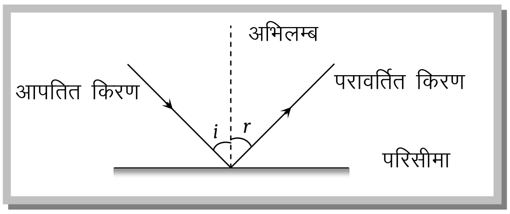
जब एक प्रकाश किरण किसी माध्यम से चलकर एक परिसीमा (दो माध्यमों को अलग-अलग करने वाली सीमा) पर आपतित होकर उसी माध्यम में वापस आ जाती है, तो इस घटना को प्रकाश का परावर्तन कहते हैं।

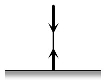


⇒ $\angle i = \angle r$

⇒ परावर्तन के पश्चात् प्रकाश का वेग तरंगदैर्ध्य एवं आवृति नियत रहती है, परन्तु तीव्रता घटती है।

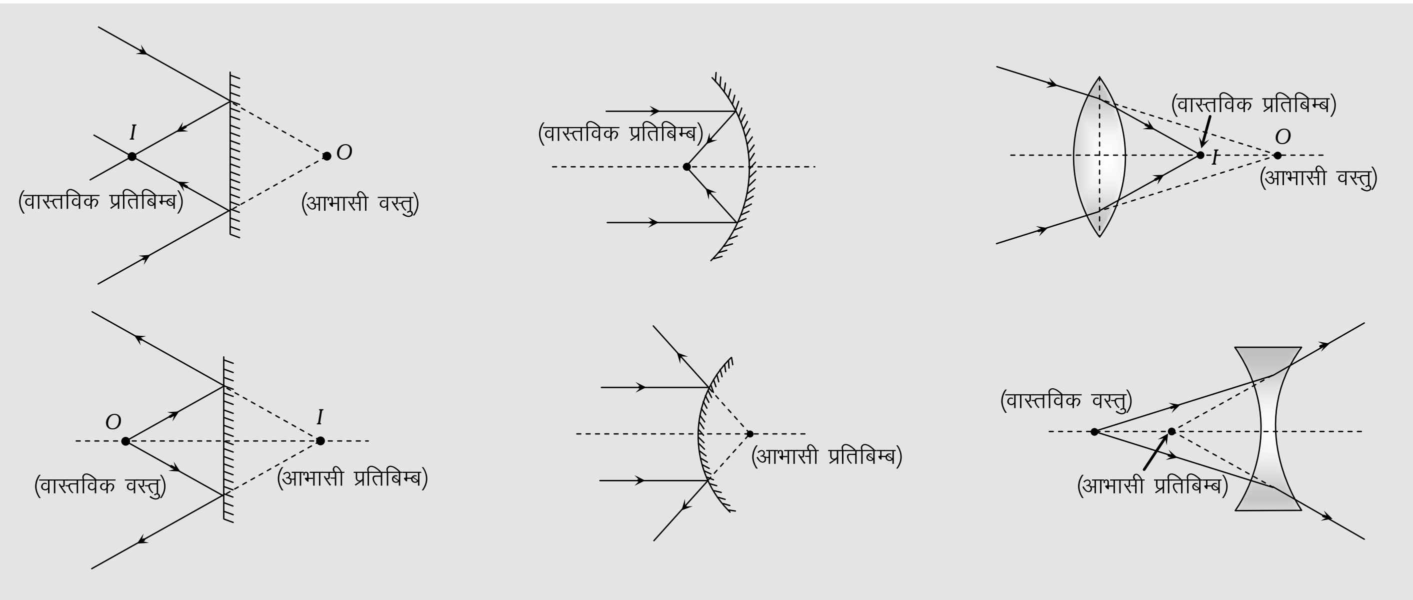
⇒ यदि परावर्तन सघन माध्यम से होता है, तो कला π से परावर्तित हो जाती है।

- ❑ परावर्तन के पश्चात् प्रकाश का वेग, तरंगदैर्ध्य और आवृत्ति अपरिवर्तित रहते हैं जबकि तीव्रता घटती है।
- ❑ यदि प्रकाश किरण किसी सतह पर अभिलम्बवत् आपतित होती है, तो परावर्तन के बाद यह अपने आपतित पथ पर वापस लौट जाती है।



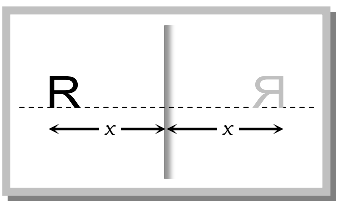
वास्तविक प्रतिबिम्ब एवं आभासी प्रतिबिम्ब

यदि परावर्तन या अपवर्तन के पश्चात् प्रकाश किरणें वास्तव में किसी बिन्दु पर मिलती हैं, तो वास्तविक प्रतिबिम्ब बनता है, एवं यदि ये मिलती हुई प्रतीत होती हैं, तो आभासी प्रतिबिम्ब बनता है।



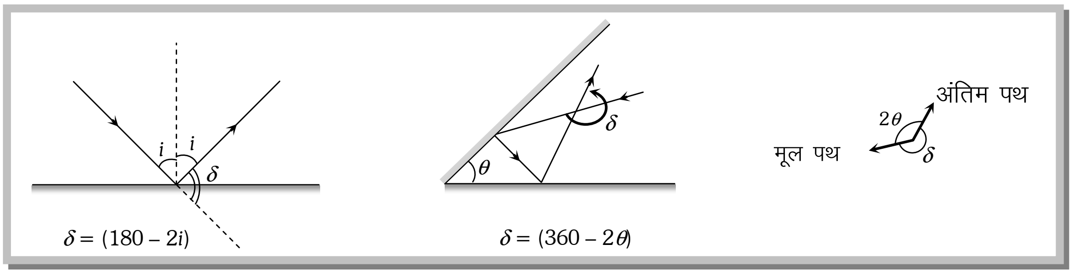
समतल दर्पण

समतल दर्पण द्वारा बना प्रतिबिम्ब आभासी, सीधा, पार्श्विक उल्टा, आकार में वस्तु के बराबर एवं दर्पण से उतनी ही दूरी पर बनता है, जितनी दूरी पर दर्पण के सामने वस्तु रखी होती है।

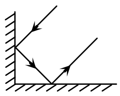


(1) विचलन

एक समतल दर्पण एवं दो झुके हुए समतल दर्पणों द्वारा उत्पन्न विचलन

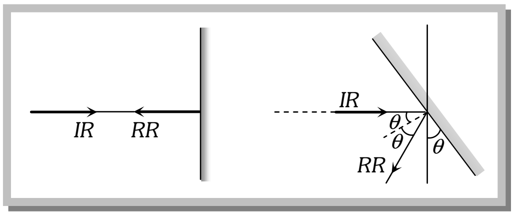


- एक दूसरे से 90° के कोण पर झुके दो समतल दर्पणों से क्रमिक परावर्तन के पश्चात् निर्गत किरण आपतित किरण के प्रति समान्तर निकलती है, जबकि आपतन कोण का मान चाहे जो भी हो।



(2) घूर्णन

यदि आपतित किरण को स्थिर रखते हुए समतल दर्पण को आपतित तल में θ कोण से घुमा दिया जाये तो परावर्तित किरण 2θ कोण से घूम जाती है।



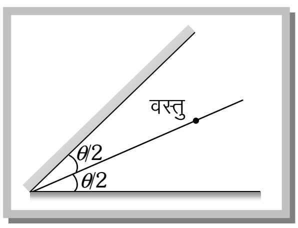
(3) झुके हुए दो समतल दर्पणों द्वारा बने प्रतिबिम्ब

θ कोण पर झुके हुए दो समतल दर्पणों के मध्य स्थित वस्तु के प्रतिबिम्बों की संख्या।

(i) यदि $\dfrac{360}{\theta}$ = समपूर्णांक तब $n = \left(\dfrac{360}{\theta} - 1\right)$

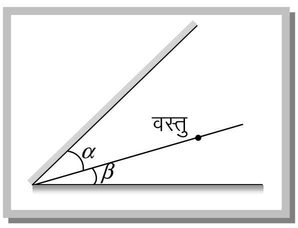
(ii) यदि $\dfrac{360}{\theta}$ = विषम पूर्णांक है, तब दो सम्भावनायें हो सकती हैं

(a) वस्तु सममित अवस्था में स्थित है



$$n = \left(\frac{360}{\theta} - 1\right)$$

(b) वस्तु असममित अवस्था में स्थित है



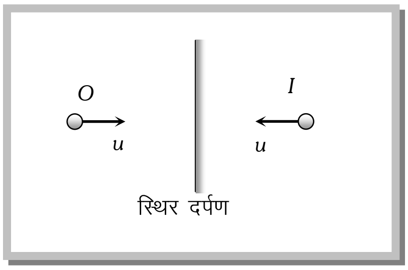
$$n = \frac{360}{\theta}$$

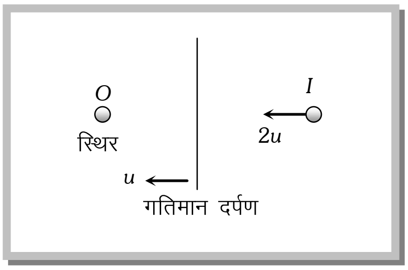
- यदि $\theta = 0°$ अर्थात् दर्पण परस्पर समान्तर है, तब $n = \infty$ अर्थात् प्रतिबिम्बों की संख्या अनन्त होगी।
- यदि $\theta = 90°$, $n = \dfrac{360}{90} - 1 = 3$
- यदि $\theta = 72°$, $n = \dfrac{360}{72} - 1 = 4$ (यदि कुछ नहीं कहा गया हो, तो वस्तु को सममित स्थिति में मानें)

(4) अन्य महत्वपूर्ण जानकारियाँ

(i) जब कोई वस्तु u चाल से समतल दर्पण की ओर (या समतल दर्पण से दूर की ओर) गति करती है, तो उसका प्रतिबिम्ब भी u चाल से दर्पण की ओर (या दूर) गति करता है। परन्तु वस्तु के सापेक्ष प्रतिबिम्ब की आपेक्षिक चाल $2u$ होती है।

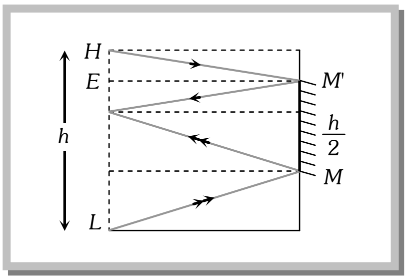
(ii) जब समतल दर्पण u चाल से स्थिर वस्तु की ओर गति करता है, तो प्रतिबिम्ब $2u$ चाल से गति करता है।

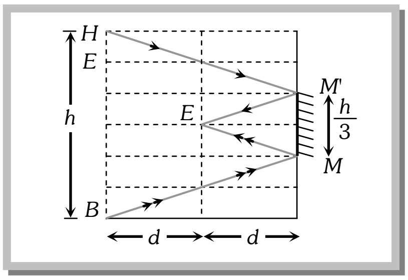




(iii) h ऊँचाई के एक व्यक्ति को अपना पूर्ण प्रतिबिम्ब देखने के लिए समतल दर्पण की लम्बाई कम से कम $h/2$ होनी चाहिए।

(iv) एक व्यक्ति एक कमरे 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 एवं व्यक्ति कमरे के बीच में खड़ा हो।

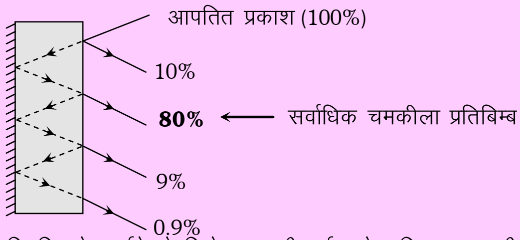




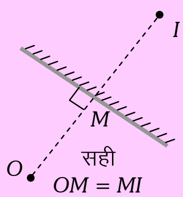
Concepts

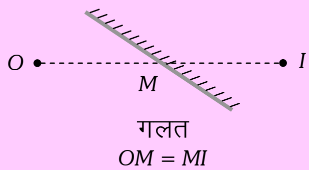
☞ *सघन माध्यम से परावर्तन की स्थिति में π का अतिरिक्त कलान्तर या $\lambda/2$ का अतिरिक्त पथान्तर उत्पन्न हो जाता है जबकि विरल माध्यम से परावर्तन की स्थिति में कला में कोई परिवर्तन नहीं होता।*

☞ *एक मोटे समतल दर्पण के द्वारा बहुत सारे प्रतिबिम्ब बनते हैं। जिनमें द्वितीय प्रतिबिम्ब सर्वाधिक चमकीला होता है।*



☞ *किसी झुके हुये समतल दर्पण से किसी वस्तु की स्थिति को दर्शाने के लिये वस्तु की दर्पण से अभिलम्बवत् दूरी ली जानी चाहिये।*

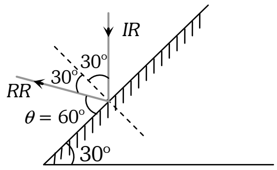




Example: 1 एक समतल दर्पण क्षैतिज के साथ 30° के झुकाव पर स्थित है। यदि एक ऊर्ध्वाधर प्रकाश किरण दर्पण से टकराती हो तो, दर्पण एवं परावर्तित किरण के बीच का कोण होगा [RPET 1997]

(a) 30° (b) 45° (c) 60° (d) 90°

Solution : (c) चूँकि दर्पण एवं इस पर डाले गये लम्ब के बीच का कोण 90° है, तथा परावर्तित किरण लम्ब के साथ 30° का कोण बनाती है, इसलिए दर्पण एवं परावर्तित किरण के बीच का कोण $\theta = 60^o$ होगा।



Example: 2 दो समतल दर्पण एक-दूसरे के साथ 60° के कोण पर झुके हैं। क्षैतिज रूप से गतिशील एक प्रकाश किरण एक दर्पण से परावर्तन के पश्चात् पुनः दूसरे दर्पण से परावर्तित होती है, तो परिणामी विचलन होगा

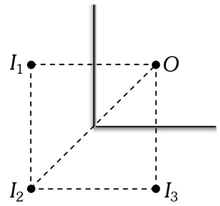
(a) 60° (b) 120° (c) 180° (d) 240°

Solution : (d) सूत्र $\delta = (360 - 2\theta)$ $\Rightarrow$ $\delta = 360 - 2 \times 60 = 240^o$

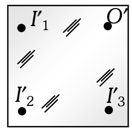
Example: 3 एक आयताकार कमरे की दो संगत दीवारें एवं छत यदि दर्पणनुमा हो तो कमरे में खड़े व्यक्ति के कितने प्रतिबिम्ब बनेंगे [AFMC 2002]

(a) 5 (b) 6 (c) 7 (d) 8

Solution : (c) कमरे की दो संगत दीवारें समतल दर्पण की तरह हैं, एवं इनके बीच का कोण 90° है, इसलिए व्यक्ति के $\frac{360}{90} - 1 = 3$ प्रतिबिम्ब बनेंगे। ये प्रतिबिम्ब एवं स्वयं व्यक्ति छत के दर्पण के लिए वस्तु का कार्य करेंगे इसलिए छत वाला समतल दर्पण चार प्रतिबिम्ब बनायेगा। अतः प्रतिबिम्बों की कुल संख्या = 3 + 4 = 7 होगी।



दीवारों द्वारा निर्मित तीन प्रतिबिम्ब



छत द्वारा निर्मित चार प्रतिबिम्ब

❑ किन्तु व्यक्ति को स्वयं के केवल 6 प्रतिबिम्ब $(I_1, I_2, I_3, I_1', I_2', I_3')$ दिखेंगे।

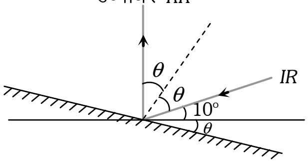
Example: 4 एक प्रकाश किरण क्षैतिज से θ कोण पर झुके एक समतल दर्पण पर, क्षैतिज दिशा से 10° के कोण पर ऊपर से टकराती है। θ के किस कोण के मान के लिये यह किरण ऊर्ध्वाधर हो जायेगी

(a) 40° (b) 50° (c) 80° (d) 100°

Solution : (a) चित्र से

$\theta + \theta + 10 = 90$

$\Rightarrow \theta = 40^o$



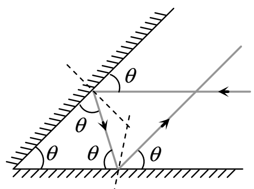
Example: 5 दो समतल दर्पण एक दूसरे से कुछ कोण पर झुके हैं। प्रकाश की एक किरण प्रथम दर्पण पर इस प्रकार आपतित होती है कि दूसरे के समान्तर रहे। द्वितीय दर्पण से परावर्तन के पश्चात् यह प्रकाश किरण प्रथम दर्पण के समान्तर हो जाती है। दोनों दर्पणों के मध्य कोण होगा

(a) 30° (b) 60° (c) 75° (d) 90°

Solution : (b) चित्र से

$\theta + \theta + \theta = 180^o$

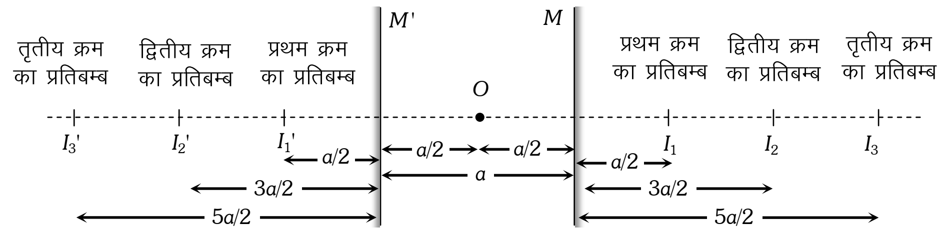
$\Rightarrow \theta = 60^o$



Example: 6 दो समानान्तर समतल दर्पण एक-दूसरे से '*a*' दूरी पर स्थित हैं। इनके ठीक मध्य में एक बिन्दु स्रोत स्थित है। दोनों दर्पणों से क्रमिक परावर्तन (Multiple reflection) के कारण अनन्त संख्या में प्रतिबिम्ब बनते हैं, तो दोनों दर्पणों के द्वारा बने *n*वें क्रम के प्रतिबिम्बों के बीच की दूरी होगी

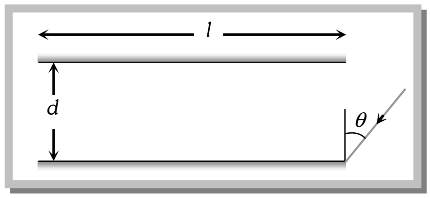
(a) na (b) $2na$ (c) $na/2$ (d) $n^2 a$

Solution : (b)



उपरोक्त चित्र से स्पष्ट है कि दोनों दर्पणों के द्वारा बने *n*वे क्रम के प्रतिबिम्बों के बीच की दूरी $= 2na$ होगी।

Example: 7 दो समतल दर्पणों *P* एवं *Q* को चित्रानुसार परस्पर समानान्तर रखा गया है। एक प्रकाश किरण *P* दर्पण में एक सिरे पर ठीक अन्दर की ओर स्थित बिन्दु पर θ कोण पर आपतित होती है। आपतन-तल चित्र-तल के सम्पाती है। बाहर निकलने से पहले यह किरण अधिकतम कितनी बार परावर्तित होती है (प्रथम परावर्तन को सम्मिलित करते हुये)



(a) $\dfrac{l}{d \tan\theta}$

(b) $\dfrac{d}{l \tan\theta}$

(c) $ld \tan\theta$

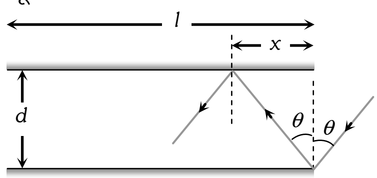
(d) उपरोक्त में से कोई नहीं

Solution : (a) माना कि, n = दर्पण से बाहर निकलने के पहले कुल परावर्तनों की संख्या

x = प्रकाश किरण के द्वारा एक परावर्तन में तय की गयी क्षैतिज दूरी

$\therefore\ nx = l$ तथा $\tan\theta = \dfrac{x}{d}$

$\Rightarrow\ n = \dfrac{l}{d\tan\theta}$



Example: 8 एक समतल दर्पण एवं एक व्यक्ति एक-दूसरे की ओर समान वेग υ से गतिशील है, तो प्रतिबिम्ब का वेग होगा

(a) υ (b) 2υ (c) 3υ (d) 4υ

Solution : (c) यदि दर्पण स्थिर होगा तो प्रतिबिम्ब का व्यक्ति के सापेक्ष वेग 2υ होना चाहिये, लेकिन दर्पण की गति के कारण प्रतिबिम्ब का वेग $2\upsilon + \upsilon = 3\upsilon$ होगा।

Example: 9 कुछ कोण पर झुके दो समतल दर्पण से प्रकाश किरण के क्रमिक परावर्तन से उत्पन्न विचलन 300° है, तो इनके द्वारा बने कुल प्रतिबिम्बों की संख्या होगी

(a) 10 (b) 11 (c) 12 (d) 13

Solution : (b) सूत्र, $\delta = (360 - 2\theta) \Rightarrow 300 = 360 - 2\theta$

$\Rightarrow\ \theta = 30^\circ$. अतः कुल प्रतिबिम्बों की संख्या $= \dfrac{360}{30} - 1 = 11$

Tricky example: 1

R त्रिज्या वाले गोलीय पर्दे के केन्द्र पर एक छोटा समतल दर्पण स्थित है, एवं एक प्रकाश किरण दर्पण पर आपतित होती है। यदि दर्पण प्रति सेकेण्ड n चक्कर लगाता है, तो दर्पण से परावर्तन के बाद पर्दे पर प्रकाश का वेग होगा

(a) $4\pi nR$ (b) $2\pi nR$ (c) $\frac{nR}{2\pi}$ (d) $\frac{nR}{4\pi}$

Solution : (a) जब समतल दर्पण θ कोण से घूमता है, तो इससे परावर्तित प्रकाश 2θ से घूम जाता है। इसलिए पर्दे पर प्रकाश किरण प्रति सेकेण्ड $2n$ चक्कर लगायेगी।

$\therefore$ पर्दे पर प्रकाश का वेग, $v = \omega R = 2\pi(2n)R = 4\pi nR$

Tricky example: 2

एक घड़ी का समतल दर्पण में समय 3 : 25 दिखता है। घड़ी में वास्तविक समय होगा

[RPMT 1997; JIPMER 2001, 2002]

(a) 8 : 35 (b) 9 : 35 (c) 7 : 35 (d) 8 : 25

Solution : (a) इस प्रकार के प्रश्नों के हल के लिए,

वास्तविक समय = 11 : 60 – दिया गया समय

$\therefore$ इस प्रश्न में, वास्तविक समय = 11 : 60 – 3 : 25 = 8 : 35

Tricky example: 3

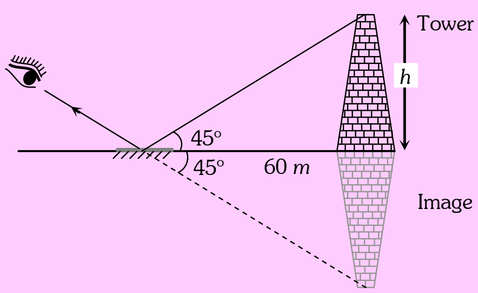
एक मीनार के पाद से क्षैतिज सतह पर एक समतल दर्पण 60 m की दूरी पर रखा जाता है। मीनार की चोटी और दर्पण में उसके प्रतिबिम्ब से आने वाली प्रकाश की किरणें आँख पर 90° का कोण बनाती हैं। मीनार की ऊँचाई होगी

[CPMT 1984]

(a) 30 m (b) 60 m (c) 90 m (d) 120 m

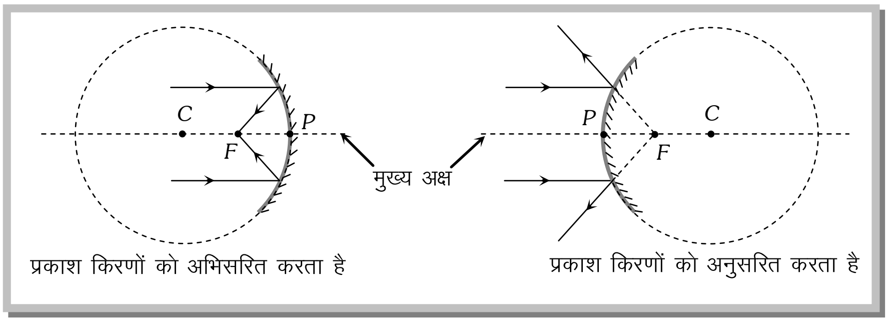
Solution : (b) चित्र से स्पष्ट है, कि $\frac{h}{60} = \tan 45°$

$\Rightarrow h = 60\ m$



गोलीय दर्पण

यह एक खोखले पारदर्शी गोले का भाग है, जिसकी एक सतह पर कलई की गई है।



(1) कुछ परिभाषायें

(i) ध्रुव (P) : दर्पण का मध्य बिन्दु

(ii) वक्रता केन्द्र (C) : दर्पण जिस गोले का भाग माना जाये उस गोले का केन्द्र

(iii) वक्रता त्रिज्या (R) : ध्रुव और वक्रता केन्द्र के बीच की दूरी

($R_{\text{अवतल}}$ = ऋणात्मक , $R_{\text{उत्तल}}$ = धनात्मक , $R_{\text{समतल}} = \infty$)

(iv) मुख्य अक्ष : ध्रुव और वक्रता केन्द्र से होकर गुजरने वाली रेखा

(v) फोकस (F) : मुख्य अक्ष पर स्थित वह प्रतिबिम्ब बिन्दु जिसके लिये वस्तु अनन्त पर हो

(vi) फोकस दूरी (f) : ध्रुव (P) और फोकस (F) के मध्य की दूरी

(vii) f और R के मध्य संबंध : $f = \dfrac{R}{2}$ ($f_{\text{अवतल}} = -ve$, $f_{\text{उत्तल}} = +ve$, $f_{\text{समतल}} = \infty$)

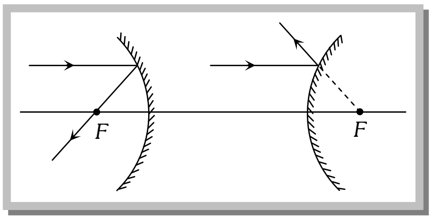
(viii) शक्ति : दर्पण की अभिसारित या अपसारित करने की क्षमता

(ix) द्वारक : प्रकाश परावर्तक क्षेत्रफल के प्रभावी व्यास को दर्पण का द्वारक कहते हैं। प्रतिबिम्ब की तीव्रता $\propto$ क्षेत्रफल $\propto$ (द्वारक)^2

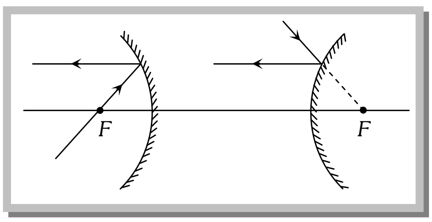
(x) फोकस तल : फोकस से गुजरने वाला, मुख्य अक्ष के लम्बवत् तल

(2) प्रतिबिम्ब बनाने के नियम एवं चिन्ह परिपाटी

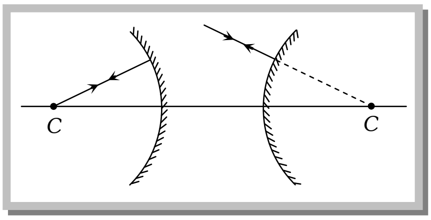
नियम (i)



नियम (ii)



नियम (iii)



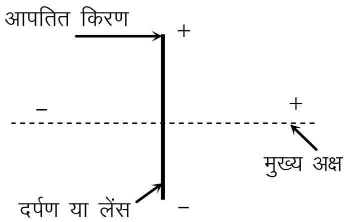
(3) चिन्ह परिपाटी

(i) सभी दूरियाँ दर्पण के ध्रुव से मापी जाती हैं।

(ii) आपतित किरण की दिशा में मापी गई दूरियाँ धनात्मक, जबकि विपरीत दिशा में मापी गई दूरियाँ ऋणात्मक होती हैं।

(iii) मुख्य अक्ष से ऊपर की ओर दूरियाँ धनात्मक एवं नीचे की ओर ऋणात्मक होती हैं।

❑ यह चिन्ह परिपाटी लेन्स के लिये भी लागू है।

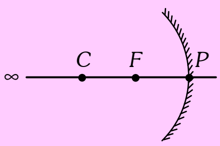
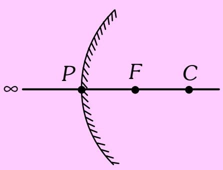


Topperseducations.co.in

प्रश्नों को हल करने के लिये चिन्ह्

	अवतल दर्पण		उत्तल दर्पण
	वास्तविक प्रतिबिम्ब (u ≥ f)	आभासी प्रतिबिम्ब (u< f)	
वस्तु की दूरी	$u \rightarrow -$	$u \rightarrow -$	$u \rightarrow -$
प्रतिबिम्ब की दूरी	$v \rightarrow -$	$v \rightarrow +$	$v \rightarrow +$
फोकस दूरी	$f \rightarrow -$	$f \rightarrow -$	$f \rightarrow +$
वस्तु की ऊँचाई	$O \rightarrow +$	$O \rightarrow +$	$O \rightarrow +$
प्रतिबिम्ब की ऊँचाई	$I \rightarrow -$	$I \rightarrow +$	$I \rightarrow +$
वक्रता त्रिज्या	$R \rightarrow -$	$R \rightarrow -$	$R \rightarrow +$
आवर्धन	$m \rightarrow -$	$m \rightarrow +$	$m \rightarrow +$

(4) गोलीय दर्पण से बने प्रतिबिम्ब की स्थिति, आकार एवं प्रकृति

दर्पण	वस्तु की स्थिति	प्रतिबिम्ब की स्थिति	आवर्धन प्रतिबिम्ब का आकार	प्रकृति वास्तविक / आभासी	 सीधा / उल्टा
(i) अवतल	अनन्त पर अर्थात् $u = \infty$	फोकस पर अर्थात् $v = f$	$m << 1$, बिन्दुवत	वास्तविक	उल्टा
	वक्रता केन्द्र से दूर ($u > 2f$)	f एवं $2f$ के बीच अर्थात् $f < v < 2f$	$m < 1$, छोटा	वास्तविक	उल्टा
	वक्रता केन्द्र पर $u = 2f$	वक्रता केन्द्र अर्थात् $v = 2f$	$m = 1$, वस्तु के बराबर	वास्तविक	उल्टा
	वक्रता केन्द्र तथा फोकस के मध्य $f < u < 2f$	वक्रता केन्द्र और ∞ के मध्य अर्थात् $v > 2f$	$m > 1$, आवर्धित	वास्तविक	उल्टा
	फोकस पर, अर्थात् $u = f$	अनन्त पर $v = \infty$	$m = \infty$, आवर्धित	वास्तविक	उल्टा
	ध्रुव तथा फोकस के मध्य $u < f$	दर्पण के पीछे $v > u$	$m > 1$ आवर्धित	आभासी	सीधा
(ii) उत्तल	अनन्त पर अर्थात् $u = \infty$	फोकस पर $v = f$	$m < 1$, छोटा	आभासी	सीधा
	अनन्त एवं ध्रुव के मध्य	ध्रुव एवं फोकस के मध्य	$m < 1$, छोटा	आभासी	सीधा

- उत्तल दर्पण के सामने स्थित कोई वस्तु जब दर्पण से दूर की ओर गति करती है, तो प्रतिबिम्ब छोटा होकर फोकस की ओर अग्रसर होने लगता है।
- दर्पणों से बने प्रतिबिम्बों में वर्ण विपथन दोष नहीं होता है।
- उत्तल दर्पण में प्रतिबिम्ब की अधिकतम दूरी फोकस दूरी के बराबर होती है।
- अवतल दर्पण में, वास्तविक वस्तु और उसके वास्तविक प्रतिबिम्ब के बीच की न्यूनतम दूरी शून्य होती है। (अर्थात् , जब $u = v = 2f$)

दर्पण सूत्र एवं आवर्धन

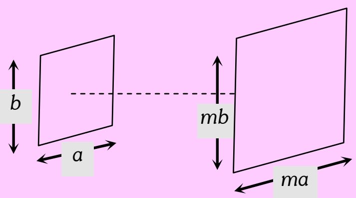
यदि किसी गोलीय दर्पण के लिये u = ध्रुव से वस्तु की दूरी, v = ध्रुव से प्रतिबिम्ब की दूरी, f = फोकस दूरी, R = वक्रता त्रिज्या, O = वस्तु का आकार, I = प्रतिबिम्ब का आकार, m = आवर्धन (या रेखीय आवर्धन), m_s = क्षेत्रीय आवर्धन, A_o = वस्तु का क्षेत्रफल, A_i = प्रतिबिम्ब का क्षेत्रफल

(1) दर्पण सूत्र

$\frac{1}{f}=\frac{1}{v}+\frac{1}{u}$; प्रश्न हल करते समय चिन्ह् परिपाटी का उपयोग करें।

❑ न्यूटन का सूत्र : यदि वस्तु की दूरी (x_1) एवं प्रतिबिम्ब की दूरी (x_2) ध्रुव से न मापकर फोकस से मापी जाये तब $f^2 = x_1 x_2$

(2) आवर्धन : आवर्धन $= \frac{\text{प्रतिबिम्ब का आकार}}{\text{वस्तु का आकार}}$

रैखिक आवर्धन		क्षेत्रीय आवर्धन
अनुप्रस्थ	अनुदैर्ध्य	
जब कोई रैखिक वस्तु मुख्य अक्ष के लम्बवत् रखी हो, तब इसके आवर्धन को पार्श्विक या अनुप्रस्थ आवर्धन कहा जायेगा $m=\frac{I}{O}=-\frac{v}{u}=\frac{f}{f-u}=\frac{f-v}{f}$ (प्रश्नों को हल करते समय सदैव चिन्हों का प्रयोग करें)	जब कोई रैखिक वस्तु मुख्य अक्ष के अनुदिश रखी हो तो इसका अनुदैर्ध्य आवर्धन $m=\frac{I}{O}=\frac{-(v_2-v_1)}{(u_2-u_1)}$ यदि वस्तु छोटी है, तब $m=-\frac{dv}{du}=\left(\frac{v}{u}\right)^2$ एवं प्रतिबिम्ब की लम्बाई $=\left(\frac{v}{u}\right)^2 \times$ वस्तु की लम्बाई (L_0) $(L_i)=\left(\frac{f}{u-f}\right)^2 .L_o$	 यदि एक द्वि-विमीय वस्तु को दर्पण के सम्मुख इस प्रकार से रखा जाये कि इसका तल मुख्य अक्ष के लम्बवत् हो तब क्षेत्रीय आवर्धन $M_s=\frac{\text{प्रतिबिम्ब का क्षेत्रफल }(A_i)}{\text{वस्तु का क्षेत्रफल }(A_o)}$ $=\frac{ma\times mb}{ab}=m^2$ $\Rightarrow m_s=m^2=\frac{A_i}{A_o}$

❑ आंकिक प्रश्न हल करते समय उस राशि का चिन्ह् न लें जिसे ज्ञात करना है।

❑ यदि एक गोलीय दर्पण किसी वस्तु का 'm' गुना प्रतिबिम्ब बनाता है (m = आवर्धन) तब u, v और f में निम्न संबंध होंगे

$$u=\left(\frac{m-1}{m}\right)f,\quad v=-(m-1)f \quad \text{तथा} \quad f=\left(\frac{m}{m-1}\right)u$$ (चिन्हों का उपयोग करें)

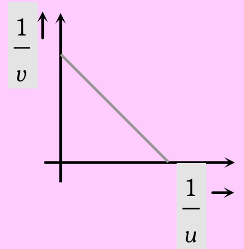
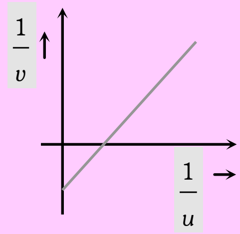
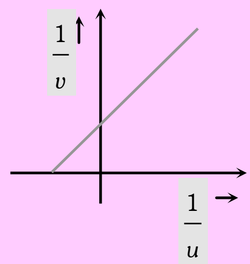
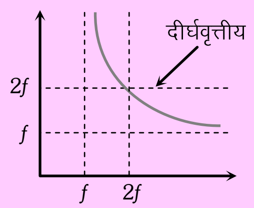
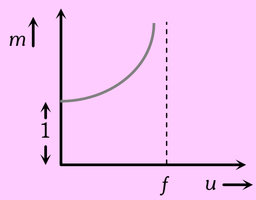
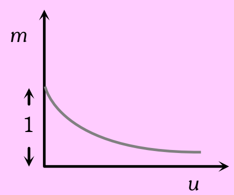
(3) दर्पण के उपयोग

(i) अवतल दर्पण : दाढ़ी बनाने वाले दर्पण, सर्च लाईट, सिनेमा प्रोजेक्टर, टेलीस्कोप में E.N.T. विशेषज्ञ द्वारा आदि।

(ii) उत्तल दर्पण : रोड लेम्प में, गाड़ियों में साइड मिरर के रूप में आदि।

❑ अवतल दर्पण की तुलना में, उत्तल दर्पण का दृष्टि क्षेत्र अधिक होता है।

विभिन्न ग्राफ

$\frac{1}{v}$ और $\frac{1}{u}$ के मध्य ग्राफ		
(a) अवतल दर्पण के द्वारा बने वास्तविक प्रतिबिम्ब 	(b) अवतल दर्पण के द्वारा बने आभासी प्रतिबिम्ब 	(c) उत्तल दर्पण के द्वारा बने आभासी प्रतिबिम्ब 
v और u के मध्य ग्राफ जबकि अवतल दर्पण वास्तविक प्रतिबिम्ब बना रहा है	u और m के मध्य ग्राफ जबकि अवतल दर्पण आभासी प्रतिबिम्ब बना रहा है	u और m के मध्य ग्राफ जबकि उत्तल दर्पण आभासी प्रतिबिम्ब बना रहा है।
		

Concepts

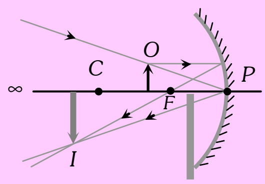
☞ *दर्पण की फोकस दूरी उसके पदार्थ, उसके चारों ओर के माध्यम और आपतित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य पर निर्भर नहीं करती।*

☞ *माध्यम के बदलने पर दर्पण के अभिसारित या अपसारित करने की क्षमता नहीं बदलती।*

☞ *यदि एक वस्तु किसी गोलीय दर्पण की अक्ष के अनुदिश दर्पण की ओर नियत चाल v_o से गतिशील हो तो इसके प्रतिबिम्ब को दर्पण से दूर की ओर चाल होगी* $v_i = -\left(\frac{f}{u-f}\right)^2 . v_o$ *(चिन्हों का उपयोग करें)*

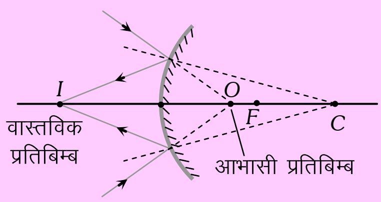
☞ *जब कोई वस्तु फोकस से अनन्त की ओर नियत चाल से चले तो इसका प्रतिबिम्ब दर्पण की ओर प्रारम्भ में तेजी से फिर धीमे गति करेगा।*

☞ *चूँकि दर्पण का प्रत्येक भाग किसी वस्तु का सम्पूर्ण प्रतिबिम्ब बनाता है। अतः यदि दर्पण का कोई हिस्सा अवरुद्ध हो जाये तब भी किसी वस्तु का सम्पूर्ण प्रतिबिम्ब बनेगा किन्तु उसकी तीव्रता घट जायेगी।*



☞ *क्या कोई उत्तल दर्पण वास्तविक प्रतिबिम्ब बना सकता है ?*

हाँ, यदि (आभासी वस्तु की दूरी) $u < f$ (फोकस दूरी)



Example: 10 f फोकस दूरी वाला उत्तल दर्पण द्वारा बने प्रतिबिम्ब का आकार वस्तु के आकार से $1/n$ गुना है। वस्तु की दर्पण से दूरी होगी

(a) $(n-1)f$ (b) $\left(\frac{n-1}{n}\right)f$ (c) $\left(\frac{n+1}{n}\right)f$ (d) $(n+1)f$

Solution : (a) सूत्र $m=\frac{f}{f-u}$ से

यहाँ $m=+\frac{1}{n}$, $f\to+f$ $\therefore$ $+\frac{1}{n}=\frac{+f}{+f-u}\Rightarrow u=-(n-1)f$

Example: 11 एक अवतल गोलीय दर्पण से 1 *m* दूरी पर 5 *cm* लम्बी वस्तु रखी है। दर्पण की वक्रता त्रिज्या 20 *cm* है। प्रतिबिम्ब का आकार होगा [MP PET 1993]

(a) 0.11 *cm* (b) 0.50 *cm* (c) 0.55 *cm* (d) 0.60 *cm*

Solution : (c) सूत्र $\frac{I}{O}=\frac{f}{f-u}$ से

यहाँ $O=+5\,cm$, $f=-\frac{R}{2}=-10\,cm$, $u=-1\,m=-100\,cm$

$\therefore \frac{I}{+5}=\frac{-10}{-10-(-100)}$ $\Rightarrow$ $I=-0.55\,cm.$

Example: 12 f फोकस दूरी वाले अवतल दर्पण से $1.5f$ की दूरी पर, 2.5 *cm* लम्बाई की एक वस्तु स्थित है। यदि वस्तु की लम्बाई मुख्य अक्ष के लम्बवत् है, तब प्रतिबिम्ब की लम्बाई होगी

(a) 5 *cm*, सीधा (b) 10 *cm*, सीधा (c) 15 *cm*, सीधा (d) 5 *cm*, उल्टा

Solution : (d) सूत्र $\frac{I}{O}=\frac{f}{f-u}$ से ; $I=?$, $O=+2.5\,cm.$ $f\to-f$, $u=-1.5f$

$\therefore \frac{I}{+2.5}=\frac{-f}{-f-(-1.5f)}$ $\Rightarrow$ $I=-5\,cm.$ (ऋणात्मक चिन्ह बताता है, कि प्रतिबिम्ब उल्टा है)

Example: 13 एक उत्तल दर्पण की फोकस दूरी 'f' है। एक वास्तविक वस्तु को जब लैन्स के ध्रुव (Pole) से 'f' दूरी पर रखा जाता है, तो प्रतिबिम्ब बनता है

(a) अनन्त पर (b) f (c) $f/2$ (d) $2f$

Solution : (c) सूत्र $\frac{1}{f}=\frac{1}{v}+\frac{1}{u}\Rightarrow$ $\frac{1}{+f}=\frac{1}{v}+\frac{1}{(-f)}\Rightarrow v=\frac{f}{2}$

Example: 14 10 *cm* फोकस दूरी वाले एक अवतल दर्पण के सामने दो वस्तु *A* एवं *B* इस प्रकार रखी जाती हैं, कि दर्पण के द्वारा इसके समान आकार के प्रतिबिम्ब बनते हैं। *A* वस्तु का आकार *B* की तुलना में चार गुना है। यदि वस्तु *A* दर्पण से 50 *cm* की दूरी पर स्थित हो तो वस्तु *B* की दूरी होगी

(a) 10 *cm* (b) 20 *cm* (c) 30 *cm* (d) 40 *cm*

Solution : (b) हल $\frac{I}{O}=\frac{f}{f-u}\Rightarrow\frac{I_A}{I_B}\times\frac{O_B}{O_A}=\frac{f-u_B}{f-u_A}$ $\Rightarrow$ $\frac{1}{1}\times\frac{1}{4}=\frac{-10-u_B}{-10-(-50)}$ $\Rightarrow$ $u_B=-20cm$.

Example: 15 10 *cm* फोकस दूरी वाले अवतल दर्पण से 25 *cm* की दूरी पर 3 *cm* भुजा का एक वर्ग स्थित है। वर्ग का केन्द्र दर्पण के अक्ष पर स्थित है, एवं वर्ग का तल दर्पण के अक्ष के लम्बवत् है, तो वर्ग के प्रतिबिम्ब का क्षेत्रफल होगा

(a) $4\ cm^2$ (b) $6\ cm^2$ (c) $16\ cm^2$ (d) $36\ cm^2$

Solution : (a) सूत्र $m^2 = \dfrac{A_i}{A_o}$ से; यहाँ $m = \dfrac{f}{f-u}$

अतः दिये गये मान रखने पर; $m = \dfrac{-10}{-10-(-25)} = \dfrac{-2}{3}$ तथा $A_o = 9\,cm^2$ $\therefore A_i = \left(\dfrac{-2}{3}\right)^2 \times 9 = 4cm^2$

Example: 16 10 *cm* फोकस दूरी का एक उत्तल दर्पण जल में स्थित है। पानी का अपवर्तनांक 4/3 है, तो पानी में दर्पण की फोकस दूरी होगी

(a) 10 *cm* (b) 40/3 *cm* (c) 30/4 *cm* (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

Solution : (a) फोकस दूरी में कोई परिवर्तन नहीं होगा, फोकस दूरी सिर्फ वक्रता त्रिज्या पर निर्भर करती है, माध्यम पर नहीं।

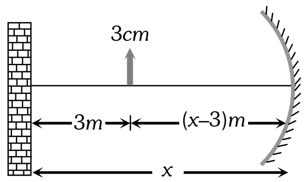
Example: 17 3 *cm* लम्बी एक मोमबत्ती एक दीवार से 3 *m* की दूरी पर स्थित है। दीवार से कितनी दूरी पर एक अवतल दर्पण रखा जाये ताकि मोमबत्ती का 9 *cm* लम्बा प्रतिबिम्ब दीवार पर प्राप्त हो सके

(a) 225 *cm* (b) 300 *cm* (c) 450 *cm* (d) 650 *cm*

Solution : (c) यदि दीवार से दर्पण की दूरी x हो, तो

सूत्र

$$\frac{I}{O} = \frac{-v}{u} \Rightarrow \frac{-9}{+3} = \frac{-(-x)}{-(x-3)} \Rightarrow x = -4.5m = -450cm.$$



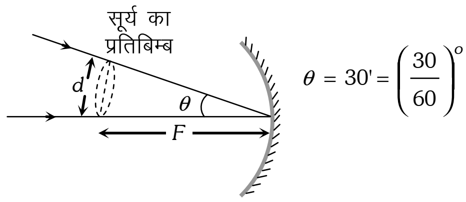
Example: 18 100 *cm* फोकस दूरी वाले अवतल दर्पण से सूर्य का प्रतिबिम्ब बन रहा है, जो 30′ का कोण बनाता है। सूर्य के प्रतिबिम्ब का व्यास होगा

(a) 1.74 *cm* (b) 0.87 *cm* (c) 0.435 *cm* (d) 100 *cm*

Solution : (b) सूर्य के प्रतिबिम्ब का व्यास $d = f\theta$

$$\Rightarrow d = 100 \times \left(\frac{30}{60}\right) \times \frac{\pi}{180}$$

$$\Rightarrow \quad d = 0.87\,cm.$$

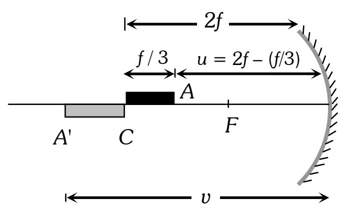


Example: 19 f फोकस दूरी वाले अवतल दर्पण के अक्ष पर $f/3$ लम्बाई की एक पतली छड़ लेटी हुई है। उसके प्रतिबिम्ब का एक सिरा छड़ के एक सिरे से स्पर्श करता है। प्रतिबिम्ब की लम्बाई है

(a) f (b) $\dfrac{1}{2}f$ (c) $2f$ (d) $\dfrac{1}{4}f$

Solution : (b) यदि छड़ का A सिरा दर्पण के लिए वस्तु का कार्य करता है, तो इसका प्रतिबिम्ब A' होगा एवं यदि $u = 2f - \dfrac{f}{3} = \dfrac{5f}{3}$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u} \Rightarrow \frac{1}{-f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{\dfrac{-5f}{3}} \Rightarrow v = -\frac{5}{2}f$$



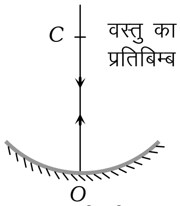
$\therefore$ प्रतिबिम्ब की लम्बाई $= \frac{5}{2}f - 2f = \frac{f}{2}$

Example: 20 एक अवतल दर्पण एक क्षैतिज टेबल पर इस प्रकार रखा है कि इसकी अक्ष ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर है। माना कि दर्पण का ध्रुव O एवं वक्रता केन्द्र C है। एक बिन्दु आकार की वस्तु वक्रता केन्द्र पर रखने पर इसका वास्तविक प्रतिबिम्ब वक्रता केन्द्र पर ही बनता है। अब यदि दर्पण को पानी से भर दिया जाये तो प्रतिबिम्ब होगा [IIT-JEE 1998]

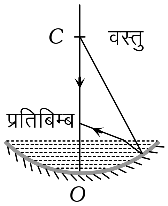
(a) वास्तविक एवं वक्रता केन्द्र पर ही (b) वास्तविक एवं वक्रता केन्द्र C और अनन्त के बीच

(c) आभासी एवं वक्रता केन्द्र C और ध्रुव O के मध्य (d) वास्तविक एवं वक्रता केन्द्र C और ध्रुव O के मध्य

Solution : (d)



प्रथम स्थिति



द्वितीय स्थिति

Tricky example: 4

एक वस्तु उत्तल दर्पण के सामने 50 *cm* की दूरी पर उसकी अक्ष पर स्थित है। एक समतल दर्पण वस्तु और उत्तल दर्पण के बीच वस्तु से 30 *cm* की दूरी पर इस प्रकार रखा जाता है, कि समतल दर्पण द्वारा उत्तल दर्पण के निचले आधे भाग को ढंक लिया जाता है। यदि दोनों दर्पणों के द्वारा बनने वाले प्रतिबिम्बों के मध्य लम्बन न हो तो उत्तल दर्पण की वक्रता त्रिज्या होगी

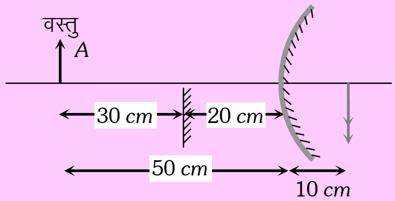
(a) 12.5 *cm* (b) 25 *cm* (c) $\frac{50}{3}cm$ (d) 18 *cm*

Solution : (b) लम्बन न होने से तात्पर्य है, कि दोनों दर्पणों के द्वारा बने प्रतिबिम्ब एक दूसरे के संपाती हों।

समतल दर्पण के गुणधर्म से प्रतिबिम्ब समतल दर्पण के पीछे 30 *cm* पर प्राप्त होगा। अतःउत्तल दर्पण के लिये $u = -50$ *cm*, $v = +10$ *cm*

$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$ से $\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{+10} + \frac{1}{-50} = \frac{4}{50}$

$\Rightarrow f = \frac{25}{2}cm$ $\Rightarrow R = 2f = 25cm.$



Tricky example: 5

एक अभिसारी प्रकाश पुंज किसी उत्तल दर्पण पर इस प्रकार आपतित होता है, कि दर्पण के ध्रुव से 12 *cm* दूरी पर मिलता हुआ प्रतीत हो रहा है। यदि समान आकार का उल्टा प्रतिबिम्ब आभासी वस्तु से संपाती है, तो दर्पण की फोकस दूरी होगी

(a) 24 *cm* (b) 12 *cm* (c) 6 *cm* (d) 3 *cm*

Solution : (c) यहाँ वस्तु और प्रतिबिम्ब समान स्थिति में हैं। अतः यह स्थिति अवश्य ही वक्रता केन्द्र की होगी।

$\therefore R = 12$ *cm* $\Rightarrow f = \frac{R}{2}$