# भौतिकी

## अध्याय-9: किरण प्रकाशिकी एवं प्रकाशिक यंत्र

**प्रकाश क्या है**

जब हम किसी बंद कमरे में जाते हैं तो अंधेरे के कारण कमरे में कुछ नहीं दिखाई देता है। पर जैसे ही हम कमरे में मोमबत्ती या बल्ब जलाते हैं तो इसके प्रकाश से हमें कमरे की वस्तुएं दिखाई देने लगती है।

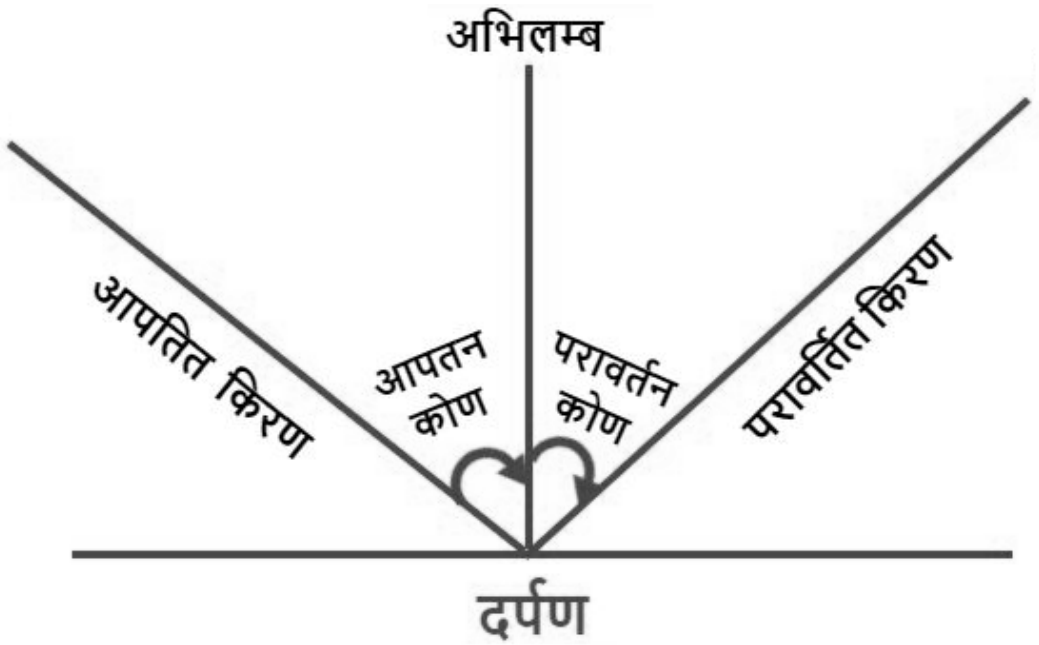
यह ऐसे काम करती है - जब मोमबत्ती जलाते हैं तो इससे प्रकाश के रूप में उर्जा (विकिरण) निकलती है जो वस्तुओं पर गिरती है फिर वापस लौट कर हमारी आंखों में प्रवेश करती है। जिससे हमें वस्तु दिखाई देने लगती हैं। अर्थात्

" प्रकाश एक विकिरण ऊर्जा है जो हमारी आंखों को संवेदित करती है जिससे हमें वस्तु दिखाई देती है। "

प्रकाश विद्युत चुंबकीय स्पेक्ट्रम का एक हिस्सा है। प्रकाश की चाल $3 \times 10^8$ मीटर/सेकंड होती है प्रकाश विद्युत चुंबकीय तरंग के रूप में चलता है।

## प्रकाश का परावर्तन

जब प्रकाश की एक किरण, पॉलिश की गई सतह जैसे दर्पण पर पड़ती है, तो वह सतह से टकराकर समान माध्यम में वापस लौट जाती है। यह परिघटना प्रकाश का परावर्तन (reflection) कहलाती है।



परावर्तन में प्रकाश की आवृत्ति, चाल तथा तरंगदैर्ध्य अपरिवर्तित रहती है परन्तु एक कलान्तर उत्पन्न हो सकता है जोकि परावर्तक पृष्ठ की प्रकृति पर निर्भर करता है।

प्रायोगिक रूप से पाया गया है कि आपतित तथा परावर्तित तरंगें दो माध्यमों की उभयनिष्ठ परिसीमा पर अभिलम्ब से समान कोण बनाती है।

**प्रकाश का परावर्तन का उदाहरण**

जब बल्ब जलता है, तो बल्ब प्रकाश पैदा करता है, तब प्रकाश वस्तु पर पड़ता है और बहने वाली रोशनी उस वस्तु के माध्यम से हमारी आंखों तक पहुंचती है और जिसके कारण हम चीजों को देख सकते है।

**प्रकाश का परावर्तन के प्रकार**

प्रकाश का परावर्तन दो प्रकार का होता है
(1) नियमित परावर्तन
(2) अनियमित परावर्तन

**1. नियमित परावर्तन-** जब प्रकाश किरणें किसी चमकीली सतह पर पड़ती हैं और एक निश्चित दिशा में परावर्तित होती हैं, तो इस परावर्तन को नियमित परावर्तन कहा जाता है।

**2. अनियमित परावर्तन-** जब प्रकाश की किरणें किसी न किसी सतह पर आपतित होती हैं, तो ये किरणें अलग-अलग दिशाओं में परावर्तित होती हैं। इस प्रकार के परावर्तन को अनियमित परावर्तन कहा जाता है।

**प्रकाश परावर्तन के नियम**

परावर्तन के दो नियम दिए जाते हैं

प्रकाश का परावर्तन के नियम

1. आपतन कोण = परावर्तन कोण अर्थात् कोण i = कोण r

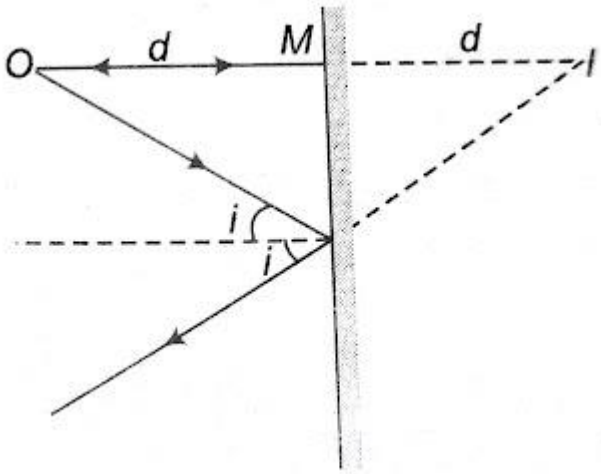
2. आपतित किरण, परावर्तित किरण तथा आपतन बिन्दु पर अभिलम्ब तीनों समान तल में होते हैं।

**आपतन कोण** - परावर्तन, आपतित तथा परावर्तित तरंगें दो माध्यमों की उभयनिष्ठ परिसीमा पर अभिलम्ब से समान कोण बनाती है।

परावर्तित किरण और अभिलंब के बीच के कोण परावर्तन कोण कहते हैं

**समतल दर्पण**

एक बिन्दु वस्तु (O) का समतल दर्पण द्वारा प्राप्त प्रतिबिम्ब (I) चित्र में प्रदर्शित है।




**समतल दर्पण से परावर्तन नियम**

(i) प्रतिबिम्ब का आकार = वस्तु का आकार

(ii) प्रतिबिम्ब की दर्पण से दूरी = वस्तु की दर्पण से दूरी or MO = MI

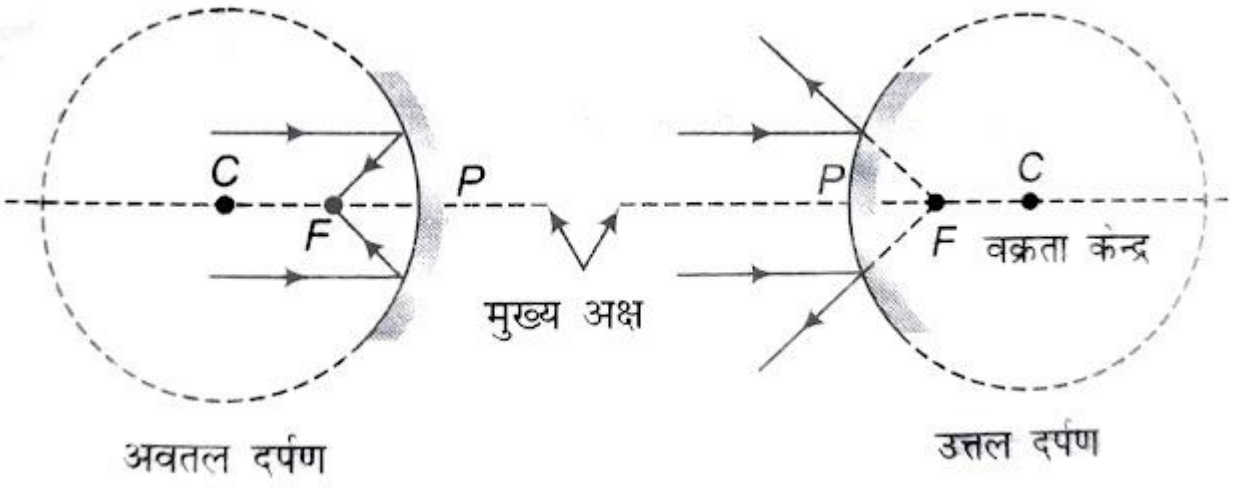
(iii) प्रतिबिम्ब आभासी, सीधा तथा पार्श्विक रूप से व्युत्क्रमित बनता है अर्थात् वस्तु का दायाँ भाग प्रतिबिम्ब में बाएँ प्राप्त होता है।

## गोलीय दर्पण (Spherical Mirror)

गोलीय दर्पण काँच के किसी खोखले गोले का भाग है, जिसके एक पृष्ठ पर कलई (रजत पदार्थ का लेप) तथा दूसरा पृष्ठ परावर्तक होता है। गोलीय दर्पण दो प्रकार के होते हैं

### (i) उत्तल दर्पण (Convex Mirror)

ऐसे दर्पण जिनमें परावर्तन उभरी हुई सतह (bulging out surface) से होता है उत्तल दर्पण कहलाते हैं। ये किरणों को अपसारित करते हैं। इनका उपयोग सड़क के किनारे लगे लैम्पों में, गाड़ियों के पश्च दृश्य दर्पण (Rear view mirror) के रूप में होता है।




### (ii) अवतल दर्पण (Concave Mirror)

ऐसे दर्पण जिनमें परावर्तन दबी हुई सतह (bent in surface) से होता है, अवतल दर्पण कहलाते हैं। ये दर्पण किरणों को अभिसारित करते हैं। इनका उपयोग सर्चलाइट में, दूरदर्शी में, सिनेमा के प्रोजेक्टर में, दाढ़ी बनाने वाले दर्पण के रूप में किया जाता है।

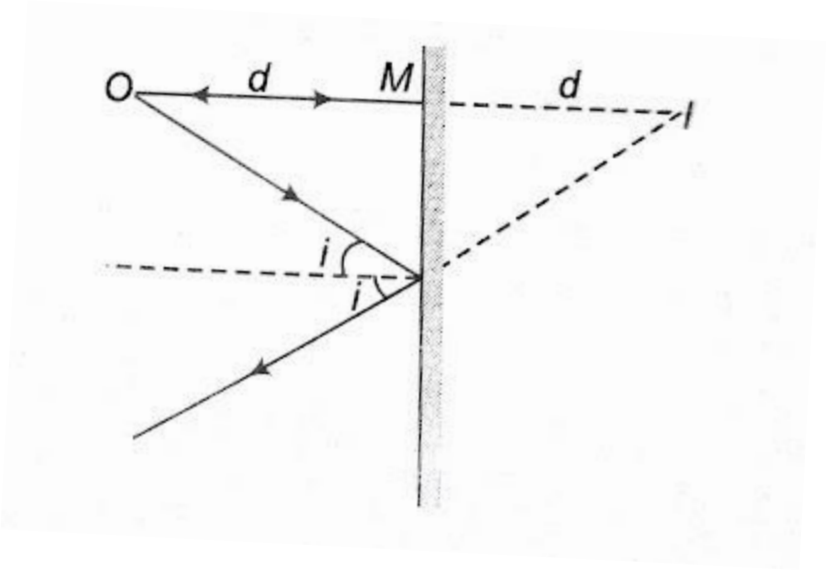
**परावर्तित किरण:** परावर्तित किरण, परावर्तन बिंदु से दर्पण द्वारा वापस भेजी जाने वाली प्रकाश किरण है।

**अभिलम्ब:** परावर्तन बिंदु से परावर्तन सतह के लंबवत खींची गयी रेखा को अभिलम्ब कहते है

**परावर्तन कोण:** परावर्तन किरण के द्वारा अभिलम्ब से निर्मित कोण को परावर्तन का कोण कहा जाता है। आपाती किरण, आपतन बिंदु पर अभिलंब और परावर्तित किरण सभी एक ही समतल में स्थित होते हैं।

## समतल दर्पण समतल सतह से परावर्तन

एक बिन्दु वस्तु (O) का समतल दर्पण द्वारा प्राप्त प्रतिबिम्ब (I) चित्र में प्रदर्शित है।




**समतल दर्पण से परावर्तन नियम**

(i) प्रतिबिम्ब का आकार = वस्तु का आकार

(ii) प्रतिबिम्ब की दर्पण से दूरी = वस्तु की दर्पण से दूरी or MO = MI

(iii) प्रतिबिम्ब आभासी, सीधा तथा पार्श्विक रूप से व्युत्क्रमित बनता है अर्थात् वस्तु का दायाँ भाग प्रतिबिम्ब में बाएँ प्राप्त होता है।

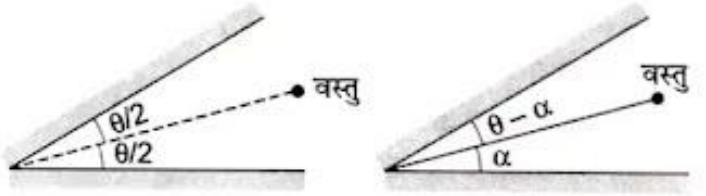
**समतल दर्पण से परावर्तन**

(i) यदि दो समतल दर्पण के बीच कोण है। तब प्रतिबिम्बों की संख्या n

$$n = \begin{cases} \frac{360^\circ}{\theta}, & \text{यदि } \frac{360^\circ}{\theta} \text{ विषम है} \\ \frac{360^\circ}{\theta} - 1, & \text{यदि } \frac{360^\circ}{\theta} \text{ सम है} \end{cases}$$

पुनः जब $\frac{360^\circ}{\theta}$ विषम है, तब

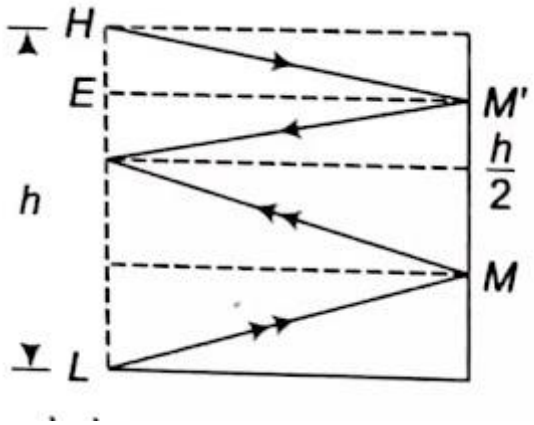
$$n = \begin{cases} \frac{360^\circ}{\theta} - 1, & \text{यदि वस्तु दोनों दर्पणों के कोण द्विभाजक परसममित रूप से रखी है} \\ \frac{360^\circ}{\theta}, & \text{यदि वस्तु असममित रूप से रखी है} \end{cases}$$



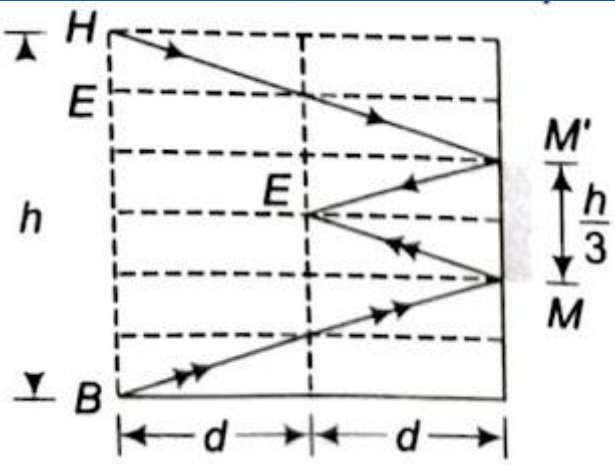

(ii) θ कोण पर झुके दो समतल दर्पणों द्वारा उत्पन्न विचलन

विचलन कोण = 360° - 2θ

(iii) ऊँचाई h वाले व्यक्ति को अपना पूर्ण प्रतिबिम्ब देखने के लिए आवश्यक समतल दर्पण की न्यूनतम ऊँचाई h/2 होती है।

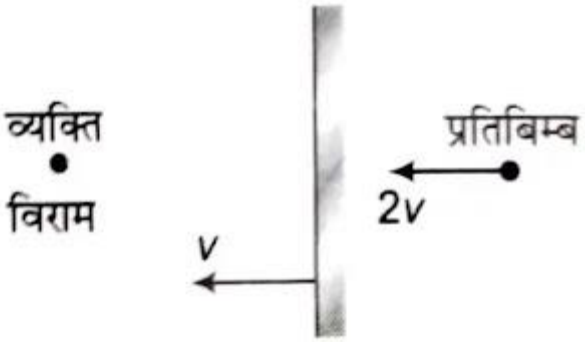



(iv) एक व्यक्ति एक कमरे के ठीक बीच में खड़ा होकर अपने पीछे की सम्पूर्ण दीवार का प्रतिबिम्ब सामने की दीवार में लगे समतल दर्पण में देखना चाहे तो दर्पण का न्यूनतम आकार दीवार के आकार का एक - तिहाई होना चाहिए।




(v) जब कोई व्यक्ति समतल दर्पण की ओर v वेग से चलता है तो उसे दर्पण में अपना प्रतिबिम्ब 2v वेग से गति करता हुआ प्रतीत होता है।

(vi) जब समतल दर्पण v चाल से स्थिर व्यक्ति की ओर गति करता है तो प्रतिबिम्ब 2v चाल से व्यक्ति की ओर गति करता है।




गतिमान दर्पण

(vii) जब समतल दर्पण के सम्मुख रखी वस्तु स्थिर है तथा दर्पण वस्तु की ओर x दूरी चलता है तो उसका प्रतिबिम्ब भी x विस्थापित हो जाता है।

(viii) समतल दर्पण की फोकस दूरी तथा वक्रता त्रिज्या दोनों अनन्त होती हैं जबकि क्षमता शून्य होती है।

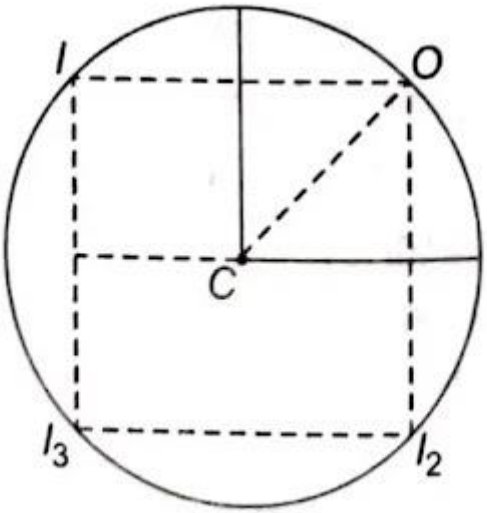
(ix) समतल दर्पण के लिए आवर्धन क्षमता + 1 होती है

(x) समतल दर्पण से प्रकाश किरण के परावर्तन के लिए उत्पन्न विचलन कोण 180 ° -2θ होता है।

(xi) जब स्थिर समतल दर्पण की ओर वस्तु x दूरी चलती है तो उसका प्रतिबिम्ब भी x दूरी दर्पण की ओर विस्थापित हो जाता है।

(xii) यदि समतल दर्पण एवं वस्तु दोनों विपरीत दिशाओं में x दूरी चलते है तो प्रतिबिम्ब 3x दूरी चलता है।

(xiii) दो परस्पर लम्बवत् समतल दर्पणों द्वारा बिन्दु वस्तु के तीन प्रतिबिम्ब बनते है जो कि एक वृत्त पर स्थित होते हैं जिसका केन्द्र दर्पणों का प्रतिच्छेद बिन्दु (C) होता है।




समतल दर्पण के उपयोग

**समतल दर्पण के प्रश्न**

Q 1. दो समतल दर्पण परस्पर समकोण बनाते हैं एक आदमी उनके बीच खड़ा होकर दाहिने हाथ से अपने बाल संवारता है। कितने प्रतिबिम्बों में यह अपना दाहिना हाथ प्रयोग करता दिखाई पड़ेगा?

हल . व्यक्ति के तीन प्रतिबिम्ब प्राप्त होगे जिनमें दो प्रतिबिम्बों मे व्यक्ति अपने आपको बाएँ हाथ का उपयोग करते हुए तथा केवल एक प्रतिबिम्ब में दाहिने हाथ का उपयोग करते हुए दिखाई देगा।

Q 2. एक मनुष्य 15 मी / से की चाल से एक दर्पण की ओर दौड़ता है। इसके प्रतिबिम्ब की चाल क्या होगी?

हल . मनुष्य 15 मी / से की चाल से दर्पण की ओर गति करेगा। तब प्रतिबिम्ब भी दर्पण की ओर 15 मी / से की चाल से गति करेगा। अत: व्यक्ति के सापेक्ष प्रतिबिम्ब की चाल 30 मी / से होगी।

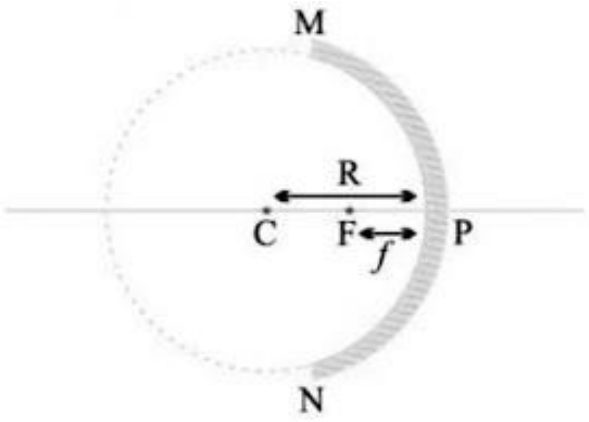
## गोलीय दर्पण (Spherical Mirror)

(i) uttal darpan उत्तल दर्पण (Convex Mirror)

(ii) avtal darpan अवतल दर्पण (Concave Mirror)

गोलीय दर्पण से प्रतिबिम्ब बनाने के नियम (Laws for Formation of Image by Spherical Mirrors) अवतल दर्पण (avtal darpan) द्वारा प्रतिबिम्ब का बनना उत्तल दर्पण (uttal darpan) द्वारा प्रतिबिम्ब का बनना गोलीय दर्पणों द्वारा परावर्तन के लिए चिन्ह परिपाटी गोलीय दर्पण के लिए सूत्र | दर्पण सूत्र  जैसे महत्वपूर्ण विषय शामिल हैं

**गोलीय दर्पण से संबंधित कुछ परिभाषाएँ**



**ध्रुव -** गोलीय दर्पण के परावर्तक सतह के केंद्र को दर्पण का ध्रुव कहा जाता है। यह दर्पण पृष्ठ पर स्थित है। p द्वारा इस दर्शाया जाता है

**द्वारक (Aperture) -** एक गोलाकार दर्पण की परावर्तक सतह की गोलाकार सीमा के व्यास को दर्पण का द्वारक (Aperture) कहा जाता है। इसे MN द्वारा दर्शाया गया है।

**मुख्य अक्ष -** एक गोलाकार दर्पण के ध्रुव और वक्रता की त्रिज्या से गुजरने वाली एक सीधी रेखा को मुख्य अक्ष कहा जाता है। मुख्य अक्ष दर्पण के ध्रुव पर अभिलम्ब है।

**वक्रता केंद्र -** गोलाकार दर्पण की परावर्तक सतह एक गोले का हिस्सा होती है। इस के केंद्र को गोलाकार दर्पण का वक्रता का केंद्र कहा जाता है। इसे C से दर्शाया जाता है।

**वक्रता त्रिज्या -** गोलीय दर्पण का परावर्तक पृष्ठ जिस गोले का भाग होता है उस गोले त्रिज्या दर्पण की वक्रता त्रिज्या कहलाती है। जिसे R से दर्शाया जाता है

**मुख्य फोकस -** मुख्य अक्ष पर वह बिंदु जहां मुख्य अक्ष के समानांतर आने वाली किरणे परावर्तन के बाद जहा मिलती हैं उस बिंदु को गोलाकार दर्पण का मुख्य फोकस कहा जाता है।

**फोकस दूरी -** गोलाकार दर्पण के ध्रुव और मुख्य फोकस के बीच की दूरी को फोकस दूरी कहा जाता है। इसे F से दर्शाया जाता है।

छोटे द्वारक के गोलीय दर्पणों की वक्रता त्रिज्या फोकस दूरी से दुगुनी होती है R = 2F

**प्रकाश का परावर्तन के नियम**

1. आपतन कोण = परावर्तन कोण अर्थात् कोण i = कोण r

2. आपतित किरण, परावर्तित किरण तथा आपतन बिन्दु पर अभिलम्ब तीनों समान तल में होते हैं।

## गोलीय दर्पण (Spherical Mirror)

गोलीय दर्पण काँच के किसी खोखले गोले का भाग है, जिसके एक पृष्ठ पर कलई (रजत पदार्थ का लेप) तथा दूसरा पृष्ठ परावर्तक होता है। गोलीय दर्पण दो प्रकार के होते हैं

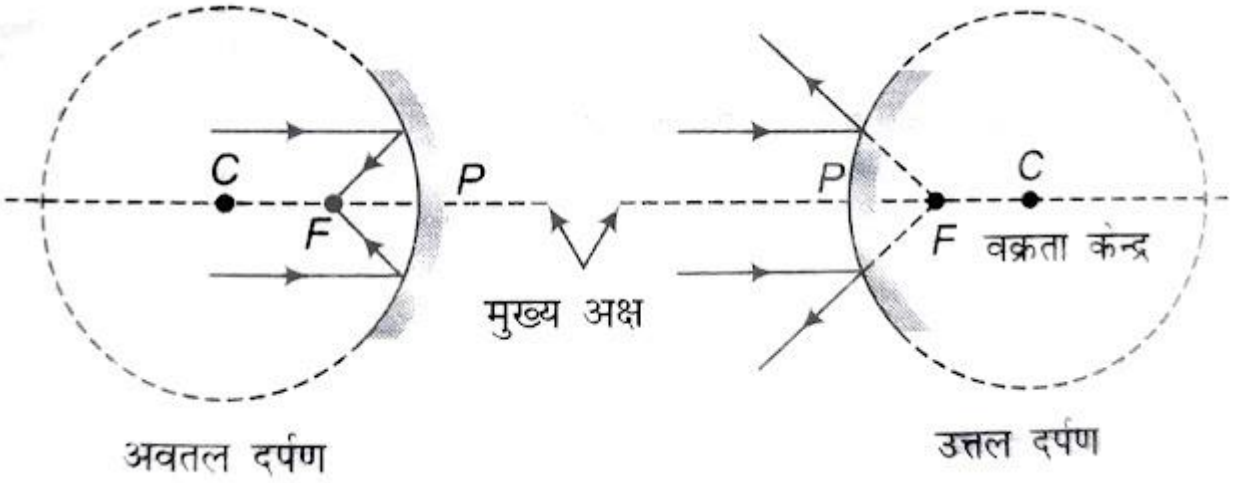
### (i) uttal darpan उत्तल दर्पण (Convex Mirror)

ऐसे दर्पण जिनमें परावर्तन उभरी हुई सतह से होता है उत्तल दर्पण कहलाते हैं। ये किरणों को अपसारित करते हैं। इनका उपयोग सड़क के किनारे लगे लैम्पों में, गाड़ियों के पश्च दृश्य दर्पण (Rear view mirror) के रूप में होता है।

*uttal darpan उत्तल दर्पणों के उपयोग*

1.उत्तल दर्पण आमतौर पर वाहनों में उपयोग किया जाता है। इनमें ड्राइवर अपने पीछे वाहनों को देख सकते हैं। उत्तल दर्पण को पसंद किया जाता है क्योंकि वे हमेशा एक सीधी और छोटा प्रतिबिम्ब बनाते हैं और ड्राइवर को उनके पीछे बहुत बड़ा क्षेत्र देखने में सक्षम बनाते हैं।

2. दुकानों में उत्तल दर्पण आमतौर पर सिक्योरिटी दर्पण के रूप में इस्तेमाल किया जाता है।



**(ii) avtal darpan अवतल दर्पण (Concave Mirror)**

ऐसे दर्पण जिनमें परावर्तन दबी हुई सतह से होता है अवतल दर्पण कहलाते हैं। ये दर्पण किरणों को अभिसारित करते हैं। इनका उपयोग सर्चलाइट में, दूरदर्शी में, सिनेमा के प्रोजेक्टर में, दाढ़ी बनाने वाले दर्पण के रूप में किया जाता है।

**अवतल दर्पणों के उपयोग**

(1) यह आमतौर पर वाहनों की टॉर्च, सर्चलाइट और हेडलाइट में प्रकाश की एक शक्तिशाली समानांतर किरण प्राप्त करने के लिए किया जाता है।

(2) दंत विशेषज्ञ दांतों की बड़ी प्रतिबिबं देखने के लिए अवतल दर्पण का उपयोग करते हैं।

(3) अवतल दर्पण का उपयोग अक्सर चेहरे की एक बड़ी प्रतिबिम्ब देखने के लिए शेविंग दर्पण के रूप में उपयोग किए जाते हैं।

(4)सौरभट्टियों में सूर्य के प्रकाश को एक जगह पर केंद्रित करने के लिए बड़े अवतल दर्पणों का उपयोग किया जाता है।

गोलीय दर्पण से प्रतिबिम्ब बनाने के नियम (Laws for Formation of Image by Spherical Mirrors)

प्रतिबिम्ब बनाने के निम्नलिखित तीन नियम हैं

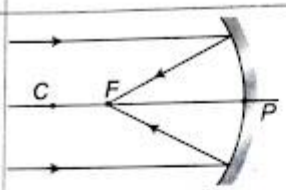
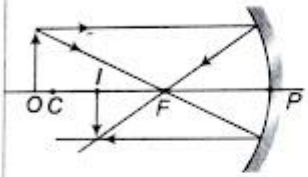
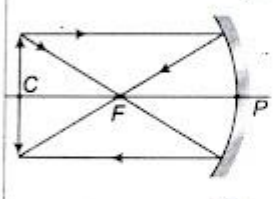
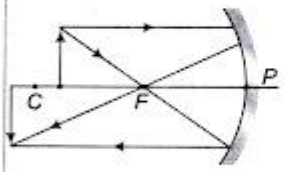
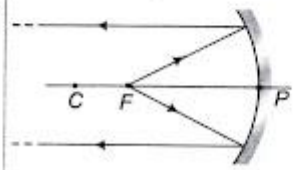
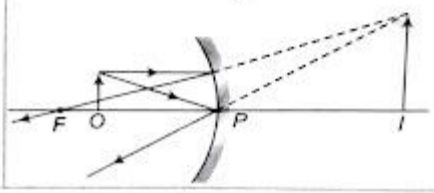
i) दर्पण के मुख्य अक्ष के समान्तर आने वाली प्रकाश की किरणें दर्पण से परावर्तन के पश्चात् दर्पण के फोकस से गुजरती हैं अथवा आती हुई प्रतीत होती हैं।

(ii) दर्पण के वक्रता केन्द्र से होकर आने वाली किरण परावर्तन के पश्चात् उसी मार्ग पर वापस लौट जाती हैं।

(iii) दर्पण के फोकस से होकर आने वाली किरणें परावर्तन के पश्चात् दर्पण के मुख्य अक्ष के समान्तर हो जाती हैं।

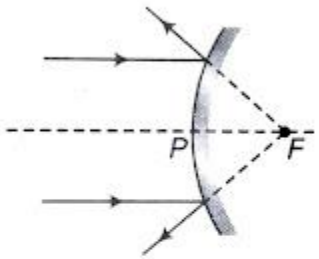
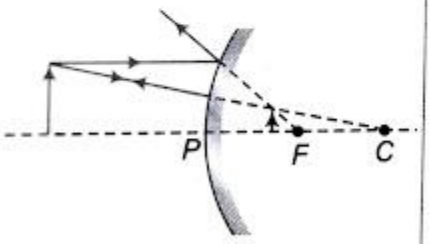
**अवतल दर्पण (avtal darpan) द्वारा प्रतिबिम्ब का बनना**

| बिंब की सिथति | प्रतिबिंब की स्थिति | प्रतिबिंब का आकार | प्रतिबिंब की प्रकृति |
|---|---|---|---|
| (i) अनंत पर | फोकस F पर बिंदु साइज | अत्यधिक छोटा | वास्तविक तथा उल्टा |
| (ii) C से परे | F तथा C के बीच | छोटा | वास्तविक तथा उल्टा |
| (iii) C पर | C पर | समान साइज | वास्तविक तथा उल्टा |
| (iv) C तथा F के बीच | C से परे | बड़ा | वास्तविक तथा उल्टा |
| (iv) F पर | अनंत पर | अत्यधिक बड़ा | वास्तविक तथा उल्टा |
| (vi) P तथा F के बीच | दर्पण के पीछे | विवर्धित बड़ा | आभासी तथा सीधा |

| क्र० सं० (S. No.) | वस्तु की स्थिति (Object position) | किरण आरेख (Ray diagram) |
|---|---|---|
| 1. | अनन्त पर |   |
| 2. | $C$ के परे |   |
| 3. | $C$ पर |   |
| 4. | $F$ व $C$ के बीच |   |
| 5. | $F$ पर या फोकस तल में |   |
| 6. | $F$ व $P$ के बीच |   |

## उत्तल दर्पण (uttal darpan) द्वारा प्रतिबिम्ब का बनना

| क्रम सं. | बिंब की स्थिति | प्रतिबिंब की स्थिति | प्रतिबिंब का आकार | प्रतिबिंब की प्रकृति |
|---|---|---|---|---|
| 1. | अनन्त पर | फोकस पर दर्पण के पीछे | अत्यधिक छोटा बिंदु के आकार का | आभासी तथा सीधा |
| 2. | अनन्त तथा दर्पण के ध्रुव P के बीच | P तथा F के बीच दर्पण के पीछे | छोटा | आभासी तथा सीधा |

| वस्तु की स्थिति (Object position) | किरण आरेख (Ray Diagram) |
|---|---|
| अनन्त पर |   |
| अनन्त के अतिरिक्त कहीं पर भी |   |

**गोलीय दर्पणों द्वारा परावर्तन के लिए चिन्ह परिपाटी**

(i) बिंब हमेशा दर्पण के बाईं ओर रखा जाता है दर्पण पर बिंब से प्रकाश बाईं ओर से आपतित होता है।

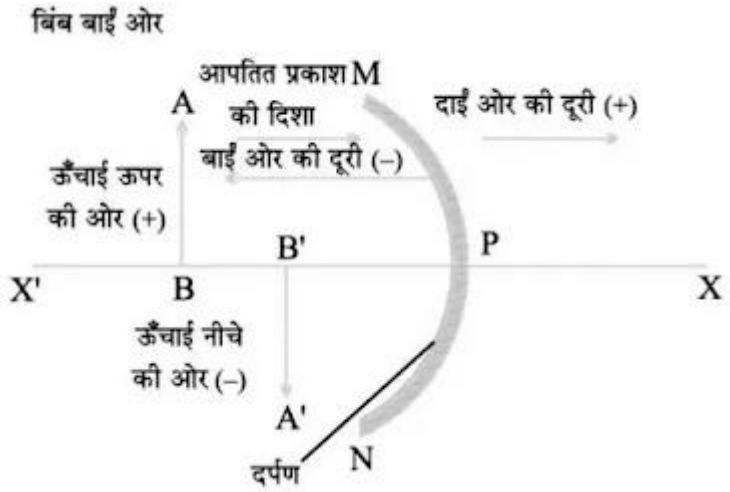
(ii) मुख्य अक्ष के समांतर सभी दूरियाँ दर्पण के ध्रुव p से मापी जाती हैं।

(ii) मूल बिंदु के दाईं ओर मापी गई सभी दूरी (+ x - अक्ष के साथ) को घनात्मक माना जाता है, जबकि मूल बिंदु के बाईं ओर मापी गई दूरी (-x- अक्ष के साथ) को ऋणात्मक माना जाता है।

(iv) मुख्य अक्ष के ऊपर (+ y- अक्ष के साथ) के लिए मापा गया घनात्मक माना जाता है। मुख्य अक्ष के नीचे (-y- अक्ष) के साथ मापी जाने वाली दूरी को ऋणात्मक माना जाता है।

(v) बिंब की दूरी (u) हमेशा ऋणात्मक होती है।

(vi) अवतल दर्पण की फोकस दूरी हमेशा ऋणात्मक,जबकि उत्तल दर्पण की फोकस दूरी हमेशा धनात्मक होती है।




**गोलीय दर्पण के लिए सूत्र/ दर्पण सूत्र**

*मुख्य अक्ष के समांतर सभी दूरियाँ दर्पण के ध्रुव से मापी जाती हैं।*

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

u = वस्तु की दूरी v =प्रतिबिम्ब की दूरी f = फोकस दूरी

**गोलीय दर्पण के लिए आवर्धन सूत्र**

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

u = वस्तु की दूरी v =प्रतिबिम्ब की दूरी

$$m=\frac{h}{h'}$$

h = वस्तु का आकर h'= प्रतिबिम्ब का आकर

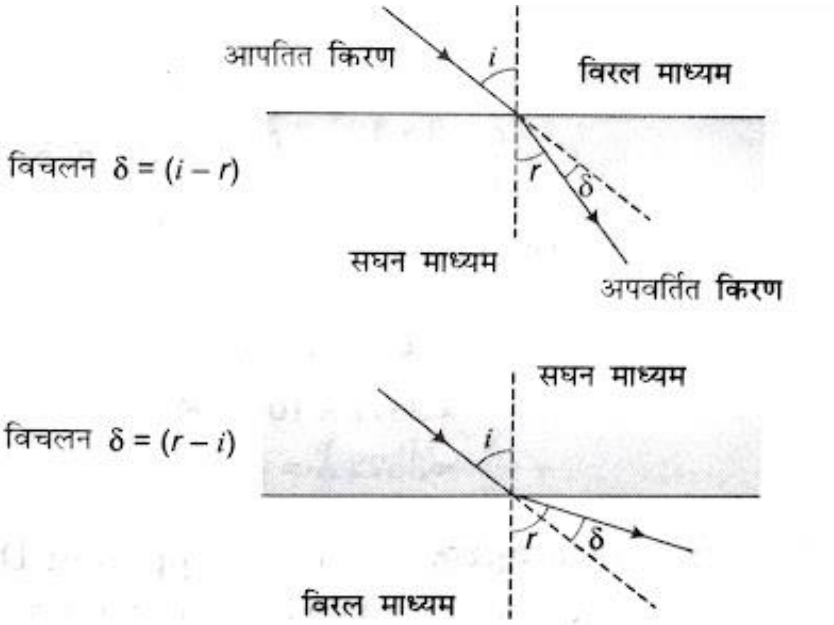
## प्रकाश अपवर्तन

जब प्रकाश एक पारदर्शी माध्यम (माना वाय) से दूसरे पारदर्शी माध्यम माना काँच में जाता है तो दूसरे माध्यम से गुजरते समय इसकी संचरण दिशा परिवर्तित हो जाती है। यह या तो

अभिलम्ब की ओर झुक जाती है या अभिलम्ब से दूर हट जाती है। यह परिघटना (phenomenon) प्रकाश का अपवर्तन कहलाती है।

या

जब प्रकाश किरण किसी विरल माध्यम से सघन माध्यम में जाती है तब वह अभिलम्ब की ओर झुक जाती है तथा सघन माध्यम से विरल माध्यम में जाने पर अभिलम्ब से दूर हट जाती है। यह परिघटना (phenomenon) प्रकाश का अपवर्तन कहलाती है।



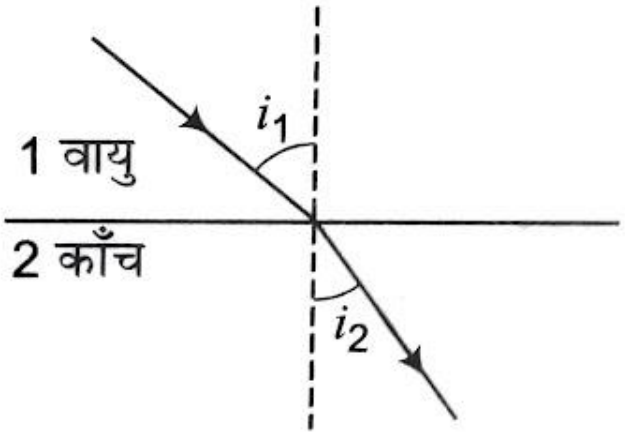

प्रकाश की गति में परिवर्तन के कारण प्रकाश का अपवर्तन होता है।

**प्रकाश अपवर्तन के नियम**

1. आपतित किरण, आपतन बिन्दु पर अभिलम्ब व अपवर्तित किरण तीनों एक ही तल में होते हैं।

2. आपतन कोण की ज्या (sin i) व अपवर्तन कोण की ज्या (sin r) का अनुपात किन्हीं दो माध्यमों के लिए एक नियतांक होता है, जिसे दूसरे माध्यम का पहले माध्यम के सापेक्ष अपवर्तनांक कहते हैं।

इस नियम को स्नैल का नियम भी कहते हैं।




$$_1\mu_2 = \frac{\sin i}{\sin r}$$

**प्रकाश का अपवर्तन के उदाहरण**

जब एक सिक्का पानी से भरे बर्तन में रखा जाता है, तो सिक्का बर्तन के वास्तविक तल से थोड़ा ऊपर दिखाई देता है। जब एक पेंसिल को पानी से भरे गिलास में रखा जाता है, तो पेंसिल टेढ़ी दिखाई देती है। तारा टिमटिमाता हुआ दिखाई देना यदि सूर्य क्षितिज से नीचे है, तब भी दिखाई देता है। ऐसा प्रकाश के अपवर्तन के कारण होता है।

**अपवर्तनांक (Refractive Index)**

अपवर्तनांक माध्यम का वह गुण है जो उस माध्यम में प्रकाश की चाल निर्धारित करता है।

अपवर्तनांक को सामान्यतया दो प्रकार से प्रदर्शित करते हैं।

**(i) निरपेक्ष अपवर्तनांक (Absolute Refrative Index)**

जब प्रकाश वायु से किसी पारदर्शी माध्यम में गमन करता है तब वायु के सापेक्ष माध्यम का अपवर्तनांक इसका निरपेक्ष अपवर्तनांक कहलाता है। किसी माध्यम का निरपेक्ष अपवर्तनांक निर्वात् में प्रकाश की चाल (c) तथा उस माध्यम में प्रकाश की चाल (v) के अनुपात के बराबर होता है।

$$n = \frac{c}{v}$$

**(ii) सापेक्ष अपवर्तनांक (Refractive Index)**

जब प्रकाश माध्यम (1) से माध्यम (2) में गमन करता है, तब माध्यम (1) के सापेक्ष माध्यम (2) का अपवर्तनांक इसका सापेक्ष अपवर्तनांक कहलाता है।

इसे से प्रदर्शित करते हैं तथा इसका मान प्रथम माध्यम में प्रकाश की चाल ($v_1$) तथा दूसरे माध्यम में प्रकाश की चाल ($v_{2)}$ के अनुपात के बराबर होता है।

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

**अपवर्तनांक को प्रभावित करने वाले कारक (Factors Affecting Refractive Index)**

किसी माध्यम का अपवर्तनांक निम्न कारकों पर निर्भर करता है

(i) माध्यम की प्रकृति

(ii) प्रकाश का रंग या तरंगदैर्ध्य

(iii) माध्यम का ताप बढ़ाने पर माध्यम का अपवर्तनांक घटता है।

## लेन्स (Lens)

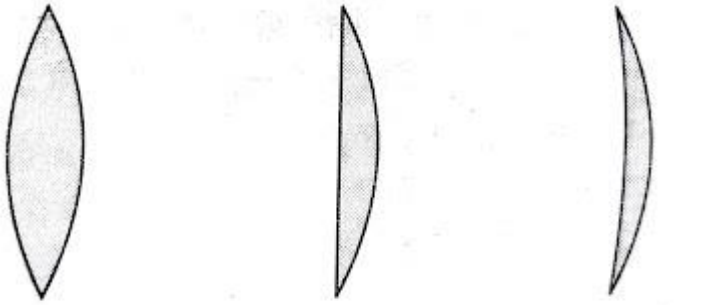
लेन्स दो गोलीय अपवर्तक सतहों से घिरा पारदर्शी माध्यम होता है।

लेन्स दो प्रकार के होते हैं

### 1.उत्तल लेन्स (Convex Lens)

दोनों ओर से उभरी हुई सतहों से घिरे पारदर्शी माध्यम को उत्तल लेन्स कहते हैं। इसका मध्य भाग मोटा एवं किनारे पतले होते हैं।

उत्तल लेन्स निम्न तीन प्रकार के होते हैं



(a) द्वि-उत्तल (b) समतल उत्तल (c) अवतलोत्तल

### 2. अवतल लेन्स (Concave Lens)

दोनों ओर से दबी हुई सतहों से घिरे पारदर्शी माध्यम को अवतल लेन्स कहते हैं। इसका मध्य भाग पतला एवं किनारे मोटे होते हैं।

अवतल लेन्स निम्न तीन प्रकार के होते हैं

(a) द्वि-अवतल (b) समतल अवतल (c) अवतलोत्तल

## लेन्सों से सम्बन्धित कुछ परिभाषाएँ

### प्रकाशिक केन्द्र (Optical Centre)

यदि लेन्स पर प्रकाश की कोई किरण इस प्रकार आपतित हो कि लेन्स से अपवर्तित होकर बाहर निकलने पर निर्गत किरण आपतित किरण के समान्तर हो, तो अपवर्तित किरण लेन्स की मुख्य अक्ष को जिस बिन्दु पर काटती है अथवा काटती हुई प्रतीत होती हैं, उसे लेन्स का प्रकाशिक केन्द्र कहते हैं।

### मुख्य फोकस (Principal Focus)

लेन्स के दो मुख्य फोकस होते हैं

### (a) प्रथम मुख्य फोकस (First principal focus)

लेन्स की मुख्य अक्ष पर स्थित वह बिन्दु जिससे चलने वाली अथवा जिसकी ओर आती प्रतीत होने वाली किरणें लेन्स से अपवर्तन के पश्चात् मुख्य अक्ष के समान्तर हो जाती हैं, लेन्स का प्रथम फोकस कहलाता है।

### (b) द्वितीय मुख्य फोकस (Second principal focus)

लेन्स के मुख्य अक्ष के समान्तर आने वाली प्रकाश की किरणें लेन्स से अपवर्तन के पश्चात् जिस बिन्दु पर मिलती हैं या जिस बिन्दु से आती हुई प्रतीत होती हैं, लेन्स का द्वितीय फोकस कहलाता है।

### फोकस दूरी (Focal length)

लेन्स के प्रकाशिक केन्द्र व फोकस के बीच की दूरी को लेन्स की फोकस दूरी कहते हैं। उत्तल लेन्स की फोकस दूरी धनात्मक व अवतल लेन्स की फोकस दूरी ऋणात्मक होती है।

**द्वारक (Aperture)**

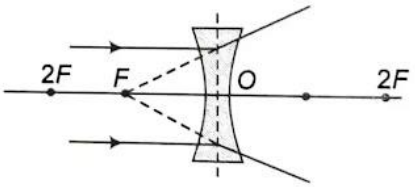
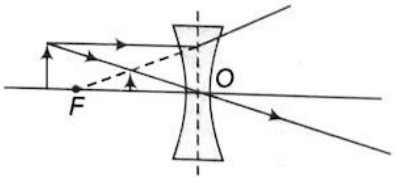
लेन्स के उस क्षेत्रफल का प्रभावी व्यास, जिसमें से होकर प्रकाश पारगमिक होता है, लेन्स का द्वारक कहलाता है।

**लेन्सों द्वारा प्रतिबिम्ब बनने के नियम (Rules for Formation of Image by Lenses)**

- लेन्स के मुख्य अक्ष के समान्तर आने वाली प्रकाश की किरणें लेन्स से अपवर्तन के पश्चात् फोकस से होकर जाती हैं।
- लेन्स के फोकस से होकर आने वाली किरणें अपवर्तन के पश्चात् अक्ष के समान्तर हो जाती हैं।
- लेन्स के प्रकाशिक केन्द्र से होकर आने वाली किरणें अपवर्तन के पश्चात् बिना अपना मार्ग बदले सीधी निकल जाती हैं

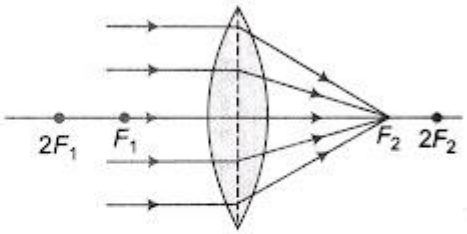
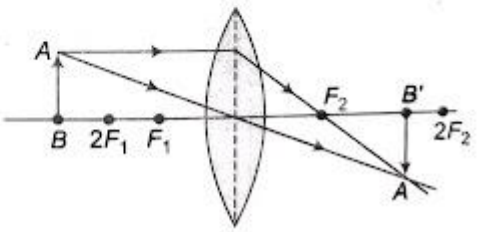
**अवतल लेंस (Rules for Formation of Image by Concave Lens) द्वारा प्रतिबिम्ब का बनना**

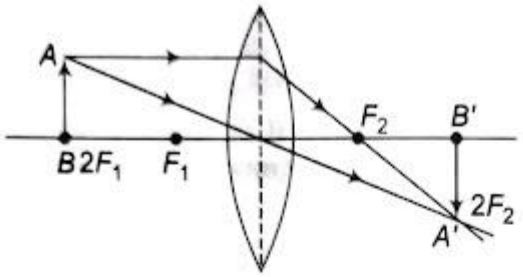
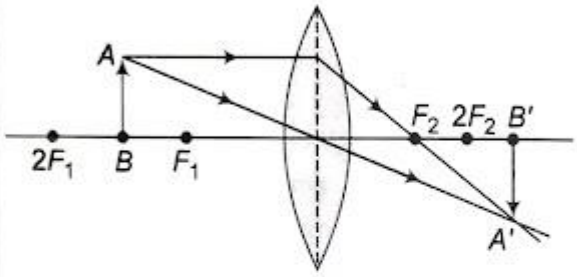
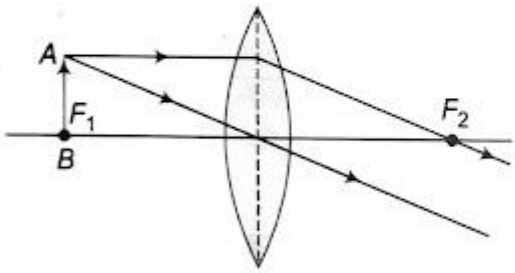
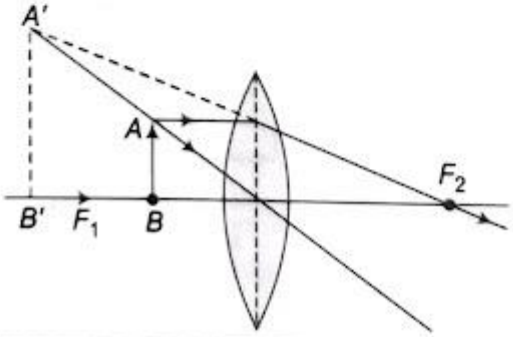
| बिंब की स्थिति | प्रतिबिंब की स्थिति | प्रतिबिंब का आपेक्षिक साइज़ | प्रतिबिंब की प्रकृति |
|---|---|---|---|
| अनंत पर | फोकस $F_1$ पर | अत्यधिक छोटा, बिंदु आकार | आभासी तथा सीधा |
| अनंत तथा लेंस के प्रकाशिक केंद्र O के बीच | फोकस $F_1$ तथा प्रकाशिक केंद्र O के बीच | छोटा | आभासी तथा सीधा |

| वस्तु की स्थिति (Object position) | किरण आरेख (Ray Diagram) |
|---|---|
| अनन्त पर |   |
| अनन्त के अतिरिक्त कहीं पर भी |   |

## उत्तल लेंस (Rules for Formation of Image by Convex Lens) में प्रतिबिम्ब का बनना

| बिंब की स्थिति | प्रतिबिंब की स्थिति | प्रतिबिंब का आपेक्षिक साइज़ | प्रतिबिंब की प्रकृति |
|---|---|---|---|
| अनंत पर | फोकस $F_2$ पर | अत्यधिक छोटा, बिंदु आकार | वास्तविक तथा उलटा |
| $2F_1$ से परे | $F_2$ तथा $2F_2$ के बीच | छोटा | वास्तविक तथा उलटा |
| $2F_1$ पर | $2F_2$ पर | समान साइज़ | वास्तविक तथा उलटा |
| $F_1$ तथा $2F_1$ के बीच | $2F_2$ से परे | बड़ा (विवर्धित ) | वास्तविक तथा उलटा |
| फोकस $F_1$ पर | अनंत पर | असीमित रूप से बड़ा अथवा अत्यधिक विवर्धित | वास्तविक तथा उलटा |
| फोकस $F_1$ तथा प्रकाशिक केंद्र O के बीच | जिस ओर बिंब है लेंस के उसी ओर | बड़ा (विवर्धित) | आभासी तथा सीधा |

| वस्तु की स्थिति (Object position) | किरण आरेख (Ray diagram) |
|---|---|
| अनन्त पर |   |
| $2F_1$ के पीछे |   |

| | |
|---|---|
| $2F_1$ पर |  |
| $F_1$ व $2F_1$ के मध्य |  |
| $F_1$ पर |  |
| लेन्स व $F_1$ के मध्य |  |

**उत्तल और अवतल लेंस के उपयोग**

- प्रकाशीय यंत्रों (कैमरा, दूरदर्शी, सूक्ष्मदर्शी आदि) में उत्तल और अवतल लेंस के उपयोग किया जाता है
- लेंस के उपयोग प्रकाश को अभिकेन्द्रित करने के लिये भी किया जाता है
- आँख के चश्मों में- उत्तल लेंस का उपयोग दूर दृष्टि दोष को दूर करने के लिए किया जाता है। अवतल लेंस का उपयोग निकट दृष्टि दोष को दूर करने के लिए किया जाता है।
- उत्तल लेंस में, वस्तु का प्रतिबिम्ब को वास्तविक, आभासी और उल्टा बनाया जाता है। अवतल लेंस में, वस्तु का प्रतिबिम्ब वास्तविक, आभासी और सीधी बनाया जाता है।