11. प्रकाशाचे परावर्तन

- आरसा व आरशाचे प्रकार
- गोलीय आरसे व त्याद्वारे मिळणाऱ्या प्रतिमा
- गोलीय आरशामुळे होणारे विशालन

थोडे आठवा.

1. प्रकाश म्हणजे काय ?
2. प्रकाशाचे परावर्तन म्हणजे काय ? परावर्तनाचे प्रकार कोणते ?

प्रकाश आपल्या सभोवतालच्या घटनांसंबंधी माहिती पुरवणारा संदेशवाहक आहे. केवळ प्रकाशाच्या अस्तित्वामुळे आपण सूर्योदय, सूर्यास्त, इंद्रधनुष्य यांसारख्या निसर्गातील विविध किमयांचा आनंद घेऊ शकतो. आपल्या सभोवतालच्या सुंदर विश्वातील हिरवीगार वनसृष्टी, रंगबिरंगी फुले, दिवसा निळेशार दिसणारे आकाश रात्रीच्या अंधारात चमचमते तारे तसेच आपल्या सभोवतालच्या कृत्रिम वस्तूदेखील आपण प्रकाशाच्या अस्तित्वामुळे पाहू शकतो. प्रकाश म्हणजे दृष्टीची संवेदना निर्माण करणारी विद्युत चुंबकीय प्रारणे आहेत.

आपल्या सभोवताली असणाऱ्या विविध प्रकारच्या पृष्ठभागांवरून प्रकाशाचे होणारे परावर्तन हे भिन्न असते. गुळगुळीत अशा सपाट पृष्ठभागावरून प्रकाशाचे नियमित परावर्तन होते. तर खडबडीत अशा पृष्ठभागावरून प्रकाशाचे अनियमित परावर्तन होते. याविषयी आपण माहिती घेतली आहे.

आरसा व आरशाचे प्रकार (Mirror and Types of Mirror)

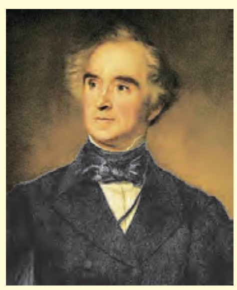
सांगा पाहू ! आरसा म्हणजे काय ?

प्रकाशाचे परावर्तन होण्यासाठी आपल्याला चकाकणाऱ्या पृष्ठभागाची आवश्यकता असते. कारण चकाकणारा पृष्ठभाग प्रकाश कमी शोषून घेतो व त्यामुळे जास्तीत जास्त प्रकाशाचे परावर्तन होते.

विज्ञानाच्या भाषेत सांगायचे झाले तर जो पृष्ठभाग प्रकाशाचे परावर्तन करून सुस्पष्ट प्रतिमा तयार करतो त्याला आरसा असे म्हणतात. आरसा हा परावर्तनशील पृष्ठभाग आहे.

आपण दैनंदिन जीवनामध्ये विविध प्रकारच्या आरशांचा वापर करतो. आरशांचे सपाट व वक्रगोलाकार असे दोन प्रकार आहेत.

परिचय शास्त्रज्ञांचा



जर्मन शास्त्रज्ञ जस्टस् वॉन लिबिग यांनी साध्या काचेच्या तुकड्याच्या एका सपाट पृष्ठभागावर चांदीचा लेप दिला व आरसा तयार केला. यालाच रजतकाच परावर्तक असे म्हणतात.

सपाट आरसा (Plane Mirror) – दैनंदिन जीवनात अनेक ठिकाणी सपाट आरशाचा वापर केला जातो. सपाट गुळगुळीत काचेच्या मागील पृष्ठभागावर पातळ असा ॲल्युमिनिअम किंवा चांदीच्या धातूचा परावर्तक लेप दिल्याने सपाट आरसा तयार होतो. परावर्तक पृष्ठभागाची ही बाजू अपारदर्शक करण्यासाठी व पृष्ठभागास संरक्षण म्हणून धातूच्या परावर्तक लेपावर लेड ऑक्साइडसारख्या पदार्थाचा लेप दिलेला असतो.

11.1 सपाट आरसा

थोडे आठवा. प्रकाश परावर्तनाचे नियम कोणते आहेत ?

घरातील आरशासमोर उभे राहिले असता आरशात सुस्पष्ट प्रतिमा दिसते. आरशात प्रतिमा कशी तयार होते, हे समजण्यासाठी बिंदूस्रोताच्या प्रतिमेचा अभ्यास करू. बिंदूस्रोतापासून सर्व दिशांनी प्रकाशकिरण निघतात. त्यांपैकी अनेक किरण आरशावर पडतात आणि परावर्तित होऊन डोळ्यांपर्यंत पोचतात. परावर्तनामुळे हे किरण आरशामागील ज्या बिंदूपासून आल्यासारखे भासतात त्या बिंदूवर बिंदूस्रोताची प्रतिमा तयार होते.

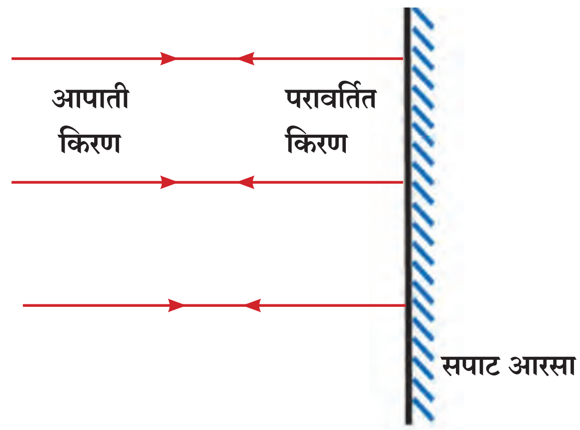
आकृती 11.2 ‘अ’ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे सपाट आरशावर लंबरूपात पडणारे किरण लंबरूपातच परावर्तित होतात.

आकृती 11.2 ‘ब’ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे M_1M_2 सपाट आरशासमोर O हा बिंदू स्रोत आहे. OR_1 आणि OR_2 हे दोन आपाती किरण परावर्तन नियमानुसार R_1S_1 आणि R_2S_2 या मार्गांनी परावर्तित होतात. हे परावर्तित किरण मागे वाढवल्यास O_1 या बिंदूत एकमेकांना छेदतात आणि E कडून पाहिल्यास ते O_1 बिंदूतून आल्यासारखे भासतात. O पासून निघणारे इतर किरणही असेच परावर्तित होऊन O_1 बिंदूपासून निघाल्यासारखे भासतात. म्हणून बिंदू O_1 ही बिंदू O ची प्रतिमा ठरते.

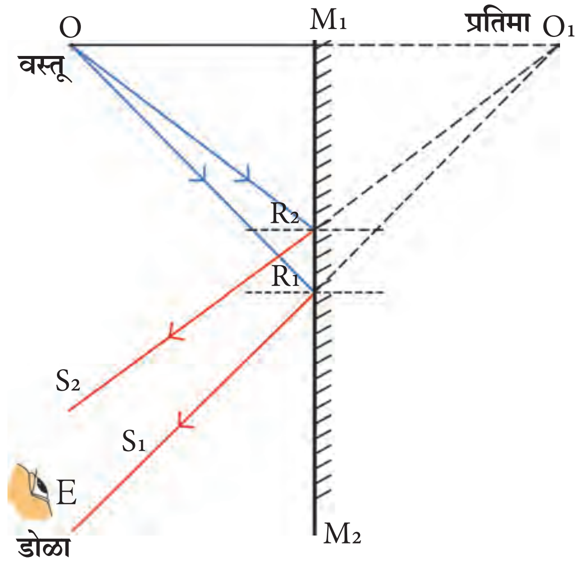
परावर्तित किरण प्रत्यक्ष एकमेकांना छेदत नाहीत. म्हणून या प्रतिमेला आभासी प्रतिमा म्हणतात. प्रतिमेचे आरशापासूनचे लंबरूप अंतर हे बिंदूस्रोताचे आरशापासूनच्या लंबरूप अंतराएवढेच असते.

बिंदुरूपी स्रोताऐवजी विस्तारित स्रोत वापरला, तर त्या स्रोताच्या प्रत्येक बिंदूची प्रतिमा तयार होऊन संपूर्ण स्रोताची प्रतिमा तयार होते. आकृती 11.2 ‘क’ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे M_1M_2 आरशासमोर PQ हा विस्तारित स्रोत आहे. P ची प्रतिमा P_1 येथे तर Q ची प्रतिमा Q_1 येथे तयार होते. याचप्रमाणे PQ मधील सर्व बिंदूंच्या प्रतिमा तयार होऊन संपूर्ण विस्तारित स्रोताची P_1Q_1 अशी प्रतिमा तयार होते.

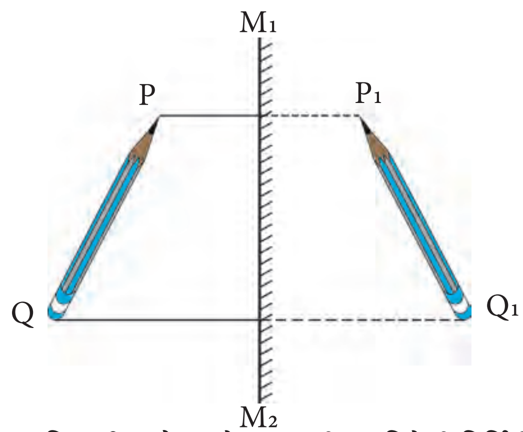
सपाट आरशातील प्रतिमा आकाराने स्रोताएवढीच असते.



अ. आरशावर लंबरूपात पडणारे किरण



ब. बिंदूस्रोतामुळे आरशातील प्रतिमेची निर्मिती



क. विस्तारित स्रोतामुळे आरशातील प्रतिमेची निर्मिती

11.2 आरशातील प्रतिमेची निर्मिती

सांगा पाहू !

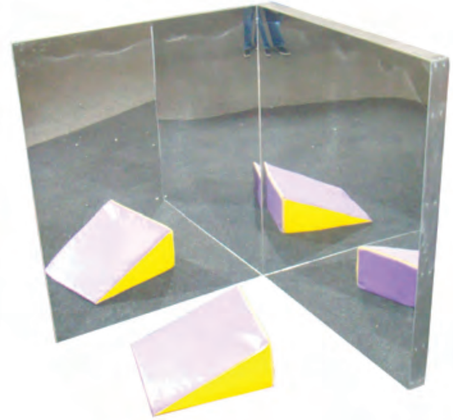
1. पुस्तकाचे पान आरशासमोर धरले, तर पानावरील अक्षरे उलटी दिसतात. असे का होते?
2. इंग्रजी वर्णमालेतील कोणकोणत्या अक्षरांची प्रतिमा मूळ अक्षराप्रमाणे दिसते?

आरशात शब्दाची उलटी प्रतिमा दिसते. शब्दाच्या रेखनावरील प्रत्येक बिंदूची प्रतिमा आरशामागे तेवढ्याच अंतरावर तयार होते. यालाच बाजूंची आलटापालट म्हणतात.

जरा डोके चालवा. **व्यक्ती सपाट आरशासमोर उभी राहिली, की त्या व्यक्तीची प्रतिमा कशी तयार होते? प्रतिमेचे स्वरूप कसे असते?**

करून पहा. दोन आरसे एकमेकांशी काटकोनात उभे ठेवा व त्यांच्यामध्ये एक लहान वस्तू ठेवून दोन्ही आरशांमध्ये दिसणाऱ्या प्रतिमा पहा. तुम्हाला किती प्रतिमा दिसल्या?

आता खाली दिलेल्या तक्त्यानुसार आरशांमधील कोन बदला आणि दिसणाऱ्या प्रतिमांची संख्या मोजा. प्रत्येक वेळी कोनाचे माप बदलले की प्रतिमांच्या संख्येत काय फरक दिसून येतो? त्याचा कोनाच्या मापाशी काय संबंध आहे? या विषयी चर्चा करा.



11.3 काटकोनात उभे केलेले आरसे

कोन	प्रतिमांची संख्या
120°	
90°	
60°	
45°	
30°	

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

n = प्रतिमांची संख्या, A= आरशांमधील कोन

1. वरील सूत्रावरून प्रतिमांच्या संख्या व कोन यांवरुन तुम्हाला मिळालेल्या प्रतिमांची संख्या पडताळून पहा.
2. जर आरसे एकमेकांना समांतर ठेवले तर आरशात किती प्रतिमा मिळतील?

विधान : सपाट आरशात व्यक्तीची पूर्ण प्रतिमा दिसण्यासाठी आरशाची किमान उंची ही त्या व्यक्तीच्या निम्मी असणे आवश्यक आहे.

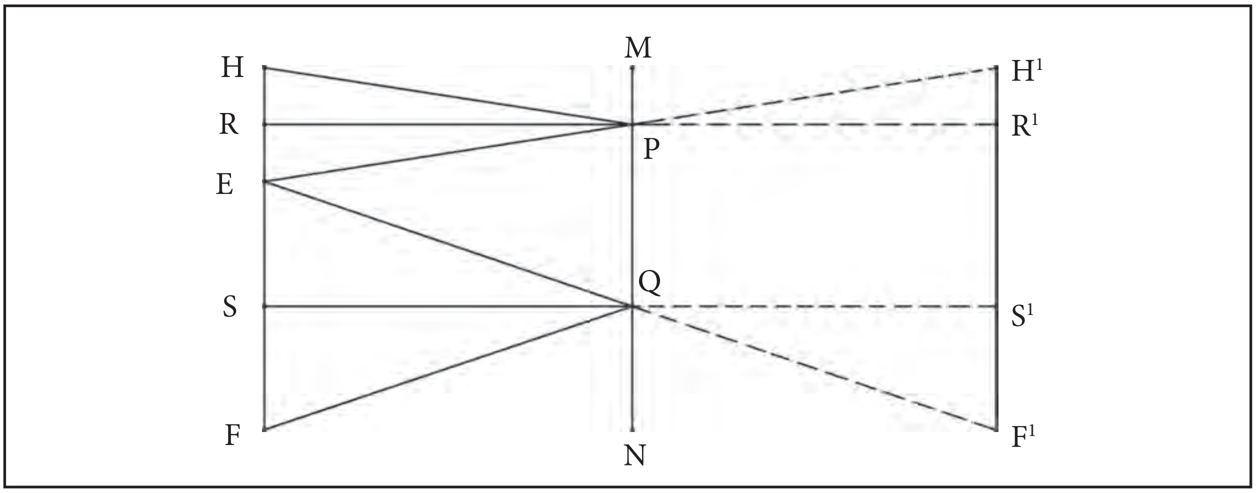
सिद्धता : आकृती 11.4 मध्ये व्यक्तीच्या डोक्यावरील बिंदू, डोळे व पायाखालील बिंदू H, E व F ने दर्शवले आहेत. HE चा मध्यबिंदु R हा आहे तर EF चा मध्यबिंदू S हा आहे. सपाट आरसा हा जमिनीपासून NQ ह्या उंचीवर लंबरूपात ठेवला आहे. PQ ही व्यक्तीची पूर्ण प्रतिमा दिसण्यासाठी आवश्यक असलेली आरशाची किमान उंची आहे. ह्यासाठी RP व SQ हे आरशाच्या लंबरूपात असणे आवश्यक आहे. असे का ते आकृतीचे निरीक्षण करून शोधून काढा.

आरशाची किमान उंची

$$PQ = RS$$

$$= RE + ES$$

$$= \frac{HE}{2} + \frac{EF}{2} = \frac{HF}{2}$$ = व्यक्तीच्या उंचीच्या अर्धे



11.4 सपाट आरसा व व्यक्तीची पूर्ण प्रतिमा

गोलीय आरसे (Sperical mirrors)

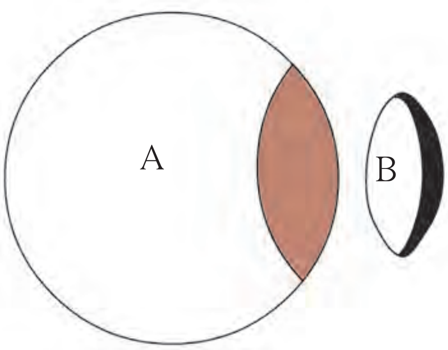
निरीक्षण करा व चर्चा करा.

11.5 हास्यदालन

जत्रेतील हास्यदालनात मांडलेले आरसे तुम्ही पाहिले असतील. या आरशात तुम्हांला वेडेवाकडे चेहरे दिसतात. असे का होते? हे आरसे घरोघरी असणाऱ्या आरशांसारखे सपाट नसून वक्र असतात. गोलीय आरशांमुळे तयार होणाऱ्या प्रतिमांचे स्वरूप सपाट आरशांमुळे तयार होणाऱ्या स्वरूपापेक्षा वेगळे असते. त्यामुळे नेहमीच्या आरशात दिसणाऱ्या प्रतिमा या आरशात दिसत नाहीत.

मोटार-चालकास पाठीमागून येणारी वाहने दिसण्यासाठी लावलेला आरसा सपाट नसून गोलीय असतो.

करून पहा.



11. 6 गोलीय आरसे निर्मिती

एक रबरी चेंडू घेऊन तो आकृती 11.6 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे कापला तर निर्माण होणाऱ्या कोणत्याही एका भागावर दोन प्रकारचे पृष्ठभाग सहज दिसून येतात.

गोलीय आरसे सामान्यतः B भागाप्रमाणे काचेच्या पोकळ गोलातून कापलेले भाग असतात. त्याच्या आतील किंवा बाहेरील पृष्ठभागावर चकचकीत पदार्थाचे विलेपन करून गोलीय आरसे तयार करतात. यांच्या आतील किंवा बाहेरील पृष्ठभागावरून प्रकाशाचे परावर्तन होते. यावरूनच गोलीय आरशांचे दोन प्रकार पडतात. हे दोन प्रकार पुढे स्पष्ट करून दाखवले आहेत.

अ. अंतर्गोल आरसा (Concave mirror)

जर गोलाकार पृष्ठभागाचा आतला भाग म्हणजेच अंतर्भाग चकचकीत असेल तर त्याला अंतर्वक्र आरसा म्हणतात. इथे आतल्या पृष्ठभागावरून प्रकाशाचे परावर्तन होते.

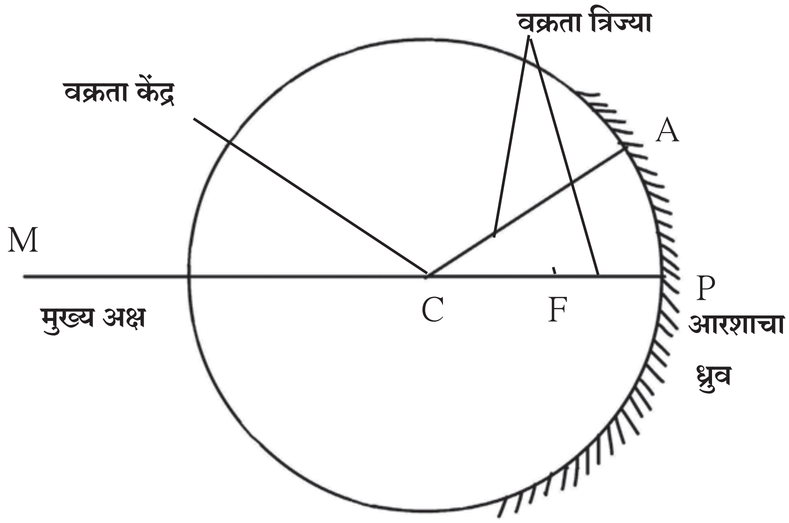
आ. बहिर्गोल आरसा (Convex mirror)

जर गोलाकार पृष्ठभागाचा बाहेरचा भाग म्हणजेच बहिर्वक्र भाग चकचकीत असेल तर त्याला बहिर्वक्र आरसा म्हणतात. येथे बाहेरच्या पृष्ठभागावरून प्रकाशाचे परावर्तन होते.

गोलीय आरशाशी संबंधित संज्ञा

ध्रुव (Pole): आरशाच्या पृष्ठभागाच्या मध्यबिंदूस आरशाचा 'ध्रुव' म्हणतात. आकृतीत P बिंदू हा आरशाचा ध्रुव आहे.

वक्रता केंद्र (Centre of Curvature) : आरसा ज्या गोलाचा भाग असतो त्या गोलाच्या केंद्रास वक्रता केंद्र म्हणतात. आकृतीत C बिंदू आरशाचे वक्रता केंद्र आहे.



11.7 गोलीय आरशाशी संबंधित संज्ञा

वक्रता त्रिज्या (Radius of Curvature) : आरसा ज्या गोलाचा भाग असतो त्या गोलाच्या त्रिज्येला आरशाची वक्रता त्रिज्या असे म्हणतात. आकृतीत CP व CA यांची लांबी ह्या आरशाची वक्रता त्रिज्या आहे.

मुख्य अक्ष (Principal Axis) : आरशाचा ध्रुव आणि वक्रता केंद्र यांतून जाणाऱ्या सरळ रेषेस आरशाचा मुख्य अक्ष म्हणतात. आकृतीत PM हा आरशाचा मुख्य अक्ष आहे.

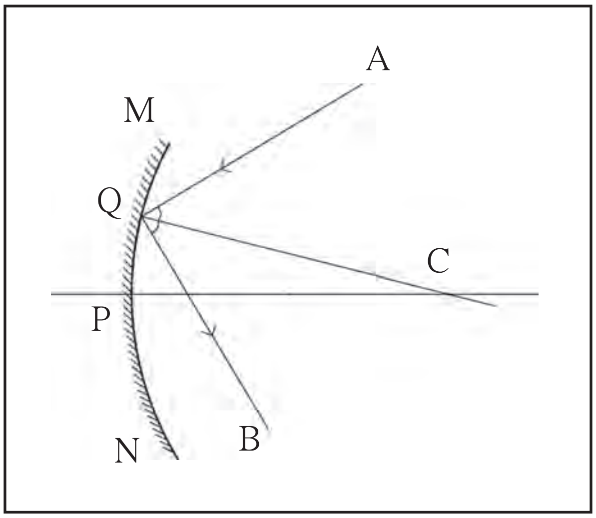
मुख्य नाभी (Principal Focus) : अंतर्गोल आरशाच्या मुख्य अक्षाला समांतर असलेले आपाती किरण परावर्तनानंतर मुख्य अक्षावर आरशासमोर एका विशिष्ट बिंदूत (F) मिळतात. या बिंदूला अंतर्गोल आरशाची मुख्य नाभी म्हणतात. बहिर्गोल आरशाच्या मुख्य अक्षाला समांतर असलेले आपाती किरण परावर्तनानंतर आरशामागील मुख्य अक्षावरील एका विशिष्ट बिंदूपासून आल्यासारखे भासतात. या बिंदूला बहिर्गोल आरशाची मुख्य नाभी म्हणतात.

नाभीय अंतर (Focal length) : आरशाचा ध्रुव आणि नाभी यांच्यातील अंतराला नाभीय अंतर (f) म्हणतात. नाभीय अंतर हे वक्रता त्रिज्येच्या निम्मे असते.

जरा डोके चालवा. अंतर्गोल आणि बहिर्गोल आरशांच्या नाभींतील मुख्य फरक कोणता ?

परावर्तित किरणांचे रेखन

करून पहा.

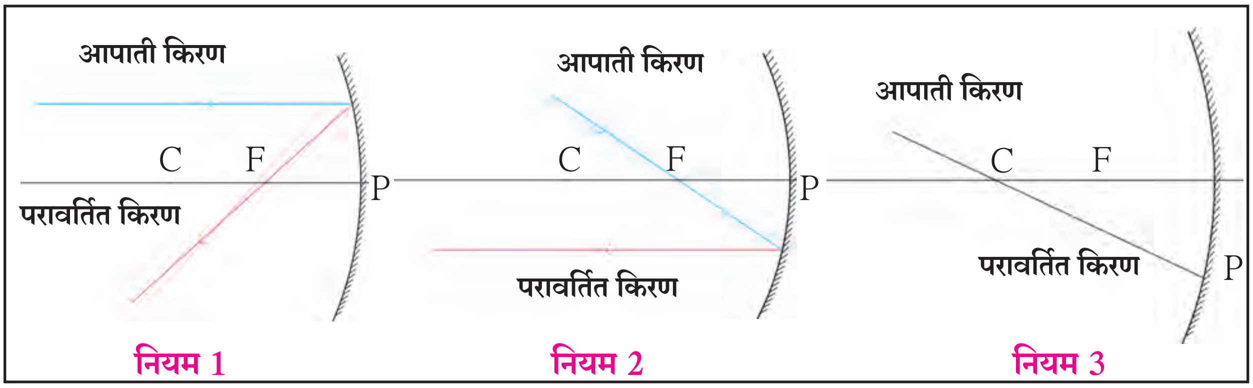


11.8 परावर्तित किरणांचे रेखन

गोलीय आरशावर पडणारा किरण कोणत्या दिशेने परावर्तित होतो हे कसे निश्चित केले जाते? आकृती 10.8 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे MN गोलीय आरशावर Q बिंदूपाशी AQ प्रकाश किरण आपाती आहे. आरशाची CQ ही एक त्रिज्या आहे. म्हणून Q बिंदूपाशी CQ आरशाला अभिलंब ठरतो. आणि कोन AQC हा आपतन कोन होतो. परावर्तन नियमानुसार आपतन कोन आणि परावर्तन कोन समान मापाचे असतात. म्हणून AQ किरणाचा QB परावर्तन मार्ग निश्चित करताना कोन CQB हा परावर्तन कोन AQC ह्या आपतन कोनाएवढाच ठेवला जातो.

गोलीय आरशाद्वारे मिळणाऱ्या प्रतिमांचा अभ्यास किरणाकृतींच्या साहाय्याने करता येतो. किरणाकृती म्हणजे प्रकाशकिरणाच्या मार्गक्रमणाचे विशेष चित्रिकरण होय. किरणाकृती काढण्यासाठी प्रकाश परावर्तनाच्या नियमांवर आधारित नियम वापरतात. (पहा : आकृती 11.9)

नियम 1 : जर आपाती किरण मुख्य अक्षाला समांतर असेल तर परावर्तित किरण मुख्य नाभीतून जातो.
नियम 2 : जर आपाती किरण मुख्य नाभीतून जात असेल तर परावर्तित किरण मुख्य अक्षाला समांतर जातो.
नियम 3 : जर आपाती किरण वक्रता मध्यातून जात असेल तर परावर्तित किरण त्याच मार्गाने परत जातो.



11.9 किरणाकृती काढण्यासाठीचे नियम

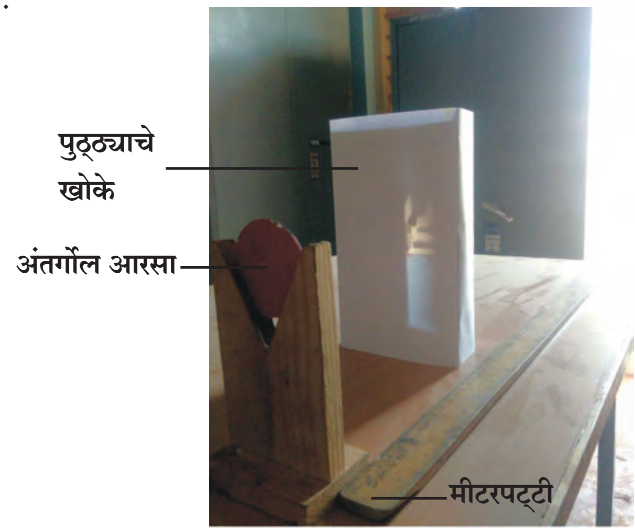
अंतर्गोल आरशाद्वारे मिळणाऱ्या प्रतिमा (Images formed by a Concave Mirror)

करून पहा.

साहित्य : मेणबत्ती किंवा काचेची चिमणी, पुठ्ठ्याचे खोके, पांढरा कागद, मोठा पुठ्ठा, अंतर्गोल आरसा, मीटरपट्टी.

कृती : मेणबत्ती किंवा काचेची चिमणी सामावून घेणारे आणि एक बाजू मोकळी असणारे पुठ्ठ्याचे खोके घ्या. खोक्याच्या एका बाजूला बाणाकृती चीर पाडा. खोक्यात मेणबत्ती ठेवल्यानंतर बाणाकृती प्रकाशस्रोत मिळतो.

20×30 सेमी आकाराच्या पुठ्ठ्यावर पांढरा कागद चिकटवून पुठ्ठा लाकडी ठोकळ्यावर उभा ठेवून पडदा तयार करा. पुठ्ठ्याचे आणखी एक खोके घेऊन त्याच्या वरच्या बाजूला चीर पाडा आणि तिच्यात अंतर्गोल आरसा खोचून उभा करा.



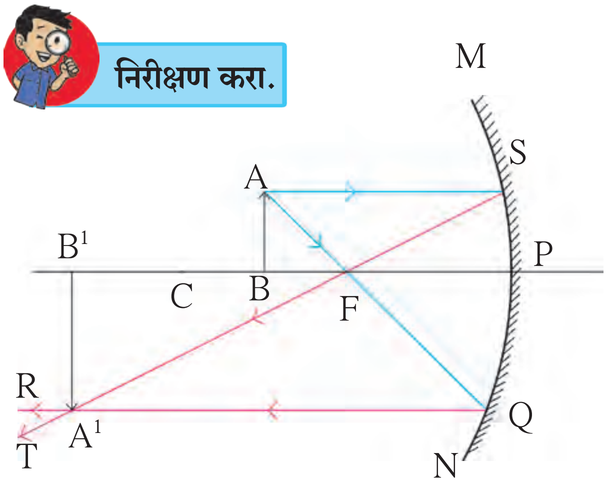
11.10 अंतर्गोल आरशाद्वारे मिळणारी प्रतिमा

खिडकीजवळ पडदा उभा करून त्याच्यासमोर अंतर्गोल आरसा ठेवा. आरशाच्या साहाय्याने सूर्याची किंवा खिडकीबाहेरील लांबच्या दृश्याची रेखीव प्रतिमा पडद्यावर मिळेल अशा रीतीने त्याची जागा निश्चित करा. पडदा आणि आरसा यांमधील अंतर मोजा. हे आरशाचे नाभीय अंतर होय.

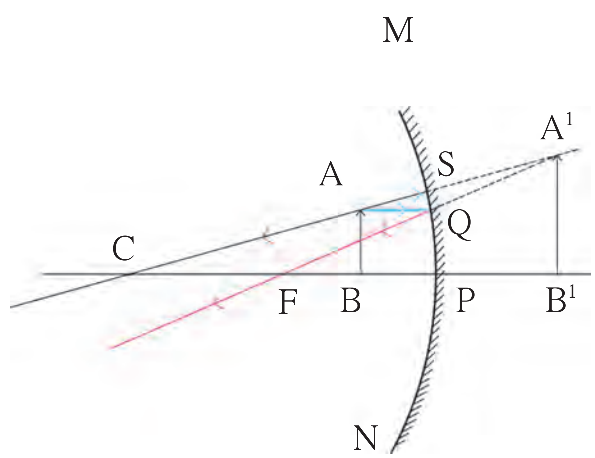
आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे साहित्याची मांडणी अंधाऱ्या खोलीत करा. आरसा मीटरपट्टीच्या 0 खुणेजवळ ठेवा. त्याच्यासमोर पडदा उभा ठेवा. पडदा आणि आरशाच्या दरम्यान प्रकाशस्रोत ठेवा. असे करताना प्रकाशस्रोत आणि आरसा यांमधील अंतर आरशाच्या नाभीय अंतरापेक्षा थोडेसे जास्त ठेवा. पडदा पट्टीवर पुढे-मागे व पट्टीच्या उजव्या व डाव्या बाजूस सरकवून त्यावर प्रकाशस्रोताची रेखीव प्रतिमा मिळवा. ही प्रतिमा मूळ स्रोताहून मोठी आणि उलटी असते. प्रतिमा पडद्यावर मिळत असल्याने ती वास्तव प्रतिमा असते.

आता प्रकाशस्रोत आरशापासून दूर सरकवा. असे करताना आरसा आणि स्रोत यांमधील अंतर आरशाच्या नाभीय अंतरापेक्षा दुपटीहून जास्त ठेवा. पडदा पुढे आरशाकडे सरकवून त्याच्यावर प्रकाशस्रोताची रेखीव प्रतिमा मिळवा. प्रतिमा उलटी, मूळ स्रोताहून लहान आणि वास्तव असते.

निरीक्षण करा.



अ.



ब.

11.11 अंतर्गोल आरशाद्वारे मिळणारी प्रतिमा

आकृती 11.11 ‘अ’ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे AB ही वस्तू MN या अंतर्गोल आरशासमोर नाभी आणि वक्रता केंद्र यांच्यामध्ये ठेवली आहे. A पासून निघणारा आणि नाभीतून जाणारा आपाती किरण परावर्तनानंतर अक्षाला समांतर राहून QR मार्गाने परावर्तित होतो. अक्षाला समांतर असणारा AS किरण परावर्तनानंतर नाभीतून ST मार्गाने जाऊन QR या परावर्तित किरणाला A^1 बिंदूत छेदतो. म्हणजेच A बिंदूची प्रतिमा A^1 बिंदूवर तयार होते, B बिंदु हा मुख्य अक्षावर स्थित असल्याने त्याची प्रतिमा देखील मुख्य अक्षावरच असेल व A^1 च्या सरळ वर म्हणजेच B^1 बिंदुवर तयार होईल. A^1 आणि B^1 यांच्या दरम्यान असलेल्या बिंदूंच्या प्रतिमा A आणि B यांच्या दरम्यान तयार होतात. म्हणजेच AB वस्तूची A^1B^1 प्रतिमा तयार होते.

यावरून नाभी आणि वक्रता केंद्र यांच्यामध्ये वस्तू ठेवली असताना तिची प्रतिमा वक्रता केंद्राच्या पलीकडे मिळते हे स्पष्ट होते. ही प्रतिमा उलटी आणि मूळ वस्तूपेक्षा मोठी असते. परावर्तित किरण एकमेकांना प्रत्यक्षात छेदतात. त्यामुळे ही प्रतिमा वास्तव ठरते आणि पडद्यावर घेता येते.

आकृती 11.11‘ब’ मध्ये AB ही वस्तू आरशासमोर ध्रुव आणि नाभी यांच्या दरम्यान ठेवली आहे. वस्तूच्या A या बिंदूपासून निघणारा व अक्षाला समांतर असणारा AQ आणि A ला वक्रता केंद्राशी जोडणाऱ्या दिशेने जाणारा AS हे दोन आपाती किरण रेषांनी दर्शवले आहेत. या किरणांचे परावर्तन कसे होते आणि वस्तूची A^1B^1 प्रतिमा कशी मिळते, हे आकृतीवरून स्पष्ट होते. ही प्रतिमा आरशामागे सुलटी आणि मूळ वस्तूपेक्षा आकाराने मोठी असते. तसेच परावर्तित किरण एकमेकांना प्रत्यक्ष छेदत नाहीत, तर आरशामागे एकत्र आल्यासारखे भासतात. म्हणून ही प्रतिमा आभासी प्रतिमा ठरते.

एखादी वस्तू अंतर्गोल आरशासमोर ध्रुव आणि नाभी यांच्यामध्ये, वक्रता केंद्र आणि नाभी यांच्यामध्ये, वक्रता केंद्रावर, वक्रता केंद्रांच्या पलीकडे आणि वक्रता केंद्रापासून खूप दूर ठेवली असता प्रतिमा कशी आणि कोठे मिळते ते पुढील तक्त्यावरून स्पष्ट होते.

अंतर्गोल आरशाद्वारे मिळणाऱ्या विविध प्रतिमा

अ.क्र.	वस्तूचे स्थान	प्रतिमेचे स्थान	प्रतिमेचे स्वरूप	प्रतिमेचा आकार
1.	ध्रुव आणि नाभी यामध्ये	आरशाच्या मागे	आभासी, सुलटी	वस्तूपेक्षा मोठा
2.	नाभीवर	अनंत अंतरावर	वास्तव, उलट	खूपच मोठा
3.	वक्रता केंद्र आणि नाभी यांच्यामध्ये	वक्रता केंद्राच्या पलीकडे	वास्तव, उलट	वस्तूपेक्षा मोठा
4.	वक्रता केंद्रावर	वक्रता केंद्रावर	वास्तव, उलट	मूळ वस्तूएवढा
5.	वक्रता केंद्राच्या पलीकडे	वक्रता केंद्र आणि नाभी यांच्यामध्ये	वास्तव, उलट	वस्तूपेक्षा लहान
6.	वक्रता केंद्रापासून खूप दूर(अनंत अंतरावर)	नाभीवर	वास्तव, उलट	बिंदुरूप

अधिक माहिती मिळवा. www.physicsclassroom.com

करून पहा.

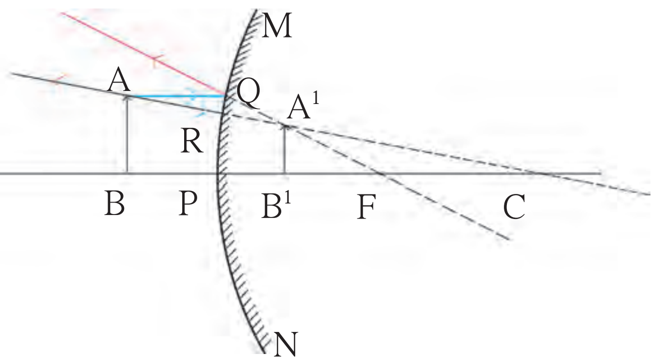
अंतर्वक्र आरशासाठी वस्तू (1) नाभीवर (2) वक्रता केंद्रावर (3) वक्रता केंद्रापलीकडे (4) अनंत अंतरावर असेल तर प्रत्येक वेळी प्रतिमेचे स्वरूप कसे असेल ते किरणाकृतीच्या साहाय्याने शोधण्याचा प्रयत्न करा. तुमचे उत्तर मागील तक्त्याशी पडताळून पहा.

बहिर्गोल आरशामुळे मिळणारी प्रतिमा (Image formed by Convex Mirror)

आकृती 11.12 मध्ये MN बहिर्गोल आरशासमोर AB ही वस्तू ठेवलेली आहे. वस्तूच्या A बिंदूपासून निघणारा आणि मुख्य अक्षाला समांतर असणारा किरण AQ रेषेने, तर वक्रता केंद्राकडे जाणारा AR रेषेने दर्शवला आहे. या दोन किरणांचे परावर्तन कसे होते आणि वस्तूची A^1B^1 प्रतिमा कशी मिळते, हे आकृतीवरून स्पष्ट होते. तसेच ही प्रतिमा आरशामागे, सुलटी आणि वस्तूहून लहान असल्याचे स्पष्ट होते.

बहिर्गोल आरशावरून परावर्तित झालेले किरण एकमेकांना प्रत्यक्ष छेदत नाहीत. तथापि, आरशामागे एकत्र आल्यासारखे भासतात. म्हणून ही प्रतिमा आभासी ठरते.

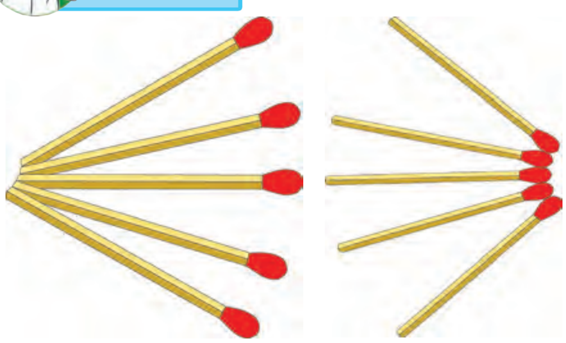
बहिर्गोलीय आरशामुळे मिळणाऱ्या प्रतिमांचे स्वरूप वस्तूच्या आरशापासून असलेल्या अंतरावर अवलंबून नसते. त्या नेहमीच आभासी व वस्तूपेक्षा लहान आकाराच्या असतात व आरशाच्या मागे तयार होतात. याची किरणाकृतीद्वारे पडताळणी करा.



11.12 **बहिर्गोल आरशाद्वारे मिळणारी प्रतिमा**

प्रकाशाचे अपसरण आणि अभिसरण (Divergence and Convergence of Light)

करून पहा.



11.13 **अपसरण आणि अभिसरण**

अ. काड्यापेटीतील पाच काड्या घ्या. त्यांची रसायन अवलेपित टोके (गुल) एका बिंदूपाशी एकत्र येतील अशा रीतीने मांडणी करा. येथे रसायन अवलेपित टोके अभिसारित झाली आहेत.

ब. आता काड्यांची मांडणी अशा प्रकारे करा, की त्यांची दुसरी टोके एकत्र असतील व रसायन अवलेपित टोके एकमेकांपासून दूर असतील. येथे रसायन अवलेपित टोके अपसारित झाली आहेत.

अंतर्वक्र आरशाला अभिसारी आरसा असेही म्हणतात. कारण मुख्य अक्षाला समांतर असणारे किरण परावर्तनानंतर एका बिंदूपाशी अभिसारित होतात (आकृती 11.14 अ पहा).

अंतर्वक्र आरशांमध्ये वस्तूच्या आरशापासूनच्या स्थानानुसार मूळ वस्तूपेक्षा मोठी किंवा लहान प्रतिमा तयार होते.

मुख्य अक्षाला समांतर किरण बहिर्गोल आरशावरून परावर्तित झाल्यानंतर अपसारित होत असल्याने त्या आरशाला अपसारी आरसा म्हणतात (आकृती 11.14 ब पहा). बहिर्वक्र आरशांमुळे वस्तूच्या मूळ आकारापेक्षा लहान प्रतिमा तयार होतात.

गोलीय आरसा अंतर्गोल आहे की बहिर्गोल आहे, हे तुम्ही कसे ओळखाल?

दाढी करण्यासाठी विशेष वापरायचा आरसा अंतर्गोल असतो. हा आरसा चेहऱ्यानजीक धरला, की आरशामध्ये चेहऱ्याची सुलटी आणि मोठी प्रतिमा मिळते. हाच आरसा चेहऱ्यापासून दूर दूर नेल्यास प्रतिमा उलटी होते आणि लहान होत जाते.

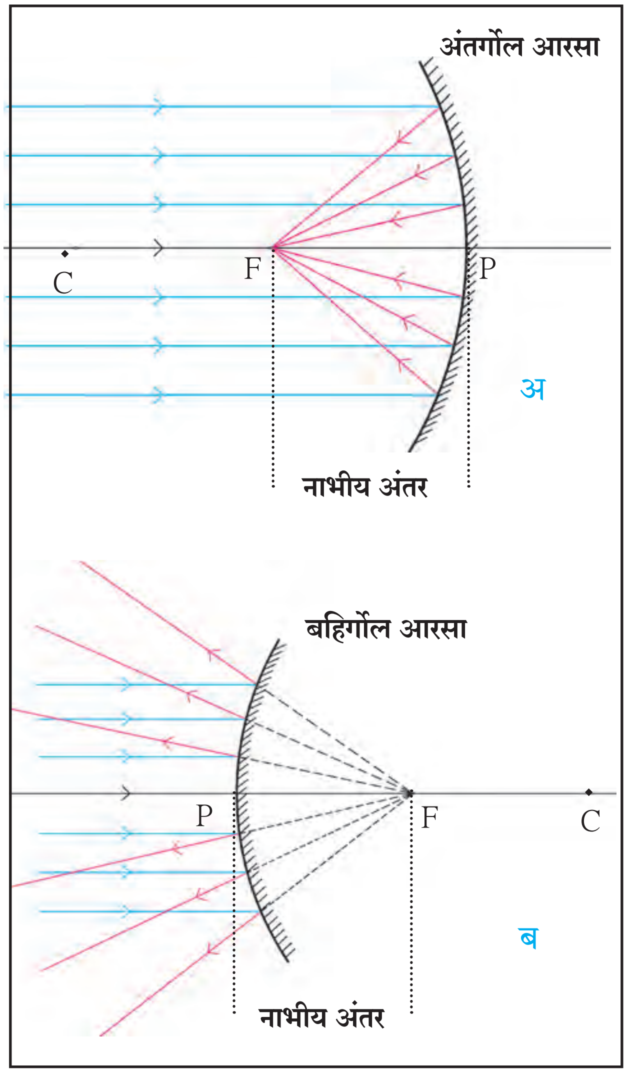
मोटार व मोटरसायकलीचा आरसा बहिर्गोल असतो. बहिर्गोल आरशात पाहिल्यास चेहऱ्याची प्रतिमा सुलटी पण लहानच मिळते. आरशापासून दूर गेल्यास प्रतिमा अधिक लहान होत जाते व ती सुलटीच राहते. त्यामुळे सभोवती असलेल्या इतर वस्तूही या आरशामध्ये दिसू लागतात. म्हणजेच आरसा अंतर्गोल की बहिर्गोल आहे, हे त्यात मिळणाऱ्या प्रतिमांच्या रूपावरून ठरवता येते.

जेव्हा एखादया वस्तूपासून येणारे प्रकाश किरण आपल्या डोळ्यात प्रवेश करतात तेव्हा आपण ती वस्तू पाहू शकतो कारण डोळ्यातील भिंगाद्वारे प्रकाशकिरण अभिसारित होऊन वस्तुची प्रतिमा नेत्रपटलावर तयार होते. अशा प्रकारे प्रकाशकिरण एका बिंदूत अभिसारित होऊन तयार होणारी प्रतिमा ही **वास्तव प्रतिमा (Real Image)** असते. वास्तव प्रतिमा पडद्यावर मिळवता येते.

सपाट आरशामुळे मिळणारी प्रतिमा **आभासी प्रतिमा (Virtual Image)** असते. ही प्रतिमा अशा बिंदूपाशी मिळते की जेथून परावर्तित प्रकाश किरण अपसारित झाल्याचा भास होतो. आकृती (11.2 ब) ही प्रतिमा पडद्यावर घेता येत नाही. कारण प्रकाशकिरण तेथे प्रत्यक्षात एकत्र येत नाहीत.

जेव्हा प्रकाशकिरण आरशावरील परावर्तनाद्वारे एका बिंदूपाशी एकत्र येतात तेव्हा प्रकाशाचे अभिसरण होते. आपल्याला ज्या वेळी प्रकाश एका बिंदूत एकत्र आणायचा असतो तेव्हा अभिसारित प्रकाशझोत वापरतात. अशा प्रकारचा प्रकाशझोत वापरून डॉक्टर दात, कान, डोळे इत्यादींवर प्रकाश एकाग्र करतात. अभिसारित प्रकाशाचा उपयोग सौर उपकरणांमध्ये देखील करतात.

जेव्हा एकाच बिंदूस्रोतापासूनचे प्रकाशकिरण आरशावरील परावर्तनाद्वारे एकमेकांपासून दूर पसरतात तेव्हा प्रकाशाचे अपसरण होते. ज्या वेळी आपल्याला स्रोतापासून प्रकाश पसरणे अपेक्षित असते त्या वेळी अपसारित प्रकाशझोत वापरतात. उदाहरणार्थ रस्त्यावरील दिवे, टेबल लँप इत्यादी.



11.14 अंतर्गोल व बहिर्गोल आरसा

अंतर्गोल आरशाचे गुणधर्म व उपयोग

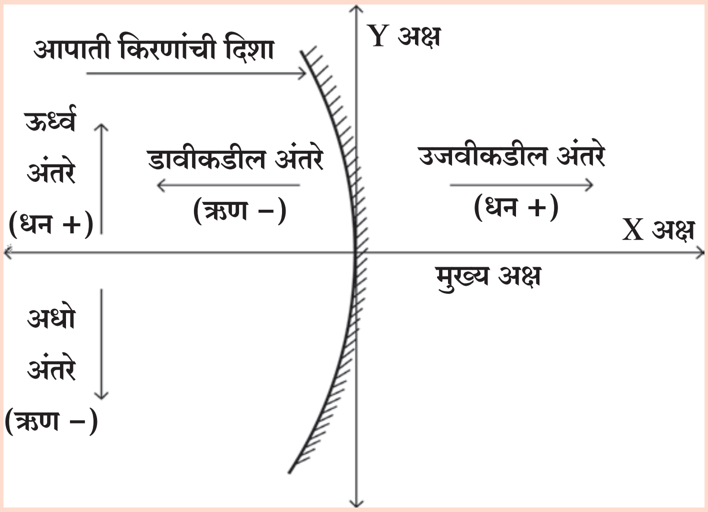
1. केशकर्तनालय, दातांचा दवाखाना -आरशांच्या ध्रुव व नाभी यादरम्यान वस्तु असल्यास या वस्तूची सुलट, आभासी व अधिक मोठी प्रतिमा मिळते.
2. बॅटरी व वाहनांचे हेडलाईट-प्रकाशाचा स्रोत नाभीपाशी ठेवल्यास प्रकाशाचा समांतर झोत मिळतो.
3. फ्लड लाईटस्-प्रकाशाचा स्त्रोत अंतर्वक्र आरशाच्या वक्रता मध्याच्या थोडासा पलीकडे ठेवला जातो त्यामुळे तीव्र प्रकाशझोत मिळतो.
4. विविध सौर उपकरणे - अंतर्वक्र आरशावरून परावर्तित सूर्यकिरणे नाभीय प्रतलात एकत्र येतात.

बहिर्गोल आरशाचे गुणधर्म व उपयोग

1. गाड्यांवर उजव्या व डाव्या बाजूला असणारे आरसे बहिर्वक्र असतात.
2. मोठे बहिर्वक्र आरसे गेटवर चौकात बसवलेले असतात.

कार्टेशिअन चिन्ह संकेतानुसार, आरशाचा ध्रुव (P) हा आरंभ बिंदू मानतात. मुख्य अक्ष हा संदर्भ चौकटीचा (Frame of Referance) X अक्ष घेतात. चिन्ह संकेत पुढीलप्रमाणे आहेत.

1. वस्तू नेहमी आरशाच्या डावीकडे ठेवतात. मुख्य अक्षाला समांतर असणारी सर्व अंतरे आरशाच्या ध्रुवापासून मोजतात.
2. आरंभबिंदूच्या उजवीकडे मोजलेली सर्व अंतरे धन मानतात तर डावीकडे मोजलेली अंतरे ऋण मानतात.



11.15 कार्टेशिअन चिन्ह संकेत

3. मुख्य अक्षाला लंब आणि वरच्या दिशेने मोजलेली अंतरे (ऊर्ध्व अंतरे) धन असतात.
4. मुख्य अक्षाला लंब आणि खालच्या दिशेने मोजलेली अंतरे (अधो अंतरे) ऋण असतात.
5. अंतर्वक्र आरशाचे नाभीय अंतर ऋण असते तर बहिर्वक्र आरशाचे नाभीय अंतर धन असते.

आरशाचे सूत्र (Mirror formula)

जेव्हा आपण चिन्हांच्या संकेतानुसार अंतरे मोजतो तेव्हा आपल्याला वस्तूचे अंतर, प्रतिमेचे अंतर आणि नाभीय अंतर यांच्या योग्य किंमती मिळतात. वस्तूचे अंतर (u) म्हणजे वस्तूचे ध्रुवापासूनचे अंतर होय. प्रतिमेचे अंतर (v) म्हणजे प्रतिमेचे ध्रुवापासूनचे अंतर असते. वस्तूचे अंतर, प्रतिमेचे अंतर व गोलीय आरशाचे नाभीय अंतर यांच्यामधील संबंध म्हणजे आरशाचे सूत्र होय.

आरशाचे सूत्र

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

हे सूत्र सर्व परिस्थितीत, सर्व गोलीय आरशांना, वस्तूच्या सर्व स्थानांकरिता उपयुक्त आहे.

गोलीय आरशामुळे होणारे विशालन (M) (Magnification due to Spherical Mirrors)

गोलीय आरशामुळे होणारे विशालन प्रतिमेच्या उंचीचे (h_2) वस्तूच्या उंचीशी (h_1) असणाऱ्या गुणोत्तराने दर्शवतात. त्याद्वारे वस्तूच्या आकाराच्या मानाने संबंधित प्रतिमा किती प्रमाणात मोठी झाली, हे दिले जाते.

$$\text{विशालन} = \frac{\text{प्रतिमेची उंची}}{\text{वस्तूची उंची}} = \frac{h_2}{h_1}$$ यावरून असे सिद्ध करता येते की $$M = -\frac{v}{u}$$

वस्तू नेहमी मुख्य अक्षाच्या वर ठेवली जात असल्याने वस्तूची उंची धन मानली जाते. प्रतिमा आभासी असल्यास उंची धन घेतात. परंतु वास्तव प्रतिमेकरिता ती ऋण घेतली जाते. चिन्ह संकेतानुसार वस्तू ही आरशाच्या डावीकडे ठेवली जाते त्यामुळे वस्तूचे अंतर ऋण घेतले जाते.

करून पहा.

पान क्र. 122 वरील तक्त्यामधील माहितीच्या आधारे प्रत्येक स्थितीसाठी (अ.क्र. 1 ते 6) विशालन M चे चिन्ह दोन्ही सूत्रांनी काढा. ते समान आहेत का याचा पडताळा घ्या.

सोडवलेली उदाहरणे

उदाहरण : राजश्रीला 10 सेमी नाभीय अंतर असलेल्या अंतर्वक्र आरशाच्या साहाय्याने आरशापासून 30 सेमी अंतर असलेल्या वस्तूची 5 सेमी उंचीची उलटी प्रतिमा मिळवायची आहे तर तिने पडदा आरशापासून किती अंतरावर ठेवावा. तसेच तिने मिळवलेल्या प्रतिमेचे स्वरूप व वस्तूचा आकार काय असेल ?

दिलेले :

नाभीय अंतर = f = – 10 सेमी, वस्तूचे अंतर = u = – 30 सेमी , प्रतिमेची उंची = h_2 = –5 सेमी

प्रतिमेचे अंतर = v = ? , वस्तूची उंची = h_1 = ?

आरशाच्या सूत्रानुसार

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

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

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

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

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

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

$$v = -15$$

विशालन

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

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

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

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

$$h_1 = 10 \text{ सेमी}$$

वस्तूची उंची 10 सेमी असेल. म्हणजे प्रतिमा वास्तव व वस्तूपेक्षा लहान असेल.

आरशापासून पडद्याचे अंतर 15 सेमी असावे. म्हणून राजश्रीला पडदा आरशापासून 15 सेमी अंतरावर ठेवावा लागेल.

हे नेहमी लक्षात ठेवा.

आरशासमोर मिळणारी जी प्रतिमा पडद्यावर घेता येते तिला वास्तव प्रतिमा म्हणतात. वस्तूचे स्थान कुठेही असले तरी बहिर्गोल आरशामुळे मिळणारी प्रतिमा ही आभासी, सुलटी, वस्तूपेक्षा लहान व आरशाच्या मागे मिळते. आरशामागे मिळणारी जी प्रतिमा पडद्यावर घेता येत नाही तिला आभासी प्रतिमा म्हणतात. ह्या प्रतिमेचे विशालन एकहून कमी असते

स्वाध्याय

F7ZJYR

1. **खालील प्रश्नांची उत्तरे लिहा.**

   अ. सपाट आरसा, अंतर्गोल आरसा, बहिर्गोल आरसा यातील फरक प्रतिमेचे स्वरूप व आकार यांच्या आधारे लिहा.

   आ. अंतर्वक्र आरशांच्या संदर्भात प्रकाशाच्या स्रोतांच्या वेगवेगळ्या स्थिती सांगा.
   1. टॉर्च 2. प्रोजेक्टर लॅम्प 3. फ्लडलाईट

   इ. सौर उपकरणांमध्ये अंतर्वक्र आरसे का वापरतात?

   ई. वाहनांच्या बाहेरच्या बाजूला बसवलेला आरसा बहिर्वक्र का असतो?

   उ. अंतर्गोल आरशाच्या साहाय्याने कागदावर सूर्याची प्रतिमा घेतल्यास काही वेळाने कागद का पेटतो?

   ऊ. गोलीय आरसा फुटल्यावर मिळणाऱ्या आरशाचा प्रत्येक तुकडा कोणत्या प्रकारचा आरसा असतो? का?

2. **गोलीय आरशामुळे होणाऱ्या परावर्तनासाठी कोणकोणते चिन्ह संकेत वापरतात?**

3. **अंतर्गोल आरशामुळे मिळणाऱ्या प्रतिमांच्या सारांशावरून (सारणी) त्यांच्या किरणाकृती तयार करा.**

4. **खालील उपकरणात कोणता आरसा वापरलेला असतो ?**

   पेरिस्कोप, फ्लडलाईटस्, दाढी करण्याचा आरसा, चारूदर्शक (कॅलिडोस्कोप), रस्त्यावरील दिवे, मोटार गाडीचा दिवा

5. **उदाहरणे सोडवा.**

   अ. 15 सेमी नाभीय अंतर असणाऱ्या अंतर्गोल आरशासमोर 7 सेमी उंचीची वस्तू 25 सेमी अंतरावर ठेवली. आरशापासून किती अंतरावर पडदा ठेवल्यास आपल्याला तिची सुस्पष्ट प्रतिमा मिळू शकेल? प्रतिमेचे स्वरूप आणि आकार स्पष्ट करा.

   (उत्तर : 37.5 सेमी, 10.5 सेमी, वास्तव)

   आ. 18 सेमी नाभीय अंतर असलेल्या बहिर्वक्र आरशासमोर ठेवलेल्या वस्तूची प्रतिमा ही मूळ वस्तूच्या उंचीच्या निम्म्या उंचीची मिळते. तर ती वस्तू बहिर्वक्र आरशापासून किती अंतरावर ठेवलेली असेल? **(उत्तर : 18 सेमी)**

   इ. 10 सेमी लांबीची काठी 10 सेमी नाभीय अंतर असलेल्या अंतर्वक्र आरशाच्या मुख्य अक्षावर ध्रुवापासून 20 सेमी अंतरावर ठेवली आहे. तर अंतर्वक्र आरशाद्वारे मिळणारी प्रतिमा किती लांबीची असेल? **(उत्तर : 10 सेमी)**

6. **एकाच गोलापासून तीन आरसे तयार केले तर त्यांचे ध्रुव, वक्रता केंद्र, वक्रता त्रिज्या, मुख्य अक्ष यांपैकी काय सामाईक आहे आणि काय सामाईक नाही हे कारणांसह स्पष्ट करा.**

उपक्रम :

चारूदर्शक (Calidoscope) यंत्र बनवून कार्याचे वर्गात सादरीकरण करा.

◈◈◈