6. प्रकाशाचे अपवर्तन

- प्रकाशाचे अपवर्तन
- अपवर्तनाचे नियम
- अपवर्तनांक
- प्रकाशाचे अपस्करण

थोडे आठवा.

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

साधारणपणे प्रकाश हा सरळ रेषेत प्रवास करतो हे आपण पाहिले आहे. यामुळेच प्रकाशाच्या मार्गात जर एखादी अपारदर्शक वस्तू आली तर त्या वस्तूची छाया निर्माण होते. निर्माण झालेल्या छाया, स्रोताच्या सापेक्ष असलेल्या वस्तूच्या स्थानामुळे कशा बदलतात याचाही आपण मागील इयत्तांमध्ये अभ्यास केलेला आहे. परंतु काही विशिष्ट परिस्थितीत प्रकाश किरण वाकूही शकतात हे आपण पाहणार आहोत.

प्रकाशाचे अपवर्तन (Refraction of light)

करून पहा. **साहित्य :** काचेचा ग्लास, 5 रुपयांचे नाणे, पेन्सिल, धातूचे भांडे इत्यादी.

कृती 1 :

1. पाण्याने भरलेला एक काचेचा ग्लास घ्या .
2. त्यात पेन्सिल उभी धरून अर्धवट बुडवा व पाण्यात बुडलेल्या भागाच्या जाडीचे निरीक्षण करा.
3. आता पेन्सिल तिरकी ठेवून निरीक्षण करा.

वरील दोन्ही कृतीत पाण्यातील पेन्सिलची जाडी वाढलेली दिसेल तर दुसऱ्या कृतीत पाण्याच्या पृष्ठभागालगत पेन्सिल तुटली असल्याचा आभास निर्माण होईल. असे का होते?

कृती 2 :

1. एका धातूच्या भांड्यात 5 रुपयांचे नाणे ठेवा.
2. भांड्यापासून हळूहळू दूर जा.
3. ज्या ठिकाणी ते नाणे दिसेनासे होईल त्या ठिकाणी थांबा.
4. तुम्ही नाण्याच्या दिशेने पहात रहा.
5. एका मित्राला त्या भांड्यात नाण्याला धक्का न पोहोचेल अशा रितीने हळूहळू पाणी ओतायला सांगा. पाण्याची पातळी एका विशिष्ट स्तरापर्यंत आल्यावर तुम्हाला नाणे परत दिसू लागेल. असे का होते?

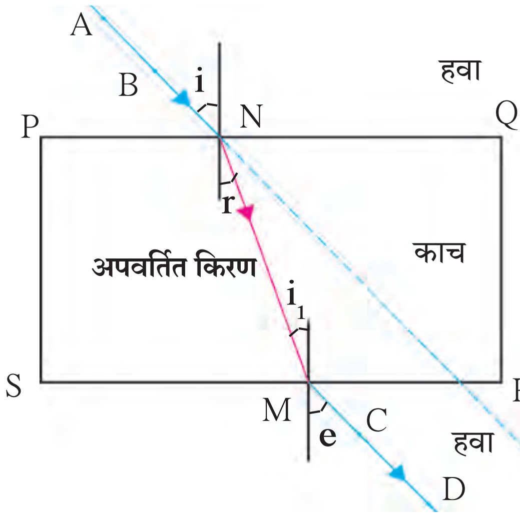
वरील दोन्ही कृतीत दिसून आलेले परिणाम पाण्याच्या पृष्ठभागाजवळ पाण्यातून बाहेर येताना प्रकाशाची दिशा बदलण्याने घडून येतात. **प्रकाश एका पारदर्शक माध्यमातून दुसऱ्या पारदर्शक माध्यमात जाताना त्याची मार्गक्रमणाची दिशा बदलते, यालाच प्रकाशाचे अपवर्तन म्हणतात.**

कृती 3 :

1. काचेची लादी कागदावर ठेवून पेन्सिलच्या साहाय्याने बाह्य कडा PQRS आखून घ्या.(आकृती 6.1 पहा)
2. काचेच्या लादीच्या PQ या बाजूला छेदणारी तिरकस रेषा काढा ती PQ ला N बिंदूत छेदते व त्यावर A व B अशा दोन टाचण्या टोचून उभ्या करा.
3. ज्या बाजूला टाचण्या लावल्या आहेत त्याच्या विरूद्ध बाजूने काचेच्या लादीतून A व B टाचण्यांच्या प्रतिमा पहा. त्या प्रतिमा सरळ रेषेत येतील अशा रीतीने C व D अशा दोन टाचण्या टोचा.
4. टाचण्या व काचेची लादी बाजूला काढा व टाचण्या C व D टोचल्याच्या खुणा जोडणारी रेषा बाजू SR पर्यंत वाढवा. ती SR ला M बिंदूत छेदते.
5. बिंदू M आणि N जोडा. आपाती किरण AN व निर्गत किरण MD यांचे निरीक्षण करा.

वरील कृतीमध्ये काचेच्या लादीतून प्रकाशाचे दोन वेळा अपवर्तन होते. प्रकाश किरण हवा माध्यमातून काच माध्यमात प्रवेश करताना बाजू PQ वर N बिंदूपाशी पहिले अपवर्तन होते तर दुसरे अपवर्तन प्रकाश किरण काच माध्यमातून हवा माध्यमात प्रवेश करताना बाजू SR वर M बिंदूपाशी होते. पहिल्या वेळेस आपाती कोन i तर दुसऱ्या वेळेस i_1 असतो.

लक्षात घ्या $i_1 = r$. येथे r हा पहिल्या अपवर्तनातील अपवर्ती कोन आहे. तसेच दुसऱ्या अपवर्तनात e अपवर्ती कोन असून e = i . काचेच्या लादीच्या दोन्ही समांतर बाजू PQ व SR जवळ प्रकाश किरणांचे दिशा बदलण्याचे प्रमाण समान पण विरूद्ध दिशेत असते. त्यामुळे लादीतून निघणारा निर्गत किरण MD लादीवर पडणाऱ्या आपाती किरण AN च्या दिशेला समांतर असतो, परंतु निर्गत किरण आपाती किरणाच्या मूळ मार्गापासून काहीसा विस्थापीत झालेला दिसतो.



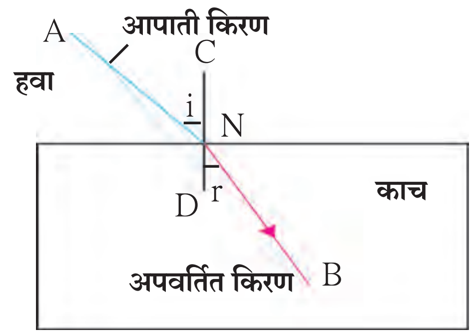
6.1 काचेच्या लादीतून होणारे प्रकाशाचे अपवर्तन

1. प्रकाश ज्या वेगाने हवेतून जाऊ शकेल त्याच वेगाने काचेच्या लादी तून जाऊ शकेल का?
2. सर्वच माध्यमांसाठी प्रकाशाचा वेग सारखाच असेल का ?

अपवर्तनाचे नियम (Laws of Refraction)

आपण आकृती 6.2 मध्ये दाखविलेल्या, हवेतून काचेत जाणाऱ्या किरणाचा अभ्यास करूया. येथे AN हा आपाती किरण असून NB हा अपवर्तित किरण आहे.

1. आपाती किरण व अपवर्तित किरण आपात बिंदूपाशी (N) असलेल्या स्तंभिकेच्या म्हणजे CD च्या विरूद्ध बाजूस असतात व ते तीनही म्हणजे आपाती किरण, अपवर्ती किरण व स्तंभिका एकाच प्रतलात असतात.
2. दिलेल्या माध्यमांच्या जोडीकरता, येथे हवा व काच, sin i व sin r यांचे गुणोत्तर स्थिर असते. येथे i हा आपाती कोन असून r हा अपवर्ती कोन आहे.



6.2 हवेतून काचेत जाणारा किरण

अपवर्तनांक (Refractive index)

प्रकाश किरण वेगवेगळ्या माध्यमात शिरतांना प्रकाशाच्या दिशेतील बदलाचे प्रमाण वेगवेगळे असते. ते माध्यमाच्या अपवर्तनांकाशी संबंधित असते. वेगवेगळ्या माध्यमांकरीता तसेच एकाच माध्यमासाठीही वेगवेगळ्या रंगांच्या प्रकाश किरणांसाठीही अपवर्तनांक वेगवेगळा असतो. काही माध्यमांचे निर्वाताच्या संदर्भातील अपवर्तनांक पुढील सारणीत दिले आहेत. निर्वाताच्या संदर्भात असलेल्या अपवर्तनांकाला निरपेक्ष अपवर्तनांक म्हणतात.

माध्यमातील प्रकाशाच्या वेगावर अपवर्तनांक अवलंबून असतो.

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

n या स्थिरांकास पहिल्या माध्यमाच्या संदर्भातील दुसऱ्या माध्यमाचा अपवर्तनांक म्हणतात. या नियमाला स्नेलचा नियम असेही म्हणतात. दोन माध्यमांच्या सीमेला लंब रेषेत आपाती असलेला किरण (i = 0) त्याच रेषेत पुढे जातो. (r = 0)

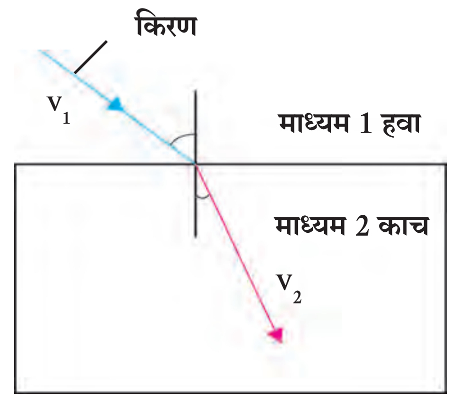
माध्यम	अपवर्तनांक	माध्यम	अपवर्तनांक	माध्यम	अपवर्तनांक
हवा	1.0003	फ्यूज्ड क्वार्टझ	1.46	कार्बन डायसल्फाइड	1.63
बर्फ	1.31	टर्पेंटाईन तेल	1.47	घन फ्लिंट काच	1.66
पाणी	1.33	बेंझिन	1.50	माणिक (लाल रत्न)	1.76
अल्कोहोल	1.36	क्राऊन काच	1.52	नीलम रत्न	1.76
केरोसीन	1.39	खनिज मीठ	1.54	हिरा	2.42

काही माध्यमांचे निरपेक्ष अपवर्तनांक

समजा, आकृती 6.3 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे माध्यम 1 मध्ये प्रकाशाचा वेग v_1 असून माध्यम 2 मधील वेग v_2 आहे. पहिल्या माध्यमाच्या संदर्भात दुसऱ्या माध्यमाचा अपवर्तनांक ${}^1n_2$ म्हणजे पहिल्या माध्यमातील प्रकाशाच्या वेगाचे दुसऱ्या माध्यमातील वेगाशी असणारे गुणोत्तर होय.

$$\text{अपवर्तनांक } {}^1n_2 = \frac{\text{पहिल्या माध्यमातील प्रकाशाचा वेग } (v_1)}{\text{दुसऱ्या माध्यमातील प्रकाशाचा वेग } (v_2)}$$

याच प्रमाणे दुसऱ्या माध्यमाच्या संदर्भात पहिल्या माध्यमाचा अपवर्तनांक म्हणजे..

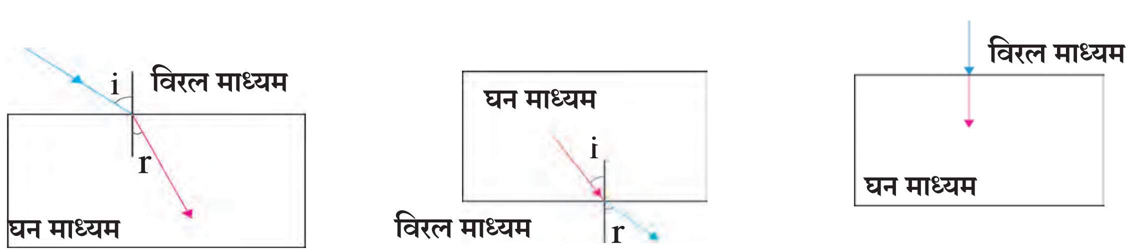


6.3 माध्यम 1 मधून माध्यम 2 मध्ये जाणारा प्रकाश किरण

$$ {}^2n_1 = \frac{v_2}{v_1} $$

जर पहिले माध्यम निर्वात पोकळी असेल तर दुसऱ्या माध्यमाचा अपवर्तनांक हा निरपेक्ष अपवर्तनांक असतो. त्यास केवळ n संबोधतात.

जर दुसऱ्या माध्यमाचा अपवर्तनांक पहिल्या माध्यमाच्या संदर्भात ${}^1n_2$ असेल व तिसऱ्या माध्यमाचा दुसऱ्याच्या संदर्भात ${}^2n_3$ असेल तर ${}^1n_3$ याचा अर्थ काय? ह्याचे मूल्य किती असेल?



6.4 वेगवेगळ्या माध्यमांत प्रकाशाचे अपवर्तन

जेव्हा प्रकाश किरण विरल माध्यमातून घन माध्यमात जातो तेव्हा तो स्तंभिकेकडे झुकतो.

जेव्हा प्रकाश किरण घन माध्यमातून विरल माध्यमात जातो तेव्हा तो स्तंभिकेपासून दूर जातो.

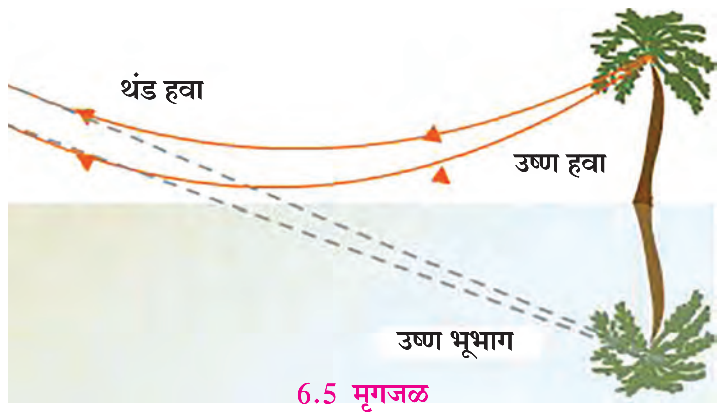
प्रकाश किरण एका माध्यमातून दुसऱ्या माध्यमात प्रवेश करत असताना माध्यमाच्या सीमेवर लंबरूप आपात होत असल्यास त्याची दिशा बदलत नाही, अर्थात त्याचे अपवर्तन होत नाही.

ताऱ्यांचे लुकलुकणे (Twinkling of stars)

1. उन्हाळ्यात रस्त्यावर किंवा वाळवंटात पाणी साचल्याचा आभास (मृगजळ) तुम्हाला झाला आहे का?
2. होळीच्या वेळी होळीच्या ज्वालांच्या पलीकडील काही वस्तू हलताना तुम्ही पाहिल्या आहेत का ? असे का घडत असेल?

स्थानिक वातावरणाचा प्रकाशाच्या अपवर्तनावर थोड्या प्रमाणात परिणाम होत असतो. वरील दोन्ही उदाहरणांत रस्त्याजवळील किंवा वाळवंटाच्या पृष्ठभागावरील तसेच ज्वालांवरील हवा गरम असल्याने विरल असते व तिचा अपवर्तनांक कमी असतो. उंचीप्रमाणे विरलता कमी कमी होत जाते व अपवर्तनांक वाढत जातो. पहिल्या उदाहरणात ह्या बदलत्या अपवर्तनामुळे, अपवर्तनाच्या नियमाप्रमाणे प्रकाशाची दिशा सतत बदलत जाते.

आकृती 6.5 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे दूरवरील वस्तूकडून येणारे प्रकाश किरण त्या वस्तूच्या जमिनीत असलेल्या प्रतिमेकडून आल्यासारखे भासतात. यालाच मृगजळ असे म्हणतात.

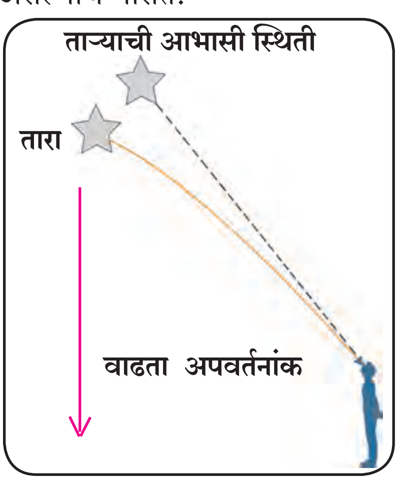


6.5 मृगजळ

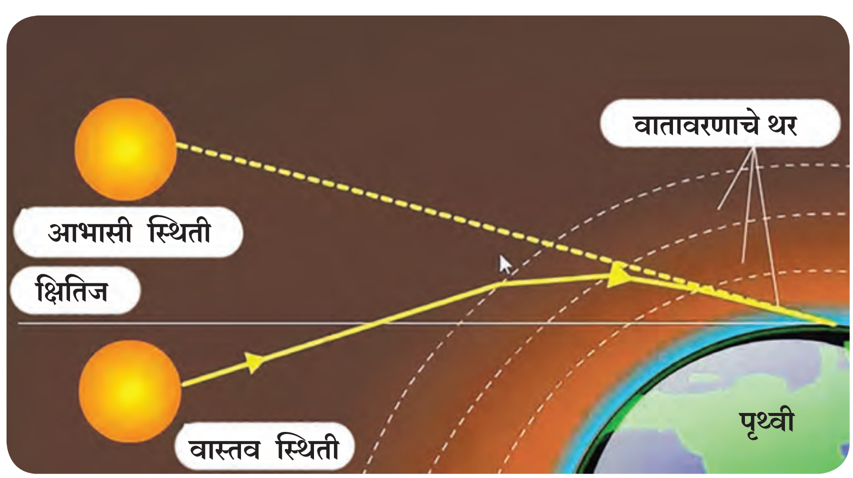
दुसऱ्या उदाहरणात बदलत्या अपवर्तनांकामुळे बदलणाऱ्या प्रकाश किरणांच्या दिशेमुळे होळीच्या ज्वालांपलीकडील वस्तूची स्थिती बदलल्याचा म्हणजे वस्तू हालल्याचा भास होतो.

वातावरणाचा प्रकाशाच्या अपवर्तनावर होणारा एक परिणाम म्हणजे ताऱ्यांचे लुकलुकणे होय.

तारे स्वयंप्रकाशित असल्याने चमकतात व सूर्यप्रकाश नसल्याने रात्री आपल्याला दिसतात. तारे आपल्यापासून खूप जास्त अंतरावर असल्याने ते प्रकाशाचे बिंदूरूप स्रोत असल्याचे जाणवतात. वातावरणातील हवेचा अपवर्तनांक जमिनीकडे येतांना वाढत जातो. कारण हवेची घनता वाढत जाते. वातावरणातून तारका-प्रकाशाचे अपवर्तन होताना तारका-प्रकाश स्तंभिकेकडे झुकल्यामुळे आकृती 6.6 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे तारा त्याच्या आहे त्या स्थितीपेक्षा थोडासा उंचावर असल्याचे भासते.



6.6 ताऱ्याची आभासी स्थिती



6.7 वातावरणीय अपवर्तनाचा परिणाम

ताऱ्याची ही आभासी स्थिती स्थिर नसून किंचितशी बदलत राहते. याचे कारण म्हणजे हवेची सतत होणारी हालचाल तसेच घनता व तापमानातील बदलामुळे वातावरण स्थिर नसते. त्यामुळे एखाद्या भागातील हवेचा अपवर्तनांक सतत बदलतो. अशा प्रकारे अपवर्तनांकात होणाऱ्या बदलामुळे ताऱ्यांची आभासी स्थिती व प्रखरता सतत बदलत असते व त्यामुळे ते लुकलुकताना दिसतात.

ग्रह आपल्याला लुकलुकताना दिसत नाही ह्याचे कारण ते आपल्यापासून ताऱ्यांच्या तुलनेत बरेच जवळ असतात. त्यामुळे ते एक बिंदूस्रोत नसून बिंदूस्रोतांचा समूह असतात. वातावरणातील बदलत्या स्थितीमुळे यांतील काही बिंदू अधिक तेजस्वी तर काही कमी तेजस्वी दिसतात व त्यांचे स्थानही बदलते, पण त्यांची एकूण सरासरी प्रखरता स्थिर रहाते तसेच त्यांचे सरासरी स्थानही स्थिर राहते म्हणून ते लुकलुकत नाहीत.

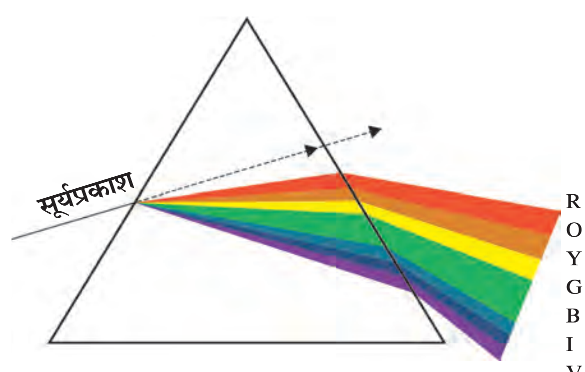
सूर्योदय होणे म्हणजे सूर्याचे क्षितिजाच्या वर येणे असे आपण म्हणतो परंतु, आकृती 6.7 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे सूर्य क्षितिजाच्या थोड्या खाली असताना त्यापासून येणाऱ्या प्रकाशाचे पृथ्वीच्या वायुमंडळातून येताना अपवर्तन झाल्यामुळे प्रकाश वक्र मार्गाने आपल्यापर्यंत येतो. यामुळे आपल्याला सूर्य क्षितिजावर येण्यापूर्वीच दिसू लागतो. असेच सूर्यास्ताच्या वेळेसही घडते व आपल्याला सूर्य क्षितिजाखाली गेल्यावरही काही काळ दिसत राहतो.

प्रकाशाचे अपस्करण (Dispersion of light)

कंपासमधील प्लास्टिकची पट्टी प्रकाशात डोळ्यासमोर धरून हळूहळू तिरकी करून पहा. तुम्हांला प्रकाशाचे वेगवगळ्या रंगात विभक्तीकरण झाल्याचे दिसून येते. प्रकाश विभक्त झाल्यानंतर मिळणाऱ्या वेगवेगळ्या रंगाचा क्रम तांबडा, नारंगी, पिवळा, हिरवा, निळा, पारवा, जांभळा असा असतो. प्रकाश हा विद्युत चुंबकीय प्रारण आहे हे तुम्हाला माहीतच आहे. तरंगलांबी हा प्रारणांचा महत्त्वाचा गुणधर्म आहे. आपले डोळे ज्या प्रारणांना संवेदनशील आहेत त्या प्रकाशाची तरंग लांबी 400 nm ते 700 nm च्या दरम्यान असते. या दरम्यान वेगवेगळ्या तरंग लांबीची प्रारणे आपल्याला वर लिहिलेल्या वेगवेगळ्या रंगात दिसतात. यात तांबड्या किरणांची तरंगलांबी सगळ्यात अधिक म्हणजे 700 nm च्या जवळ तर जांभळ्या किरणांची सगळ्यात कमी म्हणजे 400 nm च्या जवळ असते.($1 nm = 10^{-9}$ m).

निर्वात पोकळीत सर्व वारंवारतेच्या प्रकाश लहरींचा वेग सारखाच असतो. परंतु पदार्थ माध्यमात या प्रकाश लहरींचा वेग सारखाच असत नाही व त्या निरनिराळ्या वेगाने मार्गक्रमण करतात. यामुळे माध्यमाचा अपवर्तनांक वेगवेगळ्या रंगासाठी वेगवेगळा असतो. जरी पांढरा प्रकाश काचेसारख्या एकाच माध्यमावर आपाती असेल तरीसुद्धा निरनिराळ्या रंगाच्या प्रकाशासाठी अपवर्तन कोनाचे माप निरनिराळे असते. म्हणूनच सूर्यापासून येणारा पांढरा प्रकाशसुदधा जेव्हा हवेतून कोणत्याही अपवर्तनी माध्यमात आपतन करतो (शिरतो) तेव्हा तो सात रंगाच्या वर्णपंक्तीच्या स्वरुपात निर्गत होतो (बाहेर पडतो). **पदार्थ माध्यमात प्रकाशाचे आपल्या घटक रंगात पृथक्करण होण्याच्या प्रक्रियेस प्रकाशाचे अपस्करण म्हणतात.**

सर आयझॅक न्यूटन यांनी सर्वप्रथम सूर्यप्रकाशापासून वर्णपंक्ती मिळविण्यासाठी काचेच्या लोलकाचा (Prism) उपयोग केला. जेव्हा शुभ्र प्रकाश लोलकावर आपाती असतो तेव्हा वेगवेगळे रंग वेगवेगळ्या कोनातून वळतात. या सात रंगापैकी लाल रंग सर्वात कमी वळतो. तर जांभळा रंग सर्वाधिक वळतो. त्यामुळे प्रत्येक रंगाचे किरण वेगवेगळ्या मार्गाने बाहेर पडतात आणि विभक्त होतात. अशा रितीने आकृती 6.8 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे आपल्याला सात रंगात वर्णपंक्ती मिळते.



6.8 प्रकाशाचे अपस्करण

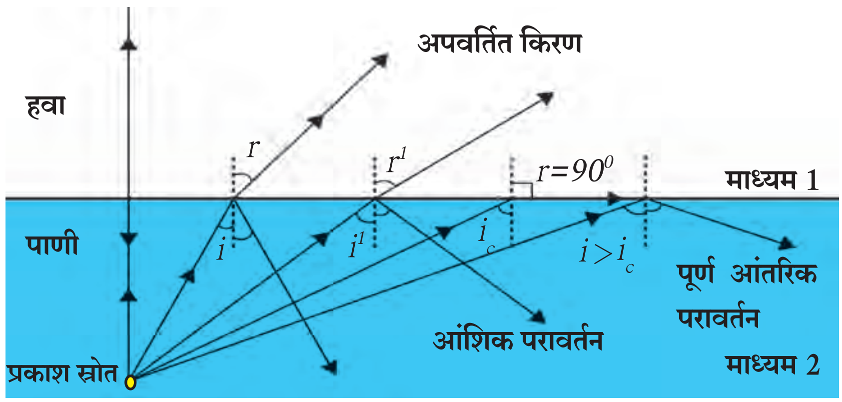
जरा डोके चालवा.

1. दोन लोलकांच्या साहाय्याने पांढऱ्या आपाती प्रकाशापासून पांढरा निर्गत प्रकाश कसा मिळवता येईल?
2. काचेचे लोलक असलेली झुंबरे तुम्ही पाहिली असतील. त्यात लावलेल्या टंगस्टन बल्बचा प्रकाश लोलकातून जाताना त्याचे अपस्करण होते व आपल्याला रंगीबेरंगी रंगपंक्ती दिसते. टंगस्टन बल्बऐवजी एल ई डी बल्ब लावला तर या पद्धतीने रंगपंक्ती दिसतील का?

आंशिक व पूर्ण आंतरिक परावर्तन (Partial and total internal reflection)

जेव्हा प्रकाश घन माध्यमातून विरल माध्यमात मार्गक्रमण करतो तेव्हा त्याचे आंशिक रूपात परावर्तन होते म्हणजे परावर्तनाच्या नियमाप्रमाणे प्रकाशाचा काही भाग पहिल्या माध्यमात परततो. ह्यास आंशिक परावर्तन असे म्हणतात. प्रकाशाच्या उरलेल्या भागाचे अपवर्तन होते.

ह्यात प्रकाश घन माध्यमातून विरल माध्यमात जात असल्याने तो स्तंभिकेपासून दूर जातो अर्थात आपाती कोन i हा अपवर्तन कोन r हून कमी असतो. हे पुढील आकृती 6.9 च्या डाव्या बाजूस दाखवले आहे. जर आपण i चे परिमाण वाढवत गेलो तर स्नेलच्या नियमाप्रमाणे r चे परिमाण पण वाढत जाईल.कारण अपवर्तनांक स्थिर आहे.



6.9 आंशिक व पूर्ण आंतरिक परावर्तन

i च्या एका विशिष्ट मूल्यासाठी r चे मूल्य 90^0 होते ह्या विशिष्ट मूल्यास क्रांतिक कोन (Critical angle) असे म्हणतात. त्यापेक्षा अधिक आपाती कोन असलेल्या किरणांसाठी r चे मूल्य 90^0 पेक्षा अधिक होते व ती किरणे घन माध्यमात परत येतात. अशा स्थितीत सर्वच प्रकाशाचे परावर्तन होते. हया प्रक्रियेस पूर्ण आंतरिक परावर्तन म्हटले जाते. हे आकृतीत उजव्या बाजूस दाखवले आहे. क्रांतिक कोनाचे मूल्य आपण पुढील सूत्राने काढू शकतो.

$$ {}_1n_2 = \frac{\sin i}{\sin r} $$

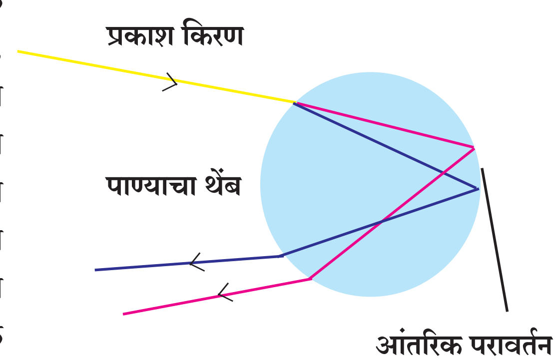
पूर्ण आंतरिक परिवर्तनासाठी i = क्रांतिक कोन

r = 90^0

$$ {}_1n_2 = \frac{\sin i}{\sin 90^0} = \sin i $$

($\because \sin 90^0 = 1$)

इंद्रधनुष्य ही निसर्गातील सुंदर घटना असून ती विविध नैसर्गिक घटनांचे एकत्रिकरण आहे. इंद्रधनुष्य हे प्रकाशाचे अपस्करण, अपवर्तन आणि आंतरिक परावर्तन या तीनही घटनांचा एकत्रित परिणाम आहे. प्रामुख्याने पाऊस पडून गेल्यानंतर आकाशात इंद्रधनुष्य दिसते. पाण्याचे अगदी लहान थेंब छोट्या लोलकाप्रमाणे कार्य करतात. जेव्हा वातावरणातील पाण्याच्या लहान थेंबामध्ये प्रकाशकिरण प्रवेश करतो तेव्हा पाण्याचे थेंब सूर्यप्रकाशाचे अपवर्तन व अपस्करण घडवून आणतात. नंतर थेंबाच्या आतमध्ये आंतरिक परावर्तन होते आणि शेवटी थेंबाबाहेर येताना आकृती 6.10 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे त्याचे पुन्हा अपवर्तन होते. या सर्व नैसर्गिक घटनांचा एकत्रित परिणाम सप्तरंगी इंद्रधनुष्याच्या स्वरूपात पाहावयास मिळतो.



6.10 इंद्रधनुष्य निर्मिती

पुस्तक माझे मित्र

1. Why the Sky is Blue – Dr. C.V. Raman talks about science: C.V. Raman and Chandralekha
2. Optics :Principles and Applications : K.K. Sharma
3. Theoretical concepts in Physics : M.S. Longair

थोडी गंमत

प्लास्टिकचा डबा, आरसा आणि पाणी वापरून प्रकाशाचे अपस्करण होते का ते पहा .

उदाहरण 1. पाण्याचा निरपेक्ष अपवर्तनांक 1.36 असल्यास प्रकाशाचा पाण्यातील वेग किती ?
(प्रकाशाचा निर्वातातील वेग 3×10^8 m/s)

दिलेली माहिती :

$V_1 = 3 \times 10^8$ m/s

n = 1.36

$n = \frac{V_1}{V_2}$ $1.36 = \frac{3 \times 10^8}{V_2}$

$V_2 = \frac{3 \times 10^8}{1.36} = 2.21 \times 10^8$ m/s

उदाहरण 2. जर एका माध्यमातून 1.5×10^8 m/s वेगाने जाणारा प्रकाश दुसऱ्या माध्यमात गेल्यास व त्याचा वेग 0.75×10^8 m/s होत असल्यास पहिल्या माध्यमाच्या संदर्भातील दुसऱ्या माध्यमाचा अपवर्तनांक किती असेल ?

दिलेली माहिती :

$V_1 = 1.5 \times 10^8$ m/s, $V_2 = 0.75 \times 10^8$ m/s

${}_2n_1 = ?$ ${}_2n_1 = \frac{1.5 \times 10^8}{0.75 \times 10^8} = 2$

स्वाध्याय

1. खालील विधानांमधील रिक्त जागा भरा. पूर्ण झालेल्या विधानाचे स्पष्टीकरण लिहा.

अ. प्रकाशाच्या पुढे जाण्याच्या........ वर अपवर्तनांक अवलंबून असतो.

आ. प्रकाश एका पारदर्शक माध्यमातून दुसऱ्या पारदर्शक माध्यमात जाताना ...... बदलण्याच्या नैसर्गिक घटनेस अपवर्तन म्हणतात.

2. खालील विधानांची सिद्धता लिहा.

अ. जर एका काचेच्या चीपेवर पडणाऱ्या प्रकाश किरणाचा आपाती कोन i असेल व चीपेतून बाहेर पडतांना त्याचा निर्गत कोन e असेल तर i = e.

आ. इंद्रधनुष्य हे प्रकाशाचे अपस्करण, अपवर्तन आणि आंतरिक परावर्तन ह्या तीनही नैसर्गिक घटनांचे एकत्रीकरण आहे.

3. खालील प्रश्नांत दिलेल्या उत्तरांपैकी बरोबर उत्तर कोणते हे लिहा.

अ. ताऱ्यांच्या लुकलुकण्याचे कारण काय ?

1. ताऱ्यांमध्ये वेळोवेळी होणारे विस्फोट
2. ताऱ्यांच्या प्रकाशाचे वायुमंडलातील अवशोषण
3. ताऱ्यांची गती
4. वायुमंडळातील वायूचा बदलता अपवर्तनांक

आ. सूर्य क्षितिजाच्या थोड्या खाली असतांनादेखील आपल्याला दिसतो याचे कारण

1. प्रकाशाचे परावर्तन 2. प्रकाशाचे अपवर्तन
3. प्रकाशाचे अपस्करण 4. प्रकाशाचे अवशोषण

इ. काचेचा हवेच्या संदर्भात असलेला अपवर्तनांक 3/2 असेल तर हवेचा काचेच्या संदर्भातील अपवर्तनांक किती असेल ?

(1) $\frac{1}{2}$ (2) 3 (3) $\frac{1}{3}$ (4) $\frac{2}{3}$

4. खालील उदाहरणे सोडवा.

अ. एका माध्यमात प्रकाशाचा वेग जर 1.5×10^8 m/s असल्यास त्या माध्यमाचा निरपेक्ष अपवर्तनांक किती असेल ? **उत्तर : 2**

आ. जर काचेचा निरपेक्ष अपवर्तनांक 3/2 असला व पाण्याचा 4/3 असला तर काचेचा पाण्याच्या संदर्भातील अपवर्तांनांक किती ?

उत्तर : $\frac{9}{8}$

उपक्रम :

तुमच्या शिक्षकांच्या मार्गदर्शनाखाली लेझरचे उपकरण व साबणाचे पाणी वापरून प्रकाशाचे अपवर्तन अभ्यासा.

H7S479