

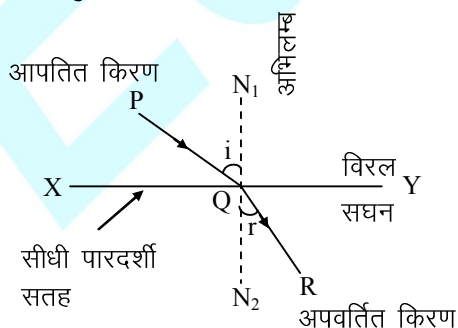
प्रकाश : अपवर्तन

सूची

- प्रकाश का अपवर्तन
- प्रकाश के अपवर्तन के नियम
- अपवर्तनांक
- काँच की पट्टी से अपवर्तन
- गोलीय लेंस
- किरण चित्र विधि द्वारा प्रतिबिम्ब निर्माण के नियम
- लेंस द्वारा प्रतिबिम्ब का बनना
- लेंस में आंकिक विधि
- पूर्ण आंतरिक परावर्तन
- वास्तविक एवं आभासी गहराई एवं ऊँचाई

➤ प्रकाश का अपवर्तन

- ◆ **परिभाषा :** जब एक माध्यम से गुजर रही प्रकाश किरणें किसी अन्य माध्यम के पारदर्शी पृष्ठ (माध्यम) पर आपतित होती हैं, वे मुड़ जाती हैं जैसे ही वे दूसरे माध्यम से गुजरती हैं।



चित्र. एक सीधे पारदर्शी अधिक सघन माध्यम से प्रकाश का अपवर्तन।

◆ कुछ सम्बंधित पदों की परिभाषाएँ :

- ◆ **पारदर्शी पृष्ठ :** वह समतल पृष्ठ जो प्रकाश अपवर्तित करता है, पारदर्शी पृष्ठ कहलाता है। चित्र में, XY समतल पारदर्शी पृष्ठ का एक भाग है।
- ◆ **आपतन बिन्दु :** पारदर्शी पृष्ठ पर बिन्दु, जहाँ प्रकाश की किरण मिलती है, आपतन बिन्दु कहलाता है। निम्न चित्र में Q आपतन बिन्दु है।
- ◆ **अभिलम्ब :** आपतन बिन्दु पर पारदर्शी पृष्ठ पर लम्बवत् आरेखन अभिलम्ब कहलाता है। निम्न चित्र में, पृष्ठ XY पर अभिलम्ब N_1QN_2 है।
- ◆ **आपतित किरण :** वह प्रकाश की किरण जो पारदर्शी पृष्ठ पर आयतन बिन्दु से टकराती है आपतित किरण कहलाती है, चित्र में PQ आपतित किरण है।
- ◆ **अपवर्तित किरण :** वह प्रकाश की किरण जो आपतन बिन्दु से दूसरे माध्यम में गुजरती है, अपवर्तित किरण कहलाती है। चित्र में QR अपवर्तित किरण है।
- ◆ **आपतन कोण :** आपतन बिन्दु पर पारदर्शी पृष्ठ पर आपतित किरण व अभिलम्ब के मध्य कोण आपतन कोण कहलाता है। यह संकेत द्वारा प्रदर्शित है। चित्र में PQN_1 आपतन कोण कहलाता है।
- ◆ **अपवर्तन कोण :** आपतन बिन्दु पर पारदर्शी पृष्ठ पर अपवर्तित किरण व अभिलम्ब के मध्य कोण अपवर्तन कोण कहलाता है। यह संकेत r द्वारा प्रदर्शित है। चित्र में कोण RQN_2 अपवर्तन कोण कहलाता है।

- ◆ **आपतन तल:** अभिलम्ब एवं आपतित किरण युक्त समतल आपतन तल कहलाता है। आरेख के लिए कागज पृष्ठ का तल आपतन तल कहलाता है।
- ◆ **अपवर्तन तल:** अभिलम्ब एवं अपवर्तित किरण युक्त समतल अपवर्तन तल कहलाता है। आरेख के लिए कागज पृष्ठ का तल अपवर्तन तल कहलाता है।

➤ प्रकाश के अपवर्तन का नियम

- ◆ **प्रथम नियम :** आपतित किरण, आपतन बिन्दु पर पारदर्शी पृष्ठ का अभिलम्ब तथा अपवर्तित किरण सभी समान तल में रहते हैं।
- ◆ **द्वितीय नियम :** आपतन कोण की ज्या व अपवर्तन कोण की ज्या का अनुपात नियतांक होता है तथा पहले माध्यम के सापेक्ष दूसरे माध्यम का अपवर्तनांक कहलाता है।

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \mu$$

➤ अपवर्तनांक

- (a) प्रकाश की चाल के पदों में अपवर्तनांक :

किसी माध्यम का अपवर्तनांक प्रकाश की चाल के पदों में निम्न प्रकार परिभाषित किया जाता है :

$$\text{अपवर्तनांक} = \frac{\text{निर्वात में प्रकाश की चाल}}{\text{माध्यम में प्रकाश की चाल}}$$

$$\text{या } \mu = \frac{c}{v}$$

- (b) तरंगदैर्घ्य के पदों में अपवर्तनांक :

जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाता है तो आवृत्ति (v) अपरिवर्तित रहती है।

इसलिए,

$$\mu = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_{\text{vac}} \times v}{\lambda_{\text{med}} \times v} = \frac{\lambda_{\text{vac}}}{\lambda_{\text{med}}}$$

- (c) सापेक्ष अपवर्तनांक :

माध्यम 2 का माध्यम 1 के सापेक्ष अपवर्तनांक, प्रकाश की माध्यम 1 में चाल (v_1) तथा प्रकाश की माध्यम

2 में चाल (v_2) का अनुपात है और इसे ${}_1\mu_2$ द्वारा प्रदर्शित किया जाता है -

$$\text{इस प्रकार, } {}_1\mu_2 = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$$

क्योंकि अपवर्तनांक दो समान भौतिक राशियों का अनुपात है, इसलिए इसकी कोई इकाई व विमा नहीं होती है।

- ◆ वह कारक जिन पर किसी माध्यम का अपवर्तनांक निर्भर करता है :

- माध्यम की प्रकृति
- प्रयुक्त प्रकाश की तरंगदैर्घ्य
- ताप
- परिवेश के माध्यम की प्रकृति

यह निर्देशित किया जाता है कि अपवर्तनांक माध्यम के युग्मों का अभिलाक्षणिक गुण है और यह प्रकाश की तरंगदैर्घ्य पर निर्भर करता है, लेकिन यह आपतन कोण पर निर्भर नहीं करता है।

➤ काँच की पट्टी में से अपवर्तन

- (a) प्रकाश के व्युत्क्रम गमन का सिद्धान्त और एक आयताकार काँच की पट्टी में से अपवर्तन :

एक आयताकार काँच की पट्टी पर चित्रानुसार विचार कीजिए, फलक PQ पर आपतन कोण i पर एक किरण AE आपतित होती है। काँच की पट्टी में प्रवेश करने के बाद, यह अभिलम्ब की ओर मुड़ती है और EF दिशा में एक अपवर्तन कोण r पर गति करती है।

अपवर्तित किरण EF फलक SR पर एक आपतन कोण r' पर आपतित होती है। निर्गत किरण FD अभिलम्ब से दूर अपवर्तन कोण e पर हटती है।

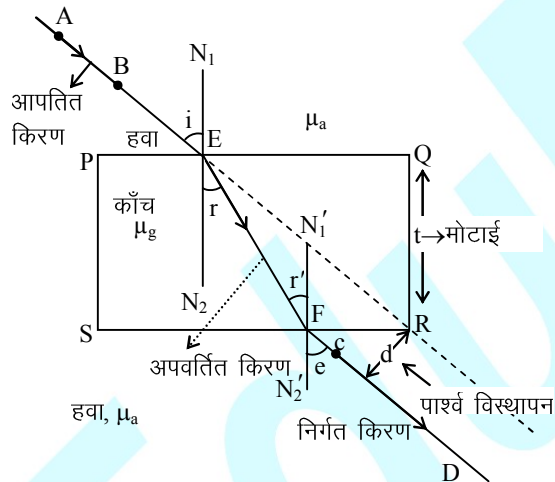
इस प्रकार निर्गत किरण FD आपतित किरण AE के समान्तर होती है, लेकिन यह आपतित किरण के सापेक्ष इस तरह समान्तर फलकों वाले अपवर्तक माध्यम से निर्गत किरण के पथ में एक शिफ्ट होता है।

पार्श्व विस्थापन :

पार्श्व विस्थापन आपतित व निर्गत किरणों के मध्य लम्बवत् दूरी है, जब प्रकाश एक समान्तर फलकों वाली अपवर्तक पट्टी पर तिर्यक रूप से आपतित होता है।

वह कारक जिन पर पार्श्व विस्थापन निर्भर करता है, निम्न है :

- पार्श्व विस्थापन काँच की पट्टी की मोटाई के सीधे समानुपाती होता है।
- पार्श्व विस्थापन आपतित कोण के सीधे समानुपाती होता है।
- पार्श्व विस्थापन काँच की पट्टी के अपवर्तनांक के सीधे समानुपाती होता है।
- पार्श्व विस्थापन आपतित प्रकाश की तरंगदैर्घ्य के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

 **$i = e$ का सत्यापन****स्थिति-I :**

बिन्दु E पर हवा से काँच में जाने वाला प्रकाश के लिए।

$$\mu_a \sin i = \mu_g \sin r \quad \dots (1)$$

स्थिति-II :

बिन्दु F पर प्रकाश के काँच से हवा में जाने पर।

$$\mu_g \sin r = \mu_a \sin e \quad \dots (2)$$

(1) व (2) से हम कह सकते हैं कि $i = e$

⇒ आपतित एवं निर्गत किरण एक दूसरे के समान्तर हैं।

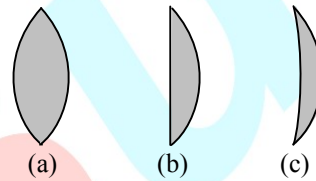
गोलीय लेंस

◆ **परिभाषा:** पारदर्शी माध्यम का एक टुकड़ा कम से कम एक गोलीय पृष्ठ द्वारा परिवद्ध रहता है, गोलीय लेंस कहलाता है।

◆ **प्रकार :** गोलीय लेंस दो प्रकार के होते हैं।

- उत्तल या अभिसारी लेंस:** यह मध्य में मोटे तथा किनारों पर पतले होते हैं।

उत्तल लेंस तीन प्रकार के होते हैं :



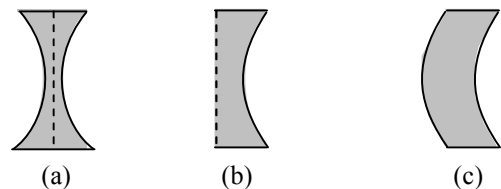
- द्वि उत्तल लेंस:** यह दोनों पृष्ठ उत्तल रखता है

- समतल-उत्तल लेंस:** यह एक पृष्ठ समतल तथा दूसरे पृष्ठ उत्तल रखता है

- अवतल-उत्तल लेंस:** यह एक पृष्ठ अवतल तथा दूसरा पृष्ठ उत्तल रखती है।

- अवतल या अपसारी लेंस :** यह मध्य में पतले तथा किनारों पर से मोटे होते हैं।

अवतल लेंस तीन प्रकार के होते हैं :



- द्विअवतल लेंस :** यह दोनों पृष्ठ अवतल रखता है।

- समतल-अवतल लेंस :** यह एक पृष्ठ समतल तथा तथा दूसरा पृष्ठ अवतल रखता है।

- उत्तल-अवतल लेंस:** यह एक पृष्ठ उत्तल तथा दूसरा पृष्ठ अवतल रखता है।

◆ कुछ सम्बन्धित पद :

(i) वक्रता केन्द्र (C) :

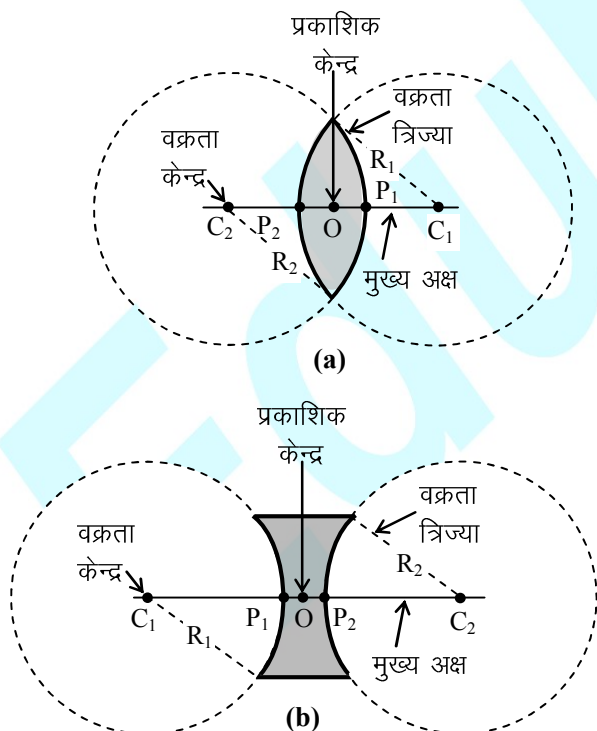
लेंस की सतह का वक्रता केन्द्र उस वृत्त का केन्द्र होता है जिसका कि वह एक भाग है। क्योंकि एक लेंस की दो सतह होती है इसलिए यह दो वक्रता केन्द्र रखती है। चित्र में बिन्दु (a) और (b) में C_1 व C_2 वक्रता केन्द्र हैं।

(ii) वक्रता त्रिज्या (R) :

एक लेंस की सतह की वक्रता त्रिज्या उस गोले की त्रिज्या है जिसका वह एक भाग है। चित्र में (a) व (b) में R_1 व R_2 वक्रता त्रिज्या को दर्शाते हैं।

(iii) मुख्य अक्ष (C_1C_2) :

यह वह रेखा है, जो लेंसों के दो वक्रता केन्द्रों (C_1 व C_2) से गुजरती है।



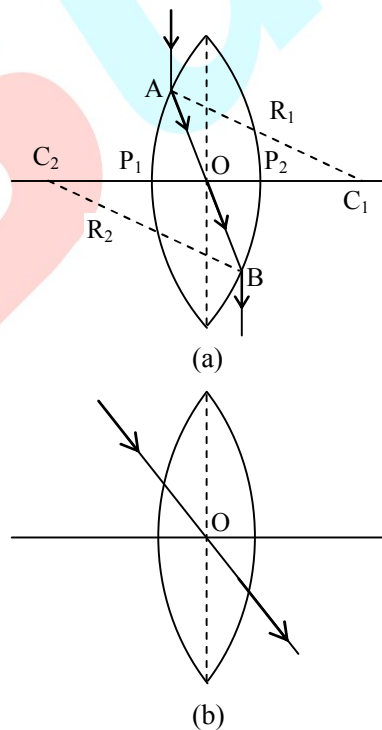
चित्र : उत्तल तथा अवतल लेंसों के अभिलाक्षणिक गुण

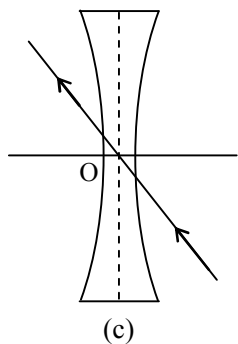
(iv) प्रकाशीय केन्द्र :

यदि एक प्रकाश किरण एक लेंस पर इस तरह से आपतित होती है कि लेंस से अपवर्तन के पश्चात् निर्गत किरण आपतित किरण के समान्तर होती हो तब वह बिन्दु जिस पर अपवर्तित किरण मुख्य फोकस पर प्रतिच्छेद करती है, लेंस का प्रकाशीय केन्द्र कहलाता है।

$$\frac{OP_1}{OP_2} = \frac{P_1C_1}{P_2C_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

यदि दो सतहों की वक्रता त्रिज्या समान है, तब प्रकाशीय केन्द्र लेंस के ज्यामितिय केन्द्र से सम्पाती होता है।

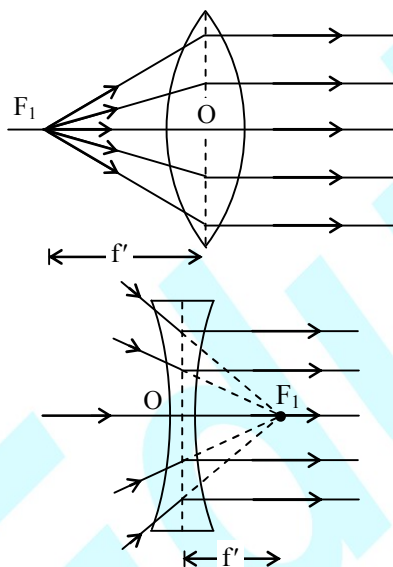




(v) मुख्य फोकस तथा फोकस दूरी :

(A) पहला मुख्य फोकस और पहली फोकस दूरी :

यह मुख्य अक्ष पर एक निश्चित बिन्दु है इस तरह से कि इस बिन्दु से शुरू होने वाली किरणें (उत्तल लेंस में) या इस बिन्दु से जाती हुई प्रतीत होती है (अवतल लेंस में), लेंस से अपवर्तन के बाद मुख्य अक्ष के समान्तर हो जाती है। इसे F_1 से दर्शाया जाता है।

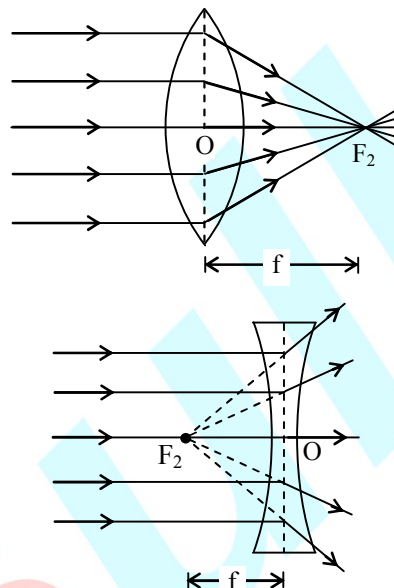


चित्र : पहले मुख्य फोकस को दर्शाने वाला किरण चित्र।

(B) दूसरा मुख्य फोकस और दूसरी फोकस दूरी :

यह मुख्य अक्ष पर निश्चित बिन्दु है, इस तरह से कि मुख्य अक्ष के समान्तर आने वाली किरण लेंस से अपवर्तन के बाद या तो इस बिन्दु पर अभिसरित होती हुई (उत्तल लेंस में) या इस बिन्दु से

अपसारित होती हुई (अवतल लेंस में) प्रतीत होती हैं। इसे F_2 से दर्शाया गया है।



चित्र : दूसरे मुख्य फोकस को दर्शाने वाला किरण चित्र

यदि लेंस के दोनों तरफ का माध्यम समान है, तो पहली तथा दूसरी फोकस दूरी की लम्बाई समान होती है। इस प्रकार

$$f = f'$$

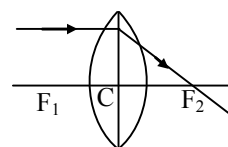
(vi) द्वारक :

यह लेंस की वृत्ताकार सीमा का व्यास है।

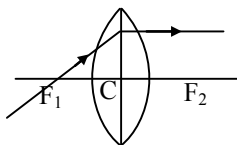
➤ किरण चित्र विधि द्वारा प्रतिबिम्ब निर्माण के नियम

◆ उत्तल लेंस के लिए तीन विशेष किरणें।

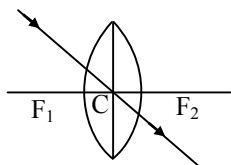
◆ जब प्रकाश किरणें मुख्य अक्ष के समान्तर आपतित होती हैं।



◆ जब प्रकाश किरण फोकस से आपतित होती है।

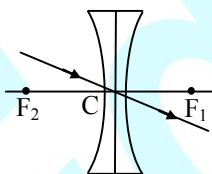
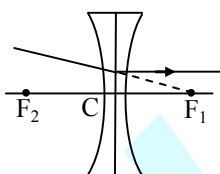
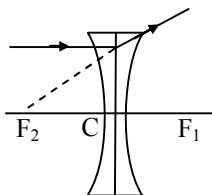


- ◆ जब प्रकाश किरण ध्रुव पर आपतित होती है।



◆ अवतल लेंस के लिए तीन विशेष किरणें

- ◆ जब प्रकाश किरण मुख्य अक्ष के समान्तर आपतित होती है।



➤ लेंस द्वारा प्रतिबिम्ब निर्माण

- ◆ **परिचय :** लेंस सूत्र से, हम पाते हैं की एक फिक्स फोकस दूरी वाले लेंस के लिए जैसे वस्तु दूरी u परिवर्तित होती है, प्रतिबिम्ब दूरी v भी परिवर्तित हो जाती है। जैसे ही u में कमी होती है, या बढ़ती है। यह प्रतिबिम्ब की स्थिति, प्रकृति व आकार परिवर्तित करता है।

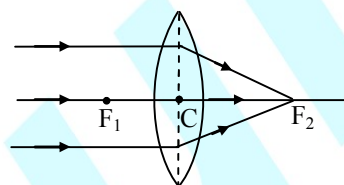
भिन्न स्थितियाँ उनके किरण आरेख के साथ नीचे दी गई हैं।

◆ भिन्न स्थितियों में उत्तल लेंस

स्थिति 1: अनन्त पर वस्तु

- ◆ **मुख्य अक्ष पर स्थित एक बिन्दु वस्तु**

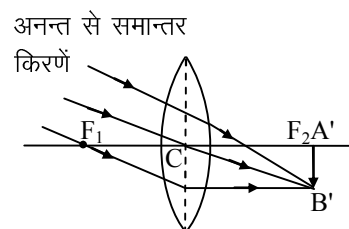
किरणे मुख्य अक्ष के समान्तर आती हैं तथा लेंस से अपवर्तन के पश्चात् वास्तविकता में दूसरे मुख्य फोकस F_2 पर मिलती हैं।



चित्र. उत्तल लेंस बिन्दु बिम्ब अनन्त पर हैं, प्रतिबिम्ब फोकस पर हैं। प्रतिबिम्ब फोकस F_2 पर बनता है। यह वास्तविक और बिन्दु आकृति का है।

- ◆ **एक दीर्घ आकार वस्तु जिसका पाद (foot) मुख्य फोकस पर हैं**

समान्तर किरण मुख्य अक्ष से आनतित (कुछ कोण पर झुकी हुई) होती है। पाद (foot) का प्रतिबिम्ब फोकस पर बनता है। प्रतिबिम्ब दूसरे मुख्य फोकस F_2 पर बनता है। यह वास्तविक, उल्टा व छोटा (वस्तु के आकार से छोटा) होता है।

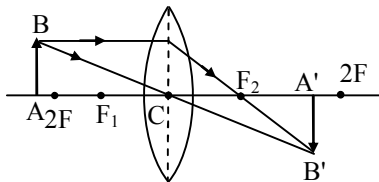


चित्र. उत्तल लेंस : अनन्त पर बड़े आकार की वस्तु, प्रतिबिम्ब फोकस पर

स्थिति 2 : वस्तु, फोकस दूरी के दुगुने से अधिक दूरी पर है

वास्तविक वस्तु AB उसका प्रतिबिम्ब $A'B'$ बनाता है जो कि f व $2f$ के मध्य हैं।

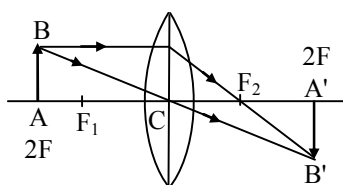
प्रतिबिम्ब वास्तविक, उल्टा और कम आकार का (वस्तु के आकार से छोटे आकार का) बनता है।



चित्र. उत्तल लेंस : वस्तु $2f$ से दूर दूरी पर है, f व $2f$ के मध्य प्रतिबिम्ब।

स्थिति 3. वस्तु फोकस दूरी से दुगुनी दूरी पर हैं।

वास्तविक वस्तु AB दूरी $2f$ पर इसका प्रतिबिम्ब $A'B'$ बनाती हैं।

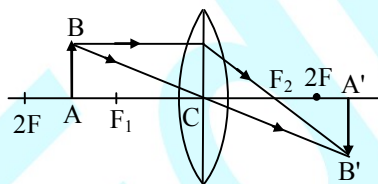


चित्र. उत्तल लेंस : वस्तु $2f$ दूरी पर है, प्रतिबिम्ब $2f$ दूरी पर हैं।

प्रतिबिम्ब वास्तविक, उल्टा और वस्तु के आकार का हैं।

स्थिति 4 : वस्तु फोकस दूरी से अधिक दूरी पर तथा फोकस दूरी के दुगुने से कम दूरी पर हैं।

वास्तविक वस्तु AB इसका प्रतिबिम्ब $A'B'$, $2f$ दूरी से अधिक दूर बनाती हैं।

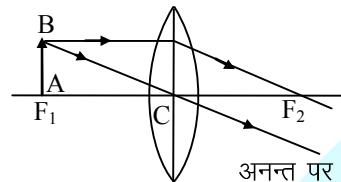


चित्र. उत्तल लेंस : वस्तु f व $2f$ के मध्य दूरी पर है, प्रतिबिम्ब $2f$ से अधिक दूरी पर हैं।

प्रतिबिम्ब वास्तविक, उल्टा एवं बड़ा (वस्तु की तुलना में अधिक बड़े आकार का) बनता हैं।

स्थिति 5 : वस्तु फोकस पर है

वास्तविक वस्तु AB उसका प्रतिबिम्ब अनन्त पर बनाती हैं।



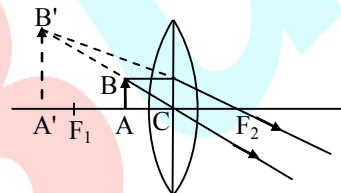
अनन्त पर जाती हुई समान्तर किरणें

चित्र. उत्तल लेंस : वस्तु फोकस पर है, तथा प्रतिबिम्ब अनन्त पर हैं।

प्रतिबिम्ब काल्पनिक, उल्टा (अपवर्तित किरणें नीचे की ओर है) और बहुत बड़े आकार का होगा।

स्थिति 6 : वस्तु फोकस व प्रकाशीय केन्द्र पर है

वास्तविक वस्तु AB उसका प्रतिबिम्ब $A'B'$ लेंस के सामने बनाती हैं।

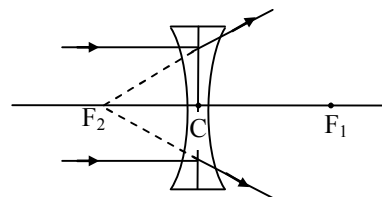


◆ विभिन्न स्थितियों में अवतल लेंस

स्थिति 1 : वस्तु अनन्त पर हैं

◆ एक बिन्दु वस्तु मुख्य अक्ष पर रखी है।

किरणें मुख्य अक्ष के समान्तर आती है और लेंस से अपवर्तन के बाद दूसरे मुख्य फोकस F_2 से आती हुई प्रतीत होती हैं।

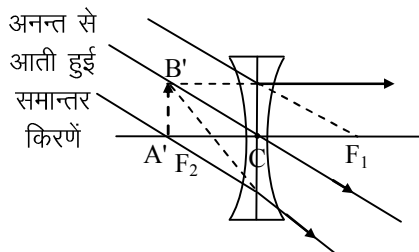


चित्र. अवतल लेंस : अनन्त पर बिन्दु वस्तु, फोकस पर प्रतिबिम्ब

प्रतिबिम्ब फोकस F_2 पर बनता है। यह आभासी और बिन्दु आकृति का होता हैं।

◆ बड़े आकार की वस्तु जिसका पाद (foot) मुख्य अक्ष पर हैं।

समान्तर किरणें मुख्य अक्ष पर कुछ कोण से झुकी होती हैं। पाद का प्रतिबिम्ब फोकस पर बनता है। प्रतिबिम्ब द्वितीय मुख्य फोकस F_2 पर बनता है। यह आभासी, सीधा और छोटा आकार का होता है।



चित्र. अवतल लेंस : बड़े आकार की वस्तु अनन्त पर प्रतिबिम्ब फोकस पर

स्थिति 2 : वस्तु किसी निश्चित दूरी पर है

वास्तविक वस्तु AB उसका प्रतिबिम्ब $A'B'$ पर बनाती है, जो द्वितीय मुख्य फोकस F_2 व प्रकाशीय केन्द्र C के मध्य बनता है।

प्रतिबिम्ब आभासी, सीधा और छोटा होता है।

➤ लेंस में आंकीय विधि

(A) लेंस का सूत्र

◆ **परिभाषा :** वस्तु की दूरी (u) प्रतिबिम्ब की दूरी (v) और फोकस दूरी (f) को सम्बन्धित करने वाली लेंस की समीकरण लेंस सूत्र कहलाती है।

◆ **मान्यताएँ :**

1. लेंस पतला होता है।
2. लेंस का द्वारक छोटा होता है।
3. वस्तु मुख्य अक्ष के बहुत निकट रखी जाती है।
4. आपतित किरणें लेंस की सतह से या मुख्य अक्ष से छोटा कोण बनाती हैं।

$$\text{लेंस सूत्र : } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

(B) लेंस के लिए रेखीय आवर्धन

◆ **रेखीय आवर्धन**

◆ **परिभाषा :** लेंस से अपवर्तन के द्वारा बनाये गये प्रतिबिम्ब व वस्तु के आकार का अनुपात, लेंस द्वारा उत्पन्न रेखीय आवर्धन कहलाती है। इसे संकेत m द्वारा दर्शाया जाता है।

यदि प्रतिबिम्ब का आकार I है एवं O वस्तु का आकार है, तब

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

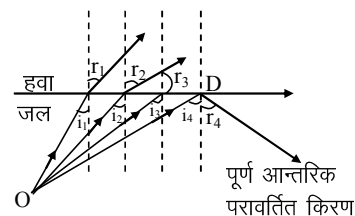
(C) लेंस की शक्ति

◆ **परिभाषा :** यह लेंस की क्षमता या सामर्थ्य है, जिसके कारण यह उसमें से जाने वाली किरणों को विचलित (अभिसारित या अपसारित) करता है। एक लेंस अधिक अभिसारी या अधिक अपसारी प्रवृत्ति दर्शाता है, अधिक शक्ति वाला कहा जाता है।

$$\text{लेंस की शक्ति (डायोप्टर में)} \propto \frac{1}{f(\text{मीटर में})}$$

➤ पूर्ण आंतरिक परावर्तन

◆ **परिभाषा :** जब प्रकाश सघन माध्यम से विरल माध्यम में गुजरता है तथा उस माध्यम के लिए क्रांतिक कोण से अधिक कोण पर आपतित होता है, तो यह पूर्णतया सघन माध्यम में लोट जाती है। पूर्ण इस प्रकार का प्रकाश का पुनः लौटना पूर्ण आन्तरिक (अन्दर की ओर) परावर्तन कहलाता है।



चित्र. पूर्ण आंतरिक परावर्तन

◆ क्रांतिक कोण :

सघन माध्यम जिसके लिए अपवर्तन कोण 90° है, के लिए आपतन कोण क्रांतिक कोण कहलाता है। यह संकेत C द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

$$\Rightarrow \mu_w \sin i_3 = \mu_a \sin 90^\circ$$

$$\Rightarrow \sin i_3 = \frac{1}{\mu_w}$$

[निर्देश : μ का मान जितना अधिक होता है, कोण C का मान उतना ही कम होता है].

◆ शर्तें (Condition)

- (i) प्रकाश सघन माध्यम से विरल माध्यम में गुजरना चाहिए।
(ii) प्रकाश सघन माध्यम के लिए क्रांतिक कोण से अधिक कोण पर आपतित होना चाहिए।

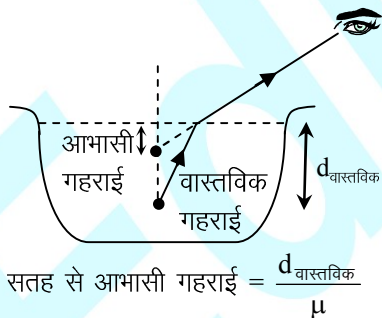
लाभ : पूर्ण आंतरिक परावर्तन में 100% प्रकाश परावर्तित होता है, अतः प्रतिबिम्ब अधिक चमकीला बनता है।

दर्पण से सामान्य परावर्तन में, केवल 85% प्रकाश परावर्तित होता है, शेष 15% या तो काँच के दर्पण द्वारा अवशोषित हो जाता है या हल्की पालिश के कारण पारगमित हो जाता है।

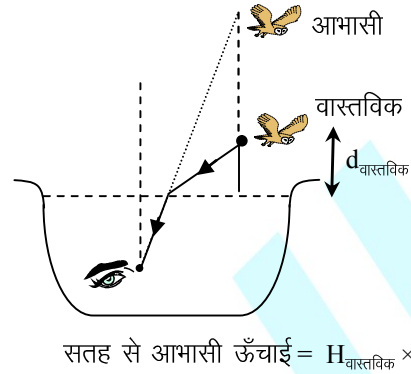
सामान्य परावर्तन द्वारा निर्मित प्रतिबिम्ब कम चमकीला होता है।

➤ वास्तविक व आभासी गहराई और ऊँचाई

(A) जब हवा से द्रव में देखते हैं :



(B) जब द्रव से हवा में देखते हैं



✦ दृष्टांतीय उदाहरण ✦

Ex.1 पानी में प्रकाश की चाल $2.25 \times 10^8 \text{ m/s}$ है। पानी के अपवर्तनांक की गणना कीजिए।

Sol. अपवर्तनांक दिया गया है:

$$n = \frac{\text{निर्वात में प्रकाश की चाल}(c)}{\text{पानी में प्रकाश की चाल}(v)}$$

$$= \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.25 \times 10^8 \text{ m/s}} = 1.33$$

Ex.2 हीरे का अपवर्तनांक 2.42 है। हीरे में प्रकाश की चाल की गणना कीजिए।

Sol. हम जानते हैं की अपवर्तनांक

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\text{निर्वात में प्रकाश की चाल}}{\text{हीरे में प्रकाश की चाल}}$$

$$\text{या } 2.42 = \frac{3 \times 10^8}{v}$$

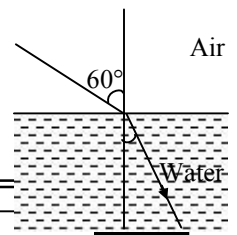
$$\text{या } v = \frac{3 \times 10^8}{2.42} = 1.24 \times 10^8 \text{ m/s.}$$

Ex.3 वायु में गतिशील प्रकाश की एक किरण पानी के पृष्ठ पर आपतित होती है। आपतन कोण पृष्ठ के अभिलम्ब से 60° कोण बनाता है। पानी का अपवर्तनांक = $4/3$ अपवर्तन कोण की गणना कीजिए।

Sol. हम जानते हैं कि $\frac{\sin i}{\sin r} = n$

$$\text{यहाँ, } i = 60^\circ,$$

$$n = 4/3$$



$$\therefore \frac{\sin 60^\circ}{\sin r} = \frac{4}{3}$$

$$\text{या } \frac{\sqrt{3}/2}{\sin r} = \frac{4}{3}$$

$$\text{या } \sin r = \frac{3\sqrt{3}}{8} = 0.649$$

$$\therefore r = \sin^{-1} 0.649$$

$$\therefore r = 40.5^\circ$$

Ex.4 यदि पानी का अपवर्तनांक $4/3$ तथा काँच का $3/2$ है। पानी के सापेक्ष काँच के अपवर्तनांक की गणना कीजिए।

Sol. हम जानते हैं कि

$${}^w\mu_g = \frac{\mu_g}{\mu_w}$$

यहाँ ${}^w\mu_g$ = पानी के सापेक्ष काँच का अपवर्तनांक

$$\mu_g = \text{काँच का अपवर्तनांक} = 3/2$$

$$\mu_w = \text{पानी का अपवर्तनांक} = 4/3$$

$$\therefore {}^w\mu_g = \frac{3/2}{4/3} = \frac{9}{8} = 1.1$$

Ex.5 किसी पारदर्शी माध्यम की समतल पृष्ठ पर आपतित प्रकाश की एक किरण अभिलम्ब से 60° कोण बनाती है। अपवर्तन कोण 30° हैं। पारदर्शी पदार्थ के अपवर्तनांक की गणना कीजिए।

Sol. यहाँ,

$$\text{आपतन कोण } i = 60^\circ$$

$$\text{अपवर्तन कोण } r = 30^\circ$$

अपवर्तनांक

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}/2}{1/2} = \sqrt{3}$$

Ex.6 वायु में गतिशील प्रकाश की एक किरण अभिलम्ब से 45° कोण पर एक काँच पट्टिका की सतह पर आपतित होती है। काँच का अपवर्तनांक 1.5 है। अपवर्तन कोण ज्ञात कीजिए।

Sol. आपतन कोण $= 45^\circ$

काँच का अपवर्तनांक $n = 1.5$

$$\text{चूँकि } n = \frac{\sin i}{\sin r}$$

$$\text{या } 1.5 = \frac{\sin 45^\circ}{\sin r}$$

$$\text{या } \sin r = \frac{\sin 45^\circ}{1.5} = \frac{1/\sqrt{2}}{1.5}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2} \times 1.5}$$

$$= \frac{1}{1.41 \times 1.5} = \frac{1}{2.115} = 0.4728$$

$$r = \sin^{-1} 0.47$$

$$\therefore r = 28^\circ$$

Ex.7 हीरे का अपवर्तनांक 2.42 तथा कार्बन डाइसल्फाइड का 1.63 है। कार्बन डाइसल्फाइड के सापेक्ष हीरे के अपवर्तनांक की गणना कीजिए।

Sol. कार्बन डाइ सल्फाइड का अपवर्तनांक $n_1 = 1.63$

हीरे का अपवर्तनांक $n_2 = 2.42$

$\therefore$ कार्बन डाइ सल्फाइड के सापेक्ष हीरे का अपवर्तनांक

$${}_1n_2 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{2.42}{1.63} = 1.48$$

Ex.8 एक सिक्का एक पात्र में स्थित है, फिर इससे 20 cm ऊँचाई तक पानी भरा जाता है। यदि पानी का अपवर्तनांक $4/3$ है, तो सिक्के की आभासी गहराई ज्ञात कीजिए।

Sol. यहाँ,

$$\text{वास्तविक गहराई } h = 20 \text{ cm}$$

$$\text{अपवर्तनांक } n = 4/3$$

$$\text{अब, } n = \frac{\text{वास्तविक गहराई}}{\text{आभासी गहराई}}$$

$$\text{या } \frac{4}{3} = \frac{20}{\text{आभासी गहराई}}$$

$$\text{या आभासी गहराई} = \frac{20 \times 3}{4} = 15 \text{ cm}$$

Ex.9 एक टेबल पर एक काला धब्बा होता है। 6cm मोटाई की एक काँच पट्टिका टेबल पर धब्बे के ऊपर रखी हुई है। काँच का अपवर्तनांक $3/2$ है। ऊपरी सतह से कितनी गहराई पर धब्बा दिखाई देगा जब ऊपर से इसे देखा जाता है ?

Sol. धब्बे की वास्तविक गहराई = 6 cm

$$\text{काँच का अपवर्तनांक } n = \frac{3}{2}$$

$$\text{अब } n = \frac{\text{वास्तविक गहराई}}{\text{आभासी गहराई}}$$

$$\text{या } \frac{3}{2} = \frac{6}{\text{आभासी गहराई}}$$

$$\therefore \text{आभासी गहराई} = \frac{6 \times 2}{3} = 4 \text{ cm}$$

Ex.10 हीरे का अपवर्तनांक 2.42 तथा काँच का 1.5 है। हीरा-काँच पृष्ठ के लिए क्रांतिक कोण की गणना कीजिए।

Sol. हीरे का अपवर्तनांक $n_1 = 2.42$

काँच का अपवर्तनांक $n_2 = 1.5$

$$\begin{aligned} \text{अब, } \sin i_c &= \frac{n_2}{n_1} \\ &= \frac{1.5}{2.42} = 0.6198 \end{aligned}$$

$$i_c = \sin^{-1} 0.62$$

$$\therefore i_c = 38.3^\circ$$

Ex.11 एक काँच का अपवर्तनांक $3/2$ है। काँच में गतिशील प्रकाश की एक किरण काँच-जल पृष्ठ पर अभिलम्ब से 30° कोण पर आपतित होती है। क्या यह $4/3$ अपवर्तनांक वाले पानी से बाहर निकलने में सक्षम होगी।

Sol. काँच का अपवर्तनांक $n_1 = 3/2$

पानी का अपवर्तनांक $n_2 = 4/3$

$$\text{अब, } \sin i_c = \frac{n_2}{n_1} = \frac{4/3}{3/2} = \frac{8}{9} = 0.88$$

$$\therefore i_c = 62^\circ$$

जबकी आपतन कोण (30°) क्रांतिक कोण से कम होता है, किरण पानी में अपवर्तित होगी।

Ex.12 सघन फिल्ट काँच का अपवर्तनांक 1.65 तथा एल्कोहल का 1.36 है, दोनों वायु के सापेक्ष है। एल्कोहल के सापेक्ष फिल्ट काँच का अपवर्तनांक क्या होगा ?

Sol. फिल्ट काँच का अपवर्तनांक $n_2 = 1.65$

एल्कोहल का अपवर्तनांक $n_1 = 1.36$

$\therefore$ एल्कोहल के सापेक्ष फिल्ट काँच का अपवर्तनांक दिया जाता है।

$${}_1n_2 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1.65}{1.36} = 1.21$$

Ex.13 एक वस्तु उत्तल लेंस से 36 cm पर रखी हुई है। एक वास्तविक प्रतिबिम्ब लेंस से 24 cm पर बनता है। लेंस की फोकस दूरी की गणना कीजिए।

Sol. चिन्ह परिपाटी के अनुसार वस्तु लेंस के बाईं ओर रखी हुई है। अतः वस्तु दूरी (u) ऋणात्मक होगी। वास्तविक प्रतिबिम्ब लेंस के दूसरी तरफ बनता है। अतः प्रतिबिम्ब दूरी (v) धनात्मक है। इसी प्रकार $u = -36 \text{ cm}$ तथा $v = +24 \text{ cm}$, $f = ?$

लेंस सूत्र के उपयोग से $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$, हम पाते हैं कि

$$\frac{1}{+24} - \frac{1}{-36} = \frac{1}{f}$$

$$\text{या } \frac{1}{f} = \frac{1}{24} + \frac{1}{36} = \frac{5}{72}$$

$$\therefore f = \frac{72}{5} = 14.4 \text{ cm}$$

Ex.14 2cm लम्बा पिन लेंस से 25 cm की दूरी पर 15 cm फोकस दूरी वाले एक लेंस को मुख्य अक्ष के लम्बवत् रखा गया है। प्रतिबिम्ब की स्थिति तथा इसका आकार ज्ञात कीजिए।

Sol. यहाँ $u = -25$ cm, $f = +15$

लेंस सूत्र के उपयोग से $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ हम पाते हैं कि

$$\text{या } \frac{1}{v} - \frac{1}{-25} = \frac{1}{+15}$$

$$\text{या } \frac{1}{v} = \frac{1}{15} - \frac{1}{25} = \frac{2}{75}$$

$$\text{या } v = \frac{75}{2} = 37.5 \text{ cm}$$

धनात्मक चिन्ह दर्शाता है कि लेंस के दाये भाग में प्रतिबिम्ब बनता है। आवर्धन दिया जाता है -

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

$$\text{या } = \frac{h'}{h} = \frac{37.5}{-25} = -1.5$$

$$\therefore h = -1.5 \times h = -1.5 \times 2 \text{ cm} = -3 \text{ cm}$$

पिन का प्रतिबिम्ब 3cm लम्बा है। ऋणात्मक चिन्ह दर्शाता है कि यह मुख्य अक्ष के नीचे बनता है। अर्थात् प्रतिबिम्ब उल्टा है।

Ex.15 एक बिन्दु वस्तु इसके मुख्य अक्ष पर एक उत्तल लेंस से 18 cm दूरी पर रखी हुई है। इसका प्रतिबिम्ब लेंस के दूसरी ओर 27cm पर बनता है। लेंस के फोकस दूरी की गणना कीजिए।

Sol. चिन्ह परिणामी के अनुसार, वस्तु लेंस के बाई ओर रखी है, इसलिए वस्तु-दूरी ऋणात्मक होती है अर्थात् $u = -18$ cm जबकी प्रतिबिम्ब दूसरी साइड पर बनता है, प्रतिबिम्ब-दूरी धनात्मक होती है अर्थात् $v = +27$ cm लेंस सूत्र से-

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

$$\frac{1}{+27} - \frac{1}{-18} = \frac{1}{f}$$

$$\text{या } \frac{1}{27} + \frac{1}{18} = \frac{5}{54} = \frac{1}{f}$$

$$\text{या } f = \frac{54}{5} = 10.8 \text{ cm}$$

Ex.16 एक उत्तल लेंस इससे 30 cm की दूरी पर वस्तु के समान आकार का प्रतिबिम्ब बनाती है। लेंस की फोकस दूरी ज्ञात कीजिए। लेंस की शक्ति भी ज्ञात कीजिए। लेंस से वस्तु की दूरी क्या है ?

Sol. एक उत्तल लेंस वस्तु के आकार का प्रतिबिम्ब बनाता है। जब वस्तु लेंस से $2f$ दूरी पर रखी हुई है इस स्थिति में प्रतिबिम्ब लेंस से $2f$ दूरी के बराबर होता है।

$$\text{इस प्रकार, } 2f = 30 \text{ cm}$$

$$\text{या } f = 15 \text{ cm} = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{लेंस की शक्ति } P = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.15} \text{ D} = 6.6\text{D}$$

$$\text{लेंस से वस्तु की दूरी } 2f = 30 \text{ cm.}$$

Ex.17 3cm ऊँची वस्तु 20 cm फोकस दूरी वाले एक अवतल लेंस से 80 cm की दूरी पर रखी हुई है। प्रतिबिम्ब की स्थिति एवं आकार ज्ञात कीजिए।

Sol. यहाँ, $u = -80$ cm, $f = -20$ cm

$$\text{लेंस सूत्र से } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}, \text{ हम पाते हैं कि}$$

$$\text{या } \frac{1}{v} - \frac{1}{-80} = \frac{1}{-20}$$

$$\text{या } \frac{1}{v} = -\frac{1}{20} - \frac{1}{80} = \frac{-5}{80} = -\frac{1}{16}$$

$$\text{या } v = -16 \text{ cm}$$

$$\text{आवर्धनता: } m = \frac{h'}{h} = \frac{v}{u} = \frac{-16}{-80} = \frac{1}{5}$$

$$\text{या } h' = \frac{h}{5} = \frac{3.0}{5} = 0.6 \text{ cm}$$

प्रतिबिम्ब की लम्बाई 0.6 cm है। धनात्मक चिन्ह दर्शाता है की प्रतिबिम्ब सीधा है।

Ex.18 एक वस्तु अवतल लेंस से 40cm दूरी पर मुख्य अक्ष पर रखी हुई है। लेंस की फोकस दूरी 40cm है, प्रतिबिम्ब की स्थिति तथा आवर्धनता ज्ञात कीजिए।

Sol. अवतल लेंस के लिए, फोकस दूरी ऋणात्मक है अर्थात् $f = -40 \text{ cm}$ चिन्ह परिपाटी से वस्तु लेंस के बाई ओर रखी हुई है अतः $u = -40 \text{ cm}$

लेंस सूत्र से $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$, हम पाते हैं कि

$$\text{या } \frac{1}{v} - \frac{1}{-40} = \frac{1}{-40}$$

$$\text{या } \frac{1}{v} = -\frac{1}{40} - \frac{1}{40} = -\frac{1}{20}$$

$$\text{या } v = -20 \text{ cm}$$

प्रतिबिम्ब लेंस से 20cm दूरी पर बनता है। ऋणात्मक चिन्ह दर्शाता है की प्रतिबिम्ब लेंस के उसी ओर बनता है जिस ओर वस्तु है।

$$\text{अब आवर्धनता } m = \frac{h'}{h} = \frac{v}{u} = \frac{-20}{-40} = \frac{1}{2}$$

धनात्मक चिन्ह दर्शाता है की प्रतिबिम्ब सीधा है।

Ex.19 एक अवतल लेंस के मुख्य अक्ष के समान्तर गुजर रहा प्रकाश पुँज अपवर्तन के पश्चात् लेंस के पीछे 25cm पर स्थित बिन्दु से अपसारित होता हुआ दिखाई देता है। लेंस के शक्ति की गणना कीजिए।

Sol. जब लेंस से अपवर्तन के पश्चात् एक समान्तर पुँज एक अवतल लेंस पर आपतित होता है, यह लेंस के फोकस से अपसारित होता हुआ प्रतीत होता है। यहाँ लेंस की फोकस दूरी 25cm है। चिन्ह परिपाटी के अनुसार एक अवतल लेंस की फोकस दूरी ऋणात्मक होती है।

$$\therefore f = -25 \text{ cm} = -0.25 \text{ m}$$

$$\therefore \text{Power, } P = \frac{1}{f} = \frac{1}{-0.25} = -4D$$

Ex.20 शक्ति 5D वाला एक उत्तल लेंस पर्दे से 30cm की दूरी पर रखा जाता है। लेंस से कितनी दूरी पर पर्दा होना चाहिए ताकि इसका प्रतिबिम्ब पर्दे पर बने ?

Sol. लेंस की शक्ति $P = +5D$

$$\therefore \text{फोकस दूरी } f = \frac{1}{5D} = \frac{1}{5} = 0.20 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

यहाँ पर्दा लेंस से 30 cm पर रखा हुआ है।

$$\therefore v = +30 \text{ cm, } f = +20 \text{ cm, } u = ?$$

लेंस सूत्र से $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$, हम पाते हैं कि

$$\frac{1}{30} - \frac{1}{u} = \frac{1}{20}$$

$$\text{या } \frac{1}{u} = \frac{1}{30} - \frac{1}{20} = -\frac{1}{60}$$

$$\text{या } u = -60 \text{ cm}$$

इसलिए पर्दा लेंस से 60cm पर रखा होना चाहिए।

Ex.21 3cm लम्बी एक पिन 18cm फोकस दूरी वाले एक उत्तल लेंस से 24 cm दूरी पर रखी हुई है। पिन मुख्य अक्ष के लम्बवत् रखी हुई है। प्रतिबिम्ब की स्थिति, आकार एवं प्रकृति ज्ञात कीजिए।

Sol. यहाँ $u = -24 \text{ cm, } f = +18 \text{ cm, } v = ?$

$$\text{लेंस सूत्र का उपयोग करने पर } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

हम प्राप्त करते हैं

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{-24} = \frac{1}{+18}$$

$$\text{या } \frac{1}{v} = \frac{1}{18} - \frac{1}{24} = \frac{1}{72}$$

$$\text{या } v = 72 \text{ cm}$$

प्रतिबिम्ब दूसरी ओर लेंस से 72 cm पर बनता है।

अतः प्रतिबिम्ब वास्तविक होता है।

आवर्धनता $m = \frac{h'}{h} = \frac{v}{u} = \frac{72}{-24} = -3$

या $h' = -3 \times h = -3 \times 3.0 = -9 \text{ cm}$

प्रतिबिम्ब आकार में 9cm है। ऋणात्मक चिन्ह दर्शाता है की प्रतिबिम्ब उल्टा है।

Ex.22 40cm फोकस दूरी वाला एक उत्तल लेंस तथा 25cm फोकस दूरी वाला एक अवतल लेंस सम्पर्क में इस प्रकार रखे गये हैं कि वे उभयनिष्ठ मुख्य अक्ष रखते है। संयोजन की शक्ति ज्ञात कीजिए।

Sol. उत्तल लेंस की फोकस दूरी

$$f_1 = 40 \text{ cm} = +0.4 \text{ m}$$

∴ उत्तल लेंस की शक्ति

$$P_1 = \frac{1}{+0.40} = +2.5D$$

अवतल लेंस की फोकस दूरी

$$f_2 = -25 \text{ cm} = -0.25 \text{ m}$$

∴ अवतल लेंस की शक्ति

$$P_2 = \frac{1}{-0.25} = -4D$$

संयोजन की शक्ति

$$P = P_1 + P_2 = 2.5 - 4D = -1.5D$$

Ex.23 एक अवतल लेंस की फोकस दूरी 15cm है। लेंस से कितनी दूरी पर एक वस्तु रखनी चाहिए ताकि यह प्रतिबिम्ब लेंस से 10 cm पर बनाए ? आवर्धनता भी ज्ञात कीजिए।

Sol. एक अवतल लेंस सदैव वस्तु की ओर आभासी सीधा प्रतिबिम्ब बनाता है।

प्रतिबिम्ब दूरी $v = -10 \text{ cm}$

फोकस दूरी $f = -15 \text{ cm}$

वस्तु दूरी $u = ?$

लेंस सूत्र के उपयोग से $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$, हम पाते है कि

या $\frac{1}{-10} - \frac{1}{u} = \frac{1}{-15}$

या $-\frac{1}{10} = \frac{2-3}{30} = -\frac{1}{30}$

या $u = -30 \text{ cm}$

इसी प्रकार, वस्तु लेंस से 30 cm दूरी पर रखी जानी चाहिए।

आवर्धनता $m = \frac{v}{u} = \frac{-10}{-30} = \frac{1}{3} = 0.33$

धनात्मक चिन्ह दर्शाता है की प्रतिबिम्ब सीधा तथा आभासी है। प्रतिबिम्ब का आकार वस्तु का एक-तिहाई होता है।

Ex.24 2 cm लम्बी एक वस्तु 10cm फोकस दूरी वाले एक उत्तल लेंस के मुख्य अक्ष के लम्बवत् रखी जाती है। लेंस से वस्तु की दूरी 15cm है। प्रतिबिम्ब की स्थिति, प्रकृति एवं आकार ज्ञात कीजिए। लेंस के आवर्धन की गणना कीजिए।

Sol. वस्तु दूरी $u = -15 \text{ cm}$

फोकस दूरी $f = +10 \text{ cm}$

वस्तु ऊँचाई $h = +2 \text{ cm}$

प्रतिबिम्ब दूरी $v = ?$

प्रतिबिम्ब की ऊँचाई, $h' = ?$

लेंस सूत्र के उपयोग से $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{-15} = \frac{1}{+10}$$

या $\frac{1}{v} = \frac{1}{10} - \frac{1}{15} = \frac{+1}{30}$

या $v = +30 \text{ cm}$

v का धनात्मक चिन्ह दर्शाता है की प्रतिबिम्ब लेंस के दाई ओर 30cm दूरी पर बनता है। इसलिए प्रतिबिम्ब उल्टा व वास्तविक है।

आवर्धन $m = \frac{h'}{h} = \frac{v}{u}$

$$\frac{h'}{2.0} = \frac{+30}{-15} = -2$$

या $h' = -2 \times 2 = -4 \text{ cm}$

आवर्धनता $m = \frac{v}{u} = \frac{30}{-15} = -2$

प्रतिबिम्ब की आवर्धनता एवं ऊँचाई के साथ ऋणात्मक चिन्ह दर्शाता है की प्रतिबिम्ब उल्टा व वास्तविक है। इसी प्रकार 4cm ऊँचाई का एक वास्तविक प्रतिबिम्ब लेंस के दाई ओर 30cm की दूरी पर बनता है। प्रतिबिम्ब उल्टा है तथा वस्तु के आकार का दुगुना है।

◆ याद रखने योग्य महत्वपूर्ण बिन्दु :

- ◆ **अपवर्तन:** प्रकाश की एक किरण मुड़ जाती है जैसे ही यह एक माध्यम से दूसरे माध्यम से गुजरती है, यह अपवर्तन कहलाता है।

- (a) विरल से सघन माध्यम में गुजरने वाली प्रकाश की एक किरण अभिलम्ब की ओर मुड़ जाती है।
- (b) सघन से विरल माध्यम में गुजरने वाली प्रकाश की एक किरण अभिलम्ब से दूरी मुड़ जाती है।

◆ अपवर्तन के नियम:

- (a) किसी माध्यम के निश्चित युग्म के लिए आपतन कोण की ज्या एवं अपवर्तन कोण की ज्या का अनुपात नियत है अर्थात् $\sin i / \sin r = \text{नियतांक}$ उस माध्यम जिससे प्रकाश प्रवेश कर रहा है के अपवर्तनांक के बराबर है।

- (b) आपतित किरण, आपवर्तित किरण तथा अभिलम्ब तीनों एक ही तल में होते हैं।

- ◆ **पार्श्व विस्थापन:** निर्गत किरण तथा आपतित किरण के वास्तविक मार्ग के मध्य दूरी अन्तराल की लम्बवत् दूरी पार्श्व विस्थापन कहलाती है।

- ◆ **लेंस :** किसी पारदर्शी माध्यम का एक टुकड़ा दो वक्रिय सतहों द्वारा परिवद्ध होता है, लेंस कहलाता है।

वह लेंस जो मध्य में मोटा तथा किनारों पर पतला होता है, उत्तल लेंस कहलाता है। एक उत्तल लेंस अभिसारी लेंस भी कहलाता है। वह लेंस जो किनारों पर मोटा तथा केन्द्र पर पतला है, अवतल लेंस

कहलाता है। एक अवतल लेंस अपसारी लेंस भी कहलाता है।

- ◆ **लेंस का प्रकाशिक केन्द्र:** लेंस का केन्द्र बिन्दु प्रकाशिक केन्द्र कहलाता है। प्रकाशिक केन्द्र से गुजरने वाली प्रकाश किरण कोई विचलन प्रदर्शित नहीं करती है।

- ◆ **लेंसों द्वारा निर्मित प्रतिबिम्ब:** एक उत्तल लेंस एक वस्तु की उन सभी स्थितियों के लिए वास्तविक व उल्टा प्रतिबिम्ब बनाता है, जब वस्तु फोकस (F) पर या फोकस (F) के बाहर (F से दूर) हो।

यद्यपि जब वस्तु f तथा O के मध्य रखी हुई है, उत्तल लेंस द्वारा निर्मित प्रतिबिम्ब आभासी तथा सीधा होता है।

एक अवतल लेंस सदैव आभासी, सीधा तथा छोटा प्रतिबिम्ब बनाता है, चाहे लेंस से वस्तु की दूरी कुछ भी हो।

◆ लेंस सूत्र :

$$\text{लेंस का सूत्र } \frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$$

- ◆ **लेंस की शक्ति:** लेंस की फोकस दूरी का व्युत्क्रम (मीटर में मापी गई) इसकी शक्ति कहलाता है।

एक लेंस की शक्ति डायोप्टर (D) इकाई में व्यक्त की जाती है।

- ◆ **589 nm तरंगदैर्घ्य के प्रकाश के साथ निर्वात के सापेक्ष विभिन्न पदार्थों के अपवर्तनांक :**

- ◆ **ठोस (20°C पर)**

पदार्थ	अपवर्तनांक
हीरा	2.42
माणिक्य	1.71
नीलम	1.77
क्वार्टज(फ्यूज्ड)	1.46
कनाडा बालसम	1.53
रॉक साल्ट	1.54
काँच (क्राउन)	1.52
काँच (पिलण्ट)	1.66
बर्फ	1.31

◆ गैस (0°C, 1 atm पर)

पदार्थ	अपवर्तनांक
वायु	1.00029
कार्बन डाइऑक्साइड	1.00045

◆ द्रव (20°C पर)

पदार्थ	अपवर्तनांक
पानी	1.33
ऐथिल एल्कोहल	1.36
केरोसिन	1.44
तारपीन का तेल	1.47
ग्लिसरीन	1.47
बेंजीन	1.5
कार्बन डाइसल्फाइड	1.63