

## 16. प्रकाशाचे परावर्तन

आपणाला संवेदनांच्या साहाय्याने वेगवेगळ्या जाणीवा होतात. दृष्टीची संवेदना ही सर्वांत महत्त्वाची संवेदना आहे. या संवेदनेमुळेच आपण आपल्या सभोवतालचे डोंगर, नदी, झाडे, व्यक्ती आणि इतर वस्तू पाहू शकतो. सृष्टीचे सुंदर रूप जसे - ढग, इंद्रधनुष्य, उडणारे पक्षी, चंद्र, तारे, हेही आपण दृष्टीच्या संवेदनेमुळेच पाहू शकतो.



करून पहा

रात्रीच्या वेळी तुमच्या खोलीतील दिवा काही काळ बंद करा व नंतर चालू करा.

दिवा बंद केल्यानंतर खोलीतील वस्तू तुम्हांस स्पष्टपणे दिसतात का ? पुन्हा दिवा चालू केल्यानंतर तुम्हांस काय जाणवते ?

वरील कृतीतून तुमच्या लक्षात येते की दृष्टीची संवेदना होणे व प्रकाश यामध्ये काहीतरी संबंध आहे. रात्रीच्या वेळी दिवा बंद केल्यास लगेच तुम्हांला खोलीतील वस्तू दिसनाशा होतील, तर दिवा पुन्हा चालू केल्यास वस्तू पूर्ववत दिसतील म्हणजेच वस्तूंपासून येणारा प्रकाश जेव्हा आपल्या डोळ्यांमध्ये प्रवेश करतो तेव्हा वस्तू आपणांस दिसू लागतात. डोळ्यांमध्ये प्रवेश करणारा प्रकाश हा त्या वस्तूने उत्सर्जित केलेला असेल किंवा त्या वस्तूपासून परावर्तित झालेला असेल. वस्तूपासून परावर्तित झालेला प्रकाश म्हणजे काय ? हे समजून घेण्यासाठी प्रकाशाचे परावर्तन समजून घेऊया.

**प्रकाशाचे परावर्तन (Reflection of light) :** एखाद्या पृष्ठभागावर प्रकाशकिरणे पडली, तर त्यांची दिशा बदलते व ते परत फिरतात यालाच प्रकाशाचे परावर्तन म्हणतात.



करून पहा

**साहित्य :** विजेरी, आरसा, आरसा अडकविण्याचे स्टँड, काळा कागद, कंगवा, पांढरा कागद, ड्रॉईंग बोर्ड

### कृती

1. पांढरा कागद टेबलावर किंवा ड्रॉईंग बोर्डवर घट्ट बसवून घ्या.
2. कंगव्याचा मधील भाग सोडून इतर सर्व भाग काळ्या कागदाने झाकून घ्या, जेणेकरून प्रकाश हा त्या मोकळ्या भागातूनच जाऊ शकेल. (आकृती 16.1)
3. कंगवा पांढऱ्या कागदावर लंबरूप पकडून विजेरीच्या साहाय्याने कंगव्याच्या उघड्या भागावर प्रकाश टाका.
4. विजेरी व कंगवा यांची योग्य मांडणी करून पांढऱ्या कागदावर प्रकाशकिरण मिळवा. या प्रकाशकिरणाच्या मार्गामध्ये आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे आरसा ठेवा.
5. तुम्हांला काय आढळते ?

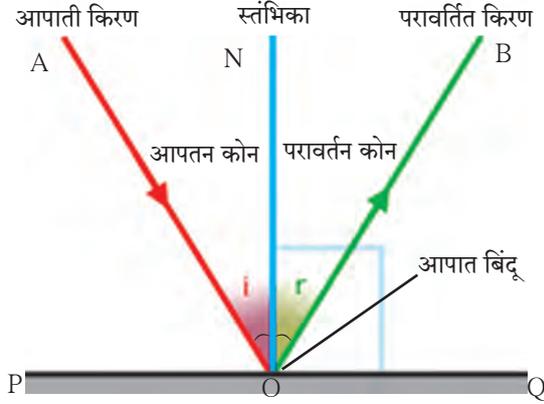


16.1 प्रकाशाचे परावर्तन

वरील कृतीत प्रकाशकिरण आरशावर आदळल्यानंतर परावर्तित होतात व वेगळ्या दिशेने जातात. जे प्रकाशकिरण कोणत्याही पृष्ठभागावर पडतात, त्यांना आपाती किरण (Incident ray) म्हणतात. आपाती किरण पृष्ठभागावर ज्या बिंदूवर पडतात, त्या बिंदूला आपतन बिंदू म्हणतात. तर पृष्ठभागावरून परत किरणाच्या किरणास परावर्तित किरण (Reflected ray) म्हणतात. परावर्तित किरणांची दिशा काही नियमांनुसार ठरते. या नियमांस परावर्तनाचे नियम म्हणतात. हे नियम समजून घेण्यापूर्वी काही संज्ञा समजून घेऊ.

### (आकृती 16.2 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे)

1. आरशाची स्थिती दर्शविणारी रेषा PQ काढा.
2. आपाती किरण AO व परावर्तित किरण OB काढा.
3. आरशाची स्थिती दर्शविणाऱ्या रेषेस  $90^\circ$  चा कोन करणारी रेषा ON ही O येथे काढा. ह्या रेषेस स्तंभिका म्हणतात. रेषा ON ही PQ ला लंबवत असल्याने  $\angle PON = \angle QON = 90^\circ$ .



### 16.2 प्रकाशाचे परावर्तन

परावर्तनाशी संबंधित विभिन्न संज्ञा खालीलप्रमाणे आहेत.

- i. किरण AO - आपाती किरण, ii. बिंदू O - आपात बिंदू
- iii. किरण OB - परावर्तित किरण iv. रेषा ON - स्तंभिका
- v. आपाती किरण व स्तंभिकेमधील कोन  $\angle AON$  - आपतन कोन (i) vi. परावर्तित किरण व स्तंभिकेमधील कोन  $\angle BON$  - परावर्तन कोन (r)

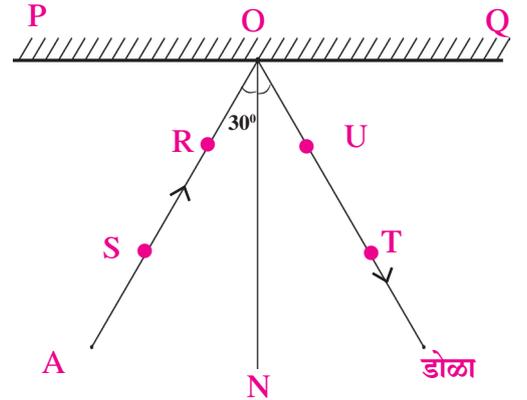


करून पहा

साहित्य : आरसा, ड्रॉइंग बोर्ड, टाचण्या, पांढरा कागद, कोनमापक, पट्टी, पेन्सिल.

### कृती :

1. पांढरा कागद ड्रॉइंग बोर्डवर टाचण्यांच्या साहाय्याने नीट बसवून घ्या.
2. कागदावर एका बाजूस आरशाची स्थिती दर्शविणारी रेषा PQ काढा. (आकृती 16.3)
3. रेषा PQ वर O बिंदू घेऊन त्या बिंदूशी रेषा ON हा लंब काढा.
4. रेषा ON शी  $30^\circ$  चा कोन करणारा किरण AO काढा.
5. किरण AO वर दोन टाचण्या S व R रोवून घ्या.
6. आरसा स्टँडला अडकवून PQ रेषेवर आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे लंब स्थितीत ठेवा.
7. आरशात पाहून आरशामध्ये दिसणाऱ्या टाचण्यांच्या प्रतिमांच्या खालच्या टोकांच्या सरळरेषेत T व U या टाचण्या रोवा.
8. आरसा बाजूला काढा व बिंदू T व U जोडून ती रेषा O पर्यंत वाढवा.
9.  $\angle TON$  मोजा.
10. कृती 4 ते 9,  $45^\circ$  व  $60^\circ$  आपतन कोनासाठी पुन्हा करा व तक्त्यामध्ये कोनांची मापे लिहा.



### 16.3 : परावर्तनाच्या नियमांचे सत्यापन

अ.क्र.	आपतन कोन ( $\angle i$ )	परावर्तन कोन ( $\angle r$ )
1.	$30^\circ$	
2.	$45^\circ$	
3.	$60^\circ$	

आपतन कोन व परावर्तन कोन यांमध्ये कोणता संबंध आढळतो ? तुम्ही कृती जर काळजीपूर्वक केली असेल तर तुम्हांस आढळेल की तिन्ही वेळेस आपतन कोन व परावर्तन कोन समान असतात. म्हणजेच परावर्तनाच्या नियमांचे सत्यापन होते.



**करून पहा**

प्रकाशकिरण आरशावर लंबरूप स्थितीत पडल्यास काय होईल ?

### प्रकाश परावर्तनाचे प्रकार

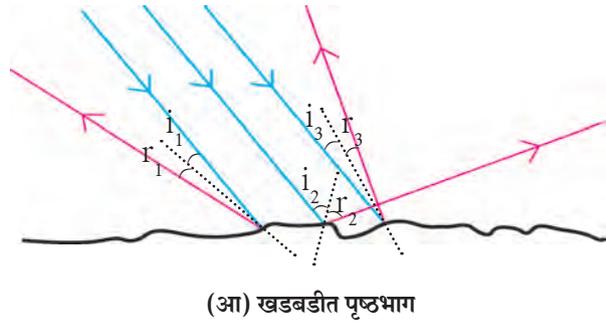
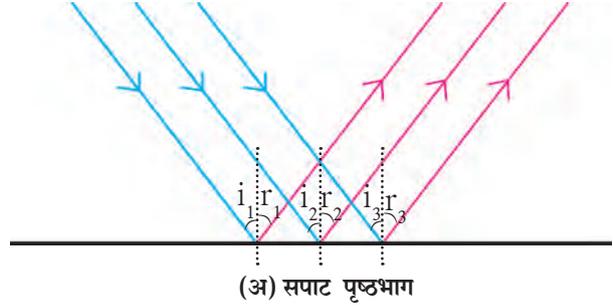
आकृती 16.4 (अ) व (आ) मध्ये सपाट व खडबडीत पृष्ठभागावर समांतर पडणारे तीन आपाती किरण निळ्या रंगात दाखविले आहेत. परावर्तनाचे नियम वापरून आपतन बिंदूवर परावर्तित किरण लाल रंगात दाखविले आहेत.

1. कोणत्या पृष्ठभागावरील परावर्तित किरण एकमेकांस समांतर आहेत ?
2. आकृतीवरून काय निष्कर्ष काढता येईल ?

**1. प्रकाशाचे नियमित परावर्तन (Regular reflection) :** सपाट व गुळगुळीत पृष्ठभागावरून होणाऱ्या प्रकाशाच्या परावर्तनास 'नियमित परावर्तन' म्हणतात. नियमित परावर्तनास समांतर पडणाऱ्या आपाती किरणांचे आपतन कोन व परावर्तन कोन समान मापाचे असतात. त्यामुळे परावर्तित किरण हे परस्परांना समांतर असतात. जर आपाती किरणांचे आपाती कोन  $i_1, i_2, i_3, \dots$  असतील व त्यांचे परावर्तन कोन क्रमशः  $r_1, r_2, r_3, \dots$  असतील, तर  $i_1 = i_2 = i_3, \dots$ ,  $r_1 = r_2 = r_3, \dots$

(आकृती 16.4 अ)

**2. प्रकाशाचे अनियमित परावर्तन (Irregular reflection) :** खडबडीत पृष्ठभागावरून होणाऱ्या प्रकाशाच्या परावर्तनास 'अनियमित परावर्तन' म्हणतात. अनियमित परावर्तनामध्ये समांतर पडणाऱ्या आपाती किरणांचे आपतन कोन समान मापाचे नसतात व म्हणून त्यांचे परावर्तन कोनही समान नसतात. म्हणजे  $i_1 \neq i_2 \neq i_3, \dots$ ,  $r_1 \neq r_2 \neq r_3, \dots$ . त्यामुळे परावर्तित किरण परस्परांना समांतर असत नाहीत, ते विस्तृत पृष्ठभागावर विखुरले जातात. असे का घडते हे आकृती 16.4 (आ) मधून स्पष्ट होते.



16.4 सपाट व खडबडीत पृष्ठभागावरील प्रकाशाचे परावर्तन



**हे नेहमी लक्षात ठेवा.**

1. नियमित व अनियमित या दोन्ही परावर्तनांमध्ये प्रकाश परावर्तनाचे नियम पाळले जातात.
2. अनियमित परावर्तनामध्ये होणारे प्रकाशाचे परावर्तन हे परावर्तनाचे नियम पाळले गेले नाहीत म्हणून मिळालेले नसते, तर ते परावर्तित पृष्ठभाग अनियमित (खडबडीत) असल्याने मिळालेले असते.
3. अनियमित परावर्तनामध्ये प्रत्येक आपतन बिंदूशी होणारा आपतन कोन वेगळा असतो. परंतु एकाच आपतन बिंदूशी होणारे आपतन कोन व परावर्तन कोन समान मापाचेच असतात, म्हणजे  $i_1 = r_1, i_2 = r_2, \dots$

## परावर्तित प्रकाशाचे परावर्तन (Reflection of reflected light)



सांगा पाहू !

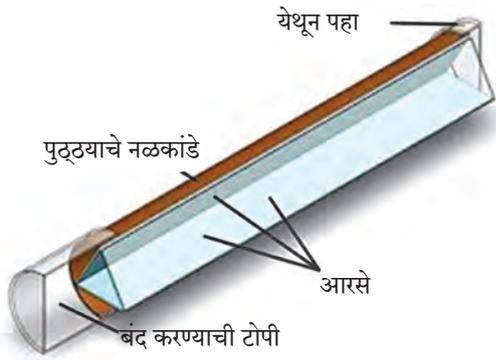
1. केशकर्तनालयात तुमच्या मानेवरचे केस कारागिराने व्यवस्थित कापले आहेत का हे तुम्ही कसे पाहता ?

2. आरशामध्ये आपली प्रतिमा कशी दिसते ? उजव्या व डाव्या बाजूचे काय होते ?

3. पाण्यामध्ये चंद्राचे प्रतिबिंब कशामुळे दिसते ?

केशकर्तनालयात तुमच्या मागे आणि पुढे आरसा असतो. तुमच्या पाठीमागील भागाची प्रतिमा मागील आरशात निर्माण होते. प्रतिमेची प्रतिमा पुढील आरशामध्ये दिसते. त्यामुळे केशकर्तनालयात मानेवरील केस व्यवस्थित कापले आहेत का ते तुम्हांला पाहता येते.

आपण चंद्राचे पाण्यातील प्रतिबिंब कशाप्रकारे पाहतो ? चंद्र स्वयंप्रकाशित नसल्याने सूर्याचा प्रकाश चंद्रावर पडून त्याचे परावर्तन होते. त्यानंतर पाण्यातून परावर्तित प्रकाशाचे पुन्हा परावर्तन होते व आपल्याला चंद्राचे प्रतिबिंब दिसते. याच पद्धतीने परावर्तित प्रकाशाचे अनेक वेळा परावर्तन होऊ शकते.



16.5 कॅलिडोस्कोप



करून पहा

कॅलिडोस्कोप (शोभादर्शी/ चारूदर्शी)

कृती :

1. तीन समान आकाराचे आयताकृती आरसे घ्या.
2. परावर्तक पृष्ठभाग आतमध्ये येईल अशा रीतीने तीनही आरसे एकमेकांना त्रिकोणी स्वरूपात चिकटपट्टीने चिकटवा. (आकृती 16.5 पहा)
3. एक पांढरा कागद घेऊन तो त्रिकोणी स्वरूपात चिकटपट्टीने चिकटवा व एक बाजू बंद करा.

4. काचेचे 4-5 वेगवेगळ्या रंगाचे तुकडे घेऊन ते आरशांच्या पोकळीत टाका.

5. दुसरी बाजूही कागदाने बंद करून त्या कागदास एक छिद्र पाडा.

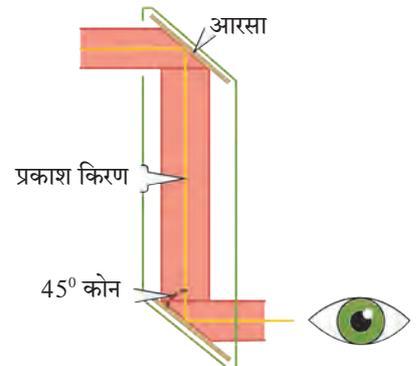
6. त्या छिद्रातून उजेडामध्ये पहा. तुम्हांला काचेच्या तुकड्यांच्या असंख्य प्रतिमा तयार झालेल्या पहायला मिळतील. या प्रतिमा तिन्ही आरशांत निर्माण झालेल्या परावर्तनांमुळे तयार होतात.

तुम्ही कॅलिडोस्कोपमध्ये पाहिल्यास वेगवेगळ्या रचना तयार झालेल्या पहायला मिळतील. कॅलिडोस्कोपचे खास वैशिष्ट्य म्हणजे यामध्ये एकदा तयार झालेली रचना पुन्हा सहजपणे तयार होत नाही. प्रत्येक वेळी दिसणारी रचना ही वेगवेगळी असते. खोलीच्या भिंती सुशोभित करण्यासाठी वापरला जाणारा नक्षीदार कागद तयार करणारे व वस्त्रोद्योग व्यवसायामधील अभिकल्पक (designers) कॅलिडोस्कोपचा उपयोग वेगवेगळ्या रचना शोधण्यासाठी करतात.

## परिदर्शी (Periscope)

कृती :

1. एक पुढ्याचे खोके घ्या. खोक्याच्या वरच्या व खालच्या बाजूला खाचा करून त्यामध्ये खोक्याच्या बाजूला  $45^\circ$  चा कोन करणारे आणि एकमेकांना समांतर असणारे दोन आरसे आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे बसवा व ते चिकटपट्टीने घट्ट चिकटवून घ्या. (आकृती 16.6 पहा)
2. वरच्या व खालच्या आरशाजवळ एकमेकांच्या विरुद्ध बाजूस साधारणतः 1-1 इंचाच्या दोन खिडक्या करा. आता खालच्या खिडकीतून पहा.
3. तुम्हांला काय दिसते याचे निरीक्षण करा.



16.6 परिदर्शी

खालच्या खिडकीतून तुम्हांस वरील खिडकीच्या समोरील दृश्य दिसतील. या तयार झालेल्या उपकरणास परिदर्शी असे म्हणतात. परिदर्शीचा उपयोग पाणबुडीमध्ये समुद्रावरील वस्तू बघण्यास व तसेच बंकर्समध्ये भूपृष्ठ भागाच्या खाली राहून भूपृष्ठावरील वस्तूंची टेहळणी करण्यासाठी केला जातो. कॅलिडोस्कोप व परिदर्शी ही दोन्ही उपकरणे परावर्तित प्रकाशाचे परावर्तन या गुणधर्मावर कार्य करतात.



### 16.7 पाणबुडीवरील परिदर्शी

#### सोडवलेली उदाहरणे

**उदाहरण 1.** जर परावर्तित किरण स्तंभिकेशी  $60^\circ$  चा कोन करत असेल, तर आपाती किरण स्तंभिकेशी किती अंशाचा कोन करेल ?

**दिलेल्या बाबी :** परावर्तन कोन =  $\angle r = 60^\circ$ , आपतन कोन =  $\angle i = ?$

प्रकाश परावर्तनाच्या नियमानुसार,

$$\angle i = \angle r, \text{ परंतु } \angle r = 60^\circ \therefore \angle i = 60^\circ$$

$\therefore$  आपाती किरण स्तंभिकेशी  $60^\circ$  चा कोन करेल.

**उदाहरण 2.** आपाती किरण व परावर्तित किरण यांमधील कोन  $90^\circ$  असेल, तर आपतन कोन व परावर्तन कोन यांचे माप काढा.

**दिलेल्या बाबी :** आपाती किरण व परावर्तित किरण यांमधील कोन  $90^\circ$  आहे.

$$\text{i.e } \angle i + \angle r = 90^\circ \text{ ---- (1)}$$

परंतु प्रकाश परावर्तनाच्या नियमानुसार,

$$\angle i = \angle r \text{ ---- (2)}$$

$$\angle i + \angle i = 90^\circ \text{ समीकरण (1) व (2) वरून}$$

$2 \angle i = 90^\circ \therefore \angle i = 45^\circ \therefore$  आपतन कोन व परावर्तन कोन हे  $45^\circ$  आहेत.

**उदाहरण 3.** सपाट आरसा व आपती किरण यांमधील कोन  $35^\circ$  आहे तर परावर्तन कोन व आपतन कोन काढा.

**दिलेल्या बाबी :** आकृती 16.2 वरून रेषा PQ = आरसा, किरण AO = आपाती किरण, रेषा ON = स्तंभिका, किरण OB = परावर्तित किरण

$$\angle POA = 35^\circ$$

$$\angle PON = 90^\circ \text{ --- (स्तंभिका)}$$

$$\angle POA + \angle AON = \angle PON$$

$$\therefore 35^\circ + \angle AON = 90^\circ$$

$$\therefore \angle AON = 90^\circ - 35^\circ = 55^\circ$$

म्हणजे आपतन कोन =  $\angle AON = \angle i = 55^\circ$

प्रकाश परावर्तनाच्या नियमानुसार,  $\angle i = \angle r$

$\angle r = 55^\circ$  आपतन कोन व परावर्तन कोन हे  $55^\circ$  आहेत.

**उदाहरण 4.**  $40^\circ$  आपतन कोन असलेला प्रकाशकिरण आरशापासून परावर्तित होत असताना आरशाशी किती अंशाचा कोन करेल ?

**दिलेल्या बाबी :** आकृती 16.2 वरून  $\angle QON = 90^\circ$  ---- (स्तंभिका), आपतन कोन =  $\angle i = 40^\circ$

$\therefore \angle NOB = \angle r = 40^\circ$  ----- (प्रकाश परावर्तनाच्या नियमानुसार)

$$\angle NOQ = \angle QOB + \angle BON$$

$$\therefore 40^\circ + \angle QOB = 90^\circ$$

$$\therefore \angle QOB = 90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$$

$\therefore$  परावर्तित किरण आरशाशी  $50^\circ$  इतका कोन करेल.

1. रिकाम्या जागी योग्य शब्द लिहा.

- अ. सपाट आरशावर आपात बिंदूला लंब असलेल्या रेषेला ..... म्हणतात.  
 आ. लाकडाच्या पृष्ठभागावरून होणारे प्रकाशाचे परावर्तन हे ..... परावर्तन असते.  
 इ. कॅलिडोस्कोपचे कार्य ..... गुणधर्मावर अवलंबून असते.

2. आकृती काढा.

दोन आरशांचे परावर्तित पृष्ठभाग एकमेकांशी  $90^\circ$  चा कोन करतात. एका आरशावर आपाती किरण  $30^\circ$  चा आपतन कोन करत असेल तर त्याचा दुसऱ्या आरशावरून परावर्तित होणारा किरण काढा.

3. 'आपण अंधाच्या खोलीतील वस्तू स्पष्टपणे पाहू शकत नाही', या वाक्याचे स्पष्टीकरण सकारण कसे कराल ?

4. नियमित व अनियमित परावर्तन यांमधील फरक लिहा.

5. खालील संज्ञा दर्शविणारी आकृती काढा व संज्ञा स्पष्ट करा.

- आपाती किरण
- परावर्तन कोन
- स्तंभिका
- आपात बिंदू
- आपतन कोन
- परावर्तित किरण

6. खालील प्रसंग अभ्यासा.

स्वरा व यश पाण्याने भरलेल्या मोठ्या भांड्यात पाहत होते. संध पाण्यात त्यांची प्रतिमा त्यांना स्पष्टपणे दिसत होती. तेवढ्यात यशने पाण्यात दगड टाकला, त्यामुळे त्यांची प्रतिमा विस्कळीत झाली. स्वराला प्रतिमा विस्कळीत होण्याचे कारण समजेना.

खालील प्रश्नांच्या उत्तरातून प्रसंगामधील स्वराला प्रतिमा विस्कळीत होण्याचे कारण समजावून सांगा.

- अ. प्रकाश परावर्तन व प्रतिमा विस्कळीत होणे, यांचा काही संबंध आहे का ?  
 आ. यातून प्रकाश परावर्तनाचे कोणते प्रकार तुमच्या लक्षात येतात ते प्रकार स्पष्ट करून सांगा.  
 इ. प्रकाश परावर्तनाच्या प्रकारांमध्ये परावर्तनाचे नियम पाळले जातात का ?

7. उदाहरणे सोडवा.

- अ. सपाट आरसा व परावर्तित किरण यांच्यातील कोन  $40^\circ$  चा असेल, तर आपतन कोन व परावर्तन कोनांची मापे काढा.

(उत्तर :  $50^\circ$ )

- आ. आरसा व परावर्तित किरण यांमधील कोन  $23^\circ$  असल्यास आपाती किरणाचा आपतन कोन किती असेल ?

(उत्तर :  $67^\circ$ )

उपक्रम :

अपोलोतून चंद्रावर उतरलेल्या अवकाश यात्रींनी चंद्रावर मोठे आरसे ठेवलेले आहेत. त्यांचा वापर करून चंद्राचे अंतर कसे मोजता येते याविषयी माहिती मिळवा.

