# 11. प्रकाश का परावर्तन

- दर्पण और दर्पण के प्रकार
- गोलीय दर्पण और उसके द्‌वारा प्राप्त होने वाले प्रतिबिंब
- गोलीय दर्पण के कारण होने वाला आवर्धन

**थोड़ा याद करें**

1. प्रकाश क्या है?
2. प्रकाश के परावर्तन का क्या अर्थ है? परावर्तन के प्रकार कौन-से हैं?

प्रकाश हमारे आसपास की घटनाओं की जानकारी देने वाला संदेशवाहक हैं। केवल प्रकाश के अस्तित्व के कारण हम सूर्योदय, सूर्यास्त और इंद्रधनुष जैसे प्रकृति के विभिन्न चमत्कारों का आनंद ले सकते हैं। हमारे आसपास के सुंदर विश्व के हरे-भरे वन, रंग-बिरंगे फूल, दिन में नीला दिखने वाला आकाश, अंधेरे में चमकने वाले तारे तथा हमारे आसपास की कृत्रिम वस्तुएँ भी हम प्रकाश के अस्तित्व के कारण ही देख सकते हैं। प्रकाश दृष्टि की संवेदना निर्मित करने वाली विद्‌युत चुंबकीय तरंग है।

हमारे आसपास के विभिन्न प्रकार के पृष्ठभागों से प्रकाश का होने वाला परावर्तन भिन्न होता है। चिकने और समतल पृष्ठभाग से प्रकाश का नियमित परावर्तन होता है । जबकि खुरदरे पृष्ठभाग से प्रकाश का अनियमित परावर्तन होता है। इस बारे में हमने जानकारी प्राप्त की है।

## दर्पण और दर्पण के प्रकार (Mirror and Types of Mirror)

**बताइए तो**

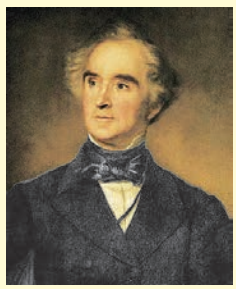
दर्पण क्या है?

प्रकाश के परावर्तन के लिए हमें चमकीले पृष्ठभाग की आवश्यकता होती है क्योंकि चमकीला पृष्ठभाग कम प्रकाश अवशोषित करता है और इस कारण अधिक-से-अधिक प्रकाश का परावर्तन होता है।

विज्ञान की भाषा में कहा जाए तो वह पृष्ठभाग जिसके द्‌वारा प्रकाश का परावर्तन करके सुस्पष्ट प्रतिबिंब निर्मित होता है उसे दर्पण कहते हैं। दर्पण परावर्तक पृष्ठभाग होता है।

हमारे दैनिक जीवन में विभिन्न प्रकार के दर्पणों का उपयोग किया जाता है। दर्पण के दो प्रकार होते हैं - समतल दर्पण और गोलीय दर्पण ।

### वैज्ञानिकों का परिचय



जर्मन वैज्ञानिक जस्टस् वॉन लिबिंग ने सादे काँच के टुकड़े के एक समतल पृष्ठभाग पर चाँदी का लेप लगाया और दर्पण तैयार किया। इसे ही रजत काँच परावर्तक कहते हैं।

**समतल दर्पण (Plane Mirror)** - दैनिक जीवन में अनेक जगहों पर समतल दर्पण का उपयोग किया जाता है। समतल चिकने काँच के पिछले पृष्ठ पर एल्युमीनियम या चाँदी धातु का पतला परावर्तक लेप लगाने से समतल दर्पण तैयार होता है। परावर्तक पृष्ठ को अपारदर्शी करने के लिए तथा पृष्ठभाग का संरक्षण करने के लिए धातु के परावर्तक लेप पर लेड ऑक्साइड जैसे पदार्थ का लेप लगाया जाता है।

11.1 समतल दर्पण

**थोड़ा याद करें**

प्रकाश के परावर्तन के नियम कौन-से हैं?

घर के दर्पण के सामने खड़े रहने पर दर्पण में सुस्पष्ट प्रतिबिंब दिखता है। दर्पण द्वारा प्रतिबिंब कैसे निर्मित होता है इसे समझने के लिए बिंदुस्रोत के प्रतिबिंब का अध्ययन करेंगे। बिंदुस्रोत से सभी दिशाओं में प्रकाश किरणें निकलती हैं । उनमें से अनेक किरणें दर्पण पर आती हैं और परावर्तित होकर आँखों तक पहुँचती हैं। परावर्तन के कारण ये किरणें दर्पण के पीछे के जिस बिंदु से आती हुई प्रतीत होती हैं उस बिंदु पर दर्पण का प्रतिबिंब निर्मित होता है।

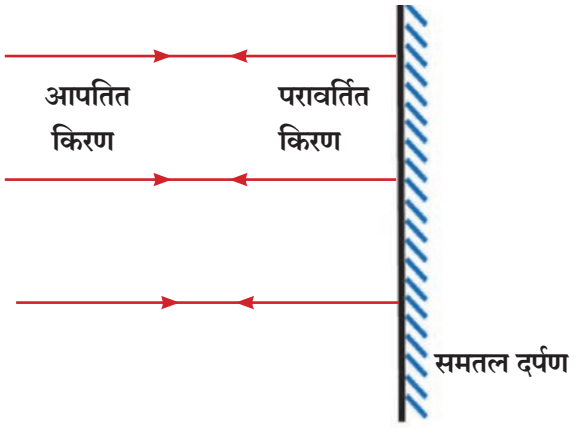
आकृति 11.2 'अ' में दिखाए अनुसार समतल दर्पण पर लंबवत आने वाली किरणें लंबवत ही परावर्तित होती हैं।

आकृति 11.2 'ब' में दिखाए अनुसार समतल दर्पण $M_1M_2$ के सम्मुख बिंदुस्रोत O है । दो आपतित किरणें $OR_1$ और $OR_2$ परावर्तन के नियमानुसार $R_1S_1$ और $R_2S_2$ मार्गों पर परावर्तित होती हैं। इन परावर्तित किरणों को पीछे की ओर बढ़ाने पर वे एक-दूसरे को बिंदु $O_1$ पर प्रतिच्छेदित करती हैं और E की ओर से देखने पर वे बिंदु $O_1$ से आती हुई प्रतीत होती हैं। बिंदु O से निकलने वाली अन्य किरणें भी इसी प्रकार परावर्तित होकर बिंदु $O_1$ से निकलती हुई प्रतीत होती हैं, इसलिए बिंदु $O_1$ ही बिंदु O का प्रतिबिंब होता है।

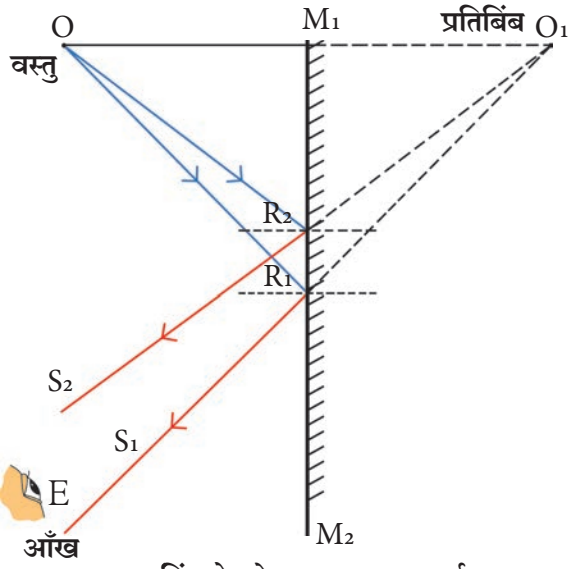
**परावर्तित किरणें प्रत्यक्ष एक-दूसरे को प्रतिच्छेदित नहीं करती इसलिए इस प्रतिबिंब को आभासी प्रतिबिंब कहते हैं। प्रतिबिंब की दर्पण से लंबवत दूरी बिंदुस्रोत की दर्पण से लंबवत दूरी के बराबर होती है।**

बिंदुस्रोत के स्थान पर विस्तारित स्रोत का उपयोग किया गया तो स्रोत के प्रत्येक बिंदु का प्रतिबिंब निर्मित होने से संपूर्ण स्रोत का प्रतिबिंब निर्मित होता है। आकृति 11.2 'क' में दिखाए अनुसार समतल दर्पण $M_1M_2$ के सम्मुख विस्तारित स्रोत PQ है । P का प्रतिबिंब $P_1$ पर निर्मित होता है तथा Q का प्रतिबिंब $Q_1$ पर निर्मित होता है। इसी प्रकार PQ के सभी बिंदुओं का प्रतिबिंब निर्मित होने से विस्तारित स्रोत का प्रतिबिंब $P_1Q_1$ निर्मित होता है ।

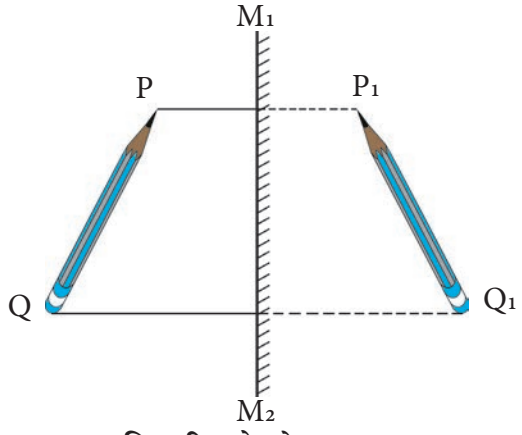
**समतल दर्पण द्वारा निर्मित प्रतिबिंब का आकार स्रोत के आकार के बराबर होता है।**




**अ. दर्पण पर लंबवत आने वाली किरणें**




**ब. बिंदुस्रोत के कारण समतल दर्पण द्वारा प्रतिबिंब की निर्मिति**




**क. विस्तारित स्रोत के कारण समतल दर्पण द्वारा प्रतिबिंब की निर्मिति**

**11.2 दर्पण में प्रतिबिंब की निर्मिति**

**बताइए तो**

1. पुस्तक का पृष्ठ दर्पण के सम्मुख पकड़ने पर पृष्ठ के अक्षर उलटे दिखते हैं। ऐसा क्यों होता है ?
2. अंग्रेजी वर्णमाला के कौन-कौन-से अक्षरों के प्रतिबिंब उनके मूल अक्षरों के समान दिखते हैं ?

दर्पण में शब्दों का उलटा प्रतिबिंब दिखता है। शब्दों के आरेखन के प्रत्येक बिंदु का प्रतिबिंब दर्पण के पीछे उतनी ह दूरी पर निर्मित होता है, इसे ही पक्षों की अदला-बदली कहते हैं।

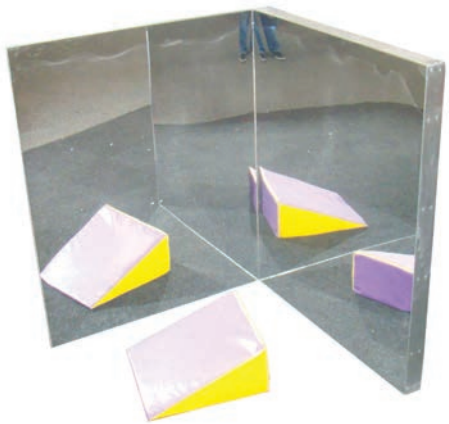
**थोड़ा सोचिए**

**यदि कोई व्यक्ति समतल दर्पण के सामने खड़ा हो तो उसका प्रतिबिंब कै निर्मित होता है? प्रतिबिंब का स्वरूप क्या होता है?**

**करें और देखें**

दो दर्पणों को समकोण पर खड़े रखिए और उनके बीच एक छोटी वस्तु रखकर दो दर्पणों में दिखने वाले प्रतिबिंब देखिए। आपको कितने प्रतिबिंब दिखाई देते हैं?

अब नीचे दी गई तालिका के अनुसार दर्पणों के बीच के कोण परिवर्तित कीजिए और दिखने वाले प्रतिबिंबों की संख्या गिनिए। प्रत्येक बार कोण का माप परिवर्तित करने से प्रतिबिंबों की संख्या में क्या अंतर दिखाई देता है? उसका कोण के माप से क्या संबंध है? इस बारे में चर्चा कीजिए।



11.3 समकोण पर खड़े किए गए दर्पण

| कोण | प्रतिबिंबों की संख्या |
|---|---|
| 120° | |
| 90° | |
| 60° | |
| 45° | |
| 30° | |

$$n = \frac{360^0}{A} - 1$$

n = प्रतिबिंबों की संख्या, A= दर्पण के बीच का कोण

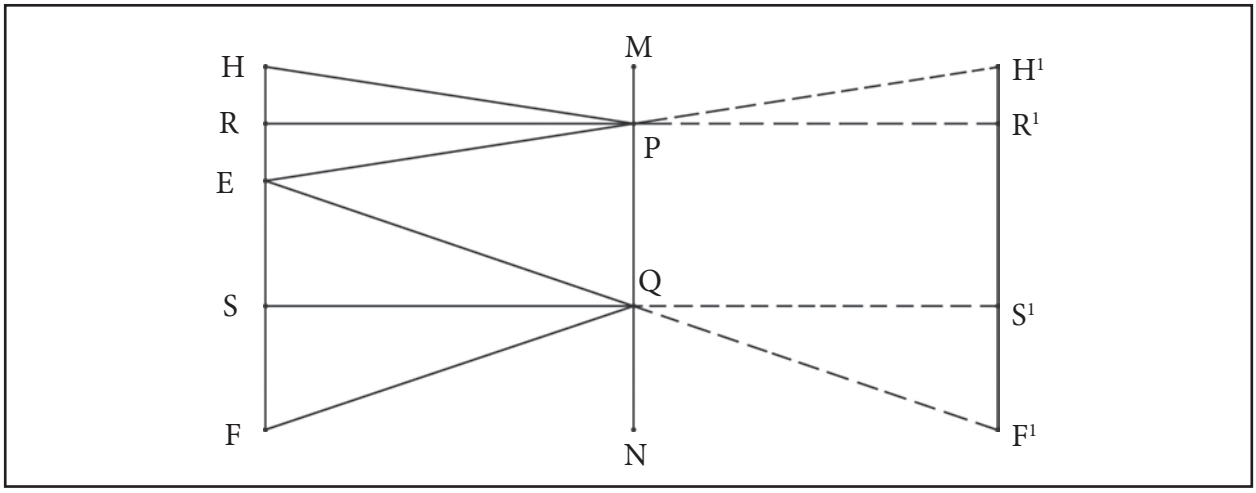
1. उपर्युक्त सूत्र से प्रतिबिंबों की संख्या और कोण द्वारा आपको प्राप्त हुए प्रतिबिंबों की संख्याओं की जाँच करके देखिए।
2. यदि दर्पण एक-दूसरे के समांतर रखें जाएँ तो दर्पणों से कितने प्रतिबिंब प्राप्त होंगे?

**कथन : समतल दर्पण द्वारा व्यक्ति का पूर्ण प्रतिबिंब दिखने के लिए दर्पण की न्यूनतम ऊँचाई उस व्यक्ति की ऊँचा से आधी होना आवश्यक है।**

**उपपत्ति :** आकृति 10.4 में व्यक्ति के सिर के ऊपर के बिंदु, आँखे और पैर के नीचे के बिंदु को H, E और F द्वा दर्शाया गया है। HE का मध्यबिंदु R है जबकि EF का मध्यबिंदु S है। समतल दर्पण को जमीन से ऊँचाई NQ पर लंबव रखा गया है। व्यक्ति की पूर्ण प्रतिमा दिखने के लिए आवश्यक दर्पण की न्यूनतम ऊँचाई PQ हैं। इसके लिए RP औ SQ को दर्पण के लंबवत होना आवश्यक है। ऐसा क्यों? उसे आकृति का निरीक्षण करके खोजिए।

दर्पण की न्यूनतम ऊँचाई :

$$PQ = RS$$
$$= RE + ES$$
$$= \frac{HE}{2} + \frac{EF}{2} = \frac{HF}{2} = \text{व्यक्ति की ऊँचाई का आधा}$$




11.4 समतल दर्पण और व्यक्ति का पूर्ण प्रतिबिंब

## गोलीय दर्पण (Spherical mirrors)

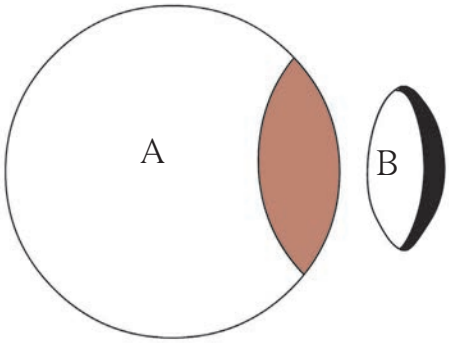
### प्रेक्षण कीजिए और चर्चा कीजिए

11.5 हास्य दालान

मेले के हास्य दालान में लगाए गए दर्पण आपने देखे होंगे। इन दर्पणों में आपको टेढ़े-मेढ़े चेहरे दिखाई देते हैं। ऐसा क्यों होता है? ये दर्पण हर घर में होने वाले दर्पण की तरह समतल न होकर वक्रीय होते हैं। गोलीय दर्पण से प्राप्त होने वाले प्रतिबिंबों का स्वरूप समतल दर्पण द्वारा प्राप्त प्रतिबिंबों के स्वरूप से भिन्न होते हैं। इसलिए हमेशा के दर्पण में दिखने वाला प्रतिबिंब इस दर्पण में नहीं दिखता।

मोटर चालक को पीछे से आने वाले वाहन देखने के लिए लगाया गया दर्पण समतल न होकर गोलीय होता है।

### करें और देखें




11. 6 गोलीय दर्पण निर्मिति

एक रबड़ की गेंद लेकर उसे आकृति 11.6 में दिखाए अनुसार काटा तो निर्मित होने वाले किसी भी एक भाग पर दो प्रकार के पृष्ठ आसानी से दिखते हैं।

गोलीय दर्पण सामान्यत: काँच के खोखले गोले से काटा गया भाग (B के समान) होता है। उसके आंतरिक या बाह्य पृष्ठ पर चमकीले पदार्थ का विलेपन करके गोलीय दर्पण तैयार किए जाते हैं। इनके आंतरिक या बाह्य पृष्ठभाग से प्रकाश का परावर्तन होता है। इस आधार पर गोलीय दर्पण के दो प्रकार होते हैं। इन दोनों प्रकारों को आगे स्पष्ट करके दिखाया गया है।

### अ. अवतल दर्पण (Concave mirror)

यदि गोलीय पृष्ठ का आंतरिक भाग चमकदार हो तो उसे अवतल दर्पण कहते हैं। इस दर्पण के आंतरिक पृष्ठभा
द्वारा प्रकाश का परावर्तन होता है।

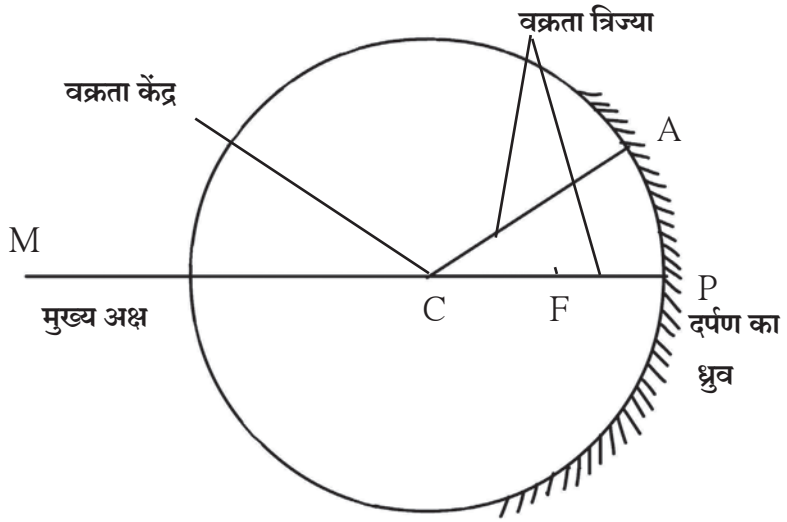
### आ. उत्तल दर्पण (Convex mirror)

यदि गोलीय पृष्ठ का बाह्य भाग चमकदार हो तो उसे उत्तल दर्पण कहते हैं। दर्पण के बाह्य पृष्ठभाग द्वारा प्रका
का परावर्तन होता है।

### गोलीय दर्पण से संबंधित चिह्न

**ध्रुव (Pole):** गोलीय दर्पण के पृष्ठभाग के मध्यबिंदु को उसका ध्रुव कहते हैं। आकृति में बिंदु P गोलीय दर्पण का ध्रु
है ।

**वक्रता केंद्र (Centre of Curvature) :** गोलीय दर्पण जिस गोले का भाग होता है, उस गोले के केंद्र को वक्रता केंद्र
कहते हैं ।




**11.7 गोलीय दर्पण से संबंधित चिह्न**

**वक्रता त्रिज्या (Radius of Curvature) :** गोलीय दर्पण जिस गोले का भाग होता है उस गोले की त्रिज्या को गोली
दर्पण की वक्रता त्रिज्या कहते हैं। आकृति में CP और CA की लंबाई गोलीय दर्पण की वक्रता त्रिज्याएँ हैं।

**मुख्य अक्ष (Principal Axis) :** गोलीय दर्पण के ध्रुव और वक्रता केंद्र से जाने वाली सरल रेखा गोलीय दर्पण का मुख
अक्ष कहलाती है। आकृति में PM गोलीय दर्पण का मुख्य अक्ष है।

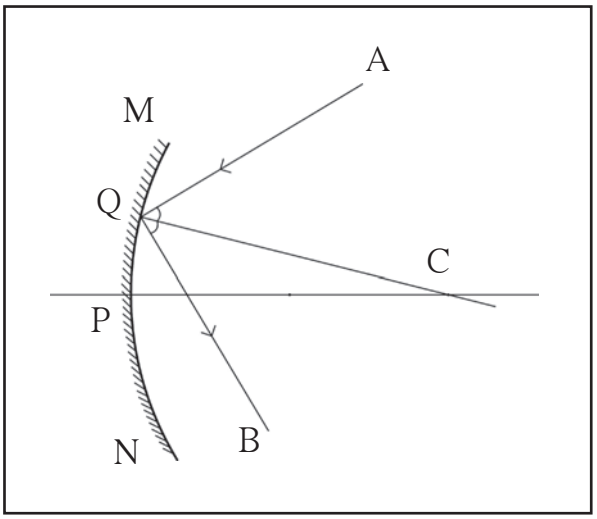
**मुख्य नाभि (Principal Focus) :** अवतल दर्पण के मुख्य अक्ष के समांतर आने वाली आपतित किरणें परावर्तन के
पश्चात मुख्य अक्ष पर गोलीय दर्पण के सम्मुख एक विशिष्ट बिंदु (F) पर एकत्र होती हैं, इस बिंदु को अवतल दर्पण की
मुख्य नाभि कहते हैं। उत्तल दर्पण के मुख्य अक्ष के समांतर आने वाली आपतित किरणें परावर्तन के पश्चात दर्पण के पी
मुख्य अक्ष के एक विशिष्ट बिंदु से आती हुई प्रतीत होती हैं, इस बिंदु को उत्तल दर्पण की मुख्य नाभि कहते हैं।

**नाभ्यांतर (Focal length) :** गोलीय दर्पण के ध्रुव और मुख्य नाभि के बीच की दूरी को नाभ्यांतर (F) कहते हैं। नाभ्यांत
वक्रता त्रिज्या का आधा होता है।

**थोड़ा सोचिए** अवतल दर्पण और उत्तल दर्पण की नाभियों के बीच मुख्य अंतर कौन-सा है?

## परावर्तित किरणों का आरेखन

**करें और देखें**

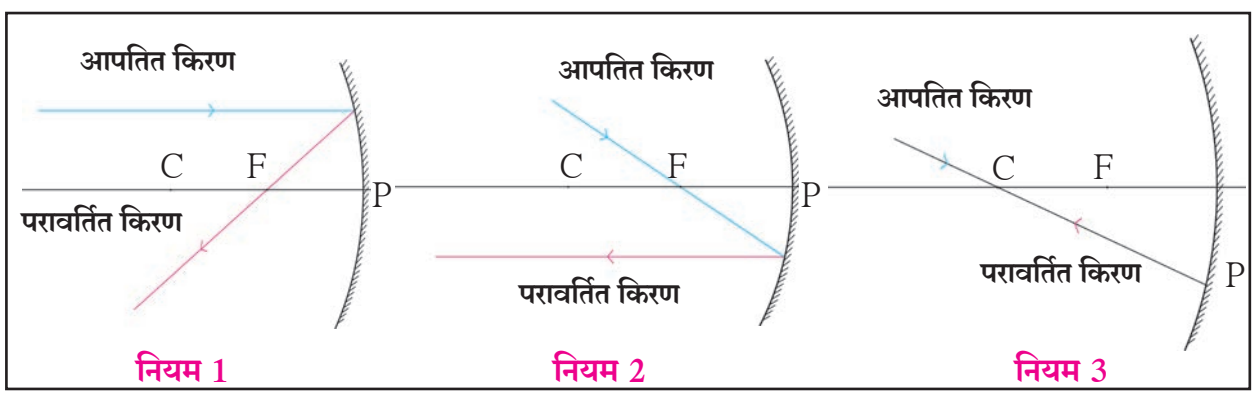



गोलीय दर्पण पर आने वाली किरण किस दिशा में परावर्तित होती है, इसे कैसे निश्चित किया जाता है? आकृति 10.8 में दिखाए अनुसार गोलीय दर्पण MN के बिंदु Q पर AQ आपतित किरण है। गोलीय दर्पण की एक त्रिज्या CQ है, इसलिए बिंदु Q पर CQ गोलीय दर्पण का अभिलंब होता है और कोण AQC आपतन कोण होता है। परावर्तन के नियमानुसार आपतन कोण और परावर्तन कोण समान माप के होते हैं इसलिए किरण AQ का परावर्तन मार्ग QB निश्चित करते समय परावर्तन कोण CQB को आपतन कोण AQC के बराबर ही रखा जाता है ।

**11.8 परावर्तित किरणों का आरेखन**

गोलीय दर्पण द्वारा प्राप्त होने वाले प्रतिबिंब का अध्ययन किरणाकृति की सहायता किया जा सकता है। किरणाकृति का अर्थ प्रकाश किरण के पथ का विशेष चित्रीकरण होता है। किरणाकृति खींचने के लिए प्रकाश के परावर्तन के नियमों पर आधारित नियम का उपयोग किया जाता है। (देखिए : आकृति 11.9)

**नियम 1 : यदि आपतित किरण मुख्य अक्ष के समांतर है तो परावर्तित किरण मुख्य नाभि से होकर जाती है।**
**नियम 2 : यदि आपतित किरण मुख्य नाभि से जाती है तो परावर्तित किरण मुख्य अक्ष के समांतर जाती है।**
**नियम 3 : यदि आपतित किरण वक्रता केंद्र में से जाती है तो परावर्तित किरण उसी मार्ग से वापस लौट जाती है।**




**11.9 किरणाकृति खींचने के नियम**

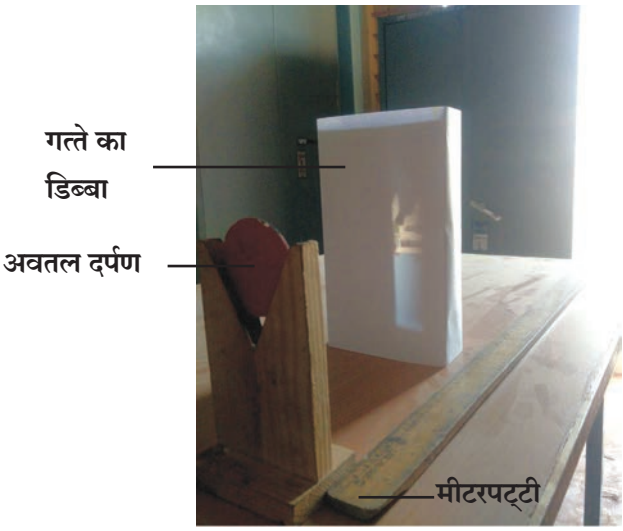
## अवतल दर्पण द्वारा प्राप्त होने वाले प्रतिबिंब (Images formed by a Concave Mirror)

**करें और देखें**

**सामग्री** : मोमबत्ती या काँच की चिमनी, गत्ते का डिब्बा, सफेद कागज, बड़ा गत्ता, अवतल दर्पण, मीटर-स्केल

**कृति** : मोमबत्ती या काँच की चिमनी को समाविष्ट करने वाला और एक तरफ से खुला गत्ते का डिब्बा लीजिए । डिब्बे की एक भुजा पर तीर के आकार का चीरा बनाइए। डिब्बे में मोमबत्ती रखने के पश्चात तीराकृति प्रकाशस्रोत प्राप्त होता है।

20×30 सेमी आकार के गत्ते पर सफेद कागज चिपकाकर गत्ता लकड़ी के गुटके पर खड़ा करके पर्दा तैयार कीजिए। गत्ते का एक और डिब्बा लेकर उसके ऊपर के पृष्ठ पर चीरा बनाइए और उसमें अवतल दर्पण खोंचकर खड़ा कीजिए ।



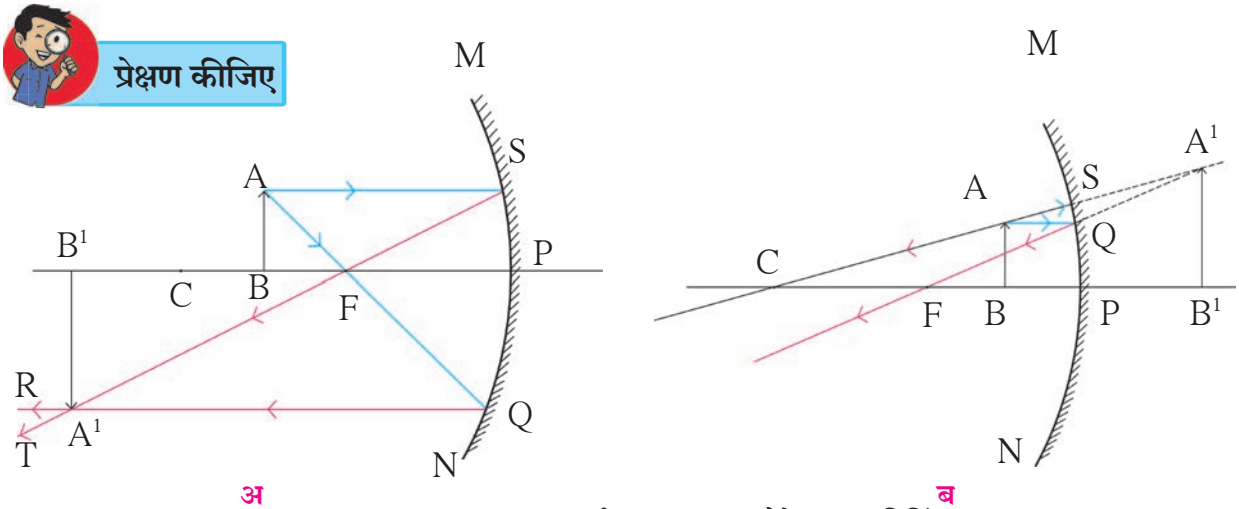

11.10 अवतल दर्पण द्वारा प्राप्त होने वाला प्रतिबिंब

खिड़की के पास पर्दा रखकर उसके सामने अवतल दर्पण रखिए। अवतल दर्पण की सहायता से सूर्य का या खिड़की के बाहर दूर के दृश्य का सुस्पष्ट प्रतिबिंब परदे पर मिले, इस प्रकार से उसकी जगह निश्चित कीजिए। परदे और दर्पण के बीच की दूरी ज्ञात कीजिए। यह दूरी अवतल दर्पण का नाभ्यांतर है ।

आकृति में दिखाए अनुसार सामग्री की रचना अंधेरे कमरे में कीजिए। अवतल दर्पण को मीटर पट्टी के चिह्न के पास रखें। उसके सामने परदा खड़ा रखें। परदे और अवतल दर्पण के बीच प्रकाश स्रोत रखें। ऐसा करते समय प्रकाश स्रोत और दर्पण के बीच की दूरी अवतल दर्पण के नाभ्यांतर से थोड़ी अधिक रखें। परदा पट्टी पर आगे-पीछे और पट्टी के दाहिनी और बायीं ओर सरकाकर उस पर प्रकाश स्रोत का सुस्पष्ट प्रतिबिंब प्राप्त कीजिए। यह प्रतिबिंब मूल स्रोत से बड़ा और उलटा होता है । प्रतिबिंब परदे पर प्राप्त होने के कारण यह वास्तविक प्रतिबिंब होता है ।

अब प्रकाश स्रोत को अवतल दर्पण से दूर सरकाइए । ऐसा करते समय दर्पण और स्रोत के बीच की दूरी अवतल दर्पण के नाभ्यांतर के दोगुने से अधिक रखें। परदा अवतल दर्पण की ओर सरकाकर उसपर प्रकाश स्रोत का सुस्पष्ट प्रतिबिंब प्राप्त कीजिए। प्रतिबिंब उलटा, मूल स्रोत से छोटा और वास्तविक होता है ।

**प्रेक्षण कीजिए**




11.11 अवतल दर्पण द्वारा प्राप्त होने वाला प्रतिबिंब

आकृति 11.11 'अ' में दिखाए अनुसार वस्तु AB अवतल दर्पण MN के सम्मुख नाभि और वक्रता केंद्र के बीच रखी गई है। A से निकलने वाली और नाभि से जाने वाली आपतित किरण परावर्तन के पश्चात अक्ष के समांतर AS मार्ग पर परावर्तित होती है। मुख्य अक्ष के समांतर जाने वाली आपतित किरण ST परावर्तन के पश्चात नाभि से QR मार्ग से जाकर परावर्तित किरण को $A^1$ बिंदु पर प्रतिच्छेदित करती है अर्थात बिंदु A का प्रतिबिंब बिंदु $A^1$ पर निर्मित होता है, बिंदु B मुख्य अक्ष पर स्थित होने के कारण उसका प्रतिबिंब मुख्य अक्ष पर ही होगा और बिंदु $A^1$ के सीधे ऊपर बिंदु $B^1$ पर निर्मित होगा। $A^1$ और $B^1$ के बीच के सभी बिंदुओं के प्रतिबिंब A और B के बीच निर्मित होते हैं। अत: वस्तुत AB वस्तु का $A^1B^1$ प्रतिबिंब निर्मित होता है।

इस आधार पर स्पष्ट होता है कि अवतल दर्पण के सम्मुख किसी वस्तु को नाभि और वक्रता केंद्र के बीच रखा जाए तो उसका प्रतिबिंब वक्रता केंद्र से परे प्राप्त होता है । यह प्रतिबिंब उलटा और मूल वस्तु की तुलना में बड़ा होता है। परावर्तित किरणें एक-दूसरे को प्रत्यक्ष रूप से प्रतिच्छेदित करती हैं इसलिए प्रतिबिंब वास्तविक होता है और परदे पर प्राप्त किया जा सकता है।

आकृति 11.11'ब' में वस्तु AB अवतल दर्पण के सम्मुख ध्रुव और नाभि के बीच रखी गई है। वस्तु के बिंदु A से निकलने वाली और अक्ष के समांतर जाने वाली किरण AQ और A को वक्रता केंद्र से जोड़ने वाली दिशा में जाने वाली किरण AS दो आपतित किरणें हैं । इन किरणों का परावर्तन कैसे होता है और वस्तु का प्रतिबिंब $A^1B^1$ कैसे प्राप्त होता है, यह आकृति द्वारा स्पष्ट होता है । यह प्रतिबिंब दर्पण के पीछे, सीधा और मूल वस्तु की तुलना में आकार में बड़ा होता है तथा परावर्तित किरण एक-दूसरे को प्रतिच्छेदित नहीं करती परंतु दर्पण के पीछे एकत्र आती हुई प्रतीत होती है। अत: यह प्रतिबिंब आभासी प्रतिबिंब होता है ।

कोई वस्तु अवतल दर्पण के सम्मुख ध्रुव और नाभि के मध्य, नाभि पर, वक्रता केंद्र और नाभि के बीच, वक्रता केंद्र पर, वक्रता केंद्र से परे और वक्रता केंद्र से बहुत अधिक दूरी पर रखी जाने पर प्रतिबिंब कैसा और कहाँ प्राप्त होता है वह आगे दी गई तालिका द्वारा स्पष्ट होता है ।

### अवतल दर्पण द्वारा प्राप्त होने वाले प्रतिबिंब

| अ.क्र. | वस्तु का स्थान | प्रतिबिंब का स्थान | प्रतिबिंब का स्वरूप | प्रतिबिंब का आकार |
|---|---|---|---|---|
| 1. | ध्रुव और नाभि के मध्य | दर्पण के पीछे | आभासी, सीधा | वस्तु से बड़ा |
| 2. | नाभि पर | अनंत दूरी पर | वास्तविक, उलटा | बहुत बड़ा |
| 3. | वक्रता केंद्र और नाभि के मध्य | वक्रता केंद्र से परे | वास्तविक, उलटा | वस्तु से बड़ा |
| 4. | वक्रता केंद्र पर | वक्रता केंद्र पर | वास्तविक, उलटा | मूल वस्तु के बराबर |
| 5. | वक्रता केंद्र से परे | वक्रता केंद्र और नाभि के मध्य | वास्तविक, उलटा | वस्तु से छोटा |
| 6. | वक्रता केंद्र से बहुत दूर (अनंत दूरी पर) | नाभि पर | वास्तविक, उलटा | बिंदु रूप |

**अधिक जानकारी प्राप्त कीजिए** www.physicsclassroom.com

**करें और देखें**

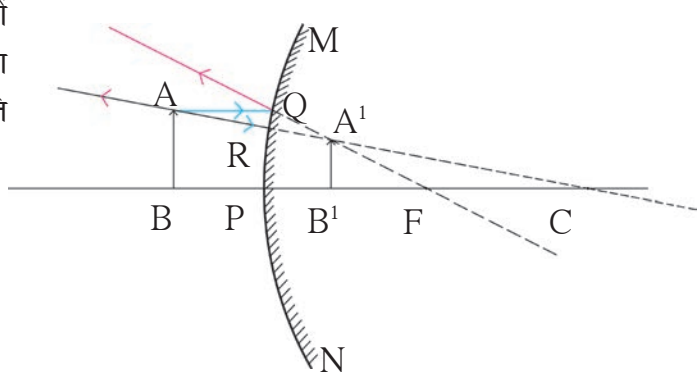
अवतल दर्पण के लिए वस्तु (1) नाभि पर (2) वक्रता केंद्र पर (3) वक्रता केंद्र से परे (4) अनंत दूरी पर हो तो प्रत्येक के लिए प्रतिबिंब का स्वरूप कैसा होगा, उसे किरणाकृति की सहायता से ढूँढ़ने का प्रयत्न कीजिए। आपके उत्तरों की पीछे दी गई तालिका से तुलना कीजिए।

## उत्तल दर्पण द्वारा प्राप्त होने वाला प्रतिबिंब (Image formed by Convex Mirror)

आकृति 11.12 में MN उत्तल लैंस AB के सम्मुख वस्तु A रखी गई है। वस्तु के बिंदु A से निकलने वाली और मुख्य अक्ष के समांतर जाने वाली किरण को AQ रेखा से जबकि वक्रता केंद्र की ओर जाने वाली किरण को AR रेखा से दर्शाया गया है। आकृति द्वारा स्पष्ट होता है कि, इन दोनों आपतित किरणों का परावर्तन कैसे होता है और वस्तु का $A^1B^1$ प्रतिबिंब कैसे प्राप्त होता है। यह प्रतिबिंब दर्पण के पीछे, सीधा और वस्तु से छोटा बनता है।

उत्तल दर्पण से परावर्तित हुई किरणें एक-दूसरे को वास्तविक रूप से प्रतिच्छेदित नहीं करतीं परंतु वे दर्पण के पीछे एकत्र आती हुई प्रतीत होती हैं इसलिए यह प्रतिबिंब आभासी प्रतिबिंब होता है।

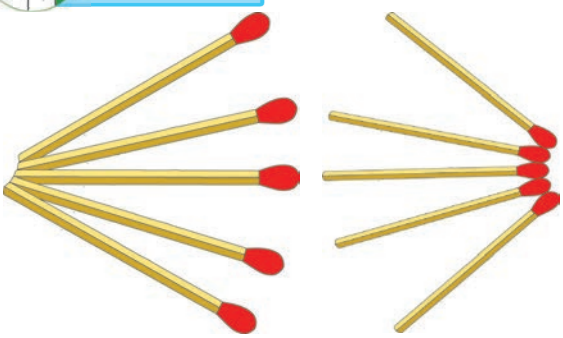
उत्तल दर्पण द्वारा प्राप्त होने वाले प्रतिबिंबों के स्वरूप वस्तु से छोटे आकार के होते हैं तथा दर्पण के पीछे निर्मित होते हैं । इसकी किरणाकृति के द्वारा जाँच कीजिए।




**11.12 उत्तल दर्पण द्वारा प्राप्त होने वाला प्रतिबिंब**

## प्रकाश का अपसरण और अभिसरण (Divergence and Convergence of Light)

**करें और देखें**



**11.13 अपसरण और अभिसरण**

अ. माचिस की डिब्बी से पाँच तीलियाँ लें। उनके रसायन विलेपित सिरे एक बिंदु के पास एकत्र आएँ, इस प्रकार से रचना कीजिए। यहाँ रसायन विलेपित सिरे अभिसरित हुए हैं ।

ब. अब तीलियों की रचना इस प्रकार कीजिए कि उनके दूसरे सिरे एकत्र हो और रसायन विलेपित सिरे एक दूसरे से दूर हो । यहाँ रसायन विलेपित सिरे अपसारित हुए हैं।

अवतल दर्पण को अभिसारी दर्पण भी कहते हैं क्योंकि मुख्य अक्ष के समांतर आने वाली किरणें अवतल दर्पण से परावर्तन के उपरांत एक बिंदु पर अभिसरित होती हैं । (आकृति 11.14 अ देखिए)

अवतल दर्पण द्वारा वस्तु की दर्पण से दूरी के अनुसार मूल वस्तु से बड़ा या छोटा प्रतिबिंब निर्मित होता है ।

मुख्य अक्ष के समांतर आने वाली किरणें उत्तल दर्पण द्वारा परावर्तित होने के उपरांत अपसरित होती हैं इसलिए इस दर्पण का अपसारी दर्पण कहते हैं। (आकृति 11.14 ब देखिए) उत्तल दर्पण द्वारा वस्तु के मूल आकार से छोटा प्रतिबिंब निर्मित होता है।

**आप कैसे पहचानेंगे कि गोलीय दर्पण अवतल है या उत्तल?**

दाढ़ी करने के लिए इस्तेमाल किया जाने वाला विशेष दर्पण अवतल दर्पण होता है। इस दर्पण को चेहरे के पास पकड़ने पर दर्पण में चेहरे का सीधा और बड़ा प्रतिबिंब प्राप्त होता है। इसी दर्पण को चेहरे से दूर-दूर ले जाने पर प्रतिबिंब उलटा और छोटा होता जाता है ।

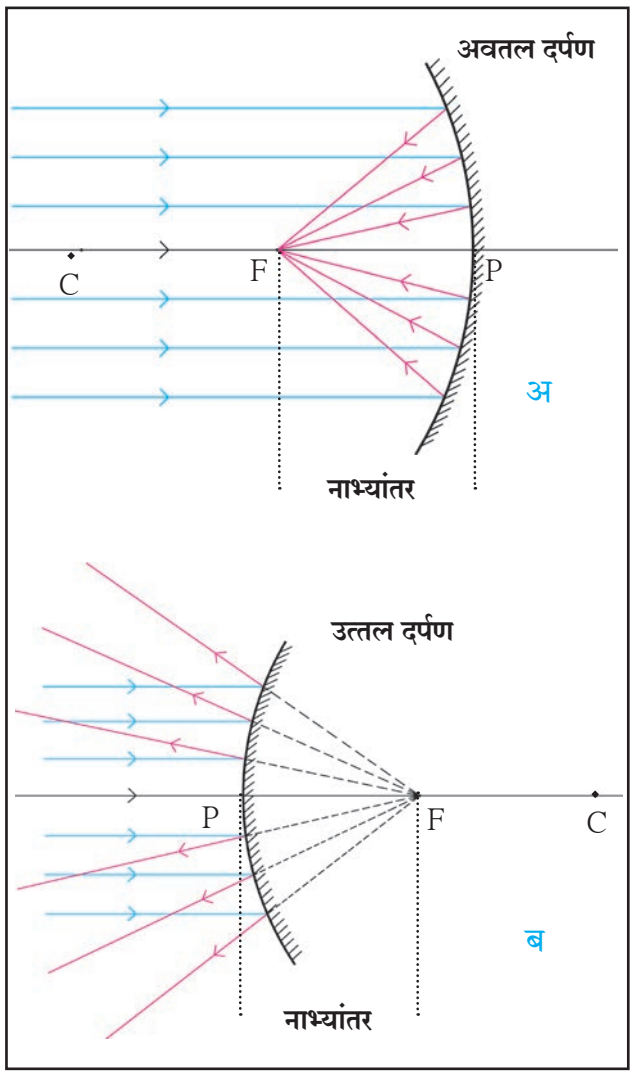
मोटर और मोटर साइकिल का दर्पण उत्तल दर्पण होता है। उत्तल दर्पण में देखने पर चेहरे का प्रतिबिंब सीधा परंतु छोटा प्राप्त होता है। दर्पण से दूर जाने पर प्रतिबिंब छोटा होते जाता है परंतु वह सीधा ही रहता है। इस कारण आसपास की अन्य वस्तुएँ भी दर्पण में दिखने लगती हैं अर्थात दर्पण द्वारा प्राप्त होने वाले प्रतिबिंबों के रूप के आधार पर हम यह निश्चित कर सकते हैं कि दर्पण अवतल है या उत्तल।

जब किसी वस्तु से आने वाली प्रकाश किरणें हमारी आँखों में प्रवेश करती हैं । तब हम उस वस्तु को देख सकते हैं क्योंकि आँख के लैंस द्वारा प्रकाश किरणें अभिसरित होकर वस्तु का प्रतिबिंब नेत्रपटल पर निर्मित होता है। इस प्रकार प्रकाश किरणों के एक बिंदु पर अभिसरित होने से निर्मित होने वाला प्रतिबिंब ही **वास्तविक प्रतिबिंब (Real Image)** होता है । वास्तविक प्रतिबिंब को परदे पर प्राप्त किया जा सकता है ।

समतल दर्पण द्वारा प्राप्त होने वाला प्रतिबिंब **आभासी प्रतिबिंब (Virtual Image)** होता है। यह प्रतिबिंब ऐसे बिंदु के पास प्राप्त होता है जहाँ से परावर्तित किरणों के अपसरित होने का आभास होता है। आकृति (11.2 ब) इस प्रतिबिंब को परदे पर प्राप्त नहीं किया जा सकता क्योंकि प्रकाश किरणें वहाँ वास्तविक रूप से एकत्र नहीं आतीं।

जब प्रकाश किरणें दर्पण से परावर्तित होकर एक बिंदु पर एकत्रित होती हैं तब प्रकाश का अभिसरण होता है। हमें जब प्रकाश एक बिंदु पर एकत्र लाना होता है तब अभिसरित प्रकाशपुँज का उपयोग किया जाता है। इस प्रकार के प्रकाशपुँज का उपयोग करके डॉक्टर दाँत, कान, आँख इत्यादि पर प्रकाश एकाग्र करते हैं। अभिसरित प्रकाश का उपयोग सौर उपकरणों में भी किया जाता है।

जब एक बिंदुस्रोत से आनी वाली प्रकाश किरणें दर्पण से परावर्तित होकर एक-दूसरे से दूर फैलती हैं तब प्रकाश का अपसरण होता है। जिस समय हमें स्रोत से आने वाले प्रकाश का फैलना अपेक्षित होता है उस समय अपसरित प्रकाश पुँज का उपयोग किया जाता है। उदाहरणार्थ रास्ते के बल्ब, टेबल लैंप इत्यादि।




11.14 अवतल और उत्तल दर्पण

### अवतल दर्पण के गुणधर्म और उपयोग

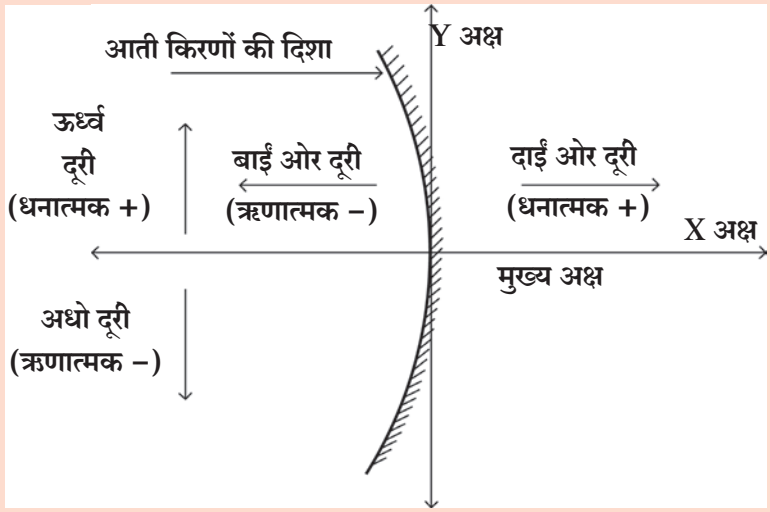
1. केशकर्तनालय, दाँतों का दवाखाना – दर्पण के ध्रुव और नाभि के बीच वस्तु रहने पर वस्तु का सीधा, आभासी और अधिक बड़ा प्रतिबिंब प्राप्त होता है ।
2. बैटरी और वाहनों के हेडलाइट – प्रकाश स्रोत को नाभि के पास रखने पर प्रकाश का समांतर पुँज प्राप्त होता है।
3. फ्लड लाईट्स – प्रकाश स्रोत को अवतल दर्पण के वक्रता केंद्र से थोड़ा परे रखने पर तीव्र प्रकाश पुँज प्राप्त होता है।
4. विविध सौर उपकरण – अवतल दर्पण द्वारा परावर्तित सूर्यकिरणें नाभीय प्रतल में एकत्र होती हैं ।

### उत्तल दर्पण के गुणधर्म और उपयोग

1. गाड़ियों के दाईं और बाईं ओर लगाए गए दर्पण उत्तल दर्पण होते हैं ।
2. बड़े उत्तल दर्पण द्वार पर चौराहे में लगाए जाते हैं ।

कार्तीय चिह्न परिपाटी के अनुसार, दर्पण के ध्रुव (P) को मूलबिंदु माना जाता है। दर्पण के मुख्य अक्ष को निर्देशांक पद्धति (Frame of Referance) X अक्ष लिया जाता है। चिह्न परिपाटी निम्नानुसार हैं।

1. वस्तु को हमेशा दर्पण के बाईं ओर रखा जाता है। मुख्य अक्ष के समांतर सभी दूरियाँ दर्पण के ध्रुव से मापी जाती हैं।
2. मूलबिंदु के दाईं ओर नापी गई सभी दूरियाँ धनात्मक तथा बाईं ओर मापी गई दूरियाँ ऋणात्मक मानी जाती हैं।




11.15 कार्टेशिअन चिह्न संकेत

3. मुख्य अक्ष के लंबवत तथा ऊपर की ओर मापी गई दूरियाँ (उर्ध्व दूरी) धनात्मक होती हैं ।
4. मुख्य अक्ष के लंबवत तथा नीचे की ओर मापी गई दूरियाँ (अधो दूरी) ऋणात्मक होती हैं ।
5. अवतल दर्पण का नाभ्यांतर ऋणात्मक तथा उत्तल दर्पण का नाभ्यांतर धनात्मक होता है।

### दर्पण सूत्र (Mirror formula)

जब हम कार्तीय चिह्न परिपाटी के अनुसार दूरियाँ नापते हैं तब हमें वस्तु की दूरी, प्रतिबिंब की दूरी और नाभ्यांतर के उचित मान प्राप्त होते हैं । वस्तु की ध्रुव से दूरी को वस्तु दूरी (u) कहते हैं । प्रतिबिंब की ध्रुव से दूरी को प्रतिबिंब दूरी (v) कहते हैं । वस्तु दूरी, प्रतिबिंब दूरी और नाभ्यांतर के बीच के संबंध को दर्पण सूत्र कहते हैं ।

**दर्पण का सूत्र इस प्रकार होता है,**

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

यह सूत्र सभी परिस्थितियों में, सभी गोलीय दर्पणों के लिए, वस्तु के सभी स्थानों के लिए उपयुक्त है।

## गोलीय दर्पण द्वारा होने वाला आवर्धन (M) (Magnification due to Spherical Mirrors )

गोलीय दर्पण द्वारा होने वाले आवर्धन को प्रतिबिंब की ऊँचाई का ($h_2$) और वस्तु की ऊँचाई से ($h_1$) होनेवाले अनुपात द्वारा दर्शाते हैं। उसके द्वारा दर्शाया जाता है कि वस्तु के आकार की तुलना में संबंधित प्रतिबिंब कितने गुना बड़ा है।

आवर्धन $= \frac{\text{प्रतिबिंब की ऊँचाई}}{\text{वस्तु की ऊँचाई}} = \frac{h_2}{h_1}$ इस आधार पर ऐसा सिद्ध किया जा सकता है कि $M = -\frac{v}{u}$

वस्तु हमेशा मुख्य अक्ष पर रखी जाने के कारण वस्तु की ऊँचाई धनात्मक मानी जाती है। प्रतिबिंब आभासी होने पर उसकी ऊँचाई धनात्मक होती है परंतु वास्तविक प्रतिबिंब के लिए उसकी ऊँचाई ऋणात्मक होती है । कार्तीय परिपाटी के अनुसार वस्तु को दर्पण के बाईं ओर रखा जाता है इस कारण वस्तु दूरी ऋणात्मक होती है ।

पृष्ठ क्र. 122 की तालिका में दी गई जानकारी के आधार पर प्रत्येक स्थिति के लिए (अ.क्र. 1 से 6) आवर्धन M के चिह्न दोनों सूत्रों से ज्ञात कीजिए। वे समान हैं क्या, उनकी जाँच कीजिए।

### हल किए गए उदाहरण

**उदाहरण :** राजश्री को 10 सेमी नाभ्यांतर वाले अवतल दर्पण की सहायता से दर्पण से 30 सेमी दूर स्थित वस्तु का 5 सेमी ऊँचा प्रतिबिंब उल्टा प्राप्त करना है तो उसे परदा दर्पण से कितनी दूरी पर रखना होगा तथा उसने प्राप्त किए प्रतिबिंब का स्वरूप और वस्तु का आकार क्या होगा?

**दत्त :**

नाभ्यांतर = $f = -10$ सेमी, वस्तु की दूरी = $u = -30$ सेमी , प्रतिबिंब की ऊँचाई = $h_2 = -5$ सेमी

प्रतिबिंब की दूरी = $v = ?$ , वस्तु की ऊँचाई = $h_1 = ?$

**दर्पण सूत्रानुसार**

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

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

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{-10} - \frac{1}{-30}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{-3+1}{30}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{-2}{30}$$

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

$$v = -15$$

**दर्पण से पर्दे की दूरी 15 सेमी होनी चाहिए। अत: राजश्री को पर्दा दर्पण से 15 सेमी दूरी पर रखना पड़ेगा।**

**आवर्धन**

$$M = \frac{h_2}{h_1} = -\frac{v}{u}$$

$$h_1 = -\frac{uh_2}{v}$$

$$h_1 = -\frac{(-30)(-5)}{-15}$$

$$h_1 = (-2)(-5)$$

$$h_1 = 10 \text{ सेमी}$$

**वस्तु की ऊँचाई 10 सेमी होगी। इसलिए प्रतिबिंब वास्तविक और वस्तु से छोटा होगा।**

## इसे सदैव ध्यान में रखिए

दर्पण द्वारा प्राप्त होने वाले जो प्रतिबिंब को परदे पर प्राप्त किया जा सकता है, उसे वास्तविक प्रतिबिंब कहते हैं। वस्तु का स्थान कहीं भी हो तब भी उत्तल दर्पण द्वारा प्राप्त होने वाला प्रतिबिंब आभासी, सीधा, वस्तु से छोटा और दर्पण के पीछे प्राप्त होता है। दर्पण के पीछे प्राप्त होने वाला प्रतिबिंब जिसे परदे पर प्राप्त नहीं किया जा सकता उसे आभासी प्रतिबिंब कहते हैं, इस प्रतिबिंब का आवर्धन एक-से-कम होता है।

MBJ6AK

## स्वाध्याय

**1. नीचे दिए गए प्रश्नों के उत्तर लिखिए।**

अ. समतल दर्पण, अवतल दर्पण, उत्तल दर्पण के बीच अंतर प्रतिबिंब के स्वरूप और आकार के आधार पर लिखिए।

आ. अवतल दर्पण के संदर्भ में प्रकाश स्रोत की भिन्न-भिन्न स्थिति बताइए।

1. टार्च 2. प्रोजेक्ट लैंप 3. फ्लड लाईट

इ. सौर उपकरणों में अवतल दर्पणों का उपयोग क्यों किया जाता है?

ई. वाहनों के बाहर की ओर लगाया गया दर्पण उत्तल दर्पण क्यों होता है?

उ. अवतल दर्पण की सहायता से कागज पर सूर्य का प्रतिबिंब प्राप्त करने पर कुछ समय उपरांत कागज क्यों जलता है?

ऊ. गोलीय दर्पण टूटने के बाद मिलने वाला प्रत्येक टुकड़ा कौन-से प्रकार का दर्पण होगा? क्यों?

**2. गोलीय दर्पण द्वारा होने वाले परावर्तन के लिए कौन-सी चिह्न परिपाटी का उपयोग किया जाता है?**

**3. अवतल दर्पण द्वारा मिलने वाले प्रतिबिंबों की सारिणी के आधार पर उनकी किरणाकृति बनाइए।**

**4. नीचे दिए गए उपकरणों में कौन-से दर्पण का उपयोग किया जाता है?**

पेरिस्कोप, फ्लडलाईट्स, दाढ़ी करने का दर्पण, बहुरूपदर्शक (कैलिडोस्कोप), रास्ते के बल्ब, मोटर गाड़ी के बल्ब

**5. उदाहरण हल कीजिए।**

अ. 15 सेमी नाभ्यांतर वाले अवतल दर्पण के सामने 7 सेमी ऊँची वस्तु 15 सेमी दूरी पर रखी गई। दर्पण से कितनी दूरी पर पर्दा रखने पर हमें उसका सुस्पष्ट प्रतिबिंब प्राप्त होगा? प्रतिबिंब का स्वरूप और आकार स्पष्ट कीजिए।

**(उत्तर : 37.5 सेमी, 10.5 सेमी, वास्तविक)**

आ. 18 सेमी नाभ्यांतर वाले उत्तल दर्पण के सामने रखी वस्तु का प्रतिबिंब वस्तु की ऊँचाई से आधी ऊँचाई का प्राप्त होता है तो वह वस्तु उत्तल दर्पण से कितनी दूरी पर रखी गई होगी? **(उत्तर : 18 सेमी )**

इ. 10 सेमी लंबी लकड़ी 10 सेमी नाभ्यांतर वाले अवतल दर्पण के मुख्य अक्ष पर ध्रुव से 20 सेमी दूरी पर रखी है तो अवतल दर्पण द्वारा प्राप्त होने वाले प्रतिबिंब की ऊँचाई कितनी होगी?

**(उत्तर : 10 सेमी)**

**6. एक ही गोले से तीन दर्पण तैयार किए गए तो उनके ध्रुव, वक्रता केंद्र, वक्रता त्रिज्या, मुख्य अक्ष में से क्या समान होगा और क्या नहीं, कारण सहित स्पष्ट कीजिए।**

**उपक्रम :**

बहुरूपदर्शक (Kaleidoscope) यंत्र बनाकर उसके कार्य का कक्षा में प्रस्तुतीकरण कीजिए।