর্ধন খুব বেশী। এজন্য এর সাথে ভিউফাইন্ডার নামক আরও একটি যন্ত্র যুক্ত থাকে। ভিউফাইন্ডারের দৃষ্টিক্ষেত্র খুব বেশী কিন্তু বিবর্ধন খুব কম। কাঙ্খিত বস্তু সনাক্তকরনে ইহা ব্যবহৃত হয়।

কার্যনীতি ঃ রশ্মি চিত্রের সাহায্যে একটি নভোদূরবীক্ষণ যন্ত্রের কার্যনীতি বা ক্রিয়া চিত্র (৩) এ দেখানো হয়েছে। অসীম দূরের কোন বস্ড় হতে আগত সমান্ড়রাল আলোক রশ্মিগুচ্ছ প্রধান অক্ষের সাথে আনতভাবে অভিলক্ষ্য, O এর উপর আপতিত হয়। এই রশ্মিগুচ্ছ অভিলক্ষ্য দ্বারা প্রতিসরণের পর অভিলক্ষ্যের ফোকাস তলের P বিন্দুতে মিলিত হয়। ফলে ফোকাস তলে বস্তুর একটি বাস্ড়ব, উল্টা এবং বস্তুর চেয়ে অনেক ছোট আকারের প্রতিবিম্ব PQ গঠিত হয়। PQ প্রতিবিম্বটি অভিনেত্র E এর জন্য বস্তু হিসেবে কাজ করে। ইহা অভিনেত্রের ফোকাস ও আলোক কেন্দ্রের মধ্যে অবস্থিত বলে অভিনেত্র PQ এর একটি অবাস্ড়ব সিধা ও বিবর্ধিন প্রতিবিম্ব P_1Q_1 গঠন করে। বস্তুটিকে সুস্পষ্টভাবে পর্যবেক্ষনের জন্য বস্তুর চুড়ান্ড় প্রতিবিম্ব P_1Q_1 কে পর্যবেক্ষকের স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্বে রাখা হয়।





৫) ।

চিত্রঃ (৩)

বিবর্ধনের রাশিমালাঃ দূরবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধন বলতে কৌণিক বিবর্ধনকে বুঝায়। কৌণিক বিবর্ধন বলতে বুঝায় প্রতিবিম্ব এবং বস্তু কর্তৃক চোখে উৎপন্ন কোণের অনুপাত। ধরি, প্রতিবিম্ব কর্তৃক চোখে উৎপন্ন কোন $=\theta_2$ এবং বস্তু কর্তৃক চোখে উৎপন্ন কোণ $=\theta_1$

তাহলে কৌনিক বিবর্ধ, $m=\frac{\theta_2}{\theta_1}$ । θ_1 ও θ_2 এর মান খুব ছোট হলে পাই, $m=\frac{\tan\theta_2}{\tan\theta_1}=\frac{\frac{PQ}{C_2F_o}}{\frac{PQ}{C_1F_o}}=\frac{C_1F_0}{C_2F_0}$

বা, $m=\frac{V_o}{u_e}$................(1)

এখানে, $C_1F_\circ=$ অভিলক্ষ্য হতে প্রতিবিম্বের দূরত্ব$=V_\circ$ এবং $C_2F_\circ=$ অভিনেত্রের বস্তুর দূরত্ব $=u_e$ । কিন্তু PQ প্রতিবিম্ব অভিলক্ষ্যের ফোকাস তলে অবস্থিত বলে $V_\circ=f_\circ$ । যেখানে $f_\circ=$অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব। অতএব, (১) থেকে পাই,

$$m=\frac{f_\circ}{u_e}..........................(2)$$

এখানে, অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব $=f_e$ এবং অভিনেত্র হতে চুড়ান্ড়প্রতিবিম্ব P_1Q_1 এর দূরত্ব $=V_e$ হলে আমরা পাই,

$$-\frac{1}{v_e}+\frac{1}{u_e}=\frac{1}{f_e}$$ [প্রতিবিম্ব অবাস্ড়ব বলে V_e ঋনাত্বক]

$$\therefore\frac{1}{u_e}=\frac{1}{f_e}+\frac{1}{V_e}...................(3)$$

সমীকরন (3) থেকে $\frac{1}{u_e}$ এর মান সমীকরন (২) এ বসাই, $m=f_0\left(\frac{1}{f_e}+\frac{1}{V_e}\right)$.................(4)

এখন, স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্বে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে $V_e=D$ । অতএব, $m=f_0\left(\frac{1}{f_e}+\frac{1}{D}\right)=\frac{f_0}{f_e}\left(1+\frac{f_e}{D}\right)$

আবার, অসীম দূরত্বে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে $V_e=\alpha$ । অতএব (4) থেকে পাই,

$$m=f_0\left(\frac{1}{f_e}+\frac{1}{\alpha}\right)\ \therefore m=\frac{f_o}{f_e}...................(6)$$

সমীকরন (5) এবং (6) যথাক্রমে স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্বে এবং অসীমে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে নভোদূরবীক্ষন যন্ত্রের বিবর্ধনের রাশিমালা।

প্রশ্নঃ- দূরবীক্ষণ যন্ত্রের দৈর্ঘ্যের রাশিমালা নির্ণয় কর।

নভোদূরবীক্ষণ যন্ত্রের দৈর্ঘ্য ঃ নভো দূরবীক্ষণ যন্ত্রের দৈর্ঘ্য $=L$ হলে আমরা পাই, $L=V_0+u_e$...........(1)

যেখানে $V_0=$অভিলক্ষ্যের প্রতিবিম্বের দূরত্ব এবং $u_e=$ অভিনেত্রের বস্তুর দূরত্ব। এই দূরবীক্ষন যন্ত্রের ক্ষেত্রে লক্ষ্যবস্তু সর্বদা অভিলক্ষ্য হতে অসীম দূরে থাকে বলে অভিলক্ষ্যের প্রতিবিম্ব সর্বদা ফোকাস তলে হয়। অর্থাৎ $V_0=f_0$ অতএব, (1) থেকে পাই।

$L=f_0+u_e$...........(2)

(i) **অসীমে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে দৈর্ঘ্য ঃ** এক্ষেত্রে চুড়ান্ড়প্রতিবিম্ব অসীম দূরে হওয়ার $V_e=\alpha$ হবে। এখন অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব $=f_e$ হলে আমরা পাই, $-\frac{1}{v_e}+\frac{1}{u_e}=\frac{1}{f_e}$ বা, $-\frac{1}{\alpha}+\frac{1}{u_e}=\frac{1}{f_e}$ বা, $o+\frac{1}{u_e}=\frac{1}{f_e}\ \therefore u_e=f_e$ অতএব (২) থেকে পাই, $L=f_0+f_e$...................(3)

(ii) **স্পস্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্বে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে দৈর্ঘ্য ঃ** এক্ষেত্রে চুড়ান্ড়প্রতিবিম্বটি পর্যবেক্ষকের স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্বে থাকে বলে $V_e=D$ হবে। অতএব, আমরা পাই, $-\frac{1}{v_e}+\frac{1}{u_e}=\frac{1}{f_e}$ বা, $-\frac{1}{D}+\frac{1}{u_e}=\frac{1}{f_e}$ বা $\frac{1}{u_e}=\frac{1}{f_e}+\frac{1}{D}$

বা, $\frac{1}{u_e}=\frac{D+f_e}{Df_e}\ \therefore u_e=\frac{Df_e}{D+f_e}$ অতএব, সমীকরন (২) থেকে পাই, $L=f_\circ+\frac{Dfe}{D+fe}-(4)$

প্রশ্নঃ- অনুবীক্ষণ ও দূরবীক্ষণ যন্ত্রের মধ্যে পার্থক্য কর।

অনুবীক্ষন যন্ত্র	**দূরবীক্ষণ যন্ত্র**
১। অতি ক্ষুদ্র বস্তুকে অতিমাত্রায় বিবর্ধিত করে দেখতে	১। বাহু দূরের বস্তুকে চোখের খুব কাছে প্রতিবিম্ব সৃষ্টির

ব্যবহৃত হয়।	মাধ্যমে দেখার জন্য ব্যবহৃত হয়।
২। অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব ও উন্মেষ অভিলক্ষ্যের চেয়ে বড় হয়	২। অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব ও উন্মেষ অভিলক্ষ্যের চেয়ে ছোট হয়।
৩। অভিলক্ষ, ও অভিনেত্র সর্বদা উত্তল লেন্স হয়ে থাকে।	৩। অভিনেত্র সর্বদা উত্তল লেন্স হলেও অভিলক্ষ্য উত্তল লেন্স বা অবতল দর্পন উভয়ই হতে পারে।
৪। চুড়ান্ড়প্রতিবিম্ব সর্বদা বস্তুর সাপেক্ষে উল্টা হয়।	৪। চুড়ান্ড়প্রতিবিম্ব কোন কোন ক্ষেত্রে বস্তুর সাপেক্ষে উল্টা আবার কোন কোন ক্ষেত্রে সিধা হয়ে থাকে।

জ্যামিতিক আলোক বিজ্ঞান (গানিতিক সমস্যাবলি) (আলোর প্রতিফলন)

সমস্যা→ ১। একটি অবতল দর্পনের বক্রতার ব্যাসার্ধ $30cm$. দপর্ণ হতে $40cm$ দূরে একটি বস্তু রাখা হলো। প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও বিবর্ধন নির্ণয় কর।

এখানে,
অবতল দর্পনের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r = 30cm$
$\therefore$ ফোকাস দূরত্ব, $f = \frac{r}{2}$ $\therefore f = \frac{30}{2} = 15cm$
বস্তুর দূরত্ব, $u = 40cm.$
প্রতিবিম্বের দূরত্ব, $v = ?$
" প্রকৃতি=?
বিবর্ধন, $m = ?$

আমরা জানি, $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ বা, $\frac{1}{v} = \frac{1}{15} - \frac{1}{40} = \frac{8-3}{120} = \frac{5}{120} = \frac{1}{24}$ $\therefore v = 24cm$

$\therefore$ প্রতিবিম্ব দর্পনের সামনে $24cm$ দূরে অবস্থিত (উত্তর)

প্রকৃতি: যেহেতু প্রতিবিম্বের দূরত্ব ধনাত্মক, অতএব প্রতিবিম্বটি বাস্ড়ব ও উল্টা। (উত্তর)

বিবর্ধন: আমরা জানি, $|m| = \frac{v}{u} = \frac{24}{40} = \frac{3}{5}$

যেহেতু প্রতিবিম্বটি বাস্ড়ব ও উল্টা, সেহেতু বিবর্ধন, $m = -\frac{3}{5}$ (উত্তর)

সমস্যা→ ২। একটি উত্তর দর্পনের ফোকাস দূরত্ব $10cm$ । মের" হতে $15cm$ দুরে একটি বস্তু স্থাপন করা হলো। প্রতিবিম্বের অবস্থান প্রকৃতি ও বিবর্ধন নির্ণয় কর। উঃ $v = -6cm,$ অবাস্ড়ব ও সিধা, বিবর্ধন $= \frac{2}{5}$ ।

[সংকেত: এখানে উত্তল দর্পনের ফোকাস দূরত্ব, $f = -10cm,$ বস্তুর দুরত্ব, $u = 15cm$ প্রতিবিম্বের দূরত্ব, $v = ?$ প্রকৃতি=? বিবর্ধন, $m = ?$]

সমস্যা→ ৩। একটি অবতল দর্পণের বক্রতার ব্যাসার্ধ $40cm$ । দর্পন হতে কত দূরে বস্ড় স্থাপন করলে দু'গুন বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব পাওয়া যাবে?

এখানে,
অবতল দর্পনের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r = 40cm$
$\therefore$ ফোকাস দূরত্ব, $f = \frac{r}{2} = \frac{40}{2} = 20cm$
বিবর্ধনের মান, $|m| = 2$
বস্তুর দূরত্ব, $u = ?$

মনেকরি, প্রতিবিম্বের দূরত্ব $v =$ । অতএব আমরা পাই

$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ বা, $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{20}$...........(1) আবার, আমরা জানি, $|m| = \frac{v}{u}$ বা, $2 = \frac{v}{u}$

$\therefore v = 2u$

অবতল দর্পন বলে প্রতিবিম্ব বাস্ড়ব ও অবাস্ড়ব উভয়ই হতে পারে। প্রতিবিম্বটি বাস্ড়ব হলে $v = 2u$ । অতএব, সমীকরন (1) থেকে পাই, $\frac{1}{2u} + \frac{1}{u} = \frac{1}{20}$ বা, $\frac{1+2}{2u} = \frac{1}{20}$

বা, $\frac{3}{2u} = \frac{1}{20}$ $\therefore 2u = 60$ $\therefore u = 30cm$ (উত্তর) আবার, প্রতিবিম্বটি অবাস্ড়ব হলে, $v = -2u$ হবে। অতএব। (1) থেকে পাই

$-\frac{1}{2u} + \frac{1}{u} = \frac{1}{20}$ বা, $\frac{-1+2}{2u} = \frac{1}{20}$ বা, $\frac{1}{2u} = \frac{1}{20}$ বা, $\therefore 2u = 20$ $\therefore u = 10cm$ (উত্তর)

সমস্যা→ ৪। $12cm$ ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট একটি অবতল দর্পন হতে কত দূরে একটি বস্তু স্থাপন করলে বিম্বের আকার বস্তুর আকারের তিনগুণ হবে? উঃ বাস্ড়ব প্রতিবিম্বের ক্ষেত্রে $16cm$ এবং অবাস্ড়ব প্রতিবিম্বের ক্ষেত্রে $8cm$ ।

[সমস্যা (৩) এর অনুরূপ]

সমস্যা→ ৫। $10cm$ ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট একটি অবতল দর্পন থেকে কত দূরে একটি বস্তু স্থাপন করলে বাস্ড়ব প্রতিবিম্বের আকার বস্তুর আকারের চারগুন হবে?

[সমস্যঃ ৩ বা ৪ এর অনুরূপ। প্রতিবিম্ব বাস্ড়ব বলে v কে ধনাত্মক ধরতে হবে] উঃ $25cm$

সমস্যা→ ৬। $15cm$ ফোকাস দূরত্বের একটি অবতল দর্পনের সামনে কোন বস্তু রাখলে তিনগুন বিবর্ধিত অবাস্ড়ব প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। দর্পন হতে বস্তুটির দূরত্ব কত? উঃ $10cm$

[সংকেত: সমস্যা ৩ বা ৪ এর অনুরূপ। এক্ষেত্রে অবাস্ড়ব প্রতিবিম্ব বলে v কে শুধু মাত্র ঋনাত্মক ধরতে হবে।

সমস্যা→ ৭। একটি অবতল দর্পনের ফোকাস দূরত্ব $0.2m$ । দর্পন টি হতে কত দূরে একটি বস্তু স্থাপন করলে বাস্ড়ব প্রতিবিম্বের আকার বস্তুর আকারের এক চতুর্থাংশ হবে? **উঃ** $1m$ ।

সমস্যা→ ৮। $90cm$ ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট কোন উত্তল দর্পন দ্বারা সৃষ্ট প্রতিবিম্বের আকার বস্তুর আকারের এক চতুর্থাংশ হলে দর্পন হতে বস্তুর দূরত্ব কত? **উঃ** $270cm$

[বি.দ্র. যেহেতু দর্পনটি উত্তল, অতএব প্রতিবিম্বটি অবাস্ড়ব হবে। অর্থাৎ $V = -\frac{u}{4}$]

সমস্যা→ ৯। $0.1m$ ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট একটি অবতল দর্পন হতে কত দূরে একটি বস্তু স্থাপন করলে সৃষ্ট অবাস্ড়ব প্রতিবিম্বের আকার বস্তুর আকারের চার গুণ হবে?

সমস্যা→ ১০। $30cm$ বক্রতার ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট একটি অবতল দর্পন হতে কত দূরে বস্তু রাখলে সমশীর্ষ দ্বিগুন আকারের প্রতিবিম্ব পাওয়া যাবে? উঃ $7.5cm$

[বিঃদ্রঃ সমশীর্ষ প্রতিবিম্ব অর্থ অবাস্ড়ব প্রতিবিম্ব। বিপরীত শীর্ষ অর্থ বাস্ড়ব প্রতিবিম্ব]

সমস্যা→ ১১। $20cm$ ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট একটি অবতল দর্পণের সন্মুখে কত দূরে $4cm$ দীর্ঘ একটি বস্তু রাখলে $8cm$ দীর্ঘ প্রতিবিম্ব পাওয়া যাবে? উঃ বাস্ড়ব প্রতিবিম্বে জন্য $u=30cm$ এবং অবাস্ড়ব প্রতিবিম্বের জন্য $u=10cm$ ।

[সমস্যা (৩) এর সাথে কোন পার্থক্য নেই। এক্ষেত্রে $|m|=\frac{y}{x}=\frac{8}{4}=2$ বের করতে হবে]

সমস্যা→ ১২। $30cm$ বক্রতার ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট একটি অবতল দর্পনের প্রধান ফোকাস ও মের"র মধ্যস্থলে $3cm$ দীর্ঘ একটি বস্তু রাখা হলো। প্রতিবিম্বের আকার (দৈর্ঘ্য), অবস্থান ও প্রকৃতি নির্ণয় কর।

এখানে,
অবতল দর্পনের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r=30cm$
$\therefore$ ফোকাস দূরত্ব, $f=15cm$
সুতরাং বস্তুর দূরত্ব, $u=\frac{15}{2}cm$
বস্তুর দৈর্ঘ্য, $x=3cm,$
প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য, $y=?$
" অবস্থান, $V=?$ প্রকৃতি=?

আমরা জানি, $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ বা, $\frac{1}{v}=\frac{1}{15}-\frac{2}{15}=-\frac{1}{15}$ $\therefore V=-15cm$ (উত্তর)

প্রকৃতিঃ যেহেতু প্রতিবিম্বের দুরত্ব ঋণাত্মক সেহেতু
প্রতিবিম্বটি অবাস্ড়ব ও সিধা (উত্তর)
প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য : ধরি বিবর্ধন= m

$\therefore |m|=\frac{V}{u}=\frac{-15}{\frac{15}{2}}=2$ আবার, $|m|=\frac{y}{x}$ বা, $2=\frac{y}{3}$ $\therefore y=6cm$ (উত্তর)

সমস্যা→ ১৩। একটি অবতল দর্পন $10cm$ দূরে অবস্থিত একটি বস্তুর দ্বিগুন আকৃতির একটি অবাস্ড়ব প্রতিবিম্ব গঠন করে। বস্তুটি দর্পন হতে $30cm$ দূরে রাখলে প্রতিবিম্ব কোথায় গঠিত হবে? প্রতিবিম্বের প্রকৃতি ও বিবর্ধন কত? উত্তরঃ $V_2=60cm$ বাস্ড়ব ও উল্টা, $m_2=-2$

[সংকেতঃ $u_1=10cm, |m_1|=2, |m_1|=\frac{V_1}{u_1}$ $\therefore V_1=-2u_1$ এখানে থেকে ফোকাস দূরত্ব f নির্ণয় কর। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে

$u_2=30cm, V_2=?,\ m_2=?$ প্রকৃতি=?

সমস্যা→ ১৪। f ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট একটি অবতল দর্পণের প্রধান ফোকাস হতে একটি বস্তু P এবং প্রতিবিম্ব q দূরে অবস্থিত। প্রমান কর যে, $Pq=f^2$ ।

[সংকেতঃ এখানে অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব $=f$, $\therefore$ বস্তুর দূরত্ব $u=p+f$ এবং প্রতিবিম্বের দূরত্ব, $V=q+f$ । এখন

$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ সূত্র ব্যবহার কর।]

সমস্যা→ ১৫। প্রমাণ কর যে, r বক্রতার ব্যাসার্ধের একটি অবতল দর্পনের মের" থেকে x দূরত্বে কোন বস্তু স্থাপন করলে এর বিম্বের দূরত্ব $V=\frac{rx}{2x-r}$ । [সংকেত $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{2}{r}$ সূত্র ব্যবহার কর। এখানে, $u=x$]

সমস্যা→ ১৬। একটি ঘরের বিপরীত দু' দেয়ালের মধ্যে দূরত্ব 4 মিটার। একটি দেয়ালে একটি অবতল দর্পন লাগানো আছে। দর্পন হতে 2.5 মিটার দূরে একটি বস্তু রাখলে তার প্রতিবিম্ব বিপরীত দেয়ালে গঠিত হয়। দর্পনের ফোকাস দূরত্ব কত? উঃ$1.54m$

[সংকেতঃ $u=2.5m$ এবং $v=4m, f=?$]

সমস্যা→ ১৭। একটি অবতল দর্পন হতে $12cm$ ও $20cm$ সামনের দুটি বিন্দুকে অনুবন্ধী ফোকাস গণ্য করা হয়। দর্পনটির ফোকাস দূরত্ব কত? উঃ $7.5cm$

[সংকেতঃ $12cm$ ও $20cm$ এর যে কোনটি u হলে অন্যটি হবে v]

সমস্যা→ ১৮। f ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট একটি অবতল দর্পনের সম্মুকে $3f$ দূরে একটি বস্তু রাখা হলো । বস্তুর সাপেক্ষে প্রতিবিম্বের আকার নির্ণয় কর। উঃ [বস্তুর আকারের অর্ধেক প্রতি বিম্বের আকার]

[সংকেতঃ ফোকাস দূরত্ব= f , বস্তুর দূরত্ব, $u=3f,$ অতপর $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ সূত্রের সাহায্যে V নির্ণয় কর। এখন $|m|=\frac{v}{u}=\frac{1}{2}$]

সমস্যা→ ১৯। একটি উত্তল দর্পন কর্তৃক গঠিত প্রতিবিম্বের আকার লক্ষ্য বস্তুর আকারের $\frac{1}{n}$ গুন। দর্পনের ফোকাস দূরত্ব f হলে প্রমাণ কর যে, বস্তুর দূরত্ব=$(n-1)f$ ।

[সংকেতঃ এখানে উত্তল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব $=-f, |m|=\frac{1}{n}=\frac{v}{u}$ $\therefore v=\frac{u}{n}$ । উত্তল দর্পনে প্রতিবিম্ব সর্বদা অবাস্ড়ব বলে $v=-\frac{u}{n}$ ।

এখন $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ প্রয়োগ কর]

সমস্যা→ ২০। গাণিতিকভাবে প্রমাণ কর যে, গোলীয় অবতল দর্পণের প্রধান ফোকাসে বস্তু রাখলে অসীমে এবং অসীমে বস্তু রাখলে প্রতিবিম্ব প্রধান ফোকাসে গঠিত হয়।

[$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ সূত্র প্রয়োগ কর। প্রথম ক্ষেত্রে $u=f$ ধরলে $V=\alpha$ হবে এবং ২য় ক্ষেত্রে $u=\alpha$ ধরলে $V=f$ হবে।] (প্রমাণিত)

সমস্যা→ ২১। গাণিতিকভাবে প্রমাণ কর যে, গোলীয় অবতল দর্পনের প্রধান ফোকাসে বস্তু রাখলে অসীমে এবং বক্রতার কেন্দ্রে বস্তু রাখালে প্রতিবিম্ব বক্রতার কেন্দ্রেই গঠিত হয়। [সংকেতঃ ২০ এর অনুরূপ। শুধু ২য় ক্ষেত্রে $u=r$ ধরে]

সমস্যা→ ২২। কোন একটি বিন্দু উৎস থেকে একগুচ্ছ অভিসারী রাশ্মি দর্পনের পশ্চাতে $30cm$ দূরে মিলিত হত। কিন্তু দর্পন কর্তৃক প্রতিফলিত হওয়ার পর দর্পনের সন্মুখে $15cm$ দূরে মিলিত হয়। দর্পনটি অবতল না উত্তল? এর ফোকাস দুরত্ব কত?

[সংকেত: যখনই "মিলিত হত" কথাটি থাকবে তখনি বুঝতে হবে যেখানে মিলিত হত সেখানে একটি অবাস্ড়ব বস্তু কল্পনা করতে হবে। তখন বস্তুর দূরত্ব ঋনত্মক হবে। যেমন এক্ষেত্রে $u=-30cm$ এবং $v=15cm$ । ফোকাস দূরত্ব $f=30cm$ হবে। আবার ফোকাস দূরত্ব ধনাত্মক বলে দর্পণটি অবতল। (উত্তর)]

সমস্যা→ ২৩। $0.015m$ ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট একটি অবতল দর্পন হতে $0.27m$ দূরে একটি বস্তু রাখা হলো। যদি বস্তুর দৈর্ঘ্য $12\times10^{-3}m$ হয় তবে তার প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য বের কর। [বিবর্ধন m বের করে বস্তুর দৈর্ঘ্য x কে গুন কর] উ: $0.707\times10^{-3}m$

সমস্যা→ ২৪। $0.10m$ ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট একটি উত্তল দর্পন থেকে $0.15m$ দূরে লক্ষ্যবস্তু স্থাপন করলে প্রতিবিম্ব কোথায় গঠিত হবে? প্রতিবিম্বের প্রকৃতি কি? উ: দর্পনের পিছনে $0.06m$ দূরে। প্রতিবিম্ব অবাস্ড়ব ও সিধা।

জ্যামিতিক আলোক বিজ্ঞান (গানিতিক সমস্যাবলি) (আলোর প্রতিসরন)

সমস্যা→ ১। বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাংক 1.33 হলে পানি সাপেক্ষে বায়ুর প্রতিসরাংক কত? উঃ 0.752

সমস্যা→ ২। বায়ু সাপেক্ষে পানি ও কাচের প্রতিসরাংক যথাক্রমে $\frac{4}{3}$ ও $\frac{3}{2}$ হলে (i) কাঁচ সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাংক কত এবং (ii) পানি সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাংক কত? উ: (i) 0.888 (ii) 1.125।

সমস্যা→ ৩। পানি সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাংক $\frac{9}{8}$। বায়ু সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাংক $\frac{3}{2}$। বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাংক কত?

এখানে, ${}_w\mu_g=\frac{9}{8}$
${}_a\mu_g=\frac{3}{2}$
${}_a\mu_w=?$

আমরা জানি, ${}_a\mu_w=\frac{{}_g\mu_w}{{}_g\mu_a}$................(1) এখন ${}_g\mu_w=\frac{1}{{}_w\mu_g}=\frac{1}{\frac{9}{8}}=\frac{8}{9}$

আবার ${}_g\mu_a=\frac{1}{{}_a\mu_g}=\frac{1}{\frac{3}{2}}=\frac{2}{3}$ $\therefore (1)$ থেকে পাই, ${}_a\mu_w=\frac{8}{9}\times\frac{3}{2}=\frac{4}{3}=1.33$ (উত্তর)

সমস্যা→ ৪। বায়ূ সাপেক্ষে গি- সারিনের প্রতিসরাংক 1.47 এবং পানি সাপেক্ষে গি- সারিনের প্রতিসরাংক 1.105। বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাংক কত? উ: 1.33।

সমস্যা→ ৫। পানি সাপেক্ষে বায়ুর প্রতিসরাংক $\frac{3}{4}$ হলে এদের মধ্যকার সংকট কোণ কত? উ: 48.59°

সমস্যা→ ৬। কাচ ও হীরকের প্রতিসরাংক যথাক্রমে 1.5 ও 2.5 হলে কাচ ও হীরকের মধ্যে সংকট কোণ নির্ণয় কর।

এখানে, $\mu_g=1.5$
$\mu_d=2.5$
কাচ ও হীরকের মধ্যে সংকট কোন $\theta_c=?$

প্রতিসরাংক কাচের কম হীরকের বেশী। অতএব,
কাচ হাল্কা এবং হীরক ঘন মাধ্যম। আমরা জানি,
হাল্কা সাপেক্ষে ঘন মাধ্যমের প্রতিসরাংক,

${}_g\mu_d=\frac{1}{\sin\theta_c}$ বা, $\sin\theta_c=\frac{1}{{}_g\mu_d}$.........(1) আবার, আমরা জানি, ${}_g\mu_d=\frac{\mu_d}{\mu_g}=\frac{2.5}{1.5}$

এখন সমীকরণ (1) থেকে পাই, $\sin\theta_c=\frac{1}{\frac{2.5}{1.5}}=\frac{1.5}{2.5}$ বা, $\theta_c=\sin^{-1}\left(\frac{1.5}{2.5}\right)=36.87^\circ$ (উত্তর)

সমস্যা→ ৭। বায়ু সাপেক্ষে পানি ও গি- সারিনের প্রতিসরাংক যথাক্রমে 1.33 ও 1.47। এদের মধ্যকার সংকট কোন কত? উ: 64.68°

সমস্যা→ ৮। আলো পানি থেকে কাচে প্রতিসরিত হচ্ছে। আপতন কোণ 45° হলে প্রতিসরণ কোণ কত?
$\mu_w=1.33$ **এবং** $\mu_g=1.52$ । **উ:** 38.21°

[সংকেত: এখানে, $i=45^\circ, r=?$ ${}_w\mu_g=\frac{\sin i}{\sin r}$ বা, $\sin r=\frac{\sin i}{{}_w\mu_g}$, ${}_w\mu_g=\frac{\mu_g}{\mu_w}$]

[বি.দ্র. কোন সাপেক্ষ না থাকলে বুঝতে হবে বায়ু সাপেক্ষে। এবং বায়ুর "a" না লিখলেও অসুবিধা নেই।

সমস্যা→ ৯। পানি সাপেক্ষে গি- সারিন এবং হীরকের প্রতিসরাংক যথাক্রমে 1.1 এবং 1.82 । (i) গি- সারিন সাপেক্ষে হীরকের প্রতিসরাংক কত? (ii) গি- সারিন ও হীরকের মধ্যকার সংকট কোণ কত? উ: ${}_g\mu_d=1.65; \theta_c=37.3^\circ$

সমস্যা→ ১০। বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাংক 1.33। আলোক রশ্মি বায়ু হতে পানিতে প্রবেশের সময় আপতন কোণ 45° হলে প্রতিসরন কোণ কত হবে? উ: 32.11°

সমস্যা→ ১১। পুকুরের মধ্যে অবস্থিত একটি আলোক উৎস হতে আলো বায়ুতে প্রতিসরিত হচ্ছে। প্রতিসরণ কোণ 40° হলে আপতন কোণ কত? পানির প্রতিসরাংক 1.33। উ: 28.82° বা $28^\circ 49'$

[সংকেত: $r=40^\circ$, $i=?$ ${}_a\mu_w=1.33$ । ${}_w\mu_a=\frac{\sin i}{\sin r}$ বা, ${}_a\mu_w=\frac{\sin r}{\sin i}$]

সমস্যা→ ১২। বায়ুতে একটি কাচ খন্ডের সংকট কোন 30° । $\sqrt{2}$ প্রতিসরাংক বিশিষ্ট মাধ্যমে নিমর্জ্জিত করলে কাচ খন্ডটির সংকট কোণ কত হবে?

এখানে, বায়ুতে কাচের সংকট কোণ, $\theta_c=30^\circ$
x মাধ্যমের প্রতিসরাংক $\mu_x=\sqrt{2}$
x মাধ্যমে কাচের সংকট কোণ $\theta_c'=?$

মনেকরি, মাধ্যমটি x এবং উহার প্রতিসরাংক $= \mu_x$ ।

কাচের প্রতিসরাংক μ_g হলে আমরা পাই, $\mu_g = \frac{1}{\sin\theta_c} = \frac{1}{\sin 30^\circ} = \frac{1}{\frac{1}{2}} = 2$

যেহেতু $\mu_g > \mu_x$ সেহেতু কাচ x মাধ্যম অপেক্ষা ঘন। অতএব, আমরা পাই

$${}_x\mu_g = \frac{1}{\sin\theta_c'}$$

বা, $\sin\theta_c' = \frac{1}{{}_x\mu_g} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ $\therefore \theta_c' = \sin^{-1}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 45^\circ$ (Ans)

আবার, ${}_x\mu_g = \frac{\mu_g}{\mu_x} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$

সমস্যা→ ১৩। সূর্যোদয় বা সূর্যাস্ত দেখার জন্য পানির মধ্যে একটি মাছকে কত কোণে তাকাতে হবে? পানির প্রতিসরাংক 1.33।

সূর্যোদয় বা সূর্যাস্তের সময় সূর্যালোক মোটামুটি পানি ও বায়ুর বিভেদ তলের অভিলম্বের সাথে লম্বভাবে আপতিত হয়। পানির মধ্যে প্রতিসরন কোণ r হলে, মাছকে r কোণে পূর্বদিকে বা পশ্চিম দিকে তাকাতে

এখন আমরা জানি, ${}_a\mu_w = \frac{\sin i}{\sin r}$ বা, $1.33 = \frac{\sin 90^\circ}{\sin r} = \frac{1}{\sin r}$

বা, $\sin r = \frac{1}{1.33}$ $\therefore r = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.33}\right) = 48.75^\circ$ (Ans)

এখানে, বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাংক, ${}_a\mu_w = 1.33$

$i = 90^\circ$ $r = ?$

সমস্যা→ ১৪। আপতন কোণ 40° হলে আলোক রশ্মি বায়ু হয়ে কোন তরলে প্রবেশ করতে 13° বিচ্যুত হয়। কোণ অবস্থায় তরলের অভ্যন্তরে আলোক রশ্মির পূর্ণ প্রতিফলন হবে? **উঃ $\theta_c = 44.82^\circ$ আপেক্ষা বড় কোনে আপতিত হলে।**

[সংকেতঃ $i = 40^\circ, r = (40^\circ - 13^\circ) = 27^\circ$ । μ নির্ণয় কর। এখন $\mu = \frac{1}{\sin\theta_c}$]

সমস্যা→ ১৫। একটি সমবাহু প্রিজমের প্রতিসরাংক $\sqrt{2}$ হলে এর ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ কত? **উঃ 30°**

[সংকেত : $\mu = \sqrt{2}$, **সমবাহু প্রিজমের প্রত্যেক কোণ সমান বলে, প্রিজম কোণ** $A = 60^\circ$, ন্যূনতম বিচ্যুতি $\delta_m = ?$

এখন, $\mu \frac{\sin\frac{A+\delta_m}{2}}{\sin\frac{A}{2}}$ সূত্র ব্যবহার কর।]

সমস্যা→ ১৬। একটি প্রিজমের প্রিজম কোণ এবং ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ যথাক্রমে 60° ও 30°। প্রিজমটির উপাদানের প্রতিসরাংক নির্ণয় কর। **উঃ 1.41।**

সমস্যা→ ১৮। একটি প্রিজমকে ন্যূনতম বিচ্যুতি অবস্থানে রেখে আপতন কোণের মান 40° পাওয়া যায়। প্রিজমটির উপাদানের প্রতিসরাংক 1.5 হলে প্রিজম কোণ কত? **উঃ 50.68|**

[সংকেতঃ $\mu \frac{\sin\frac{A+\delta_m}{2}}{\sin\frac{A}{2}}$ সূত্র ব্যবহার কর। আবার, $\delta_m = i_1 + i_1 - A$ বা, $\delta_m = 80 - A$ বসাও]

সমস্যা→ ১৯। একটি প্রিজমের প্রিজম কোন 58°। নূনতম বিচ্যুতি অবস্থানে বিচ্যুতি কোন 38° হলে (i) প্রিজম উপাদানের প্রতিসরাংক (ii) প্রথম আপতন কোণ (iii) প্রথম প্রতিসরন কোণ (iv) দ্বিতীয় আপতন কোণ (v) দ্বিতীয় প্রতিসরণ কোণ নির্ণয় কর। **উঃ** $(i)\,1.53$ $(ii)\ 48^\circ$ $(iii)\ 29^\circ$ $(iv)\ 29^\circ$ $(v)\ 48^\circ$

সমস্যা→ ২০। একটি প্রিজমের প্রিজম কোণ (বা প্রতিসরণ কোণ) এবং প্রতিসরাংক $\sqrt{2}$ । প্রথম তলে আপতন কোণ 45° হলে 60° **দ্বিতীয় তলে নির্গমণ কোণ কত?** **উঃ 45°**

[সংকেতঃ $A = 60^\circ;\ \mu = \sqrt{2},\ i_1 = 45^\circ,\ i_2 = ?\ \mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1}$ এবং $\mu = \frac{\sin i_2}{\sin r_2}$ ও $A = r_1 + r_2$ ব্যবহার কর]

সমস্যা→ ২১। $10cm$ ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট একটি উত্তল লেন্স হতে $30cm$ দূরে একটি বস্তু রাখা হল। প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও বিবর্ধন নির্ণয় কর। **উঃ $V = 15cm$, প্রকৃতি : বাস্তব ও উল্টা এবং $m = -0.5$**

[সংকেতঃ উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব $f = 10cm, u = 30cm, V = ?$ প্রকৃতি=? $|m| = ?$ এখন $\frac{1}{V} + \frac{1}{u} + = \frac{1}{f}$ সূত্র ব্যবহার কর]

সমস্যা→ ২২। একটি অবতল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব $10cm$ । লেন্সের বামপার্শ্বে অসীমে একটি বস্তু স্থাপন করলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও বিবর্ধন নির্ণয় কর। **উঃ ফোকাস তলে ; অবাস্তব ও সিধা ;বিবর্ধনঃ শূন্য।**

[সংকেতঃ $u = \alpha;\ f = -10cm. V = ?$ এখন সমস্য (21) এর মত।

সমস্যা→ ২৩। একটি উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব $30cm$. উহা হতে কত দূরে বস্তু রাখলে প্রতিবিম্ব 3 গুন আকারের হবে। **উঃ $40cm$ এবং $20cm$ ।**

[$f = 30cm,\ |m| = 3,\ |m| = \frac{v}{u}\ \therefore v = 3u$ (বাস্তবের জন্য) , $V = -3$ (অবাস্তবের জন্য)

সমস্যা→ ২৪। একটি উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব $0.75m$। লেন্স থেকে কত দূরে একটি বস্তু রাখলে তিনগুণ বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব পাওয়া যাবে? **উ:** $1m$ ও $5m$

সমস্যা→ ২৫। একটি উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব $20cm$। লেন্সে হতে $30cm$ দূরে একটি ছোট $6cm \times 4cm$ জানালা আছে প্রতিবিম্বের ক্ষেত্রফল কত? **উ:** $12cm \times 8cm$ **বা** $96cm^2$।

[সংকেত: $|m|$ নির্ণয় কর। এরপর প্রতিবিম্বের ক্ষেত্রফল=বস্তুর দৈর্ঘ্য $\times m \times$ বস্তুর প্রস্থ $\times m$]

সমস্যা→ ২৬। একটি সরু উভোওল লেন্সের বক্রতার ব্যাসাধদ্বয় $10cm$ ও $15cm$। লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক 1.5। লেন্সেটির ক্ষমতা কত? **উ:** $8.33D$

[সংকেত: আপতিত রশ্মির সাপেক্ষে উভোত্তল লেন্সের ১ম তল উত্তল এবং ২য় তল অবতল কর। $r_1 = 10cm,\ r_2 = -15cm$ এখন $\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$ থোকে f বের কর। অত:পর f কে মিটারে প্রকাশ করে বিপরীত রাশি লও।]

সমস্যা→ ২৭। একটি উভাবতল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধদ্বয় $12cm$ ও $18cm$। লেন্সেটির উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 হলে উহার ফোকাস দূরত্ব ও ক্ষমতা কত? **উ:** $-14.4cm$ **এবং** $-6.94D$

[সংকেত: আপতিত রশ্মির সাপেক্ষে উভাবতল লেন্সের ১ম তল অবতল এবং দ্বিতীয় তল উত্তল। অতএব $r_1 = -12cm$ এবং $r_2 = +18cm$ ধর। এরপর সমস্যা (২৬) এর মত]

সমস্যা→ ২৮। একটি সরু অবতলোত্তল লেন্সের উত্তল পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ $4cm$ এবং অবতল পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ $6cm$। লেন্সটির ক্ষমতা কত? **উ:** $4.17D$

[সংকেত: আলোক রশ্মি প্রথমে উত্তল পৃষ্ঠে আপতিত হলে আলোক রশ্মি সাপেক্ষে উভয় তলই উত্তল। তখন, $r_1 = 4cm,\ r_2 = 6cm]\ \ \mu = 1.5$

সমস্যা→ ২৯। বায়ুতে একটি কাচ লেন্সের ফোকাস দূরত্ব $20cm$ হলে পানিতে এর ফোকাস দূরত্ব কত। বায়ু সাপেক্ষে কাচের ও পানির প্রতিসরাংক যথাক্রমে $\frac{3}{2}$ ও $\frac{4}{3}$। **উ:** $80cm$

[সংকেত: $f_a = 20cm,\ f_\omega = ?\ {}_a\mu_g = \frac{3}{2},\ {}_a\mu_w = \frac{4}{3};$ ধরি লেন্সটির বক্রতার ব্যাসর্ধদ্বয় r_1 ও r_2।

$\therefore \frac{1}{f_a} = \left({}_a\mu_g - 1\right)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) ....(1)$ ও $\frac{1}{f_\omega} = \left({}_w\mu_g - 1\right)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) ....(2)$ এখন সমীকরন $(1) \div (2)$ কর।]

সমস্যা→ ৩০। বায়ূ সাপেক্ষে পানি ও কাচের প্রতিসরাংক যথাক্রমে $\frac{4}{3}$ ও $\frac{3}{2}$ হলে দেখাও কাচ লেন্সের পানিতে ফোকাস দূরত্ব বায়ুতে ফোকাস দূরত্বের চার গুণ।

সমস্যা→ ৩১। $6cm$ লম্বা একটি বস্তুকে $16cm$ ফোকাস দূরত্বের উত্তল লেন্স থেকে $12cm$ দূরে স্থাপন করা হলো প্রতিবিম্বের আকার (দৈর্ঘ্য) নির্ণয় কর। **উ:** $24cm$

সমস্যা→ ৩২। কোন লেন্স $80cm$ দূরে স্থাপিত একটি বস্তুর সমান আকারের একটি বাস্তব বিম্ব গঠন করে। লেন্সটি উত্তল না অবতল? এর ক্ষমতা কত? **উ:** $2.5D$

[সংকেত: $u = 80cm, |m| = 1,\ \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ থেকে f বের করে মিটারে এনে বিপরীত রাশি বের কর]

সমস্যা→ ৩৩। একটি লেন্সের ক্ষমতা $+2D$। লেন্সটি উত্তল না অবতল? এর ফোকাস দূরত্ব কত? **উ: উত্তল** $0.5m$

সমস্যা→ ৩৪। $0.25m$ ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল লেন্স এবং $0.75m$ ফোকাস দূরত্বের একটি অবতল লেন্স নিয়ে সমবায় গঠন করা হল। সমবায়টির তুল্য ফোকাস দূরত্ব ও ক্ষমতা নির্ণয় কর। **উ:** $0.375m$ **এবং** $2.67D$

[সংকেত: $f_1 = 0.25m,\ f_2 = -0.75m, \frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$ থেকে F বের কর। অতএব $P = \frac{1}{F}$]

সমস্যা→ ৩৫। কোন লেন্সের ক্ষমতা $+4D$। লেন্স হতে কত দূরে বস্তু স্থাপন করলে বস্তুর অর্ধেক আকারের বিম্ব সৃষ্টি হবে? **উঃ** $0.75m$ **বা** $75cm$।

[সংকেত: $p = 4D\ ;\ p = \frac{1}{f}m\ \therefore f = \frac{1}{p}m;$ যেহেতু $|m| = \frac{1}{2}$ অতএব বিম্বটি বাস্তব। $|m| = \frac{v}{u}$ বা, $\frac{1}{2} = \frac{v}{u}\ \therefore v = \frac{u}{2}$ এখন $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ হতে u নির্ণয় কর]

সমস্যা→ ৩৬। $20cm$ **ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল লেন্স এবং অন্য একটি অবতল লেন্স নিয়ে সমবায় গঠন করা হলো। সমতুল্য লেন্সের ক্ষমতা** $3D$ **হলে অবতল লেন্সটি ফোকাস দূরত্ব কত?** **উঃ** $-50cm$

[সংকেত: $f_1 = 20cm = .2m \therefore P_1 = \frac{10}{2} = 5D,\ P = P_1 + P_2$ বা $P_2 = P - P_1 = 3 - 5 = -2D.$

$P_2 = \frac{1}{f_2(m)}, \therefore f_2 = \frac{1}{P_2} = -\frac{1}{2}m = -.5m = -50cm]$

সমস্যা→ ৩৭। $-2.5D$ **এবং** $3.5D$ **ক্ষমতা বিশিষ্ট দুটি লেন্সের সমবায় করা হলো। লেন্স সমবায়টির ক্ষমতা ও ফোকাস দূরত্ব কত?**

উঃ $1D$ **ও** $1m$

[সংকেত: $P = P_1 + P_2$ এবং $P = \frac{1}{F} \quad \therefore F = \frac{1}{p}m]$

জ্যামিতিক আলোক বিজ্ঞান (গানিতিক সমস্যাবলি) (আলোক যন্ত্রপাতি)

সমস্যা→ ১। একটি যৌগিক অনুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে $2cm$ **ও** $5cm$ **এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্ব** $16cm$ **। যদি শেষ বা চুড়ান্ড় প্রতিবিম্বটি অভিনেএ থেকে** $20cm$ **দূরে গঠিত হয় তাহলে** (i) **অভিলক্ষ্য হতে বস্ড়র দূরত্ব কত? এবং** (ii) **মোট বিবর্ধন কত?** **উঃ** $u_\circ = 2.4cm$ **এবং** $(ii)\ m = 25$ ।

[সংকেত: এখানে, $f_\circ = 2cm,\ f_e = 5cm,$ অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব $V_\circ + u_e = 16cm$, অভিনেত্র হতে চুড়ান্ড় প্রতিবিম্বের দূরত্ব $V_e = -20cm,$ স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব $D = |V_e| = 20cm$ (i) অভিলক্ষ্য হতে বস্তুর দূরত্ব $u_\circ = ?$ (ii) মোট বিবর্ধন $m = ?$ অভিলক্ষ্যের জন্য পাই, $\frac{1}{V_\circ} + \frac{1}{u_\circ} = \frac{1}{f_\circ}$ বা, $\frac{1}{u_\circ} = \frac{1}{2} - \frac{1}{V_\circ}$............(1)

আবার $V_\circ + u_e = 16 \therefore V_\circ = 16 - u_e$..............(2) এখন, অভিনেত্রের ক্ষেত্রে পাই, $\frac{1}{V_e} + \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$

বা, $-\frac{1}{20} + \frac{1}{u_e} = \frac{1}{5} \quad \therefore \frac{1}{u_e} = \frac{1}{5} + \frac{1}{20}$ এখানে থেকে u_e এর মান বের করে (2) এ বসালে $V_\circ$ পাওয়া যাবে। $V_\circ$ এর মান (1) এ বসালে $u_\circ$ পাওয়া যাবে। (ii) মোট বিবর্ধন, $m = \frac{V_\circ}{u_\circ}\left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$............(3) সমীকরন (3) এ $V_\circ, u_\circ,\ D$ ও f_e এর মান বসাও।

সমস্যা→ ২। একটি অনুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে $4mm$ **ও** $5cm$ **। অভিলক্ষ্য হতে** $20cm$ **দূরে বস্তুর বিম্ব গঠিত হবার পর অভিনেত্র হতে** $25cm$ **দূরে চুড়ান্ড় অলীক বিম্বটি দেখা যায়। বিম্বটির মোট বিবর্ধন কত? উঃ 294**

[$m = \frac{V_\circ}{u_\circ}\left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$ সূত্র ব্যবহার কর। এখানে, $D = |V_e| = 25cm$]

সমস্যা→ ৩। একটি যৌগিক অনুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে $0.02m$ **এবং** $0.05m$ **ও তাদের মধ্যবর্তী দূরত্ব** $0.16m$ **। অভিলক্ষ্যের সামনে** $0.024m$ **দূরে বস্তুস্থাপন করলে অভিনেত্র হতে কত দূরে প্রতিবিম্ব গঠিত হবে?**

[সংকেত: সমস্য (১) এর অনুরূপ। নিজে কর] **উঃ** $V_e = -0.2m$

সমস্যা→ ৪। একটি সরল অনুবীক্ষণ যন্ত্রে ব্যবহৃত লেন্সের ফোকাস দূরত্ব $14cm$ **। পর্যবেক্ষকের স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্ব** $25cm$ **হলে যন্ত্রটির বিবর্ধন কত?** **উঃ 2.79।**

[সংকেত: সরল অনুবীক্ষন যন্ত্রের বিবর্ধন $m = 1 + \frac{D}{f}]$

সমস্যা→ ৫। এক ব্যক্তি একটি বিবর্ধক কাচ চোখের খুব নিকটে ধরে দেখল কাচটির বিবর্ধন ক্ষমতা 12। তার চোখের স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব $0.25m$ **হলে বিবর্ধক কাচটির ফোকাস দূরত্ব কত?** **উঃ** $f = 0.023m$

[সংকেত: ৪ এর মত

সমস্যা→ ৬। কোন নভো দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে $30cm$ **ও** $2cm$ **। অসীমে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে বিবর্ধন এবং যন্ত্রের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।** **উঃ** $m = 15$ **এবং যন্ত্রের দৈর্ঘ্য** $L = 32cm.$

[সংকেত: এখানে, $f_\circ = 30cm,\ f_e = 2cm, D = \alpha$ বিবর্ধন, $m = ?$ এবং যন্ত্রের দৈর্ঘ্য, $L = ?$ আমরা, জানি,

$m = f_\circ\left(\frac{1}{f_e} + \frac{1}{D}\right)$; অসীমে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে যন্ত্রের দৈর্ঘ্য, $L = f_\circ + f_e$

সমস্যা→ ৭। একটি নভো দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে $0.5m$ **ও** $0.05m$ **। স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্বে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে বিবর্ধন এবং যন্ত্রের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।** **উঃ** $m = 12$ **এবং যন্ত্রের দৈর্ঘ্য** $L = 0.54m.$

[সংকেত: এখানে, $f_\circ = 0.5m,\ f_e = 0.05m,\ D = 0.25m,$ বিবর্ধন, $m = ?$ যন্ত্রের দৈর্ঘ্য, $L = ?$ আমরা জানি, $m = f_\circ\left(\frac{1}{f_e} + \frac{1}{D}\right)$; স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্বে ফোকাসিং-এর ক্ষেত্রে যন্ত্রের দৈর্ঘ্য, $L = f_\circ + \frac{Dfe}{D + f_e}$ এখন মান বসাও]

সমস্যা→ ৮। একটি নভো দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে $1m$ ও $0.05m$। অসীমে (বা স্বাভাবিক ফোকাসিং) এবং স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্বে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে বিবর্ধন ও যন্ত্রের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। উঃ অসীমে (বা স্বাভাবিক) ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে $m = 20$ ও যন্ত্রের দৈর্ঘ্য= $1.05m$ এবং স্পষ্ট দর্শনের নিকতম দূরত্বে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে, $m = 25$ ও $L = 1.04m$

সমস্যা→ ৯। স্বাভাবিক দর্শনের জন্য 4 বিবর্ধন বিশিষ্ট একটি নভো দূরবীক্ষণ যন্ত্রের লেন্স দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব $0.36m$ হলে লেন্সদ্বয়ের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় কর। উঃ $f_\circ = 0.288m$ এবং $f_e = 0.072m$।

[সংকেত: [স্বাভাবিক দর্শন বা শুধু বিবর্ধন বলতে অসীমে ফোকাসিং বুঝায়] এখানে, $m = 4,\ f_\circ + f_e = 0.36.........(1)$ $D = \alpha,\ f_\circ = ?$ এবং $f_e = ?$ $m = f_\circ\left(\frac{1}{f_e} + \frac{1}{D}\right)$ বা, $4 = \frac{f_\circ}{f_e}$ $\therefore f_\circ = 4f_e.........(2)$ $f_\circ$ এর মান সমীকরন (1) এ বসাও। এরপর f_e এর মান (2) এ বসাও]