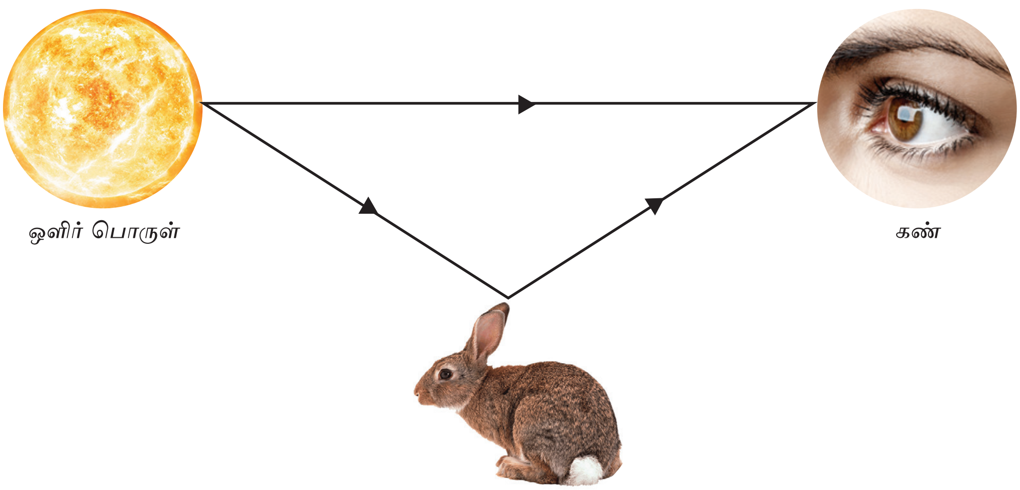
பௌதிகவியல்

5 கேத்திரகணித ஒளியியல்

5.1 ஒளித்தெறிப்பு

இருட்டில் நாம் ஒன்றையும் பார்க்க இயலாது. அதற்குக் காரணம் பார்வை உணர்ச்சியை ஏற்படுத்துவதற்கு ஒளி தேவையாகும். ஒரு குறித்த பொருளிலிருந்து ஒளி எமது கண்ணை வந்தடைவதனால் மாத்திரம் அது எமக்குத் தென்படும்.

ஒரு மெழுகுவர்த்திச் சுவாலையிலிருந்து அல்லது ஒரு மின் குமிழிலிருந்து வெளிவரும் ஒளி எமது கண்ணை வந்தடைவதனால் அது எமக்குத் தெரிகின்றது. ஒளியை வெளிவிடும் அப்பொருள் **ஒளிர் பொருள்** எனப்படும். அதிலிருந்து எமது கண்களுக்கு ஒளி வருவதனால் அது தெரிகின்றது. ஒளியை சுயமாக பொருள் ஒளிராப் பொருள் எனப்படும். அப்பொருள் மீது சூரிய ஒளி அல்லது செயற்கை ஒளி பட்டுத் தெறித்து எமது கண்ணை வந்தடைவதனாலேயே அது எமக்குத் தெரிகின்றது.



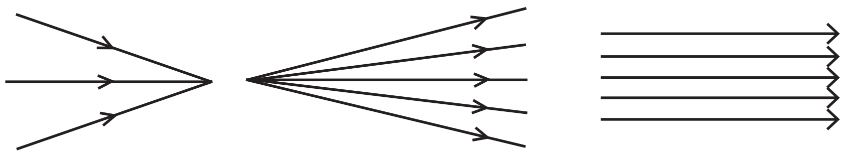
உரு 5.1 ஒளிரும், ஒளிராப் பொருள்களைப் பார்த்தல்

சில பொருள்களினூடாக ஒளி செல்கின்றது. அவை ஊடுகாட்டும் பொருள்கள் ஆகும். (உதாரணம் : சாதாரண கண்ணாடி, பொலிதீன்). யாதாயினும் ஒரு பொருளினூடாக ஒளி செல்லாவிடின் அது ஒளிபுகாப் பொருளாகும் (உதாரணம் : கல், செங்கல்). வேறு சில பொருள்களினூடாக ஒளி மட்டுமட்டாகச் செல்லும் அதே வேளையில் அவ்வாறு வரும் ஒளியின் மூலம் பொருள்களைத் தெளிவாக இனங்காண முடியாது. அத்தகைய பொருள்கள் ஒளிகசியும் பொருள்களாகும் (உதாரணம் : திசுத்தாள், எண்ணெய்த் தாள்).

ஒளிகளின் பயணிக்கும் திசையைக் காட்டுவதற்கு அம்புக்குறி கொண்ட நேர்கோடு மூலம் காட்டப்படும். நேர்கோட்டில் செல்லும் மிகச் சிறிய ஒளியின் அளவானது **ஒளிக் கதிர்** எனப்படும்.

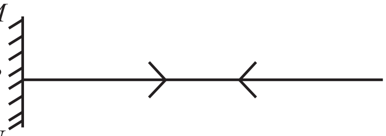
ஒளிக் கதிர்

பல ஒளிக் கதிர்களின் சேர்க்கை ஒளிக்கற்றை எனப்படும். ஒரு சமாந்தரக் கதிர்க் கூட்டம் சேரும்போது **சமாந்தரக் கற்றை** உண்டாகின்றது. ஒளிக் கதிர்கள் ஒரு குறித்த இடத்தில் குவியும் கதிர்களாக இருப்பின், அவை **ஒருங்கும் கற்றை**யாகும். ஓர் இடத்திலிருந்த அப்பால் பரந்து செல்லும் ஒளிக் கதிர் **விரிகற்றை** ஆகும்.



உரு 5.2 ஒளிக் கற்றைகள்

நாம் முகம் பார்க்கும் கண்ணாடி ஒரு தள ஆடியாகும். ஒரு தள ஆடியின் தெறிபரப்பில் படும் ஒளிக் கதிர்கள் திரும்பிச் செல்லல் **தெறிப்பு** எனப்படும். ஒரு தள ஆடி மீது செங்குத்தாகப்படுகின்ற ஓர் ஒளிக் கதிர் (AB) தெறிக்கும் விதம் பின்வரும் உருவில் காட்டப்பட்டுள்ள அது தெறிகதிர் BA ஆகும்.



உரு 5.3 தளவாடியில் செங்குத்தாகப்படும் ஒளிக்கதிர்களின் பாதை

பின்வரும் உருவைப் பார்க்க. அதில் ஒரு தள ஆடி உள்ளது. AB ஆனது ஆடியின் தெறிபரப்பில் புள்ளி B யில் படுகின்ற ஒரு கதிராகும். அதாவது கதிர் AB இங்கு **படுகதிர்** ஆகும். அக்கதிர் BC வழியே தெறிக்கின்றது. இது **தெறிகதிர்** ஆகும். படுபுள்ளியில் வரையப்பட்டுள்ள செங்குத்துக் கோடு BX ஆகும். அது படுபுள்ளியில் உள்ள **செவ்வன்** எனப்படும். படுகதிருக்கும் செவ்வனுக்குமிடையே உள்ள கோணம் **படு கோணம்** (i) ஆகும். செவ்வனுக்கும் தெறிகதிருக்குமிடையே உள்ள கோணம் **தெறி கோணம்** (r) ஆகும்.

MN = தள ஆடி

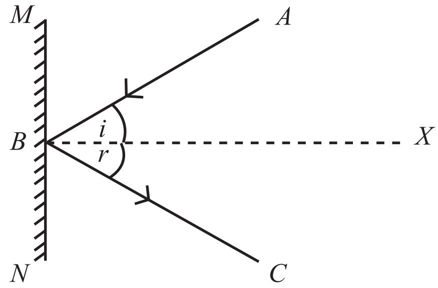
AB = படுகதிர்

BC = தெறிகதிர்

BX = படுபுள்ளியில் உள்ள செவ்வன்

$A\hat{B}X$ = படு கோணம்

$C\hat{B}X$ = தெறி கோணம்



உரு 5.4 தளவாடியில் ஒளிக்கதிரின் தெறிப்பு

ஒளித் தெறிப்பு விதிகள்

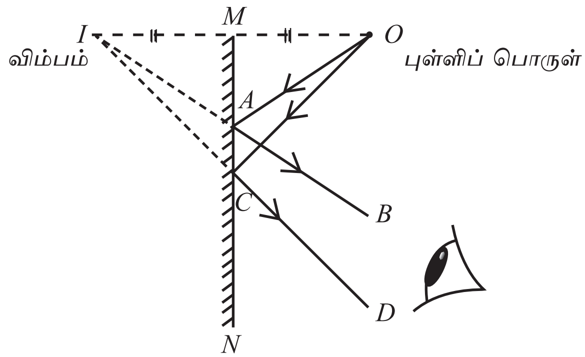
முதலாவது விதி

படுகதிர், தெறிகதிர், படுபுள்ளியில் வரையப்பட்ட செவ்வன் ஆகியன ஒரே தளத்தில் அமையும்.

இரண்டாவது விதி

படு கோணமும் தெறி கோணமும் ஒன்றுக்கொன்று சமன்.

தள ஆடிக்கு முன்னால் உள்ள புள்ளிப் பொருளின் விம்பம் உண்டாகும் விதம்



உரு 5.5 தளவாடியில் தோற்றுவிக்கப்படும் புள்ளிப் பொருளின் விம்பம்

ஒரு தள ஆடி MN இற்கு முன்னால் ஒரு புள்ளிப் பொருள் O உள்ளது. O இலிருந்து ஆடியில் படுகின்ற இரு கதிர்கள் OA, OC ஆகியவற்றினால் காட்டப்படுகின்றன. அக்கதிர்கள் முறையே AB, CD வழியே தெறித்து நோக்குநரின் கண்ணை வந்து அடைகின்றன. இவ்விரு கதிர்கள் மாத்திரமல்ல O விலிருந்து ஆடியில் படும் பல கதிர்கள் இவ்வாறு தெறிப்படைந்து நோக்குநரின் கண்ணை வந்து அடைகின்றன. நோக்குநரின் கண்ணுக்கு இக்கதிர்கள் புள்ளி I இலிருந்து வருவன போன்று தோற்றுகின்றன. ஆகவே பொருள் O ஆனது நோக்குநருக்கு I இல் இருப்பது போல் தோற்றுகின்றது.

- உண்மையில் ஒளியானது விம்பத்திலிருந்து வருவதில்லை. ஒளிக்கதிர்கள் இந்த விம்பம் உருவாகும் இடத்தில் இல்லாததால் இவ்விம்பத்தை திரையின் மீது பெற்றுக் கொள்ள முடியாது.

- இதனால் இவ்விம்பமானது மாயவிம்பம் என அழைக்கப்படும்.

- தளவாடியின் முன்னால் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருளினால் உருவாக்கப்படும் எல்லா விம்பங்களும் மாயவிம்பங்களாகும்.

- ஆடியிலிருந்து பொருளுக்குள்ள தூரம் (பொருள் தூரம்) சமன். ஆடியிலிரந்து விம்பத்துக்குள்ளதூரம் (விம்பத் தூரம்) சமனாகும்.

- ஆடியில் தோன்றும் விம்பம் பொருளுக்கு சர்வ சமனாகும் எனினும் விம்பமானது பக்க இடமாற்றம் அடைந்திருக்கும்.

உரு 5.6

அம்புலன்ஸ் வாகனத்தின் முற்புறத்தில் (ƎƆNA⅃UBMA) எனும் பதம் பக்க நேர்மாறாக எழுதப்பட்டுள்ளது. எனினும் இன்னொரு வாகனத்திற்குப் பின்னால் அம்புலன்ஸ் வாகனம் வந்த கொண்டிருக்கும் போது வாகனச் சாரதியின் பக்க ஆடியினூடாகப் பார்க்கும் போது AMBULANCE எனத் தோன்றும்.

5.2 வளைவாடிகள் (கோளவாடிகள்) (Curved mirrors)

உரு 5.7

சாரதி வாகனங்களின் இருபக்கங்களையும் அவரது பிற்பக்க வீதியையும் அவதானிப் பதற்கு குவிவாடி, வாகனத்தின் பக்க ஆடியாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இத னால் சாரதி வாகனத்தின் பிற்பக்கப் பெரிய பார்வைப் புலத்தை சிறிய விம்பங்களாகப் பார்க்க முடிகின்றது.

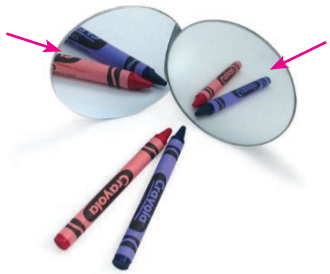
உரு 5.7

சில கடைகளின் பாதுகாப்புத் தேவைகருதி கடையின் பெரும்பகுதியை கண்காணிப்பதற்கு குவிவாடிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

பல் வைத்தியர்கள் நோயாளிகளின் வாயின் உட் புறத்தை அவதானிப்பதற்கு குழிவாடியைப்

பயன்படுத்துகின்றனர். அத்துடன் சவர ஆடியாகவும் இது பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இவ்விரு சந்தர்ப்பங்களிலும் உருப்பெருத்த விம்பங்களை உருவாக்கப் பயன்படுத்தப் படுகின்றது.

உரு 5.8 இல் காட்டியவாறு குழிவாடியில் தோன்றும் விம்பம் உருப்பெருத்ததாகவும், குவிவாடியில் தோன்றும் விம்பம் உருச் சிறுத்தாகவும் அமையும்.

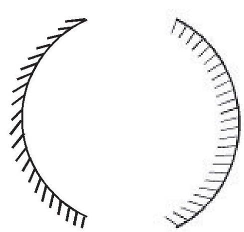


உரு 5.8 குழிவாடியாலும் குவிவாடியாலும் தோற்றும் விம்பங்கள்

தெறிபரப்பு வளைவாக அமையும் ஆடிகள் **கோள ஆடிகள்** எனப்படும். இவை தெறிமேற்பரப்பு கோளத்தின் பகுதியைப் போன்றவை.

கோளவாடிகளின் இரு பிரதான வகைகள் உள்ளன.

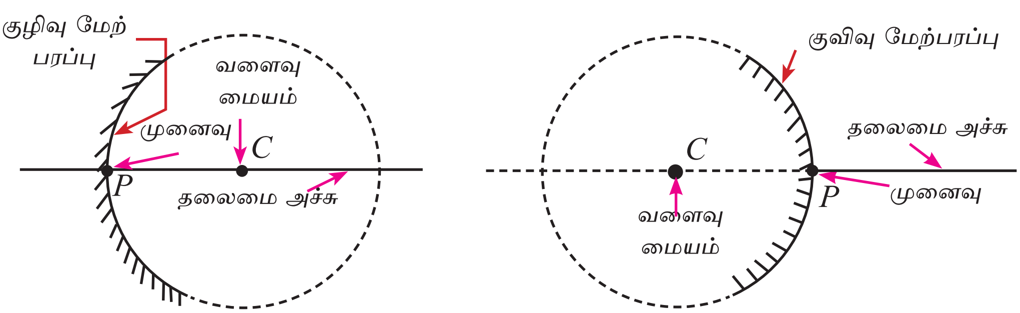
1. குழிவாடிகள் (Concave mirrors)
2. குவிவாடிகள் (Convex mirrors)



குழிவாடிகளில் தெறிபரப்பு வளைவாக கோளத்தின் மையத்தை நோக்கியதாக உள்ளது.

குவிவாடிகளில் தெறிபரப்பு கோளத்தின் மையத்திற்கு வெளிப்புறமாக உள்ளது.

வளைவாடிகள் ஒரு கற்பனைக் கோளத்தின் பகுதியெனக் கீழேயுள்ள உருக்களிலிருந்து அறியலாம்.



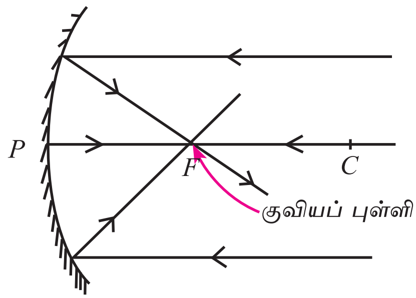
உரு 5.9 வளைவாடியின் வளைவு மையம், முனைவு, தலைமை அச்சு

ஒவ்வொரு ஆடியும் கொண்டுள்ள கோளத்தின் மையம் (C) அவ்வாடிகளின் வளைவு மையம் என அழைக்கப்படும். கோள மேற்பரப்பின் மையம் (P) ஆடியின் முனைவு எனப்படும். வளைவாடியின் முனைவு (P) யையும் வளைவு மையம் (C) யும் இணைக்கும் போது கிடைப்பது தலைமையச்சாகும். புள்ளி P இலுள்ள மேற்பரப்புக்குச் செங்குத்தாக வரையப்படும் கோட்டினால் தலைமை அச்சு காட்டப்படும்.

5.2.1 வளைவாடிகளின் தலைமைக் குவியம்

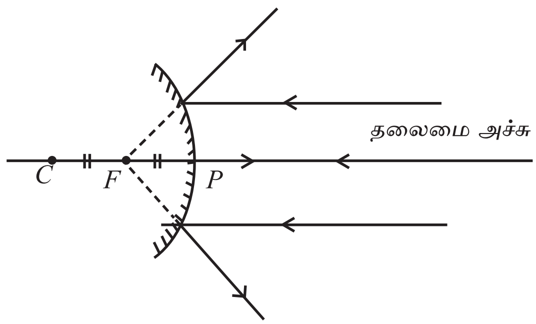
தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாக குழிவாடியொன்றில் படும் ஒளிக்கதிர்கள் தெறிப்படைந்து தலைமை அச்சின் மீது ஒரு புள்ளியினூடாகச் செல்கின்றன.

தலைமைக் குவியம் உரு 5.10 இல் காட்டியவாறு F எனக் குறிக்கப்பட்ட புள்ளியானது அவ்வாடியின் **குவியம்** அல்லது **குவியப் புள்ளி** எனப்படும். குவியம் (F) ஆனது P இற்கும் C இற்குமிடையே நடுவில் உள்ளது.



உரு 5.10 சமாந்தர ஒளிக் கற்றை தெறித்து ஒருங்குதல்

குவிவாடி தொடர்பாக இது எத்தகையதெனப் பார்ப்போம். உரு 5.11 காட்டியவாறு குவிவாடியின் தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாக வரும் கதிர்கள் ஆடியில் பட்டுத் தெறித்துச் செல்லல் விரிதல் ஆகும்.



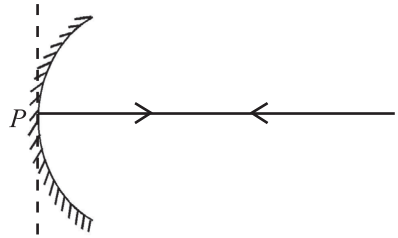
உரு 5.11 சமாந்தர ஒளிக் கற்றை தெறித்து விரிதல்

அவ்வாறு விரிந்து தெறிக்கும் கதிர்கள் F இலிருந்து (குவியம்) வருவன போன்று தோற்றுகின்றன.

முனைவிலிருந்து குவியத்திற்கு உள்ள தூரம் அந்த ஆடியின் குவியத் தூரம் (focal length) எனப்படும். முனைவிலிருந்து வளைவு மையத்திற்கு உள்ள தூரம் வளைவினாரை (radius of curvature) எனப்படும். வளைவினாரை (r) ஆனது குவியத் தூரம் (f) இன் இரு மடங்காகும் $r = 2f$.

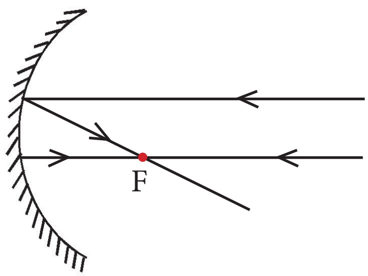
5.2.2 குழிவாடியில் நடைபெறும் ஒளித் தெறிப்பை விளக்குவதற்குத் தெறிப்பு விதிகளைப் பிரயோகித்தல்

தலைமை அச்சின் வழியே ஆடியில்படும் ஒளிக்கதிரின் படுகோணம் பூச்சிய மாவதுடன் தெறிகோணமும் பூச்சியமாக இருக்கும். எனவே தலைமை அச்சின் வழியே வரும் ஒளிக்கதிர்கள் தெறிப் படைந்து அதே பாதை வழியே திரும்பிச் செல்லும்.



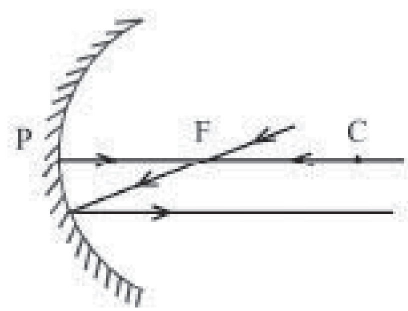
உரு 5.12 குழிவாடியின் தலையச்சின் வழியே வரும் ஒளிக் கதிர்களின் தெறிப்பு

ஒரு குழிவாடியின் தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாக வரும் ஒளிக் கதிர்கள் ஆடியில் பட்டுத் தெறித்து குவியத்தினூடாகச் செல் லும்.



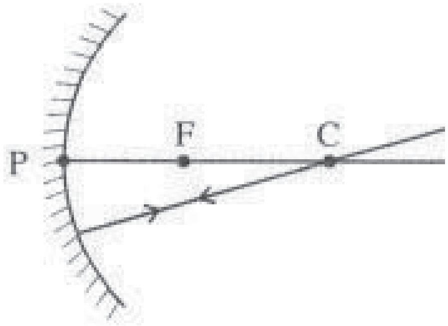
உரு 5.13 குழிவாடியில் தலைமை அச்சுக்கு சமாந்தரமாக வரும் ஒளிக்கதிரின் தெறிப்பு

குவியத்தினூடாக குழிவாடிக்கு வரும் கதிர்கள் தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாகத் தெறித்துச் செல்கின்றன.



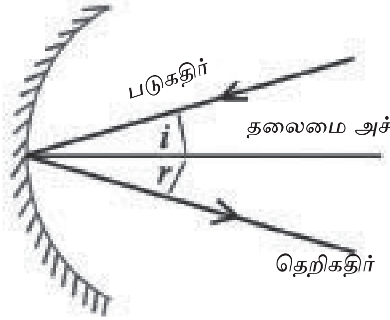
உரு 5.14 குழிவாடியில் குவியத்தினூடாக வரும் ஒளிக் கதிரின் தெறிப்பு

வளைவு மையம் (C) இனூடாக ஆடிக்கு வரும் கதிர்கள் வளைவு மையத்தினூடாகவே தெறித்துச் செல்கின்றன. வளைவு மையத்தி னூடாக வரும் எல்லாக் கோடுகளும் ஆடியின் பரப்பிற்கு செங்குத்தாகவே அமைவதே இதற்குக் காரணமாகும்.



உரு 5.15 குழிவாடியில் வளைவு மையத்தினூடாக ஒளிக்கதிர்களின் தெறிப்பு

தலைமை அச்சுடன் ஒரு குறித்த கோணத்தில் சாய்வாக வரும் கதிர்கள் அக்கோணத்திற்குச் சமமான ஒரு கோணத்தில் தெறிக்கின்றன.



உரு 5.16 குழிவாடியில் தலைமை அச்சுக்குச் சார்பாக படும் கதிரின் தெறிப்பு

- தலைமை அச்சியினூடாக குழிவாடியில்படும் கதிர்கள் தெறிப்படைந்து அப்பாதை வழியே செல்லும்.
- குழிவாடியில் தலைமை அச்சுக்கு சமாந்தரமாக வரும் கதிர்கள் குவியத்தினூடாக செல்லும்.
- குழிவாடியில் குவியத்தினூடாக செல்லும் கதிர்கள் தெறிப்டைந்து தலைமை அச்சுக்கு சமாந்தரமாக செல்லும்.
- வளைவு மையத்தினூடாக ஆடிக்கு வரும் கதிர்கள் வளைவு மையத்தினூடாக அப்பாதை வழியே தெறிப்படைகின்றன.

ஒரு குழிவாடியை எடுத்து அதன் குவியத் தூரத்திலும் பார்க்கக் குறைந்த ஒரு தூரத்தில் முகத்திற்கு முன்னால் அதனை வைத்துக் கொண்டு அதனூடாகப் பார்க்க. உங்கள் முகம் மிகப் பெரிதாகத் தோற்றும்.

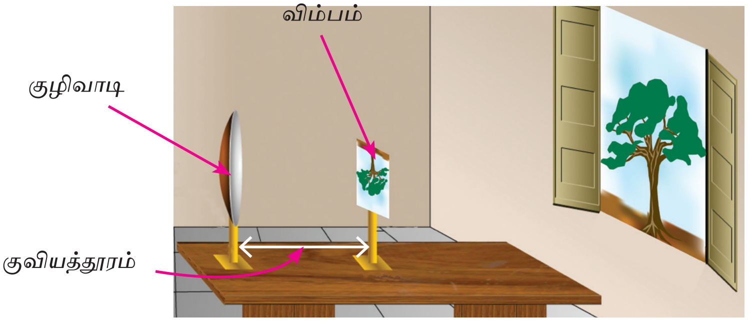
உரு 5.17 உங்களது முகத்தின் பெரிதாக்கப்பட்ட விம்பத்தை குழிவாடியினுள் காணலாம்

செயற்பாடு 5.1

தேவையான பொருள்கள் : குழிவாடி, வெள்ளைத் திரை

- எமது அறையின் ஜன்னலை நன்றாக திறந்து விடுங்கள்.
- உரு 5.16 இல் காட்டியவாறு அவ்வறையில் குழிவாடியொன்றை ஜன்னலின் பக்கமாக திருப்பி வைக்க.
- குழிவாடியின் முன்பாக வெள்ளைக் கடதாசியொன்றை வைத்து செப்பம்செய்து ஜன்னலுக்கு மிகவும் தூரத்திலுள்ள பொருளின் விம்பத்தை கடதாசியில் பெற்றுக் கொள்ளுங்கள்.
- விம்பம் திரையில் பெறப்படுவதால் இது உண்மை விம்பமாகும்.
- இங்கு தெளிவான தலைகீழாக சிறிய விம்பத்தை திரையில் பெறப்படும்போது திரைக்கும் ஆடிக்கும் இடைப்பட்ட தூரத்தை அளந்து கொள்ளவும்.

தூரத்திலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் சமாந்தரக் கதிர்களாக கருதப்படுவதால் ஆடியிலிருந்து விம்பத்திற்குள்ள தூரம் ஏறத்தாழ விம்பத்தூரமாக கருதப்படும்.



உரு 5.18 குழிவாடியின் குவியத்தூரத்தைக் காணுதல்

செயற்பாடு 5.2

தேவையான பொருள்கள் : குழிவாடி, தாங்கி, மெழுகுவர்த்திச் சுவாலை

- குழிவாடியொன்றைத் தாங்கியில் நிலைக்குத்தாக பொருத்திக் கொள்ளுங்கள்.
- உரு 5.1 இல் விளக்கியவாறு குழிவாடியின் குவியத்தூரத்தை அளந்து கொள்ளுங்கள்.
- குழிவாடியின் குவியத்தூரத்தைப் போல் 5 மடங்கு தூரத்தில் ஆடியின் முன்பாக மெழுவர்த்திச் சுவாலையை வைக்க.
- தலைமையச்சுக்கு அண்மையில் அதற்கு செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ள திரையொன்றை வைத்து மெழுகுவர்த்திச் சுவாலையின் தெளிவான விம்பமொன்று பெறக்கூடியவாறு திரையை செப்பம் செய்க.
- மெழுகுவர்த்திச் சுவாலையை ஆடியை நோக்கி மெதுவாக அசைத்து வெவ்வேறு புள்ளிகளில் தோன்றும் விம்பங்களை அறிந்து கொள்ளுங்கள்.
- குழிவாடிக்கு மிக அண்மையில் மெழுகுவர்த்திச் சுவாலை உள்ள போது திரையில் விம்பத்தைப் பெற முடியுமா எனப் பாருங்கள்.

குவிவாடியின் முன் பொருளினை வைத்து அவதானிக்கும் போது பொருட் தூரத்திற்கேற்ப விம்ப தூரமும் விம்பத்தின் இயல்பும் பருமனும் வேறுபடுகின்றன.

குழிவாடியில் உண்டாகும் விம்பங்களுக்கு கதிர்வரிப்படம் வரைதல்

குழிவாடியின் முன்பாகவுள்ள புள்ளியிலிருந்து உருவாகும் இரண்டு கதிர்கள் ஆடியில் பட்டு பின் மீண்டும் அக்கதிர்கள் சேரும் இடத்தில் விம்பம் அமைகின்றது.

தலைமை அச்சுக்கு நிலைக்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ள பொருளொன்றின் விம்பம் தோன்றும் இடத்தை கண்டறிவதற்கு பொருளின் பாதத்திலிருந்தும் அதன் உச்சியிலிருந்தும் வரும் கதிர்களை தனித்தனியாக கருத வேண்டும்.

பொருளின் பாதம் தலைமை அச்சில் உள்ள போது அதிலிருந்து தோன்றும் எல்லாக் கதிர்களும் பிரதான அச்சின் வழியே சென்று விம்பம் பிரதான அச்சிலே தோன்றும்.

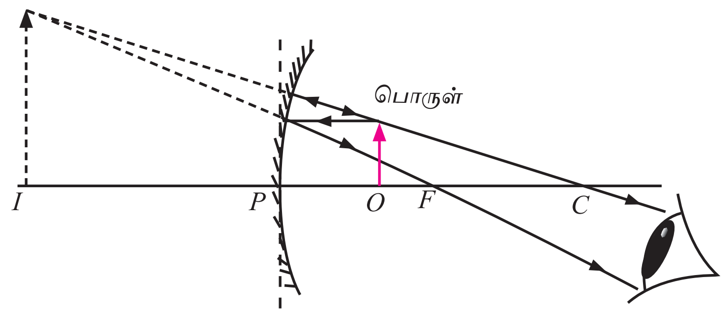
தலைமையச்சுக்கு நிலைக்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் உச்சியிலிருந்து தோன்றும் விம்பம் தலைமையச்சுக்கு நிலைக்குத்தாகவே விம்பம் தோன்றும்.

இதற்கு 127 ஆம் பக்கத்திலுள்ள ஒளிக்கதிர்களின் பொருத்தமான இரண்டு கதிர்களைப் பயன்படுத்திக் கொள்ளுங்கள். விம்பத்தின் உச்சி பெறப்படுகின்றது.

1. குழிவாடியின் குவியத்திற்கும் அவ்வாடியின் முனைவிற்கும் இடையே பொருள் வைக்கப்படும்போது

குவியத் தூரத்திற்கும் குழிவாடிக்குமிடையே பொருள் வைக்கப்பட்டிருக்கும்போது விம்பத்தை ஒரு திரை மீது பெறமுடியாது. அதாவது இச்சந்தர்ப்பத்தில் ஒரு மெய் விம்பம் உண்டாவதில்லை. இச்சந்தர்ப்பத்தில் உண்டாகும் விம்பத்தை ஆடியினூடாக பார்க்க முடியும்.

உரு 5.22 இல் காட்டியவாறு தலைமையச்சுக்கு சமாந்தரமாக வரும் ஒளிக்கதிரும் வளைவு மையத்தினூடாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிரும் தெரிவு செய்யப்பட்டுள்ளது. தலைமையச்சுக்கு சமாந்தரமாக வரும் ஒளிக்கதிர் தெறிப்படைந்து குவியத்தினூடாகச் செல்கின்றது. தலைமையச்சினூடாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர் தெறிப்படைந்து அதே பாதையில் செல்லும் இவ்விரண்டு கதிர்களும் பின்னோக்கி நீட்டும் போது ஒன்றையொன்று சந்திக்கும் இடத்தில் விம்பம் தோன்றுகின்றது.

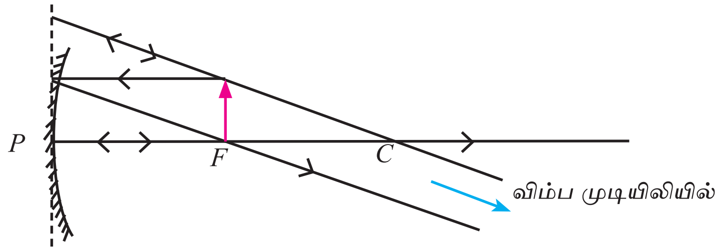


உரு 5.19 குழிவாடியில் பொருள் குவியத்திற்கும் ஆடியின் முனைவிற்கும் இடையே உள்ள போது உருவாகும் விம்பம்

இத்தகைய விம்பங்கள் மாய விம்பங்கள் ஆகும். பொருள் குவியத்திற்கும் ஆடிக்கும் (ஆடியின் முனைவு) இடையே இருக்கும்போது உண்டாகும் விம்பம் பொருளிலும் பார்க்கப் பெரியது, மாயமானது, நிமிர்ந்தது.

2. பொருள் குவியத்தில் இருக்கும்போது

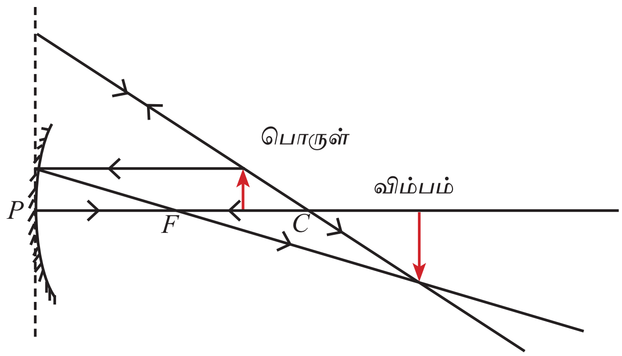
முடிவிலியில் உள்ள பொருளின் விம்பம் குவியப் புள்ளியில் அமைவதுபோல் குவியத்தின் மீதுள்ள பொருளின் விம்பமும் முடிவிலியில் உருவாக்கப்பட வேண்டும். உரு 5.20 இல் காட்டியவாறு இரு கதிர்களையும் கருதி இதனை விளக்கலாம். இங்கு உருவாகும் விம்பம் பொருளை விடப் பெரிதாகவும் தலைகீழானதாகவும், மெய்யானதாகவும் அமையும்.



உரு 5.20 குழிவாடியின் குவியத்தின் மீது பொருள் உள்ள போது தோன்றும் விம்பம்

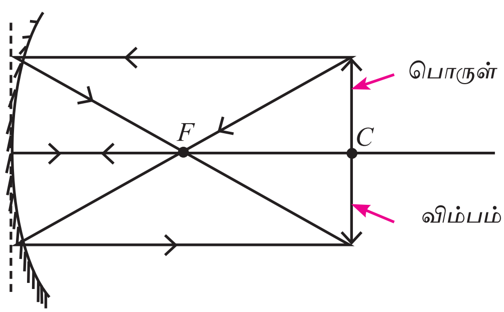
3. பொருள் வளைவுமையத்திற்கும் குவியத்திற்கும் இடையே இருக்கும் போது

பொருளிலிருந்து தலைமையச்சிற்குச் சமாந்தரமாக வரும் ஒளிக் கதிரையும் வளைவு மையத்தினூடாக வரும் ஒளிக்கதிரையும் கருதுவோம். பொருள் வளைவு மையத்திற்கும் குவியத்திற்குமிடையில் உள்ள போது விம்பமானது வளைவு மையத்திற்கு அப்பால் அமைவதுடன் பொருளை விடப் பெரிதாகவும், தலைகீழாகவும், மெய்யானதாகவும் தோன்றும். இதற்கான கதிர் வரிப்படம் உரு 5.21 காட்டுகின்றது.



உரு 5.21 பொருள் வளைவு மையத்திற்கும் குழிவாடியின் குவியத்திற்கும் இடையில் பொருள் உள்ள விம்பம் உருவாதல்

4. பொருள் வளைவு மையத்தில்

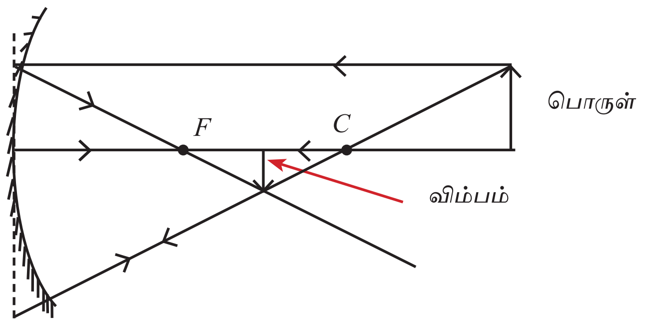


உரு 5.22 குழிவாடியின் வளைவு மையத்தின் மீது உள்ள பொருளின் விம்பம் உருவாதல்

பொருள் வளைவு மையத்தில் உள்ள போது விம்பத்தை கண்டறிவதற்கு பொருளின் தலையிலிருந்து குவியத்தினூடாகச் செல்லும் ஒரு ஒளிக்கதிரையும் தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாகவும் வரும் ஒரு ஒளிக்கதிரையும் கருதுவோம். உரு 5.22 இல் காட்டியவாறு குவியப் புள்ளியினூடாக வரும் ஒளிக்கதிர் தெறிப்படைந்து தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாகச் செல்வதுடன் தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாக வரும் ஒளிக் கதிர் தெறிப்படைந்த குவியத்தினூடாகச் செல்லும். இவ்விரண்டு தெறிகதிர்களும் ஒன்றையொன்று வெட்டும் இடம் வளைவு மையத்திற்கு நிலைக்குத்தாக கீழாக அமைந்துள்ள புள்ளியாவதுடன் விம்பத்தின் உயரம் பொருளின் உயரத்திற்குச் சமனாகும். இவ்விம்பமும் தலைகீழான மெய் விம்பமாகும்.

5. பொருள் வளைவு மையத்திற்கு அப்பால்

இச் சந்தர்ப்பத்தில் விம்பம் அமையும் இடத்தைக் கண்டறிவதற்கு பொருளின் தலைப்பகுதியில் இரு ஒளிக் கதிர்களைக் கருதுவோம். உரு 5.23 இல் காட்டியவாறு ஒளிக் கதிர் ஒன்று தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாக வரும் ஒளிக் கதிர் ஒன்றும் வளைவு மையத்தினூடாகச் செல்லும் ஒளிக் கதிர் ஒன்றும் தெரிவு செய்வது இலகுவானதாகும். தலைமை அச்சுக்கு சமாந்தரமாக வரும் ஒளிக்கதிர் குவியத்தினூடாகச் செல்கின்றது. வளைவு மையத்தினூடாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர் தெறிப்படைந்து அதே பாதையின் வழியே திரும்பிச் செல்கின்றது. இவ்விரு தெறிப்புகளும் ஒன்றையொன்று வெட்டும் புள்ளியைக் கண்டறிந்து கொள்ள முடியும். இப்புள்ளியில் பொருளின் தலையின் விம்பம் உருவாகின்றது. இங்கு விம்பம் C இற்கும் F இற்குமிடையில் உருவாகும். இது பொருளை விடச் சிறியதாகவும், தலைகீழாகவும், மெய்விம்பமாகவும் இருக்கும்.



உரு 5.23 குவிவாடியின் வளைவு மையத்திற்கு அப்பால் இருக்கும்போது பொருள் ஒன்றின் விம்பம் உருவாதல்

6. பொருள் தொலைவில் அமைந்துள்ள போது

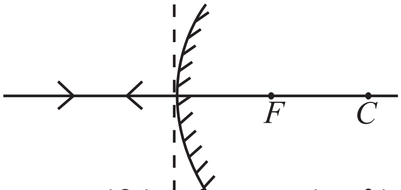
மிகத் தொலைவில் பொருள் உள்ளபோது விம்பம் குவியத்தில் தோன்றும். அது பொருள் உள்ள பக்கமாகத் உருவாவதுடன் சிறிய, தலைகீழான உண்மை விம்பமாகும்.

அட்டவணை 5.1 குழிவாடியில் தோன்றும் விம்பங்கள்

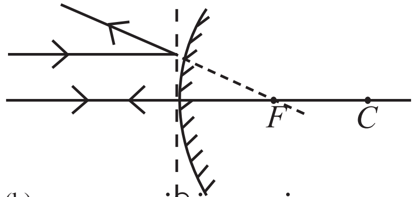
பொருளின் அமைவிடம்	விம்பத்தின் அமைவிடம்	உண்மை / மாயவிம்பம்	தலை கீழானது / நிமிர்ந்தது	பொருளை விட பெரியது / சிறியது
குவியத்தூரத்தை விட குறைவானது	ஆடியிலிருந்து பொருளுக்குள்ள தூரத்தை விட கூடிய தூரத்தில் ஆடியினூடாகத் தெரியும்	மாய விம்பம்	நிமிர்ந்தது	பெரியது
குவியத்தின் மீது	முடிவிலியில்			
குவியத்திற்கும் வளைவு மையத்துக்கும் இடையில்	குவிய தூரத்தைப் போல் இரண்டு மடங்கை விடக் கூடிய தூரத்தில்	உண்மை விம்பம்	தலை கீழானது	பெரியது
குவியத் தூரத்தைப் போல் இரண்டு மடங்கு தூரத்தில்	குவியத் தூரத்தைப் போல் இரண்டு மடங்கு தூரத்தில்	உண்மை விம்பம்	தலை கீழானது	பொருளின் பருமனுக்கு சமன்
குவியத் தூரத்தைப் போல் இரண்டு மடங்கிலும் கூடிய தூரத்தில்	குவியத்திற்கும் வளைவு மையத்திற்கும் இடையில் தோன்றும்	உண்மை விம்பம்	தலை கீழானது	சிறியது
மிகக் கூடிய தூரத்தில்	குவியத்தில்	உண்மை	தலை கீழானது	மிகச் சிறியது

குழிவாடியின் தோன்றும் விம்பங்கள் தொடர்பான விபரங்கள் அட்டவணை 5.1 இல் தரப்பட்டுள்ளது.

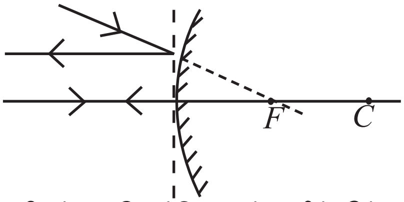
5.2.3 குவிவாடியில் நடைபெறும் ஒளித்தெறிப்பு



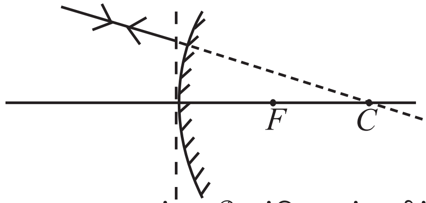
(a) தலைமையச்சின் வழியாக வரும் ஒளிக் கதிர்



(b) தலைமையச்சிற்கு சமாந்தரமாக வரும் ஒளிக்கதிர்



(c) குவியத்தை நோக்கி வரும் ஒளிக்கதிர்



(d) வளைவுமையத்தை நோக்கி வரும் ஒளிக்கதிர்

உரு 5.24 குவிவாடியில் ஒளித்தெறிப்பு நடைபெறும் விதம்

குவிவாடியில் ஒளித்தெறிப்பு நடைபெறும் முறை உரு 5.23 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

i. தலைமையச்சின் வழியாக வரும் ஒளிக்கதிர் ஆடியில் பட்டு அதே பாதையில் திரும்பிச் செல்லும். (உரு a)

ii. தலைமையச்சிற்கு சமாந்தரமாக வரும் ஒளிக்கதிர் ஆடியில் பட்டு தெறிகதிர் விரிவடைந்து செல்லும் இவ்விரிவடைந்து செல்லும் ஒளிக்கதிர்கள் அவ்வாடியின் குவியத்திலிருந்து வருவது போல் தோன்றும். (உரு b)

iii. குவிவாடியின் குவியத்தை நோக்கி வரும் ஒளிக்கதிர் தெறிப்படைந்து தலைமையச்சிற்கு சமாந்தரமாகச் செல்லும். (உரு c)

iv. வளைவு மையத்தை நோக்கி வரும் ஒளிக்கதிர் தெறிப்படைந்து ஒளிக்கதிர் வந்த பாதையின் வழியே செல்லும்.

குவிவாடியில் தோன்றும் விம்பங்கள்

ஒரு குவிவாடிக்கு முன்னால் எந்தத் தூரத்திலும் ஒரு பொருளை வைத்துப் பார்த்தாலும் நாம் ஆடியில் ஒரு சிறிய நிமிர்ந்த மாய விம்பத்தைப் பார்க்கலாம்.

எரியும் மெழுகுவர்த்தியொன்றை பொருளாகக் கொண்டு குவிவாடியில் தோன்றும் விம்பங்களை அறிந்து கொள்வோம்.

செயற்பாடு 5.3

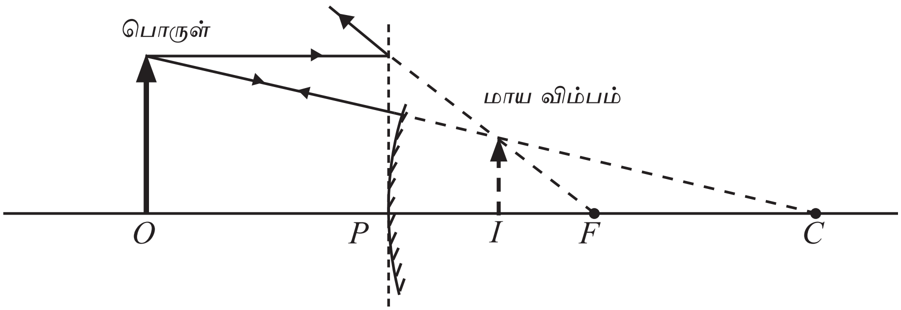
- செயற்பாடு 5.2 இல் குழிவாடிக்குப் பதிலாக குவிவாடியைப் பயன்படுத்தி பரிசோதனையை மீண்டும் செய்வோம்.

மெழுகுவர்த்திச் சுவாலையின் எந்த அமைவிற்கும் திரையின் மீது விம்பத்தைப் பெற்றுக் கொள்ள முடிவதில்லை.

- குவிவாடியினூடாக பார்க்கும் போது மெழுகுவர்த்திச் சுவாலையின் விம்பம் தோன்றும்.

குவிவாடியின் முன்னால் எந்தத் தூரத்திலும் மெழுகுதிரிச் சுவாலையின் விம்பம் சிறியதாகவும், நிமிர்ந்ததாகவும் மாயமானதாகவும் அமையும்.

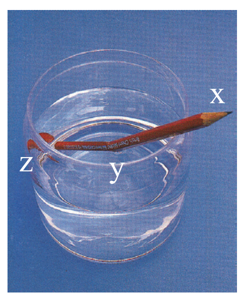
குவிவாடியின் முன்னால் உள்ள பொருளின் விம்பம் தோன்றும் முறையை உரு 5.25 காட்டுகின்றது. இங்கும் குழிவாடியைப் போல பொருளின் தலையிலிருந்து வரும் இரண்டு ஒளிக் கதிர்கள் ஆடியில் பட்டு தெறிப்படைந்த பின் செல்லும் பாதையை வரைந்து ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் தோன்றும் விம்பத்தின் அமைவையும் இயல்பையும் கூறமுடியும்.



உரு 5.25 குவிவாயில் பொருள் குவியத்திற்கும் ஆடியின் முனைவிற்கும் இடையே உள்ளபோது உருவாகும் விம்பம்

5.3 ஒளி முறிவு

உரு 5.26 இல் காட்டியவாறு கண்ணாடி நீர் குவளையினுள் பென்சில் ஒன்றை வைத்து அதனை பக்கமாகப் பார்க்கவும். இதன்போது பென்சில் இரண்டு பகுதிகளாக வேறாக்கப்பட்டு இருப்பதைக் காணலாம். இவ்வாறு தோன்றுவதற்கான காரணம் ஒளிக்கதிரானது ஒரு ஊடகத்திலிருந்து பிறிதொரு ஊடகத்திற்குச் செல்லும்போது ஒளி முறிவடைதலே காரணமாகும்.

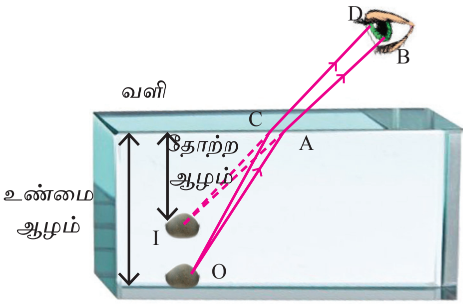


உரு 5.26 நீர் கொண்ட கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் வைக்கப்பட்ட பென்சில்

பென்சில் ஒன்றின் நீரில் உள்ள பகுதியிலிருந்து கண்ணை நோக்கி வரும் ஒளிக் கதிர்கள் கண்ணாடியினூடாக வளியினுள் வந்து கண்ணை அடைகின்றது. இவ்வாறு வளியினுள் வரும் போது ஒளிக்கதிரின் திசை மாறுபடுகின்றது. எனினும் நீரின் மேற்பரப்பிலிருந்து கண்ணை நோக்கி வரும் கதிர்கள் நேரடியாக வளியினூடாக கண்ணை வந்தடைவதன் காரணமாக அவ்வாறு திசை வேறுபட்டுக் காணப்படுவதில்லை.

ஒளிக்கதிர்கள் ஓர் ஊடகத்திலிருந்து பிரிதொரு ஊடகத்திற்குச் செல்லும் போது முறிந்து செல்கின்றது. இதனை ஒளி முறிவு (refraction of light) என அழைக்கப்படும்.

ஒரு நீர்ப் பாத்திரத்தின் அடியில் இருக்கும் ஒரு நாணயத்தை வளியிலிருந்து பார்க்க. அப்போது நாணயம் ஓரளவுக்கு மேலே இருப்பது போல் தோற்றுகின்றது. ஓர் அரும் ஊடகமாகிய வளியில் நாணயம் இருக்கும்போது நாணயத்திலிருந்து நேரடியாகக் கண்ணுக்கு ஒளி வருகின்றது. எனினும் நீர்ப் பாத்திரத்தின் அடியில் உள்ள நாணயத்தைப் பார்க்கும்போது நாணயத்திலிருந்து கண்ணுக்கு நேரடியாக ஒளிக் கதிர்கள் வருவதில்லை. இங்கு ஒளிக் கதிர்கள் நீரிலிருந்து வரும் அதே வேளை அவ்வொளிக் கதிர்கள் நீர்ப் பரப்பில் செவ்வனிலிருந்து அப்பால் வளைந்து கண்ணுக்கு வருகின்றன. எனவே நாணயத்திலிருந்து கண்ணுக்கு வரும் ஒளிக் கதிர்கள் நாணயத்தின் உண்மையான அமைவிலும் பார்க்கச் சிறிதளவில் மேலே இருப்பது போல் தோற்றுகின்றது.



உரு 5.27 பாத்திரத்தின் அடியிலிருந்து சிறிது உயர்ந்து தோற்றும் பொருள்

நீர்ப் பாத்திரத்தின் அடியில் உள்ள பொருள் O இனால் காட்டப்படுகின்றது. அதிலிருந்து வரும் OA, OC என்னும் கதிர்கள் முறையே AB, CD வழியே கண்ணிற்கு வருகின்றன. அக்கதிர்கள் I இலிருந்து வருவன போன்று தோற்றுகின்றன. ஆகவே நீர்ப் பாத்திரத்தின் அடியில் இருக்கும் பொருள் O ஆனது I இல் இருப்பது போன்று கண்ணிற்குத் தோற்றுகின்றது. இவ்வாறு இருப்பது போல் தோற்றுவதற்கு ஒளி முறிவே காரணமாகும்.

ஒரு புத்தகத்தின் ஒரு பக்கத்தின் மீது ஒரு கண்ணாடிக் குற்றியை வைத்துக் கண்ணாடிக் குற்றியினூடாகப் பார்க்கும்போது எழுத்துகள் உயர்ந்திருப்பன போன்று தோற்றுவதற்கும் முறிவுத் தோற்றப்பாடே காரணமாகும்.

மேலே கலந்துரையாடப்பட்டதற்கேற்ப ஒளிக்கதிர் ஒரு ஊடகத்திலிருந்து பிறிதொரு ஊடகத்திற்குச் செல்லும் போது முறிவடைவது அவ்வொளிக்கதிரானது இரண்டு ஊடகங்களினதும் மேற்பரப்பிற்குச் செங்குத்தாக அமையாததால் ஆகும். ஒளிமுறிவுக்குக் காரணம் ஒளி பயணிக்கும் கதி ஊடகத்திற்கு ஊடகம் மாறுபடுகின்றமையாலாகும். வெற்றிடத்தில் ஒளியின் கதி 3×10^8 m s^{-1} ஆகும். வெற்றிடத் திலிருந்து யாதேனும் ஊடகத்தினுள் ஒளியானது ஊடுபுகும் போது அதன் கதி வெற்றிடத்திலும்

பார்க்க் குறைவாகும். கதி குறைவடையும் அளவானது அதன் ஊடகத்தின் ஒளியியல் அடர்த்தியில் தங்கியுள்ளது. ஒளியியல் அடர்த்தி குறைவான ஊடகம் ஐதான ஊடகம் எனவும், ஒளியியல் அடர்த்தி கூடிய ஊடகம் அடர்ந்த ஊடகம் எனவும் அழைக்கப்படும்.

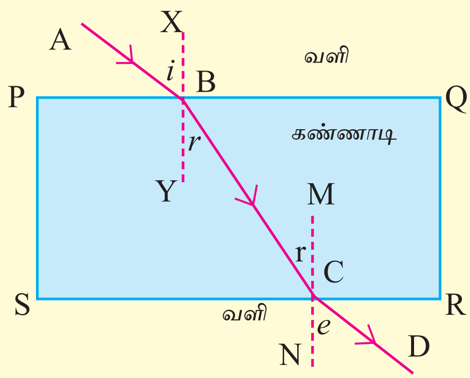
மேலதிக அறிவிற்கு

சில ஊடகங்களில் ஒளியின் வேகம் கீழே தரப்பட்டுள்ளது.

ஊடகம்	வேகம் (km s^{-1})
வளி	300 000
நீர்	225 000
பேர்ஸ்பெக்ஸ்	201 000
கண்ணாடி	197 000
வைரம்	124 000

அடர்ந்த ஊடகத்தில் ஒளி பயணிக்கும் கதி ஐதான ஊடகத்துடன் ஒப்பிடும்போது குறைவானதாகும். ஒளிக்கதிர்கள் வளியிலிருந்து கண்ணாடிக் குற்றிக்குள் செல்லும் போதும் கண்ணாடிக் குற்றியிலிருந்து மீண்டும் வளிக்குச் செல்லும் போதும் முறிவடையும் முறையைச் சோதிப்பதற்கு பின்வரும் செயற்பாட்டில் ஈடுபடுவோம்.

செயற்பாடு 5.4



உரு 5.28 கண்ணாடி குற்றியினூடாக ஒளி செல்லும் பாதை

- கிடையாக வைக்கப்பட்ட வரை பலகையின் மீது வெள்ளை தாளை வைத்து அதன் மீது கண்ணாடிக் குற்றி ஒன்றை வைக்க. அதன் பின் கண்ணாடிக் குற்றியின் புறவுருவை கடதாசியின் மீது வரைக. உரு 5.28 இல் காட்டியவாறு கண்ணாடிக் குற்றியின் அமைவை *P Q R S* என குறிப்பிடுக.
- பின் கண்ணாடிக் குற்றியின் *P Q* முகத் திற்கு சற்று அப்பால் குண்டூசி *A* யை நிலை நிறுத்துக. பின் குண்டூசி *B* யை கண்ணாடிக் குற்றியின் (*P Q*) முகத்தை மருவியவாறு நிலைக் குத்தாக நிறுத்துக.

* பின்னர் *S R* முகத்தினூடாக அந்த இரண்டு குண்டூசிகளை அவதானித்தவாறு அவற்றுடன் ஒரே நேர் கோட்டில் அமையும் வண்ணம் (*S R*) அதே பக்கத் தில் கண்ணாடிக் குற்றியின் முகத்துடன் குண்டூசி *C* யும் *S R* முகத்திற்குச் சற்று அப்பால் *A, B, C* ஆகிய மூன்று குண்டூசிகளுடனும் ஒரே நேர் கோட்டிலே அமையுமாறு ஊசி *D* யை நிலைநிறுத்துக.

* பின்னர் குண்டூசிகள், கண்ணாடிக்குற்றி ஆகியவற்றை அகற்றி குண்டூசிகளினால் அடையாளமிடப்பட்ட புள்ளிகளை இணைத்து *AB, BC, CD* எனும் கோடு களை வரைக. *B* இல் *P Q* முகத்திற்கும் *C* இல் *S R* முகத்திற்கும் செங்குத்தாக செவ்வன்களை வரைக. இப்போது உங்களுக்கு உரு 5.28 இல் உள்ளவாறான உருவைப் பெற முடியும்.

படத்தில் காட்டப்பட்டவாறு AB கோட்டின் வழியினூடாக செல்லும் ஒளிக்கதிர் கண்ணாடிக் குற்றியினுள் புகுந்த பின் வளி ஊடகத்தில் உள்ள கதிர், AB ஆனது படுகதிர் (incident ray) எனப்படும். அக்கதிர் கண்ணாடிக் குற்றியின் மேற்பரப்பு மீது படுகின்ற புள்ளியானது படு புள்ளி எனப்படும்.

படுபுள்ளியில் உள்ள **செவ்வன்** XY ஆகும். படுகதிருக்கும் செவ்வனுக்குமிடையே உள்ள கோணம் **படுகோணம்** *i* (angle of incident) ஆகும்.

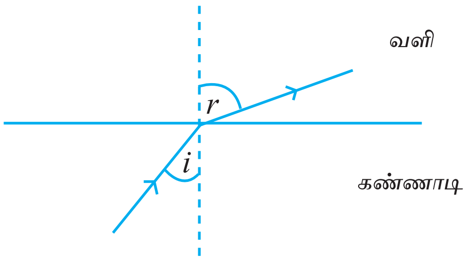
கண்ணாடிக் குற்றிக்குள்ளே புகுந்த பின்னர் அக்கதிர் BC வழியே செல்கின்றது. B யிலே படுகதிர் செவ்வனை நோக்கி முறிந்துள்ளது.

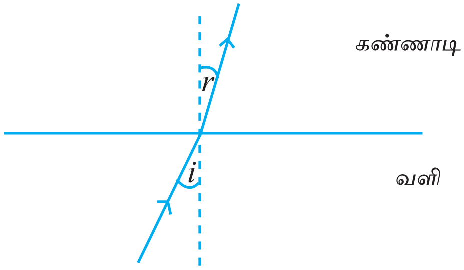
முறிகதிருக்கும் செவ்வனுக்குமிடையே உள்ள கோணம் **முறிகோணம்** *r* (angle of refraction) ஆகும். அம்முறிகதிர் மீண்டும் C யில் கண்ணாடிக் குற்றியிலிருந்து அப்பால் வளிக்கு வெளிப்படுகின்றது. ஆகவே கதிர் CD ஆனது **வெளிப்படுகதிர்** ஆகும். வெளிப்படு கதிருக்கும் வெளிப்படு புள்ளியில் உள்ள செவ்வனுக்குமிடையே உள்ள கோணம் **வெளிபடுகோணம்** e ஆகும்.

இங்கு வளியிலிருந்து கண்ணாடிக்குள்ளே ஒளி புகும்போது ஒளிக் கதிர்கள் செவ்வனை நோக்கி முறிகின்றன.

அதற்குக் காரணம் ஓர் ஐதான ஊடகமாகிய வளியிலிருந்து ஓர் அடர்ந்த ஊடகமாகிய கண்ணாடிக்குள்ளே ஒளி செல்கின்றமையாகும்.

ஒளியியல் அடர்ந்த ஊடகத்திலிருந்து ஐதான ஊடகத்தில் ஒளி செல்லும் போது	ஒளியியல் ஐதான ஊடகத்திலிருந்து அடர்ந்த ஊடகத்திற்கு ஒளி செல்லும் போது





உரு 5.29

இங்கு கண்ணாடியிலிருந்து மீண்டும் வளிக்குள்ளே ஒளி வெளிப்படும்போது ஒளி செவ்வனிலிருந்து விலகி முறிகின்றது. இதற்குக் காரணம் ஓர் அடர்ந்த ஊடகமாகிய கண்ணாடியிலிருந்து ஓர் ஐதான ஊடகமாகிய வளிக்குள்ளே ஒளி செல்கின்றமையாகும்.

5.3.1 ஒளி முறிவு விதிகள்

முதலாவது விதி

படுகதிர், முறிகதிர், படுபுள்ளியில் உள்ள செவ்வன் ஆகியன ஒரே தளத்தில் அமையும்.

இரண்டாவது விதி

ஒளி ஓர் ஊடகத்திலிருந்து பிறிதொரு ஊடகத்திற்கு ஒளி முறிவடையும் போது படுகோணத்தின் சைனிற்கும் முறிகோணத்தின் சைனிற்குமிடையே உள்ள விகிதம் ஒரு மாறிலி ஆகும். இம்மாறிலியானது படுகதிர் உள்ள ஊடகம் தொடர்பாக முறிகதிர் ஊடகத்தின் **முறிவுச் சுட்டி** (Refractive Index) எனப்படும். இம் முறிவுச் சுட்டியானது ஊடகங்களில் தங்கியுள்ளது.

மேற்குறித்த விதி சினேலின் விதி எனப்படும்.

$$\text{முறிவுச் சுட்டி (n)} = \frac{\text{படு கோணத்தின் சைன்}}{\text{முறி கோணத்தின் சைன்}} = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r}$$

வளியிலிருந்து கண்ணாடிக்கு ஒளிக் கதிர்கள் அனுப்பப்படுமெனின், முறிவுச் சுட்டி “$_an_g$” எனக் குறிப்பிடப்படும்.

கண்ணாடியிலிருந்து வளிக்குள்ளே கதிர்கள் புகும்போது முறிவுச் சுட்டி $_gn_a$ எனக் குறிப்பிடப்படும்.

உ - ம் : நீரின் முறிவுச் சுட்டி $_an_w = 1.33$

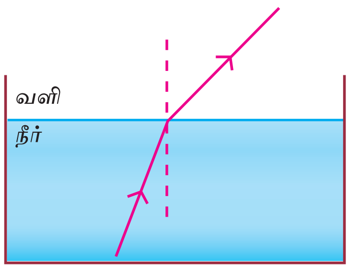
கண்ணாடியின் முறிவுச் சுட்டி $_an_g = 1.5$

மேலே குறிப்பிடப்பட்டவாறு முறிவுச் சுட்டியானது ஒரு ஊடகத்திற்குச் சார்பாகப் பிறிதொரு ஊடகத்தின் முறிவுச் சுட்டியாவதுடன் அப்பெறுமானம் இரண்டு ஊடகத்தின் தன்மை மீதும் தங்கியுள்ளது. இவற்றில் முதலாவது ஊடகத்திற்குப் பதிலாக வெற்றிடத்தைப் பயன்படுத்தினால் அதாவது ஒளிக்கதிரானது வெற்றிடத்திலிருந்து யாதேனுமொரு ஊடகத்திற்குச் செல்லும் சந்தர்ப்பத்தில் முறிவுச் சுட்டியானது ஒரு ஓடகத்தில் மாத்திரம் தங்கியிருக்கும். இது அவ்வூடகத்தின் முறிவுச் சுட்டி என அழைக்கப்படும்.

உதாரணமாக நீரின் முறிவுச் சுட்டியென நாம் குறிப்பிடுவது வெற்றிடத்திலிருந்து நீருக்கு ஒளிக் கதிர் ஒன்று உட்புகும் சந்தர்ப்பத்தில் படுகோணத்தின் சைனுக்கும் முறிகோணத்தின் சைனுக்குமிடையிலான விகிதமாகும். வெற்றிடத்தில் ஒளியின் கதி வளியில் ஒளியின் கதிக்குமிடையில் காணப்படும் வேறுபாடு மிகச் சிறியதாகும். இதனால் வெற்றிடத்தில் இருந்து போதேனும் ஊடகத்திற்கு ஒளி செல்லும் சந்தர்ப்பம் தொடர்பாக முறிவுச் சுட்டியின் அளவீட்டைப் பெற்றுக் கொள்வது செயன்முறை ரீதியில் கடினமாகும் அனேகமான சந்தர்ப்பங்களில் யாதேனும் ஊடகத்தின் முறிவுச் சுட்டி வளி சார்பாகவே குறிப்பிடப்படும். முறிவுச் சுட்டிக்கு அலகு காணப்படாது.

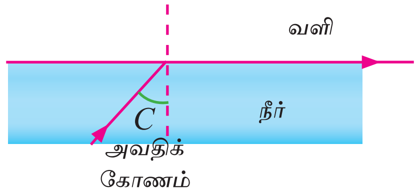
5.3.2 முழு அகத் தெறிப்பும் அவதிக் கோணமும் (Total internal reflection and the critical angle)

ஒளியியல் அடர்த்தி கூடிய இடத்திலிருந்து அருமூடகத்திற்கு ஒளிக்கதிர் செல்லும் போது உரு 5.30 இல் காட்டியவாறு முறிகதிரானது செவ்வனை விட்டு விலகிச் செல்லும்.



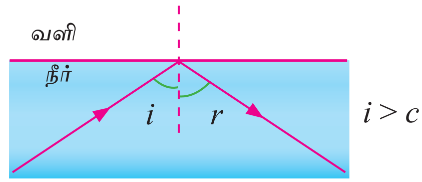
உரு 5.30 நீரிலிருந்து வளிக்கு ஒளிக்கதிர் செல்லுதல்

ஒளியியல் அடர்த்தி கூடிய ஓர் ஊடகத்தினூடாகப் படு கோணத்தை மேலும் அதிகரித்து ஒளியை செலுத்தினால், ஒரு சந்தர்ப்பத்தில் முறிகதிர் இரு ஊடகங்களும் பொதுவான மேற்பரப்பினூடாக மருவிச் செல்வதைக் காணலாம். இதன் போது முறிகோணத்தின் பெறுமானம் 90^{o} ஆகும். இச்சந்தர்ப்பத்தில் அடர்த்தி கூடிய ஊடகத்தில் அப் படுகோணம் அவ்வூடகத்தின் **அவதிக்கோணம்** எனப்படும்.



உரு 5.31 ஒளி முறிவின் போது அவதிக்கோணம்

அவதிக் கோணத்திலும் பார்க்கக் கூடிய மேலும் படு கோணத்தில் அடர்த்தி கூடிய ஊடகத்திலிருந்து ஒளியை கொடுக்கும்போது அவ்வொளி முழுவதாக ஒளியியல் அடர்த்தி கூடிய ஊடகத்தினுள்ளேயே முழுமையாக தெறிப்புக்கு உட்படுகின்றது. இத்தோற்றப்பாடு **முழுஅகத்தெறிப்பு** (total internal reflection) எனப்படும்.



உரு 5.32 நீரிலிருந்து வளிக்கு ஒளித்தெறிப்பு

மேலதிக அறிவிற்கு

சில ஊடகங்களுக்குரிய அவதிக் கோணங்கள் கீழே தரப்பட்டுள்ளது.

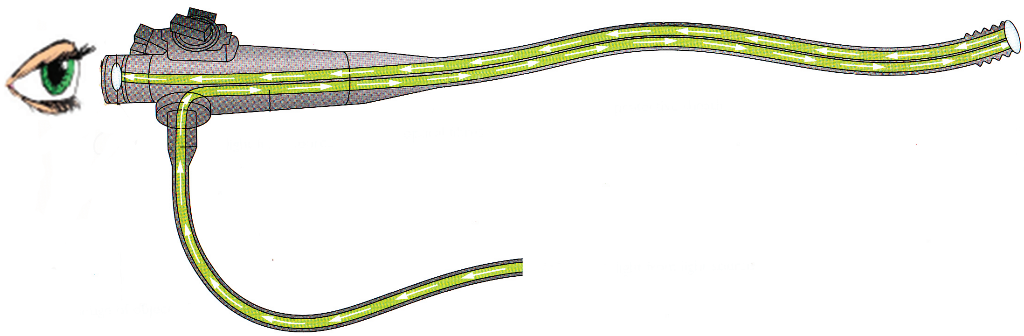
பொருள்	நீர்	கண்ணாடி	வைரம்
அவதிக் கோணம்	49^o	42^o	24^o

- **முழு அகத் தெறிப்பின் சில பிரயோகங்கள்**

ஒளியியல் நார்கள் (Optical Fibres)

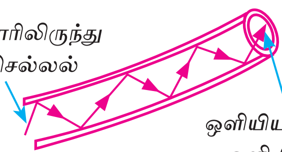
இவை மிக மெல்லிய வளையத்தக்க கண்ணாடி அல்லது பிளாத்திக்கு நார்களினால் ஆனவை. ஒளியியல் நாரினூடாகச் செல்லும் ஒளி தொடர்ச்சியாக அதனுள்ளே முழு அகத் தெறிப்புக்கு உட்பட்டு மீண்டும் மீண்டும் மற்றைய அந்தத்தில் வெளியேறுகின்றது. ஒளியியல் நார் எவ்வளவு கிலோமீற்றர் நீளத்தைக் கொண்டிருந்தாலும் ஒளி புகுந்த அதே ஒளிர்வுடன் வெளியேறும்.

உடலினுள்ளே இருக்கும் அவயவங்களைச் சோதிக்கும் என்டஸ்கோப் உபகரணத்தில் ஒளியியல் நார்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.



என்டஸ்கோப் உபகரணம்

என்டஸ்கோப் உபகரணம்



ஒளியியல் நார்

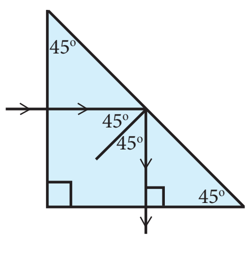
உரு 5.33

தொலைபேசிச் செய்திகளை அனுப்பும் நாண்களாக இப்போது ஒளியியல் நார்கள் அதிக அளவில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

இணையத் தொடுப்புகளைப் பேணுவதற்கும் அலங்காரங்களுக்கும் ஒளியியல் நார்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

அரியத்தினால் முழு அகத் தெறிப்பு

முழு அகத்தெறிப்பை பெற்றுக் கொள்வதற்கு ஒருகோணம் 90^{o} ஆகவும் ஏனைய கோணங்கள் 45^{o} ஆகவும் கொண்ட அரியம் பயன்படுத்தப்படும். அரியத்தினுடாக முழு அகத் தெறிப்பு நிகழும் சந்தர்ப்பங்கள் பற்றிக் கருதுக. இவை கமராக்கள், தொலைக்காட்டிகள், அரிய இருவிழியன்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. கண்ணாடி வளிக்கான அவதிக்கோணம் 42^{o} ஆகும். படுகோணம் 42^{o} இலும் அதிகமாகும் போது ஒளிக்கதிர் முழு அகத்தெறிப்புக்குள்ளாகின்றது.

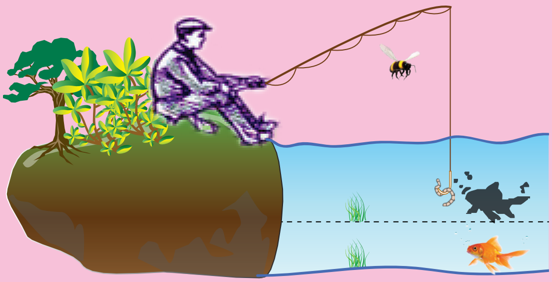


உரு 5.34 அரியத்தினால் முழு அகத் தெறிப்பு

உரு 5.34 இல் காட்டியவாறு செங்கோண அரியமொன்றின் ஒரு முகத்திற்கு செங்குத்தாக ஒளிக்கதிர் செல்லும் போது அது மற்றைய முகத்தில் 45º இல் படும். இது கண்ணாடியின் அவதிக் கோணத்திலும் பெரியதாகையால் அம் முகத்தில் முழு அகத் தெறிப்புக்குப் பட்டு மூன்றாவது முகத்தில் செங்குத்தாகப்படுவதால் அது விலகலின்றி வெளியேறும். இங்கு படுகதிருக்கும் வெளிப்படுகதிருக்கும் இடையிலான விலகல் 90º ஆகும்.

பயிற்சி 5.1

(1) மனிதனொருவன் தூண்டியினால் மீன்பிடிப்பதை பின்வரும் படம் காட்டுகின்றது.



(i) மனிதனுக்கு மீனானது சற்று மேலே இருப்பது போல் தோன்றும் காரணம் கூறுக.

(ii) அவ்வாறு தோன்றுவதற்கான காரணத்தை கதிர் வரிப்படம் மூலம் வரைந்து காட்டுக.

5.4 வில்லைகள்

வில்லை என்பது கண்ணாடி, பிளாத்திக்கு அல்லது வேறு ஊடுகாட்டும் பதார்த்தங் களினால் அமைக்கப்பட்ட வளைவு மேற்பரப்பு கொண்ட ஒளியியல் உபகரணமாகும். வில்லையில் நடை பெறும் ஒளிமுறிவினால் அதனூடாகப் பயணிக்கும் ஒளிக்கதிரின் பாதை வேறுபடுகின்றது.

எமது கண்ணில் உள்ள கண்வில்லையினால் விழித்திரையின் மீது விம்பம் பெறப்படு கின்றது. தொலைவில் உள்ள பொருளொன்றைப் பார்ப்பதற்கு பயன்படுத்தப்படும் உபகரணம் தொலைக்காட்டி, அரியஇருவிழியன் ஆகியன பயன்படுத்தப்படுகின்றன. வெற்றுக் கண்களுக்குப் புலப்படாத சிறிய பொருள் ஒன்றைப் பார்ப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் நுணுக்குக் காட்டியிலும் வில்லைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. சிறிய பொருள்களைப் பெரிதாக்கிப் பார்ப்பதற்குப் பயன்படும் உருப்பெருக்கவில்லை அல்லது எளிய நுணுக்குக் காட்டியிலும் வில்லையே பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

எளிய நுணுக்குக்காட்டி

தொலைக்காட்டி

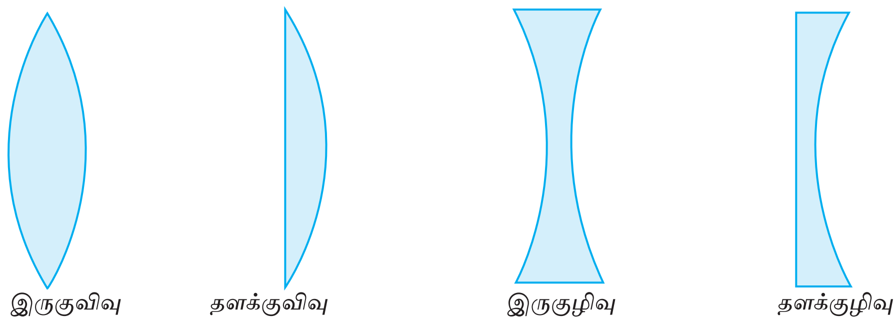
பார்வை கண்ணாடி

ஒளியியல் நுணுக்குக்காட்டி

உரு 5.35 வில்லைகள் பயன்படுத்தப்படும் உபகரணங்கள்

பெரும்பாலான வில்லைகள் கண்ணாடியினால் ஆனவை. எனினும் இன்று பிளாத்திக்கு வில்லைகளின் பயன்பாடு படிப்படியாக அதிகரித்துக் கொண்டு வருகின்றது. எந்தவொரு ஊடுகாட்டும் பொருளையும் பயன்படுத்தி வில்லைகளைச் செய்யலாம். நீரை அல்லது வேறு பொருள்களைப் பயன்படுத்தி வில்லைகள் செய்யப்படும் சந்தர்ப்பங்களும் உள்ளன.

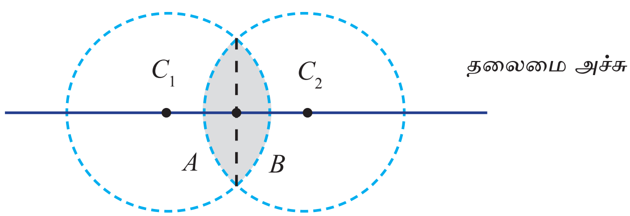
வில்லையின் இரு பரப்புகளும் குவிவானவை எனின், அவ்வில்லை **இருகுவிவு வில்லை** (Bi - convex) எனப்படும். வில்லையின் ஒரு பரப்பு குவிவாகவும் மற்றைய பரப்பு சமதளமாகவும் இருப்பின் அவ்வில்லை **தளக்குவிவுவில்லை** (Plano - convex) ஆகும். வில்லையின் இரு பக்கங்களும் குழிவாக இருப்பின், அவ்வில்லை **இருகுழிவு வில்லை** (Bi - concave) எனப்படும். வில்லையின் ஒரு பக்கம் மாத்திரம் குழிவாக இருப்பின், அவ்வில்லை **தளக்குழிவுவில்லை** (Plano - concave) எனப்படும்.



உரு 5.36 வில்லைகளின் வகைகள்

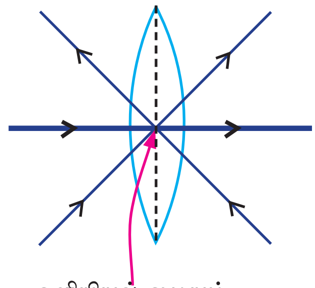
5.4.1 குவிவு வில்லைகள்

குவிவு வில்லையை ஒரு கற்பனைக் கோளத்தின் ஒரு பகுதியாகக் கருதலாம்.



உரு 5.37 குவிவு வில்லையின் மேற்பரப்புகள்

A எனக் காட்டப்பட்டுள்ள குவிவு மேற்பரப்பின் கோளத்தின் மையம் C_1 உம் B எனக் காட்டப் பட்டுள்ள குவிவு மேற்பரப்பின் கோளத்தின் மையம் C_2 உம் ஆகும். அவற்றைத் தொடுக்கும் நேர்கோடு வில்லையின் தலைமை அச்சாகும். அதன் வழியே வில்லைக்கு வரும் ஒளிக் கதிர்கள் விலகலின்றி செல்கின்றன. ஒளிக் கதிர்கள் வில்லையின் ஒரு புள்ளியினூடாகப் பயணிக்கும் போது விலகலின்றி அப்புள்ளி அவ்வில்லையின் ஒளியியல் மையம் (Optical Centre) எனப்படும். ஒளியியல் மையத்தினூடாகச் செல்லும் ஒளிக் கதிர்களும் வளையாமல் நேரே செல்கின்றன.

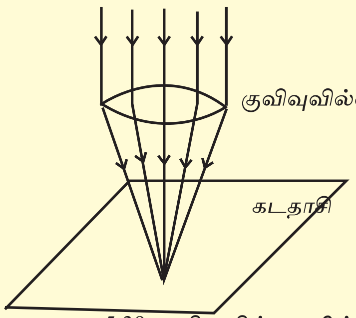


உரு 5.38 ஒளியியல் மையத்தினூடாக ஒளிக்கதிர்கள் செல்லல்

செயற்பாடு 5.5

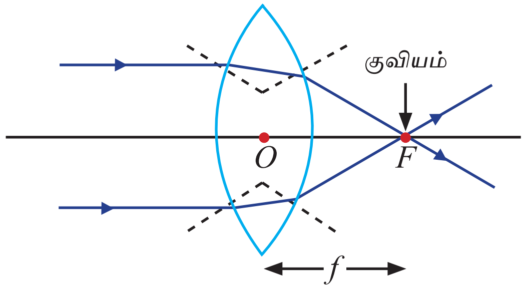
தேவையான பொருள்கள் : இரு குவிவுவில்லை, வெள்ளைக் கடதாசி

- நன்றாக சூரியவொளி இருக்கும் சந்தர்ப் பத்தில் இரு குவிவு வில்லையைப் பயன்படுத்தி உரு 5.35 இல் காட்டியவாறு சூரிய ஒளியில் பிடியுங்கள். அதற்கு முன்னால் வெள்ளைக் கடதாசியை வையுங்கள்.
- கடதாசியின் மீது சிறிய ஒளிப்பொட்டு ஒளி தோன்றும் வரை வில்லையை செப்பம் செய்யுங்கள்.



உரு 5.39 குவிவுவில்லையின் குவியத்தூரத்தை அறிதல்

ஒரு குவிவு வில்லையின் தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாக வில்லைக்கு வரும் ஒளிக் கதிர்களுக்கு என்ன நடைபெறும்? அவை வில்லையினூடாக முறிவடைந்து உள்ளே வளைந்து (ஒருங்கு) செல்கின்றது. ஆகவே அக்கதிர்கள் வில்லையின் எதிர்ப் பக்கத்தில் சந்தித்துச் செல்கின்றன. அக்கதிர்கள் சந்திக்கும் புள்ளி வில்லையின் குவியம் எனப்படும்.



உரு 5.40 தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமான ஒளிக்கதிர்கள் குவிவு வில்லையில் முறிவடையும் விதம்

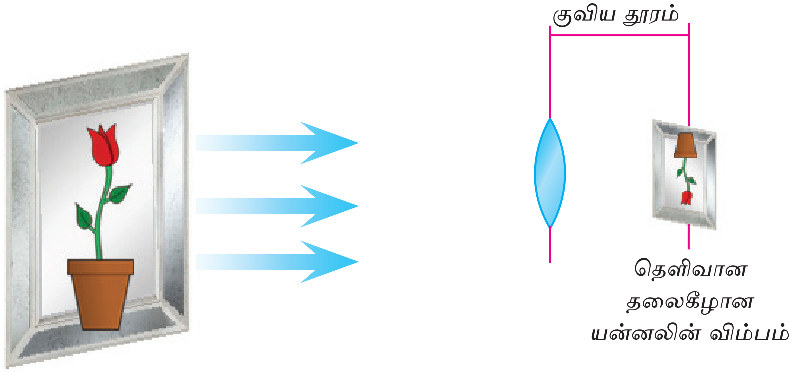
குவிவுவில்லையின் தலைமையச்சுக்குச் சமாந்தரமாக வரும் ஒளிக் கதிர்கள் வில்லையினூடாகப் பயணிக்கும் போது முறிவடையும் முறையை விளங்கிக் கொள்வதற்கு உரு 5.38 ஐ பாருங்கள். இங்கு உருவில் காட்டப்பட்டுள்ள முறிந்த கோடுகள் ஒளிக்கதிர்கள் வில்லையின் மேற்பரப்பினூடாக செல்லும் இடத்தில் வரையப்பட்ட செவ்வன்களாகும். இங்கு ஒளிக்கதிர் ஒன்று வளியிலிருந்து வில்லைக்குள் செல்லும் போது அரும்ஊடகத்திலிருந்து அடர்ஊடகத்திற்குச் செல்கின்றது. இதன் போது ஒளிக்கதிர் செவ்வனை நோக்கி முறிவடைகின்றது. அவ்வொளிக்கதிர் வில்லையிருந்து வெளியேறும் போது அடர் ஊடகத்திலிருந்து அரும் ஊடகத்திற்குச் செல்கின்றது. உரு 5.38 இல் காட்டியவாறு இவ்விரண்டு சந்தர்ப்பங்களிலும் ஒளிக்கதிர் தலைமை அச்சை நோக்கி முறிகின்றது. இவ்வாறு முறிவடைவதனால் தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாக வரும் எல்லாக் கதிர்களும் ஒரு புள்ளியை நோக்கிப் பயணிப்பதைக் காட்ட முடியும். இப்புள்ளி அவ்வில்லையின் **குவியம் / குவியப் புள்ளி** எனப்படும். வில்லையின் ஒளியியல் மையத்திற்கும் குவியத்திற்குமிடையிலான தூரம் **குவியத்தூரம்** எனப்படும்.

வில்லையின் இருபக்கங்களினூடாகவும் ஒளி செல்வதன் காரணமாக அதன் இரண்டு பக்கங்களிலும் குவியப் புள்ளி காணப்படும். இப் புள்ளிகள் ஒளியியல் மையத்திலிருந்து சமதூரத்தில் அமைந்திருக்கும். ஒளிக்கதிர் படங்களை வரையும் போது பொதுவாக குவியப் புள்ளியை F இனாலும் குவியத்தூரத்தை f இனாலும் குறிக்கப்படும்.

• குவிவு வில்லைகளினால் உண்டாக்கப்படும் விம்பங்கள்

செயற்பாடு 5.6

- ஓர் அறையின் யன்னலைத் திறக்க.
- அந்த அறையினுள்ளே இருந்து ஒரு குவிவு வில்லையைத் திறந்த யன்னலை நோக்கி வழிப்படுத்திப் பிடித்துக் கொள்க.
- வில்லையின் பிறப்பக்கத்தில் வெள்ளைக் கடதாசி போன்ற ஒரு திரையைப் பிடித்து வில்லையை அதற்கு முன்னால் செப்பஞ்செய்து யன்னலிலிருந்து காணப்படும் காட்சியின் ஒரு விம்பத்தை அத்திரை மீது பெற்றுக்கொள்க.
- மிகவும் தெளிவான சிறிய தலைகீழ் விம்பம் திரை மீது கிடைக்கும் சந்தர்ப்பத்தில் திரைக்கும் வில்லைக்குமிடையே உள்ள தூரத்தை அளந்து கொள்க.



உரு 5.41

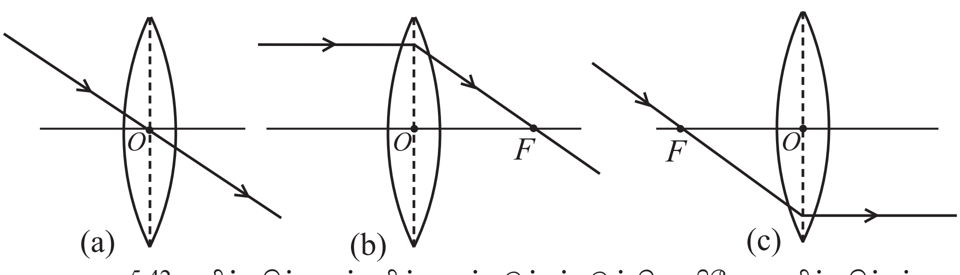
அத்தூரம் அவ்வில்லையின் பரும்படிக் குவியத் தூரமாகும்.

யன்னலிற்கு வெளியே இருக்கும் பொருள்களிலிருந்து வில்லைக்கு வரும் ஒளிக் கதிர்கள் முறிவடைந்து சென்று திரை மீது விழுவதனால் விம்பம் உண்டாகின்றது. திரை மீது உண்டாக்கும் இவ்விம்பம் மெய் விம்பம் (real image) ஆகும்.

- **குவிவு வில்லையில் தோன்றும் விம்பங்களுக்கான கதிர்வரிப்படம்**

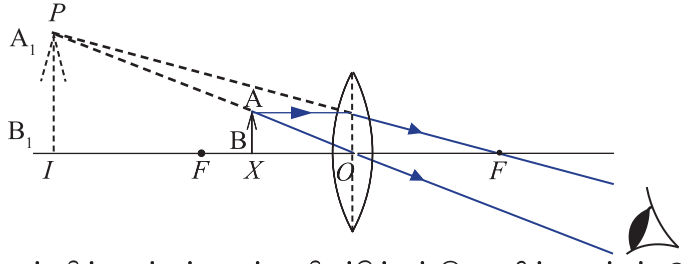
குவிவு வில்லையினால் உண்டாக்கப்படும் விம்பங்களின் இயல்பு, அளவு, உண்டாகும் இடம் ஆகியன பொருள் வில்லைக்கு முன்னால் இருக்கும் இடத்தின் மீது அதாவது பொருளின் மீது தீர்மானிக்கப்படும். குவிவு வில்லையினால் உருவாகும் விம்பங்களுக்கான ஒளிக்கதிர் படங்களை வரையும் போது உரு 5.39 இல் காட்டியவாறு சில ஒளிக் கதிர்கள் சிலவற்றைப் பற்றிக் கருதுவது இலகுவானதாகும்.

1. உரு 5.39 (a) இல் காட்டப்பட்டவாறு ஒளியியல் மையத்தினூடாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர் விலகல் இன்றிச் செல்லும்.
2. உரு 5.39 (b) இல் காட்டப்பட்டவாறு தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாக வரும் ஒளிக்கதிர் வில்லையினூடாகச் சென்று முறிவடைந்து குவியப் புள்ளியினூடாகச் செல்லும்.
3. உரு 5.39 (c) இல் காட்டப்பட்டவாறு குவியத்தினூடாக வரும் ஒளிக்கதிர் வில்லையில் பட்டு முறிவடைந்து தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாகச் செல்லும்.



உரு 5.42 ஒளிக் கதிர் படங்களில் பயன்படுத்தப்படும் சில விசேட ஒளிக் கதிர்கள்

1. பொருள் வில்லைக்கும் அதன் குவியத்திற்குமிடையே வைக்கப் பட்டிருக்கும் போது



உரு 5.43 பொருள் வில்லைக்கும் அதன் குவியத்திற்கும் இடையில் வைக்கப்படும் போது தோற்றும் விம்பம்

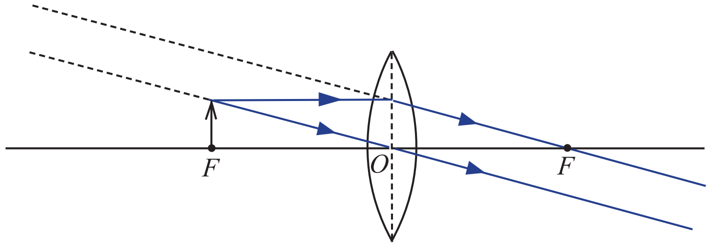
உரு 5.40 இல் காட்டியவாறு பொருள் B குவிவு வில்லையின் முன்னால் X இல் வைக்கப்பட்டுள்ளது. பொருளின் தலையிலிருந்து தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாக வரும் ஒளிக்கதிர் வில்லையின் மறுபக்கமாகவுள்ள குவியப் புள்ளியினூடாகச் செல்கின்றது. பொருளின் தலையிலிருந்து வில்லையின் ஒளியியல் மையத்தினுடாகச் செல்லும் ஒளிக் கதிர் முறிவடையாது செல்கின்றது. இக்கதிர்கள் இரண்டும் எதிர்ப்பக்கமாக நீட்டும் போது P புள்ளியில் ஒன்றோடொன்று சந்திக்கின்றது. பொருளின் தலையின் விம்பம் அப்புள்ளிகள் சந்திக்கும் இடத்தில் தோன்றுகின்றது. பொருள் நிமிர்ந்ததாக இருப்பதனால் P இலிருந்து தலைமை அச்சின் மீது வரையப்படும் நிலைக்குத்துத் தளத்தின் மீது பொருளின் விம்பம் அமைகின்றது. விம்பம், பொருளை விடப் பெரிதாகவும், நிமிர்ந்ததாகவும் காணப்படும்.

பொருளிலிருந்து வில்லை L இற்கு வரும் மூன்று கதிர்களைக் கருதி விம்பம் உண்டாகும் விதத்தைத் துணிவோம். தலைமை அச்சு வழியே வில்லைக்கு வரும் கதிர்கள் அதன் வழியே செல்கின்றன. தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாக வில்லைக்கு வரும் கதிர்கள் வில்லைக்கு எதிர்ப் பக்கத்தில் குவியத்தினூடாகச் செல்கின்றன. ஒளியியல் மையம் O வினூடாகச் செல்லும் கதிர்கள் விலகாமல் நேரே செல்கின்றன.

பொருள் இருக்கும் பக்கத்திற்கு எதிரான பக்கத்தில் ஒளிக் கதிர்கள் விரிந்து செல்கின்றன. அவை விரிந்து செல்லுமெனின், ஒரு திரையை வைக்கும்போது அத்திரை மீது அக்கதிர்கள் சந்தித்து ஒரு மெய் விம்பத்தை உண்டாக்குகின்றன. எனினும் இங்கு அக்கதிர்கள் விரிந்து செல்கின்றமையால் இச்சந்தர்ப்பத்தில் ஒரு மெய் விம்பம் உண்டாவதில்லை. ஆகவே மேற்குறித்த உருவில் உள்ளவாறு கண்ணை வைத்து வில்லையினூடாகப் பார்த்தால், பொருள் AB யின் விம்பம் A_1 B_1 ஆனது வில்லையினூடாகத் தோற்றும். இவ்விம்பம் பொருளிலும் பார்க்கப் பெரியதும். நிமிர்ந்ததும் ஆகும்.

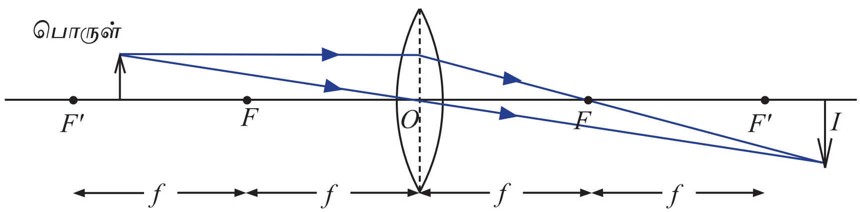
2. பொருள் குவியத்தில் இருக்கும்போது

தலைமை அச்சு வழியே செல்லும்போது கதிர்கள் விலகலின்றி தொடர்ந்து செல்கின்றன. தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாக வில்லைக்கு வரும் கதிர்கள் வில்லையினூடாகச் சென்று அதன் குவியத்தினூடாகச் செல்கின்றன. ஒளியியல் மையம் (P) இனூடாகச் செல்லும் கதிர்கள் விலகலின்றி நேரே செல்கின்றன. இங்கு முடிவிலியில் மிகப் பெரிய மெய் விம்பம் உண்டாகும்.



உரு 5.44 பொருள் குவியத்தில் வைக்கப்படும் போது தோன்றும் விம்பம்

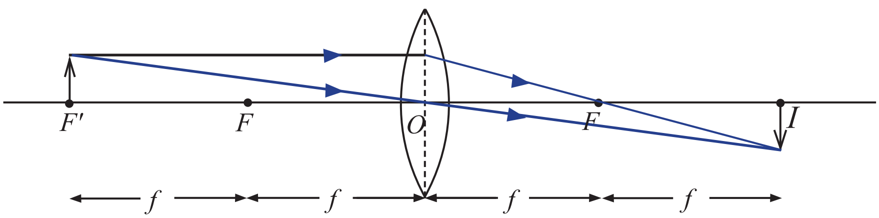
3. பொருள் குவியம் (F) இற்கும் அதன் இருமடங்கு தூரத்தில் இருக்கும் புள்ளி (2F) இற்குமிடையே இருக்கும்போது



உரு 5.45 பொருள் f இற்கும் $2f$ இற்கும் இடையில் வைக்கும் போது தோன்றும் விம்பம்

இங்கு விம்பம் வில்லையின் எதிர் பக்கத்தில் 2F இற்கு அப்பால் உருப் பெருத்த தலைகீழான மெய் விம்பம் தோன்றும்.

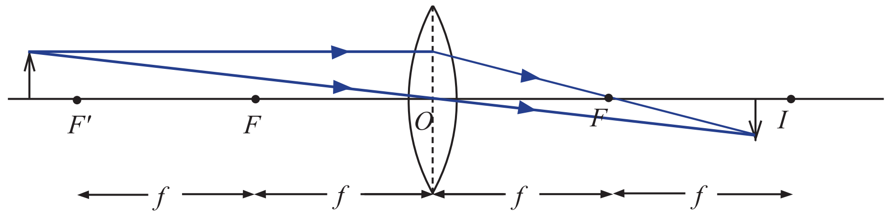
4. பொருள் குவியத் தூரத்தில் இருமடங்கான தூரத்தில் வைக்கப் பட்டிருக்கும்போது



உரு 5.46 பொருள் $2f$ தூரத்தில் வைக்கப்படும் போது தோன்றும் விம்பம்

இங்கு விம்பம் வில்லையின் எதிர் பக்கத்தில் 2F தூரத்தில் பொருள் அளவானதும் தலைகீழானதுமான மெய் விம்பம் தோற்றும்.

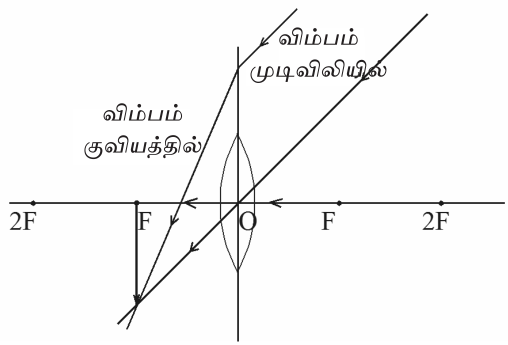
5. பொருள் குவியத் தூரத்தின் இரு மடங்கிலும் கூடிய தூரத்தில் வைக்கப்படும்போது (2F இற்குப் அப்பால்)



உரு 5.47 பொருள் 2*f* இலும் அதிக தூரத்தில் வைக்கப்படும் போது தோன்றும் விம்பம்

இங்கு விம்பம் வில்லையின் எதிர்ப் பக்கத்தில் குவியம் F இற்கும் அதன் இருமடங்கு (2F) இற்குமிடையே உருப்பெருத்த தலைகீழான மெய் விம்பம் தோன்றும்.

6. பொருள் முடிவிலியில் இருக்கும்போது



உரு 5.48 பொருள் முடிவிலியில் இருக்கும் போது தோன்றும் விம்பம்

முடிவிலி என்பது குவியத் தூரத்தின் நான்கு மடங்கு அல்லது அதிலும் கூடிய எந்தவொரு தூரமுமாகும். ஒரு பொருள் முடிவிலியில் இருக்கும்போது விம்பம் வில்லையின் எதிர்ப் பக்கத்திலே குவியத்தில் உண்டாகின்றது. மெய்யான, அதாவது ஒரு திரை மீது பெறத்தக்க இவ்விம்பம் மிகச் சிறியது. தலைகீழானது.

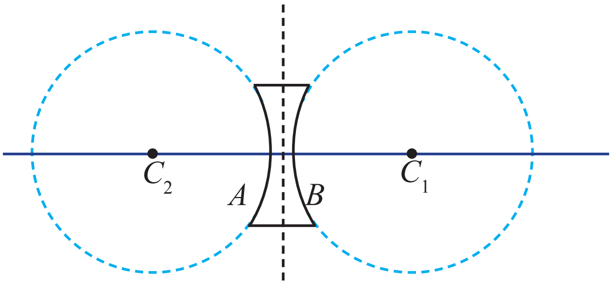
குவிவுவில்லையின் மூலம் தொலைவில் உள்ள மரம் அல்லது கட்டிடங்களின் விம்பத்தை சுவரின் மீது பெற்று இலகுவாக அவ்வில்லையின் குவியத்தூரத்தைப் பருமட்டாக அளந்து அறிந்து கொள்ளலாம்.

ஒரு மெழுகுவர்த்தியை ஒளியூட்டி ஒரு குவிவு வில்லைக்கு முன்னால் தேவையான தூரத்தில் வைத்து வில்லை இருக்கும் பக்கத்திற்கு எதிரான பக்கத்தில் ஒரு திரையை வைத்து வில்லையைச் செப்பஞ்செய்து அத்திரை மீது விம்பங்களைப் பெற்று மேற்குறித்த சந்தர்ப்பங்கள் பற்றிக் கற்று இதனைப் பற்றிய விளக்கத்தைப் பெறலாம்.

பொருளின் அமைவிடம்	விம்பத்தின் அமைவிடம்	உண்மை / மாயவிம்பம்	தலை கீழானது / நிமிர்ந்தது	பொருளை விட பெரியது / சிறியது
குவியத்தினுள்	வில்லையிலிருந்து பொருளுக்குள்ள தூரத்தை விட கூடிய தூரத்தில் காணப்படும். பொருளின் பக்கமாகக் காணப்படும்	மாயமானது	நிமிர்ந்தது	பெரியது
குவியத்தில்	முடிவிலியில்			
குவியத்திற்கும் வளைவு மையத்துக்கும் இடையில்	குவியத் தூரத்தை விட இரண்டு மடங்கு தூரத்திற்கு அப்பால் வில்லையின் அடுத்த பக்கமாக	உண்மை யானது	தலை கீழானது	பொருளை விடப் பெரியது
குவியத்தைப் போல் இரண்டு மடங்கு தூரத்தில்	குவியத்தைப் போல் இரண்டு மடங்கு தூரத்தில் வில்லையின் அடுத்தப் பக்கம்	உண்மை யானது	தலை கீழானது	பொருளின் பருமனுக்குச் சமன்
குவியத்தைப் போல் இரண்டு மடங்கு தூரத்திற்கு அப்பால்	குவியத்திற்கும் வளைவு மையத்திற்கும் இடையில் விம்பம் தோன்றும்	உண்மை யானது	தலை கீழானது	பொருளை விடச் சிறியது
மிகக் கூடிய தூரத்தில்	வில்லையின் அடுத்த பக்கமாக குவியத்தில்	உண்மை யானது	தலை கீழானது	பொருளை விடச் மிகச் சிறியது

5.4.2. குழிவுவில்லை

குழிவுவில்லையின் மேற்பரப்புகள் கோளத்தின் பகுதிகளாக அமையும் முறையை உரு 5.42 காட்டுகின்றது.

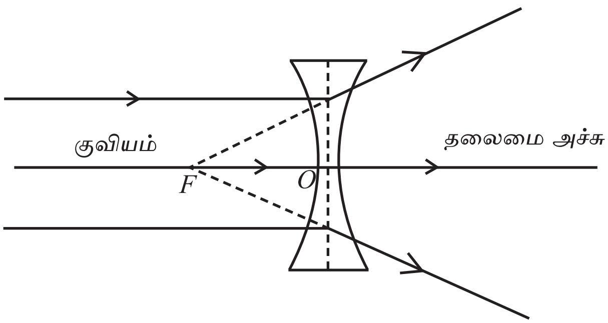


உரு 5.49 குழிவு வில்லையின் மேற் பரப்புகள்

A இனால் காட்டப்படும் குழிவுப் பரப்பின் கோளத்தின் மையம் C_1 உம் B இனால் காட்டப்படும் குழிவுப் பரப்பின் கோளத்தின் மையம் C_2 உம் ஆகும். இம் மையங் களைத் தொடுக்கும் கோடு வில்லையின் தலைமை அச்சாகும். தலைமை அச்சின் முக்கியத்துவம் அதனூடாகச் செல்லும் எந்தவொரு ஒளிக் கதிரும் விலகலடையாது (முறிவடையாமல்) நேரே செல்லல் ஆகும்.

வில்லையின் நடுவில் இருக்கும் மையம், அதாவது ஒளியியல் மையம் O வினால் காட்டப்பட்டுள்ளது. அதனூடாகச் செல்லும் ஒளிக் கதிர்களும் விலகலடையாது நேரே செல்கின்றன.

அடுத்ததாகக் குழிவாடியின் தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாக வில்லைக்கு வரும் ஒளிக் கதிர்கள் பற்றிக் கருத வேண்டும். அவை வில்லையினூடாக வெளியே விரியுமாறு செல்கின்றன. அவ்விரியும் கதிர்கள் வருவனவாகத் தோற்றும் புள்ளி அவ்வில்லையின் குவியம் ஆகும்.



உரு 5.50 தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமான ஒளிக்கதிர்கள் குழிவு வில்லையில் முறிவடையும் விதம்

• குழிவு வில்லைகளில் உண்டாகும் விம்பங்கள்

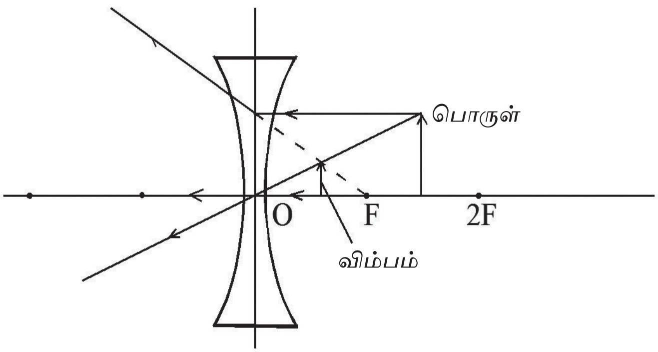
செயற்பாடு 5.7

- ஒரு குழிவு வில்லைக்கு முன்னால் ஒரு பிரகாசமான பொருளை (உ - ம். ஒரு ஒளியூட்டிய மெழுகுவர்த்தி) வைக்க.
- வில்லையின் எதிர்ப் பக்கத்தில் ஒரு திரையை வைத்து வில்லையைச் செப்பஞ்செய்து திரை மீது ஒரு மெய் விம்பத்தைப் பெற முயலுக.

குழிவுவில்லைகளினால் மெய்விம்பங்கள் உண்டாக்கப்படுவதில்லை.

அப்போது குழிவுவில்லையினூடாக அப்பொருளைப் பார்க்க வேண்டும். அப்போது பொருள் சிறியதாகத் தெரியும். இது மாய விம்பமாகும். ஒரு குழிவு வில்லைக்கு முன்னால் ஒரு பொருளை எத்தூரத்தில் வைத்தாலும் வில்லையினூடாக ஒரு சிறிய நிமிர்ந்த மாயவிம்பத்தை மாத்திரம் பார்க்கலாம்.

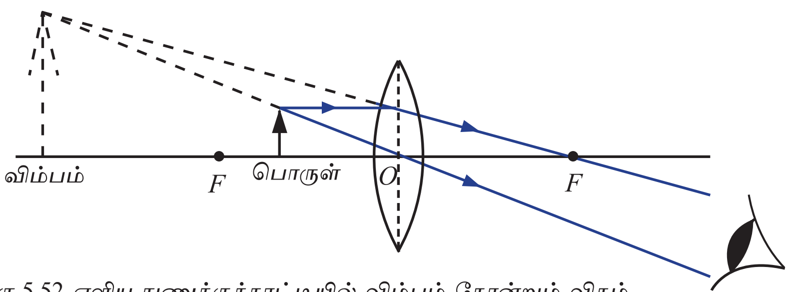
அவ்விம்பம் உண்டாகும் விதம் பின்வரும் கதிர் வரிப்படத்தில் காணப்படுகின்றது.



உரு 5.51

கை வில்லை அல்லது எளிய நுணுக்குக்காட்டி

கைப்பிடியில் பொருத்தப்பட்ட குவிவு வில்லையானது கை வில்லை அல்லது பெரிதாக்குங் கண்ணாடி அல்லது எளிய நுணுக்குக்காட்டி எனப்படும்.

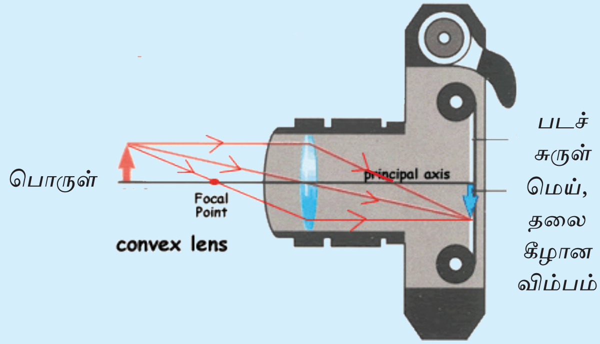


உரு 5.52 எளிய நுணுக்குக்காட்டியில் விம்பம் தோன்றும் விதம்

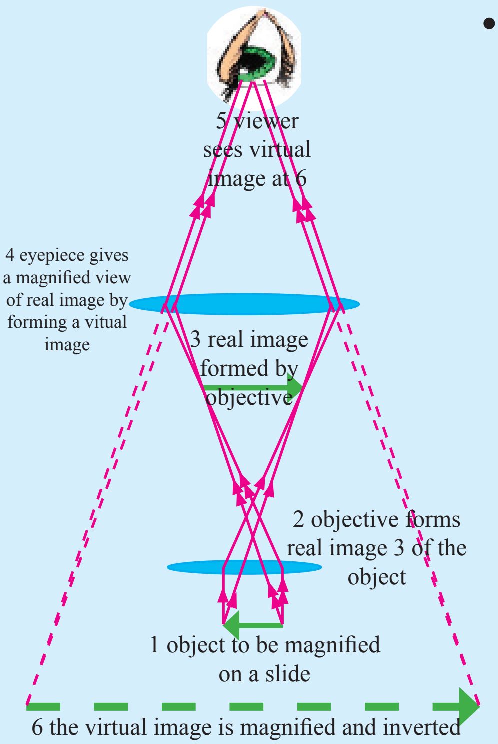
பொருளை ஒரு குவிவு வில்லையின் குவியத் தூரத்திலும் பார்க்கக் குறைந்த தூரத்தில் வில்லைக்கு முன்னால் வைத்து வில்லையினூடாகப் பார்க்கும்போது பொருள் பெரிதாகித் தோன்றும்.

மேலதிக அறிவுக்காக

- கமெராவில் குவிவுவில்லையை பயன்படுத்தி திரையின் மீது உண்மை விம்பம் பெறப்படுகின்றது. குவிவு வில்லையை செப்பஞ் செய்யும்போது திரைக்கும் குவியவில்லைக்குமிடைப்பட்ட தூரம் மாறுபடுகின்றது. இதன் மூலம் வெவ்வேறு தொலைவில் உள்ள பொருள்களின் தெளிவான விம்பத்தை திரையின் மீது பெற்றுக் கொள்ளமுடியும்.



- வெறுங்கண்ணுக்குத் தெரியாத நுண்ணங்கிகளைப் பெரிதாக்கிப் பார்ப்பதற்கு கூட்டு நுணுக்குக்காட்டி பயன்படுத்தப்படுகின்றது. அதன் பார்வைத்துண்டு, பொருள்வில்லை என்பவற்றில் குவிவுவில்லைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவற்றைக் கொண்டு சிறிய பொருள்களைப் பெரிதாக்கிப் பார்க்க முடிகிறது.



பொழிப்பு

- இரு வகையான ஆடிகள் உள்ளன. தளவாடிகளும் வளைவாடிகளும் ஆகும். வளைவாடிகளை குவிவாடிகள், குழிவாடிகள் என வகைப்படுத்த முடியும்.
- தளவாடியினால் உருவாக்கப்படும் விம்பங்கள் மாயமானதுமாகும். பக்க நேர்மாறல் அடைந்தும் இருக்கும். அவை பொருளின் அதே பருமன் உடையவை.
- படுகதிர், தெறிகதிர், படுபுள்ளியில் தளத்திற்கு வரையப்பட்ட செவ்வன் ஆகிய ஒரே தளத்தில் அமையும்.
- ஆடியில் பட்டு ஒளியானது தெறிக்கும்போது படுகோணமானது தெறிகோணத்திற்கு சமனாகும்.
- குவிவாடிக்கு முன்னால் பொருள் ஒன்று வைக்கப்படும்போது உருவாகும் விம்பம் உருச்சிறுத்ததாகவும் பக்கநேர்மாறல் அடைந்தும் மாயமானதாகவும் பொருள் தூரத்தை விட குறைந்த தூரத்திலும் விம்பம் உருவாகும்.
- ஒரு ஊடகத்தில் இருந்து இன்னுமோர் ஊடகத்திற்கு ஒளி செல்லும் போது ஏற்படும் திரும்பலானது ஒளியின் முறிவு எனப்படும்.
- ஒளியியல் ஐதான ஊடகத்திலிருந்து ஒளியியல் அடர்ந்த ஊடகத்திற்கு ஒளி செல்லும்போது செவ்வனை நோக்கி திரும்பலடையும்.
- ஒளியியல் அடர்ந்த ஊடகத்திலிருந்து ஒளியியல் ஐதான ஊடகத்திற்கு ஒளி செல்லும்போது செவ்வனை விழுத்தி திரும்பலடையும்.
- ஒளியானது முறிவுக்கு உட்படும்போது படுகதிர், தெறிகதிர், படுபுள்ளியில் வரையப்பட்ட செவ்வன் ஆகியன ஒரு தளத்தில் அமையும்.

$$\text{முறிவுச் சுட்டி} = \frac{\text{படுகோணத்தின் சைன்}}{\text{முறிகோணத்தின் சைன்}}$$

- ஒளியியல் அடர்ந்த ஊடகத்திலிருந்து ஒளியியல் ஐதான ஊடகத்திற்கு ஒளி செல்லும்போது ஒரு குறித்த படுகோணத்தின் பெறுமானத்திற்கு முறிகதிரானது இரு ஊடகங்களையும் பிரிக்கும் மேற்பரப்பில் மருவி வெளியேறும். இந்நிலையில் உள்ள படுகோணமானது அலாதிக்கோணம் (C) எனப்படும்.
- ஒளியியல் அடர்ந்த ஊடகத்தில் இருந்து ஒளியியல் ஐதான ஊடகத்திற்கு ஒளிக்கதிர் செல்லும் போது படுகோணமானது அலாதிக்கோணத்தை விட கூடிய கோணத்தில் படும்போது ஒளிக் கதிரானது அடர்ந்த ஊடகத்தினுள்ளே முற்றாக தெறிப்படையும். இது முழு அகத் தெறிப்பு எனப்படும்.

- ஒளியானது ஒளியியல் நார்களினூடு செல்லும்போது முழு அகத்தெறிப்புக்கு உட்படும்.
- இரு குவிவுவில்லைகள், இரு குழிவு வில்லைகள், தள குவிவு வில்லைகள், தள குழிவு வில்லைகள் போல் பல வகையான வில்லைகள் காணப்படுகின்றன.
- இரு குழிவுவில்லைக்கு முன்னால் வைக்கப்படும் பொருளின் விம்பம் பக்கநேர்மாறல் அடைந்தும் உறுச்சிறுத்தும் பொருள் தூரத்தை விட குறைந்த தூரத்திலும் உருவாகும்.

பயிற்சி 5.1

1. i. எப்போதும் மாயவிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கும் இரு வகையான ஆடிகளைப் பெயரிடுக.

ii. குழிவாடியொன்றின் முனைவுக்கும் குவியத்திற்கும் இடையே பொருளொன்றை வைத்து தோன்றும் விம்பத்தை அவதானித்துப் பின்வரும் வினாக்களுக்கு விடை தருக.

a) விம்பம் நிமிர்ந்ததா அல்லது தலைகீழானதா?

b) விம்பம் பொருளைவிடச் சிறிதாகவுள்ளதா அல்லது பெரிதாகவுள்ளதா?

c) விம்பம் மெய்யானதா அல்லது மாயமானதா?

d) பொருள் குவியத்திலிருந்து முனைவை நோக்கி நகர்த்தப்படும் போது விம்பம் படிப்படியாகச் சிறிதாகுமா அல்லது பெரிதாகுமா?

iii. குழிவாடியொன்றில் மிகப்பெரிய விம்பம் ஒன்றைப் பெறுவதற்கு

a) பொருள் எங்கு வைக்கப்பட வேண்டும்?

b) இங்குப் பெறப்படும் விம்பம் நிமிர்ந்ததா அல்லது தலைகீழானதா?

iv. குவிவாடியொன்றின் முன்னால் பொருளொன்றை வைத்து அதில் தோன்றும் விம்பத்தை அவதானிக்க. இங்கு பெறப்படும் அனைத்து விம்பங்களிற்குமான பொது இயல்புகள் இரண்டு எழுதுக.

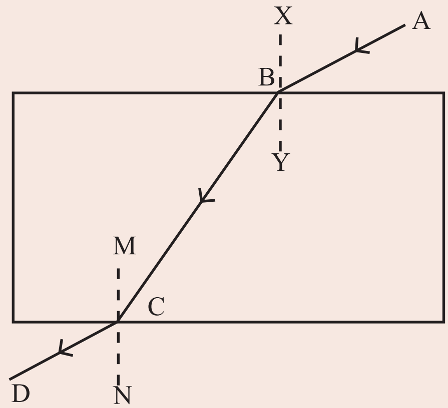
2. i. ஒளி முறிவு என்பதனால் குறிப்பிடப்படுவது யாது?

ii. A. ஐதான ஊடகத்தில் இருந்து அடர்ந்த ஊடகத்திற்கு

B. அடர்ந்த ஊடகத்தில் இருந்து ஐதான ஊடகத்திற்கு

ஒளிக் கதிர்கள் பயணம் செய்யும் போது ஒளி முறிவு நடைபெறுவதனைக் காட்டும் கதிர் வரிப்படத்தினை வரைக.

iii. கீழே காட்டப்பட்டுள்ள கதிர் வரிப்படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள கதிர்களையும் கோணங்களையும் பெயரிடுக.

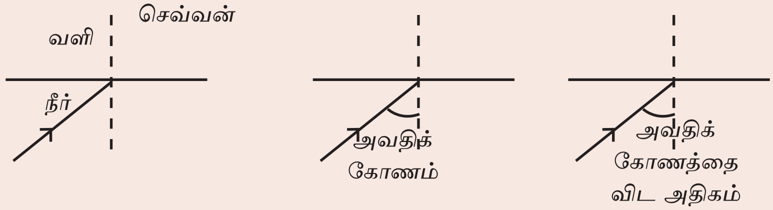


கதிர் AB .... கதிர் BC ....

கதிர் CD .... கோணம் ABX ....

கோணம் YBC .... கோணம் NCD ....

3. அடர்ந்த ஊடகத்தில் இருந்து ஐதான ஊடகத்திற்கு ஒளி பயணம் செய்யும் சந்தர்ப்பங்கள் சில கீழே காட்டப்பட்டுள்ளன.



i. வரிப்படத்தைப் பூரணப்படுத்துக.

ii. முழுவுட்தெறிப்பு என்பதனால் குறிப்பிடப்படுவது என்ன?

iii. முழுவுட்தெறிப்பு நடைபெறும் சந்தர்ப்பங்களுக்குச் சில உதாரணங்கள் தருக.

4. i. குவிவுவில்லையொன்றின் முன்னால் அதன் குவியத்தூரத்தை விட இரு மடங்கிலும் அதிகமான தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருள் ஒன்றின் விம்பம் தோன்றும் விதத்தை கதிர் வரிப்படத்தின் மூலம் காட்டுக.

ii. a. அவ்விம்பம் மெய்யானதா? அல்லது மாயமானதா?

b. அவ்விம்பம் மெய்யானதா அல்லது மாயமானதா என்பதனைக் கண்டறிவதற்காக எளிய செயன்முறையொன்றைத் தருக.

c. தோன்றும் விம்பம் பொருளை விடப் பெரிதானதா? அல்லது சிறிதானதா?

5. i. ஒளியியல் உபகரணம் ஒன்றினுள் ஒளிக்கதிரொன்று உட்செல்வதனை உரு காட்டுகின்றது.

a. B இல் ஒளிக்கதிருக்கு யாது நிகழும் என்பதனை வரிப்படமொன்றில் வரைந்து காட்டுக.

b. ஒளியியல் உபகரணத்தினுள் AB கதிருக்கு யாது நிகழும் என்பதனை வரிப்படமொன்றில் வரைந்து காட்டுக. (அளவிடை தேவையில்லை)

ii. a. குவிவு வில்லை ஒன்றின் முன்னால் எவ்வளவு தூரத்தில் பொருளொன்று வைக்கப்படும் போது அதன் மிகப்பெரிய மெய் விம்பம் தோன்றும்?

b. இவ்விம்பத்தின் இரு இயல்புகளைத் தருக.

c. குவிவு வில்லை ஒன்றின் முன்னால் எவ்வளவு தூரத்தில் பொருளொன்றை வைத்தால் மிகச் சிறிய மெய்விம்பம் தோன்றும்?

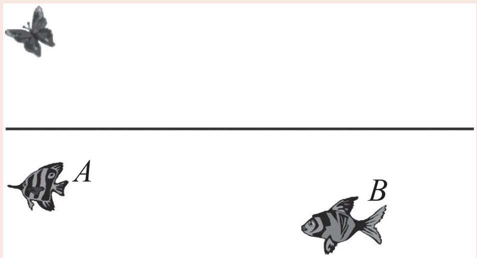
6. ஒரு பையினுள் 10 cm, 20 cm, 25 cm குவியத்தூரமுள்ள மூன்று குவிவு வில்லைகள் காணப்படுகின்றன. இவற்றை தனித்தனியே வேறுபடுத்துவதற்கு எளிய செயற்பாடொன்றை தருக.

7. a. ஒளியானது வளியிலிருந்து நீரினுள் செல்லும் போது தனது பாதையிலிருந்து விலகி செல்கின்றது.

i. இச் செயற்பாடு எவ்வாறு அழைக்கப்படும்?

ii. இதற்கான காரணத்தை தருக.

b. உரு நீரிலுள்ள மீன்களையும் வளியிலுள்ள வண்ணத்துப்பூச்சியையும் காட்டுகின்றது.

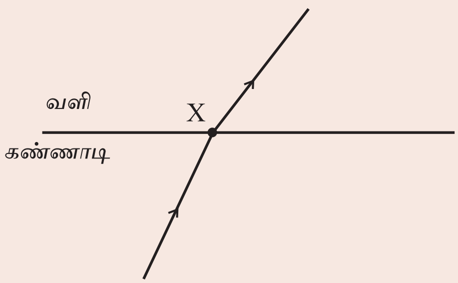


i. வண்ணத்துப்பூச்சியிலிருந்து மீன் B வகை ஒளிக்கதிரொன்றின் பயணப்பாதையை படம் வரைந்து காட்டுக.

ii. மீனின் அமைவு எவ்வாறு தோற்றமளிக்கும். அதற்கான காரணத்தை தருக.

iii. மீன் A யின் கண்ணிலிருந்து மீன் B யிற்கு ஒளிக்கதிர் செல்லும் இரு வேறு பாதைகளை வரைந்து காட்டுக.

8. மாணவனொருவன் ஒளிமுதிர்வை கதிர்படம் மூலம் காட்டுவதற்காக செய்த பரிசோதனையின் வரிப்படம் காட்டப்பட்டுள்ளது.



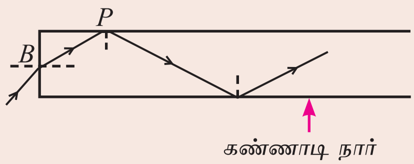
a. படத்தில் செவ்வனை வரைந்து படுகோணம், முறிகோணம் என்பவற்றை குறிக்க. கோணங்களை அளந்து எழுதுக.

படுகோணம் $i =$ ....

முறிகோணம் $r =$ ....

b. தொடர்ச்சியாக படுகோணத்தை அதிகரிக்கும் போது ஒரு சந்தர்ப்பத்தில் கதிர் வளியில் ஊடுருவி செல்லவில்லை இதனை விளக்குக.

9. உரு ஒளிக்கதிர் சமிக்ஞை ஒன்று B புள்ளியினூடாக கண்ணாடி நாரினூடாக பயணிப்பதை காட்டுகின்றது.



a. ஒளி வளியிலிருந்து கண்ணாடி நாரினுள் படும் புள்ளி *B* யில் ஒளிக்கதிருக்கு யாது நிகழுகின்றது?

b. கண்ணாடி நாரினுள் புள்ளி *P* யில் பட்டு செல்லும் பாதையின் காரணத்தை எழுதுக.

10. வில்லைகள் பல்வேறு ஒளியியல் உபகரணங்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

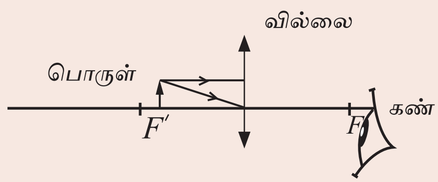
a. வில்லைகளின் விம்பம் தொடர்பான பின்வரும் அட்டவணையைப் பூர்த்தி செய்க.

ஒளியியல் உபகரணம்	விம்ப வகை	விம்ப பருமன்	விம்ப தூரம்
கண்	உண்மை		
எறியி		உருப் பெருத்தது	
கை வில்லை			வில்லைக்கும் பொருளுக்கும் இடையில்

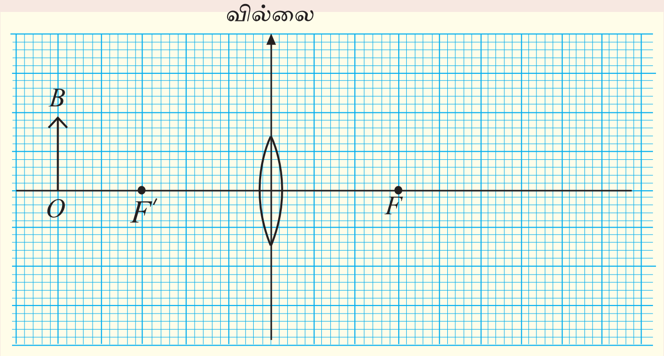
b. குவிவு வில்லையின் முன்னால் குவியத்திற்கும் ஒளியியல் மையத்திற்கு மிடையில் பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது.

i. கதிர்ப்படத்தினை பூர்த்தி செய்து விம்பத்தினை பெறுக.

ii. விம்பத்தின் இயல்புகள் மூன்று தருக.



11. குவிவுவில்லையின் முன்னால் பொருள் OB வைக்கப்பட்டுள்ளது. இரு குவியங்கள் F, F' குறிக்கப்பட்டுள்ளது.

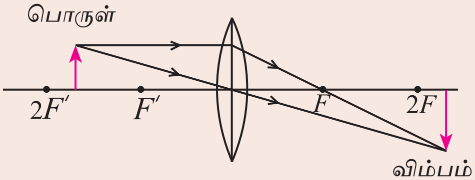


a. பொருளின் B யிலிருந்து வில்லைக்கூடாக செல்லும் இரு கதிர்களை வரைந்து விம்பத்தினை பெறுக.

b. விம்பத்தினை வரைந்து I எனப் பெயரிடுக.

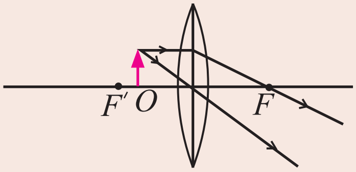
c. விம்பத்தின் பருமனினதும் பொருளின் பருமனினதும் விகிதத்தைக் காண்க.

12. கதிர்வரிப்படம் குவிவு வில்லையில் விம்பம் தோன்றலை காட்டுகின்றது.



பொருளின் நிலைகளை இரு வேறு இடங்களுக்கு மாற்றி வரிப்படத்தினை வரைக.

13. படம் பொருள் O குவிவுவில்லையின் முன்னால் வைக்கப்பட்டுள்ளது. குவியத்தூரம் 30 mm பொருள் தூரம் 20 mm பொருளின் உயரம் 15 mm.



a. வரைபடத்தினை பூர்த்தி செய்து விம்பத்தினை பெறுக.

b. விம்பத்தின் இயல்புகள் இரண்டு தருக.

c. விம்ப உயரம் யாது? உருப்பெருக்கம் யாது?

கலைச்சொற்கள்

தெறிப்பு	-	Reflection
ஆடிகள்	-	Mirrors
படுகதிர்	-	Incident ray
படுகோணம்	-	Angle of incidence
உண்மை விம்பம்	-	Rel image
மாய விம்பம்	-	Virtual image
குவிவு ஆடி	-	Convex mirrer
குழிவு ஆடி	-	Concave mirrer
குவியம்	-	Focal
முறிவு	-	Refraction
முறிவுச் சுட்டி	-	Refractive index
முறிவடைதல்	-	Refracted
முழுஅகதெறிப்பு	-	Total internal reflection
முறிவுக் கோணம்	-	Angle of refraction
தோற்ற ஆழம்	-	Apparent depth
குவிவு வில்லைகள்	-	Convex lens
குழிவு வில்லைகள்	-	Concave lens
அரிய இருவிழியன்	-	Binoculars