அலகு
6
ஒளியியல் (OPTICS)

ஒரு காலம் இருண்டதாக இருப்பதற்கு ஒளி வீச மறுப்பது காரணமல்ல, மக்கள் காண மறுப்பதே காரணமாகும்.

– ஜேம்ஸ் ஆல்பர்ட் மிச்சனர்

கற்றலின் நோக்கங்கள்

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- ஒளியைக் கதிராகவும், அலையாகவும் கருதும் இரு கருத்துக்கள்
- ஒளிபரவுதலும் மற்றும் அதன் பண்புகளும்
- சமதள ஆடி, லென்ஸ் மற்றும் முப்பட்டகத்தோடு தொடர்புடைய கருத்துகள்
- நுண்ணோக்கி, தொலைநோக்கி போன்ற ஒளியியல் கருவிகளின் செயல்பாடுகள்
- உருப்பெருக்கம், பிரிதிறன் போன்ற பல்வேறு வரையறைகள்
- ஒளியின் அலைப்பண்பை நிரூபிக்கத் துணைபுரியும் பல்வேறு நிகழ்வுகள்

G5E3U2

6.1 அறிமுகம்

ஒளி புதிரான ஒன்றாகும். ஆனாலும் அதன் பண்புகள், நம்மைப் பரவசத்தில் ஆழ்த்துகின்றன. ஒளியை ஒரு தனித்துவமாக நம்மால் முழுவதும் புரிந்துகொள்ள இயலாது. இந்த அலகில் நாம் கதிர் ஒளியியல் மற்றும் அலை ஒளியியல் என்ற இருவேறு கொள்கைகளை படிக்க உள்ளோம். கதிர் ஒளியியல், ஒளியை நேர்க்கோட்டில் செல்லும் ஒரு கதிராகப் பார்க்கிறது. இக்கதிரினைக் கொண்டு வரையப்பட்ட கதிர்ப்படங்கள் ஒளிக்கதிரின் பல்வேறு பண்புகளைப் புரிந்து கொள்ள நமக்குத் துணைபுரிகின்றன. அலை ஒளியியல், ஒளி அலையாகப் பரவும் போது ஏற்படும் நிகழ்ச்சிகளைப்பற்றி நமக்கு விளக்குகின்றது. முதலில் கதிர் ஒளியியலைப் பற்றி அறிந்துகொண்டு பின்னர், அலை ஒளியியலைப் பற்றி நாம் படிக்கலாம்.

6.1.1 கதிர் ஒளியியல்

கதிர் ஒளியியலில், ஒளி ஒரு கதிராகக் கருதப்படுகிறது. இக்கதிர், ஊடகம் ஒன்றினுள் நேர்க்கோட்டில் செல்கிறது. அவ்வொளி, மற்றொரு ஊடகத்தினுள் நுழையும்போது அல்லது தடையின்மீது மோதும்போது, தனது நேர்க்கோட்டுப் பாதையிலிருந்து விலகல் அடையும்.

ஒளிக்கதிர் என்பது ஒளி செல்லும் திசையைப் பற்றிய தகவலை மட்டுமே நமக்கு தரும். ஒளியின் மற்ற பண்புகளான ஒளிச்செறிவு, நிறங்கள் போன்றவற்றைப் பற்றிய தகவல்களைக் கதிர் ஒளியியலிலிருந்து நாம் பெற இயலாது. இருந்தபோதிலும் ஒளியைப்பற்றி புரிந்துகொள்ள ஒளியைக் கதிராகக் கருதும் இம்முறை ஓர் அறிவார்ந்த செயலாகும். ஒளி ஒன்றின் பாதையை ஒளிக் கதிர் என்றும், இக்கதிர்களின் தொகுப்பினை ஒளிக்கற்றை என்றும் அழைக்கலாம். இந்த அலகில் கதிர் ஒளியியலின் அடிப்படையில் ஒளி எதிரொளிப்பு, ஒளிவிலகல் மற்றும் ஒளிச்சிதறல் போன்ற நிகழ்வுகளைப்பற்றி நாம் அறிந்து கொள்வோம்.

6.1.2 எதிரொளிப்பு

ஊடகத்தினுள் செல்லும் ஒளிக்கதிர் எதிரொளிக்கும் பரப்பில்பட்டு, அதே ஊடகத்தினுள் பின்னோக்கி வரும் நிகழ்ச்சிக்கு எதிரொளிப்பு என்று பெயர். பளபளப்பான பரப்புகள் ஒளியை நன்கு எதிரொளிக்கும். பின்புறம் வெள்ளிப்பூச்சு (silver coated) செய்யப்பட்ட கண்ணாடி, அதன்மீது

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 1 9/12/2019 2:10:42 PM

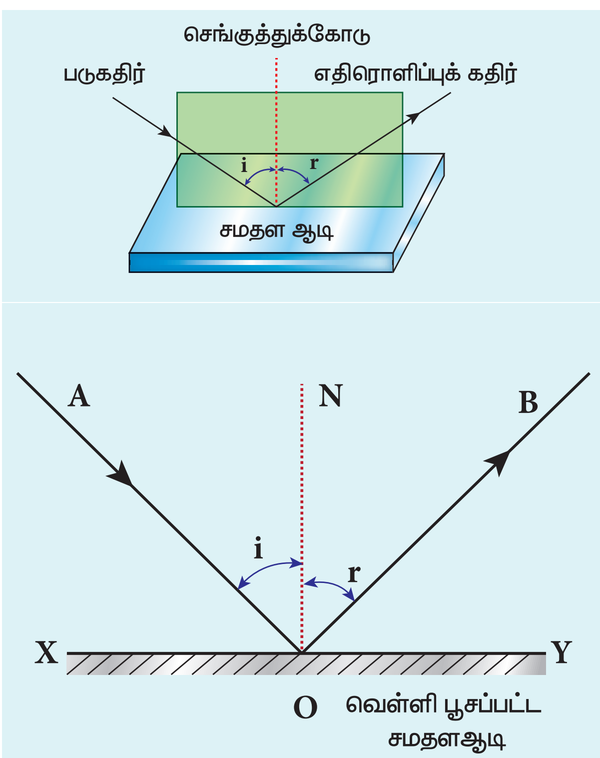
விழும் 90% ஒளியை எதிரொளிக்கும் தன்மை கொண்டவை. படுகோணம் (i) மற்றும் எதிரொளிப்புக் கோணம் (r) இவற்றை ஒளி எதிரொளிக்கும் புள்ளியில், எதிரொளிக்கும் பரப்புக்குச் செங்குத்தாக வரையப்பட்ட செங்குத்துக் கோட்டைப் பொருத்து அளவிடலாம். ஒளி எதிரொளிப்பு விதியின்படி,

(அ) படுகதிர், எதிரொளிப்புக் கதிர் மற்றும் எதிரொளிக்கும் பரப்புக்கு செங்குத்துக்கோடு இவை அனைத்தும் ஒரே தளத்தில் அமையும் (அதாவது ஒரே பரப்பில் காணப்படும்).

(ஆ) படுகோணம் (i) மற்றும் எதிரொளிப்புக் கோணம் (r) இவை இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று சமம்.

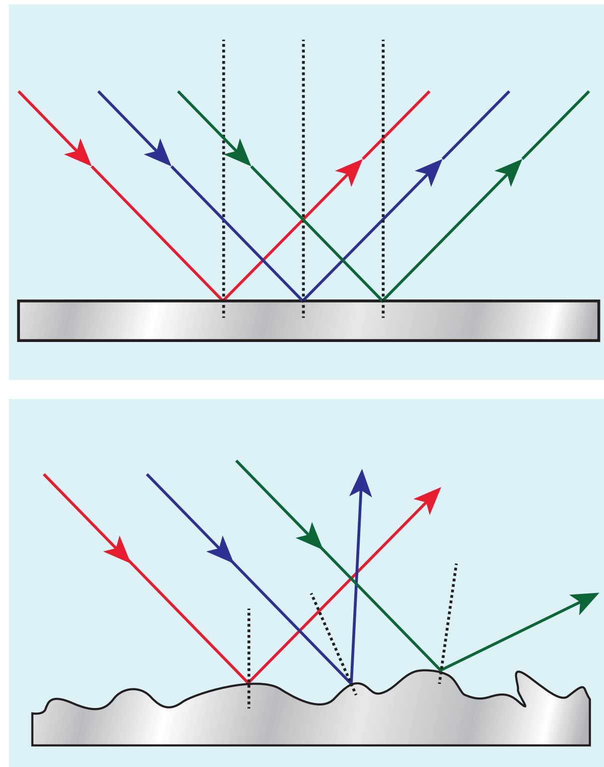
$$i = r \qquad (6.1)$$

ஒளி எதிரொளிப்பு விதி படம் 6.1 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது



படம் 6.1 ஒளியின் எதிரொளிப்பு

எதிரொளிக்கும் பரப்பு, சமதளமாகவோ அல்லது வளைபரப்பாகவோ எவ்வாறு இருப்பினும் பரப்பின் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் ஒளி எதிரொளிப்பு விதி பொருந்தும். எதிரொளிக்கும் பரப்பு சமதளமாக இருப்பின் ஒளி எதிரொளிப்பு விதியின்படி, இணையாகச் செல்லும் படுகதிர்கள், எதிரொளிப்புக்குப்பின்பும் இணையாகவே வரும். எதிரொளிக்கும் பரப்பு ஒழுங்கற்று இருந்தால் இணையாகச் செல்லும் படுகதிர்கள், எதிரொளிப்புக்குப் பின்னர் ஒழுங்கற்று வரும். இது படம் 6.2 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது



படம் 6.2 ஒழுங்கான மற்றும் ஒழுங்கற்ற எதிரொளிப்புகள்

6.1.3 ஒளி எதிரொளிப்பினால் ஏற்படும் விலகுகோணம்

படுகதிர் மற்றும் விலகுகதிர் இவற்றுக்கு இடையே உள்ள கோணத்திற்கு விலகுகோணம் என்று பெயர். இவ்விலகுகோணத்தைப் படம் 6.3(அ) இல் காட்டியுள்ளவாறு எளிய வடிவியல் மூலம் கணக்கிடலாம். படுகதிரை AO எனவும் எதிரொளிப்புக்கதிரை OB எனவும் கொள்க. படுகதிரின் தொடர்ச்சியாகக் கருதப்படும் OCஐ விலகுகதிர் எனக் கருதுக. OB மற்றும் OC இவற்றுக்கு இடையே உள்ள கோணமே விலகுகோணம் (d) ஆகும். வடிவியல் கணக்கீட்டின்படி, $d = 180 - (i+r)$ ஒளி எதிரொளிப்பு விதியின்படி $i = r$. எனவே, ஒளி எதிரொளிப்பினால் ஏற்படும் விலகுகோணத்தைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

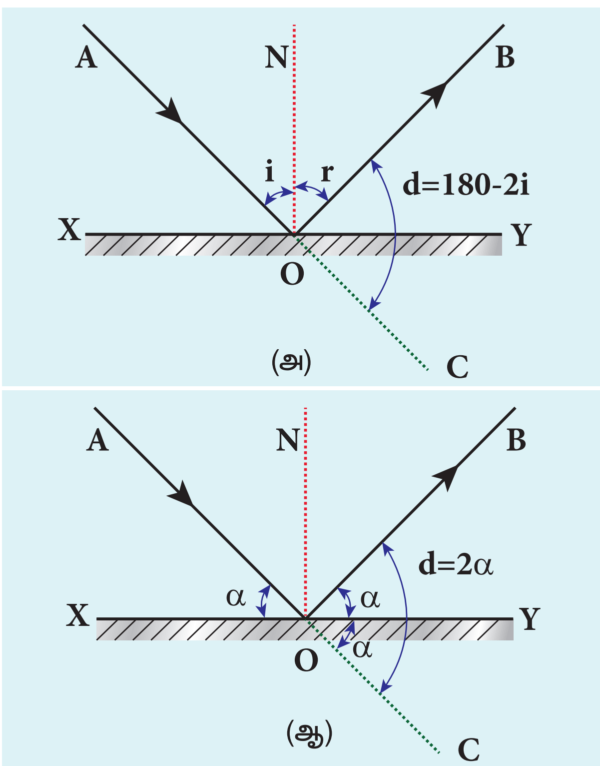
$$d = 180 - 2i \qquad (6.2)$$

ஒளி எதிரொளிப்பினால் ஏற்படும் விலகுகோணத்தை, நோக்கு கோணத்தின் (α) அடிப்படையிலும் கணக்கிடலாம். படம் 6.3(ஆ) இல்

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 2
9/12/2019 2:10:42 PM

காட்டியுள்ளவாறு படுகதிர் AO மற்றும் எதிரொளிக்கும் சமதளப்பரப்பு XY இவற்றுக்கு இடையே உள்ள கோணம் நோக்கு கோணம் (α) ஆகும். வடிவியல் கணக்கீட்டின்படி கோணங்கள் $\angle AOX = \alpha$, $\angle BOY = \alpha$ மற்றும் $\angle YOC = \alpha$ (இவை அனைத்தும் ஒன்றே). படத்திலிருந்து விலகுகோணம் (d) என்பது கோணம் $\angle BOC$ ஆகும். எனவே,

$$d = 2\alpha \qquad (6.3)$$



படம் 6.3 ஒளிஎதிரொளிப்பினால் ஏற்படும் திசைமாற்றக் கோணம்

எடுத்துக்காட்டு 6.1

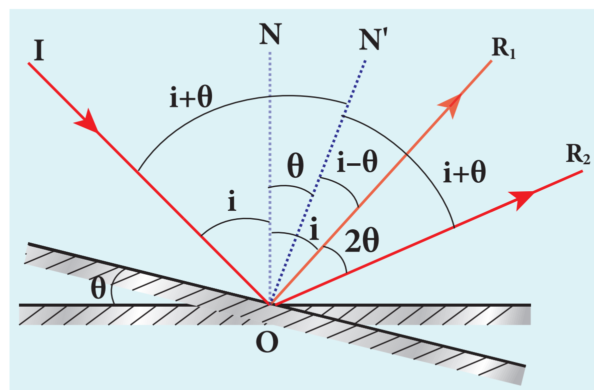
ஒளி எதிரொளிக்கும் பரப்பினை θ கோணம் சாய்க்கும்போது எதிரொளிக்கும் கதிர் 2θ கோணம் சாயும் என்பதை நிரூபி.

தீர்வு:

எதிரொளிக்கும் பரப்பு ABக்கு, படுகதிர் IO மற்றும் எதிரொளிப்புக்கதிர் OR_1 ஆகும். இங்கு, எதிரொளிக்கும் பரப்புக்குச் செங்குத்தைப்பொருத்து (குத்துக்கோடு N) i என்பது படுகோணமாகும். இது எதிரொளிப்புக் கோணத்திற்குச் சமமாகும். இது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. எதிரொளிக்கும் பரப்பு AB ஐ θ கோணம் சாய்த்து $A'B'$ நிலைக்குக் கொண்டுவரும் போது, குத்துக்கோடும், N நிலையிலிருந்து N' நிலைக்கு θ கோணம் சாயும். இங்கு படுகதிர் IO மாறாமல் ஒரே நிலையில் இருப்பதை நினைவில் கொள்ளவேண்டும். சாய்க்கப்பட்ட நிலையில் படுகோணம் $i+\theta$. எனவே, எதிரொளிப்புக்கோணமும் $i+\theta$ ஆகும். ஆனால் சாய்க்கப்பட்ட நிலையில் எதிரொளிப்புக்கதிர் OR_2. எனவே, OR_2 மற்றும் OR_1 க்கு இடையே ஏற்பட்டக் கோணம்

$$\angle R_1OR_2 = \angle N'OR_2 - \angle NOR_1$$

$(i+\theta) - (i-\theta) = 2\theta$ ஆகும்.



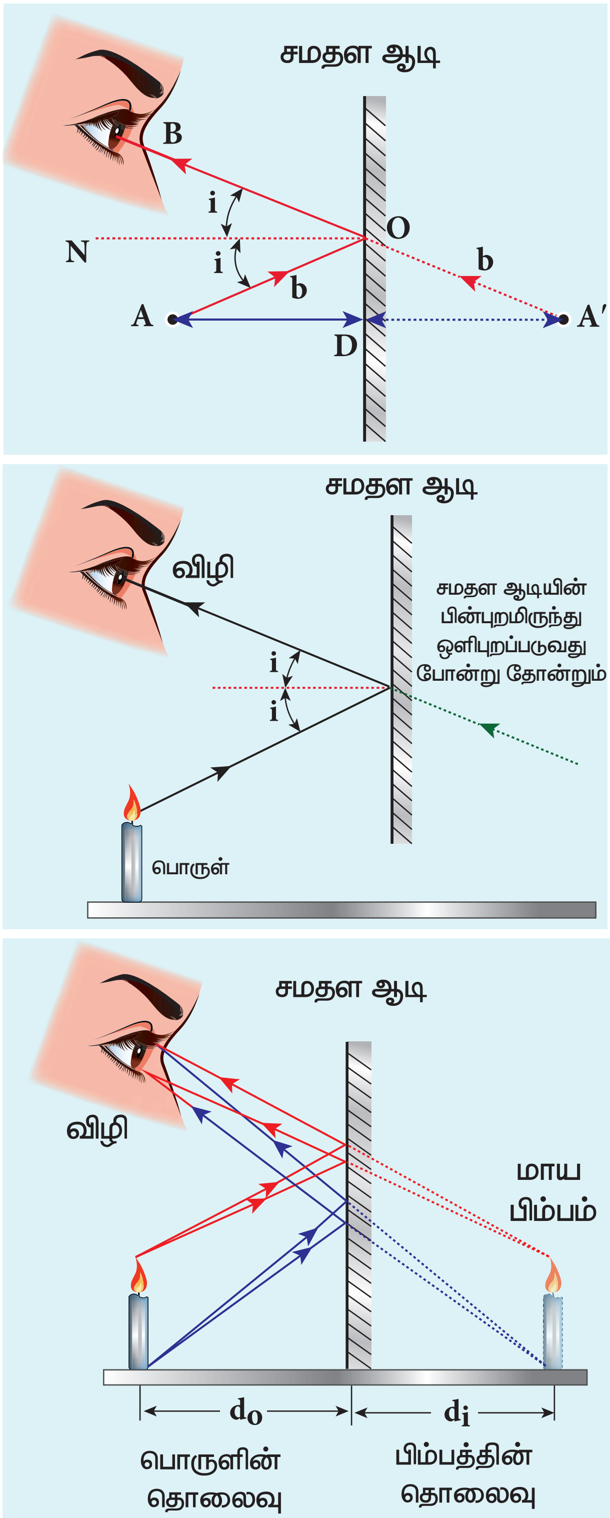
6.1.4 சமதள ஆடியில் பிம்பம் தோன்றுதல்

சமதள ஆடி ஒன்றின் முன்னே A என்ற புள்ளிப் பொருள் ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது எனக் கருதுக. படம் 6.4இல் காட்டியுள்ளவாறு O என்பது, படுகதிர் சமதள ஆடியில் படும் புள்ளியாகும். புள்ளிப் பொருளிலிருந்து சமதள ஆடிக்கு வரும் படுகதிர் AO, எதிரொளிப்புக் கதிர் OB, மேலும் ON என்பது, செங்குத்துக் கோடாகும்.

படுகோணம் $\angle AON$ = எதிரொளிப்புக் கோணம் $\angle BON$

சமதள ஆடிக்குச் செங்குத்தாகவரும் AD என்ற மற்றொரு படுகதிர் சமதள ஆடியில் D என்ற புள்ளியில்பட்டு DA வழியே எதிரொளிக்கும். BO மற்றும் AD கதிர்களை ஆடிக்குப் பின்புறமாக நீட்டிச் செல்லும்போது அவை A' என்ற புள்ளியில் சந்திக்கின்றன. எனவே, இவ்விரண்டு கதிர்களும் ஆடிக்குப் பின்புறமுள்ள A' என்ற புள்ளியிலிருந்து வருவதுபோன்று தோன்றும். ஒரு சமதள ஆடியில் பொருள் மற்றும் அதன் பிம்பம் இரண்டும், சமதள ஆடியிலிருந்து ஒரே செங்குத்துத் தொலைவில் இருக்கும். இதனைப் பின்வருமாறு விளக்கலாம்.

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 3 9/12/2019 2:10:43 PM



படம் 6.4 சமதள ஆடியில் தோன்றும் பிம்பம்

படம் 6.4இல் இருந்து,

$\angle AON = \angle DAO$ [ஒன்றுவிட்ட கோணங்கள்]

$\angle BON = \angle OA'D$ [ஒத்த கோணங்கள்]

எனவே முக்கோணவியல் விதிகளின்படி $\angle DAO = \angle OA'D$

மேலும், ΔODA மற்றும் $\Delta ODA'$ இரண்டும் சர்வசமமான முக்கோணங்கள் ஆகும். எனவே,

$$\therefore AD = A'D$$

இதிலிருந்து சமதள ஆடிக்கு முன்பாகப் பொருள் எவ்வளவு தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ளதோ, அதே தொலைவில் ஆடிக்கு உள்ளே பிம்பம் தோன்றும் என்பதை அறியலாம்.

6.1.5 சமதள ஆடியில் தோன்றும் பிம்பத்தின் பண்புகள்

(i) சமதள ஆடியில் தோன்றும் பிம்பம், இடவல மாற்றம் கொண்ட நேரான மாய பிம்பமாகும்.

(ii) பொருளின் அளவும், பிம்பத்தின் அளவும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாகும்.

(iii) சமதள ஆடிக்கு முன்பாகப் பொருள் எவ்வளவு தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ளதோ, அதே தொலைவில் ஆடிக்கு உள்ளே பிம்பம் தோன்றும்.

(iv) பொருளொன்றை θ கோணத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ள இரண்டு சமதள ஆடிகளுக்கு நடுவே வைக்கும்போது தோன்றும் பிம்பங்களின் எண்ணிக்கையைப் n பின்வருமாறு அறியலாம்.

☞ சமச்சீரான அல்லது சமச்சீரற்ற நிலையில் பொருள் வைக்கப்பட்டிருந்தால், $\left(\frac{360}{\theta}\right)$ இரட்டைப்படை எனில், $n = \left(\frac{360}{\theta} - 1\right)$

☞ சமச்சீரான நிலையில் பொருள் வைக்கப்பட்டிருந்தால் $\left(\frac{360}{\theta}\right)$ ஒற்றைப்படை எனில் $n = \left(\frac{360}{\theta} - 1\right)$

☞ சமச்சீரற்ற நிலையில் பொருள் வைக்கப்பட்டிருந்தால் $\left(\frac{360}{\theta}\right)$ ஒற்றைப்படை எனில், $n = \left(\frac{360}{\theta}\right)$

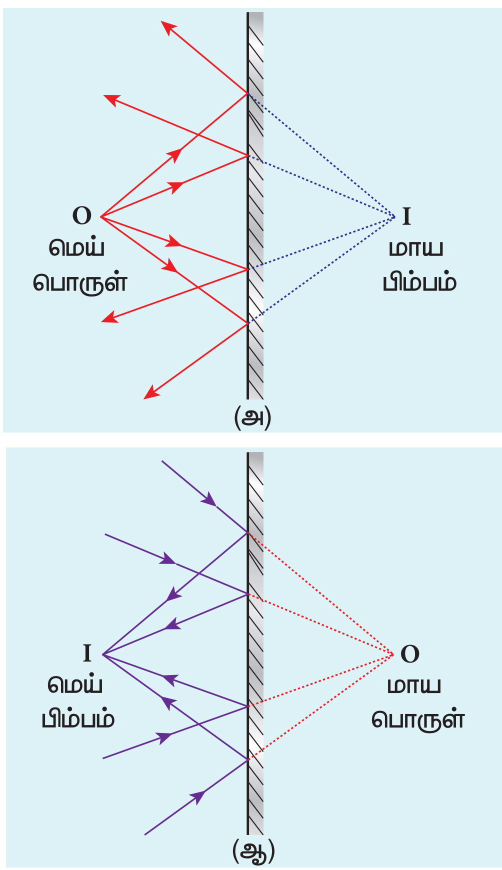
6.1.6 சமதள ஆடியில் தோன்றும் மெய் மற்றும் மாயபிம்பங்கள்

சமதள ஆடிக்கு முன்புறம் O என்ற புள்ளியில் மெய்யான பொருள் ஒன்றை வைக்கும்போது, அப்பொருள் படம் 6.5(அ) இல் காட்டியவாறு அனைத்துத் திசைகளிலும் செல்லும் விரிகதிர்களை

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 4
9/12/2019 2:10:45 PM

ஏற்படுத்தும். இவ்விரிகதிர்கள் சமதள ஆடியினால் எதிரொளிக்கப்பட்ட பின்னர், சமதள ஆடிக்குப் பின்புறம் உள்ள I என்ற புள்ளியிலிருந்து வருவதுபோன்ற தோற்றத்தை ஏற்படுத்தும். இதுபோன்று, **திரையில் தோன்றாத ஆனால் கண்களினால் மட்டும் காணக்கூடிய பிம்பமே, *மாயபிம்பமாகும்*** (virtual image).

மாறாக, குவிகதிர்கள் சமதள ஆடியில்பட்டு எதிரொளிக்கப்பட்ட பின்பு, படம் 6.5(ஆ) இல் காட்டியுள்ளவாறு I சமதள ஆடிக்கு முன்புறமுள்ள என்ற புள்ளிவழியே சென்று பிம்பத்தை ஏற்படுத்தும். **இப்பிம்பம் ஆடிக்கு முன்புறமாக உள்ளதால் இது திரையில் தோன்றும். மேலும், இதனைக் கண்களால் காண முடியும். இவ்வகையான பிம்பத்திற்கு *மெய்பிம்பம்*** (real image) **என்று பெயர்.**



படம் 6.5 சமதள ஆடியில் தோன்றும் மெய் மற்றும் மாய பிம்பங்கள்

குறிப்பு பொதுவாக சமதள ஆடி மாயபிம்பத்தை மட்டுமே தோற்றுவிக்கும் என்றே நாம் கருதுகிறோம். ஆனால், மேற்கண்ட விளக்கத்திலிருந்து சமதள ஆடியின்மீது குவி கதிர்கள் விழும்போது, அது மெய்பிம்பத்தையும் உருவாக்கும் என்பதை நாம் புரிந்து கொள்ளவேண்டும்.

சமதள ஆடியில் தோன்றும் மெய் மற்றும் மாயபிம்பங்களைப் பற்றிய விளக்கம் அட்டவணை 6.1இல் தொகுக்கப்பட்டுள்ளது. இது கதிர் ஒளியியலில் பொருள்கள் மற்றும் பிம்பங்களின் தன்மையை அறிவதற்குப் பெரிதும் பயன்படும்.

அட்டவணை 6.1 பொருள் மற்றும் பிம்பங்களின் தன்மைக்கான நிபந்தனைகள்

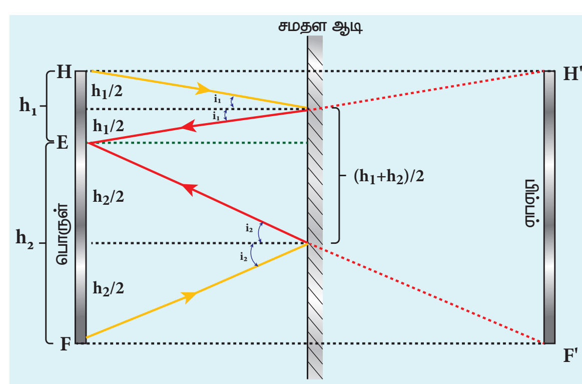
பொருள்/பிம்பத்தின் தன்மை	நிபந்தனை
மெய் பிம்பம்	உண்மையாகவே கதிர்கள் பிம்பத்தில் குவியும்
மாய பிம்பம்	பிம்பத்திலிருந்து கதிர்கள் விரிவது போன்று தோன்றும்
மெய்ப் பொருள்	உண்மையாகவே கதிர்கள் பொருளிலிருந்து விரிவடையும்
மாய பொருள்	கதிர்கள், பொருளில் குவிவதைப் போன்று தோன்றும்

எடுத்துக்காட்டு 6.2

ஒருவர், தம் முழு உருவத்தையும் கண்ணாடியில் பார்க்க வேண்டுமென்றால், கண்ணாடியின் உயரம் எவ்வளவு இருக்க வேண்டும்?

தீர்வு:

h உயரம் கொண்ட மனிதர் ஒருவர் செங்குத்தாக உள்ள கண்ணாடியின் முன்னே நிற்கிறார் எனக் கருதுக. அவரின் தலை மற்றும் பாதத்திலிருந்து செல்லும் ஒளிக்கதிர்கள் கண்ணாடியில்பட்டு எதிரொளித்து, அவரின் கண்களை அடைந்தவுடன், அவர், தமது தலை மற்றும் பாதங்களைக் காண்கிறார்.



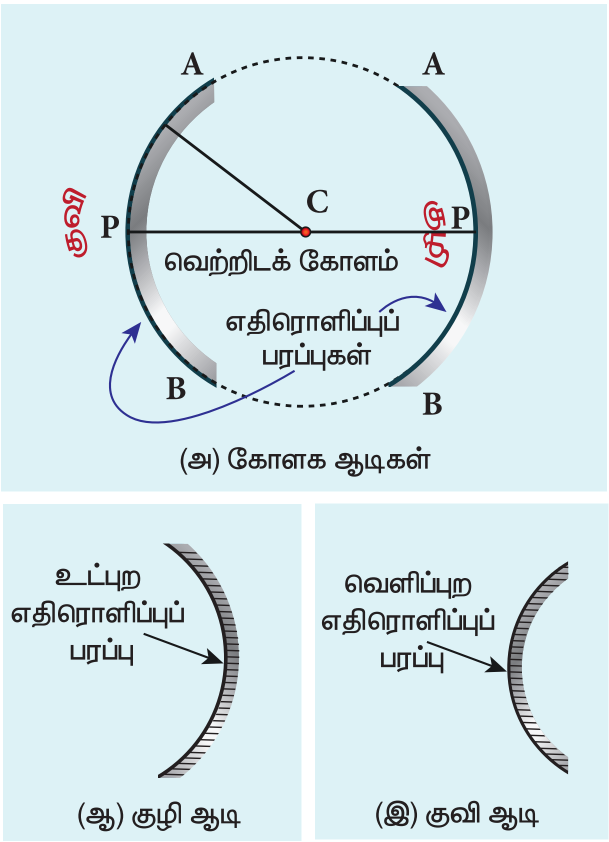
அவரின் தலை (H) மற்றும் கண் (E) இரண்டிற்கும் இடைப்பட்ட தொலைவை h_1 எனவும், அவரின் பாதம் (F) மற்றும் கண் (E) இரண்டிற்கும் இடைப்பட்ட தொலைவை h_2 எனவும் கொள்க.

எனவே, மனிதனின் மொத்த உயரம் $h = h_1 + h_2$ ஆகும்.

எதிரொளிப்பு விதியின்படி, இரண்டு கடைக்கோடி புள்ளிகளில் ஏற்படும் எதிரொளிப்புகளிலும் (extreme reflections) படுகோணமும் எதிரொளிப்புக் கோணமும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாகும். மேலும், இவ்விரண்டு எதிரொளிப்புகளிலும் படுகதிர் மற்றும் எதிரொளிப்புக் கதிர்களுக்கு இடையே உள்ள கோணத்தின் இருசமவெட்டியே, செங்குத்துக் கோடாகும். வடிவியலின்படி மனிதரின் முழு உருவத்தையும் காண, கண்ணாடி, அவரின் உயரத்தில் பாதி அளவு இருந்தால் போதுமானதாகும். $\frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{h}{2}$

கண்ணாடியின் உயரம், மனிதருக்கும் கண்ணாடிக்கும் இடையே உள்ள தூரத்தைச் சார்ந்ததா?

6.2 கோளக ஆடிகள் (Spherical Mirrors)



படம் 6.6 கோளக ஆடிகள்

நாம் தற்போது கோளக எதிரொளிப்புப் பரப்புகளில் ஏற்படும் எதிரொளிப்பைப் பற்றி படிக்க உள்ளோம். ஓர் உள்ளீடற்ற கோளத்திலிருந்து வெட்டப்பட்ட ஒரு பகுதியே கோளகப் பரப்பாகும். கோளக ஆடிகள், பொதுவாகக் கண்ணாடியினால் செய்யப்பட்டவையாகும். கண்ணாடியின் ஒரு பரப்பில் வெள்ளி பூசப்பட்டிருக்கும் (silvered), மற்றொரு பரப்பில் ஒளி எதிரொளிப்பு ஏற்படும். **கோளக ஆடியின் குவி பரப்பில் ஒளி எதிரொளிப்பு ஏற்பட்டால், அதனைக் *குவி ஆடி* (convex mirror) என்றும், குழி பரப்பில் ஒளி எதிரொளிப்பு ஏற்பட்டால், அதனைக் *குழி ஆடி* (concave mirror) என்றும் அழைக்கலாம்.** இவை படம் 6.6இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

கோளக ஆடிகள் சார்ந்த சில துறை சொற்களைப்பற்றி நாம் தற்போது அறிந்து கொள்ளலாம்.

வளைவு மையம் (Centre of curvature): கோளக ஆடி செய்யப்பட்ட கோளத்தின் மையமே, கோளக ஆடியின் வளைவுமையமாகும் (C).

வளைவு ஆரம் (Radius of Curvature): கோளக ஆடி செய்யப்பட்ட கோளத்தின் ஆரமே, கோளக ஆடியின் வளைவு ஆரமாகும் (R).

ஆடிமுனை (Pole): கோளக ஆடிப்பரப்பின் மையப்புள்ளி (அல்லது) கோளக ஆடியின் வடிவியல் மையம், ஆடிமுனை (P) எனப்படும்.

முதன்மை அச்சு (Principal axis): ஆடிமுனை மற்றும் வளைவு மையம் ஆகியவற்றை இணைக்கும் கோட்டிற்கு முதன்மை அச்சு என்று பெயர். முதன்மை அச்சு வழியாகச் சென்று ஆடியில்பட்டு எதிரொளிக்கும் ஒளிக்கதிர், அதே முதன்மை அச்சு வழியாகவே திரும்பிவரும்.

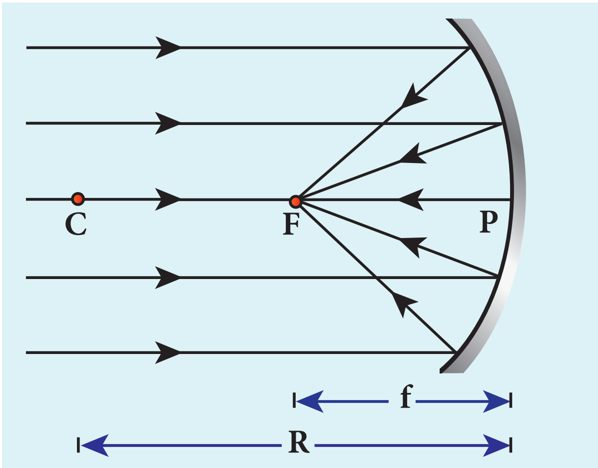
குவியம் (அல்லது) குவியப்புள்ளி (Focus (or) Focal Point): முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர்கள் கோளக ஆடிப்பரப்பில்பட்டு எதிரொளித்த பின்னர், குழி ஆடியாக இருப்பின் முதன்மை அச்சின் ஒரு புள்ளியில் குவியும். குவிஆடியாக இருப்பின் முதன்மை அச்சின் ஒரு புள்ளியிலிருந்து விரிவடைவது போன்று தோன்றும். இப்புள்ளியே கோளக ஆடியின் முதன்மைக் குவியம் அல்லது குவியப்புள்ளி (F) ஆகும்.

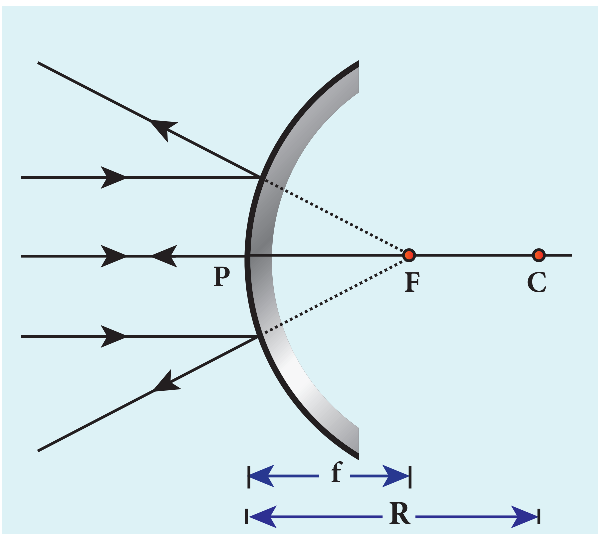
குவியத்தூரம் (Focal length): ஆடிமுனைக்கும் முதன்மைக் குவியத்திற்கும் உள்ள தொலைவிற்குக் குவியத்தூரம் (f) என்று பெயர்

குவியத்தளம் (Focal plane): குவியம் வழியாக, முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக உள்ள தளத்திற்கு ஆடியின் குவியத்தளம் என்று பெயர்.

குவி ஆடி மற்றும் குழி ஆடி இரண்டிற்குமான மேலே கூறப்பட்ட துறை சொற்கள் படம் 6.7இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 6 9/12/2019 2:10:46 PM

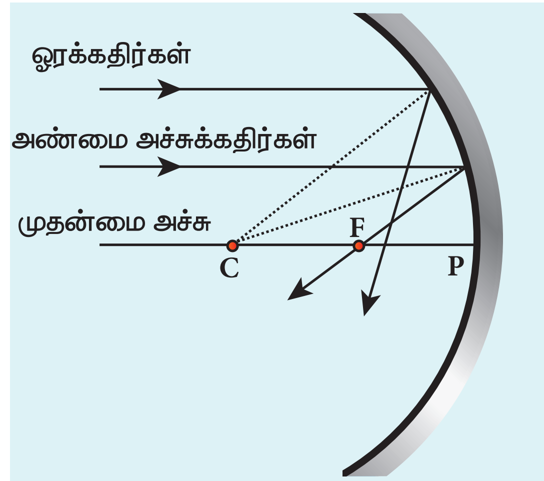




படம் 6.7 குழி மற்றும் குவி ஆடிகளின் குவியத்தூரங்கள்

6.2.1 அண்மை அச்சுக்கதிர்கள் மற்றும் ஓரக்கதிர்கள் (Paraxial Rays and Marginal Rays)

முதன்மை அச்சுக்கு மிக நெருக்கமாகவும், முதன்மை அச்சோடு மிகச் சிறு கோணத்தில் செல்லும் கதிர்களுக்கு *அண்மை அச்சுக்கதிர்கள்* என்று பெயர். இவை ஆடிமுனைக்கு மிக அருகில் ஆடியில் விழும். இதற்கு மாறாக, **முதன்மை அச்சிலிருந்து வெகுதூரத்தில், செல்லும் கதிர்களுக்கு *ஓரக்கதிர்கள்* என்று பெயர்.** இவை இரண்டும் வெவ்வேறு விதமாகச் செயல்படும் (வெவ்வேறு புள்ளிகளில் குவியமடையும்) இது படம் 6.8இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த அலகில் நாம் அண்மை அச்சுக் கதிர்களை மட்டும் முக்கியப்படுத்திப் படிக்க உள்ளோம். ஏனெனில் இவை முக்கிய அச்சுக்கு மிக அருகிலும், மிகச்சிறிய கோணங்களையே ஏற்படுத்துவதால், இவை கதிர் ஒளியியலில் கோணங்களின் தோராயமாக்கலுக்குத் துணைபுரியும்.



படம் 6.8 அண்மை அச்சுக்கதிர்கள் மற்றும் ஓரக்கதிர்கள்

6.2.2 குவியத்தூரம் (f) மற்றும் வளைவு ஆரம் (R) இவற்றுக்கு இடையேயான தொடர்பு

கோளக ஆடி ஒன்றின் வளைவு மையம் C என்க. முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர் ஆடியில் M என்ற புள்ளியில்பட்டு எதிரொளித்து முதன்மைக் குவியம் (F) வழியாகச் செல்லும். இதற்கான வடிவியல் விளக்கம் படம் 6.9இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. M புள்ளியில் ஆடிக்குச் செங்குத்துக்கோடு CM ஆகும். படுகோணம் (i) என்பது எதிரொளிப்பு கோணத்திற்குச் சமம்.

M புள்ளியிலிருந்து முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக வரையப்பட்ட கோடு MP எனில், வடிவியல்படி,

கோணம் $\angle MCP = i$ மற்றும் $\angle MFP = 2i$

முக்கோணங்கள் ΔMCP மற்றும் ΔMFP இலிருந்து

$$\tan i = \frac{PM}{PC} \text{ மற்றும் } \tan 2i = \frac{PM}{PF}$$

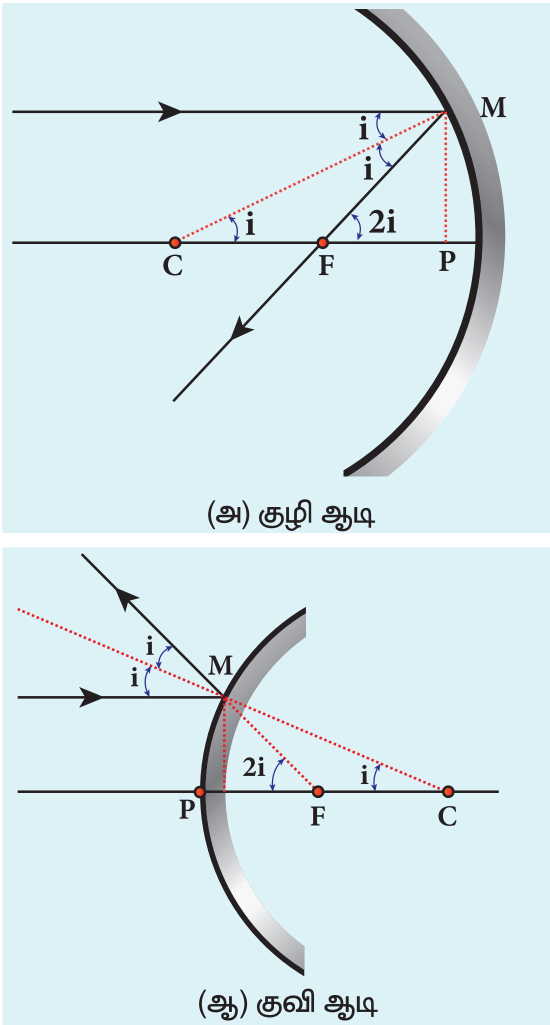
சிறிய கோணங்களுக்கு, $\tan i \approx i$,

$$i = \frac{PM}{PC} \text{ மற்றும் } 2i = \frac{PM}{PF}$$

மேலும் சுருக்கும்போது

$$2\frac{PM}{PC} = \frac{PM}{PF};\ 2PF = PC$$

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 7 9/12/2019 2:10:47 PM



படம் 6.9 வளைவு ஆரத்திற்கும் R, குவியத்தூரத்திற்கும் f இடையேயுள்ள தொடர்பு

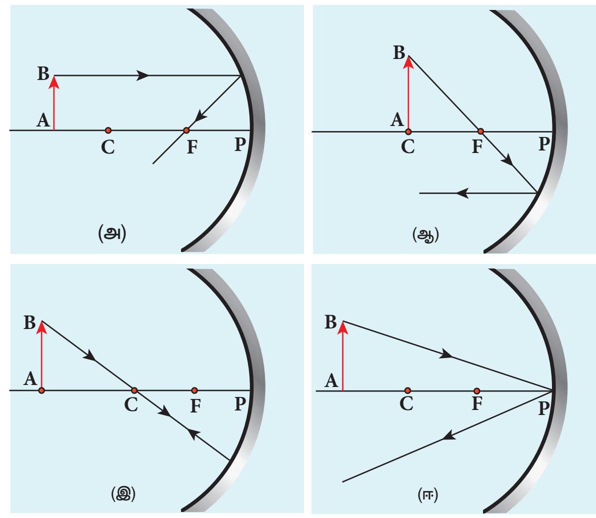
PF என்பது குவியத்தூரம் (f) மற்றும் PC என்பது வளைவு ஆரம் (R). எனவே

$$2f = R \quad \text{அல்லது} \quad f = \frac{R}{2} \qquad (6.4)$$

சமன்பாடு 6.4, f மற்றும் Rக்கு இடையேயான தொடர்பினைத் தருகின்றது. குவி ஆடிக்கான விளக்கப்படம் 6.9 (ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

6.2.3 கோளக ஆடிகளில் தோன்றும் பிம்பங்கள்

கோளக ஆடிகளில் தோன்றும் பிம்பங்களை, வரைபடங்களை அமைத்துக் கண்டறியமுடியும். பிம்பம் ஏற்படும் புள்ளியைக் கண்டறிய, குறைந்தது இரண்டு கதிர்கள் ஒன்றை ஒன்று சந்திக்க வேண்டும். பிம்பப்புள்ளியைக் கண்டறிய படம் 6.10இல் காட்டியுள்ளவாறு பின்வரும் கதிர்களில் எவையேனும் இரண்டினைப் பயன்படுத்தலாம்.



படம் 6.10 பிம்பங்களின் தடமறிதல்

(i) முதன்மை அச்சுக்கு இணையாக வரும் கதிர், எதிரொளிப்புக்குப்பின்பு முதன்மை குவியத்தின் வழியே வெளியேறும் அல்லது வெளியேறுவது போன்று தோன்றும் (படம் 6.10(அ)).

(ii) முதன்மைக் குவியம் வழியே செல்லும் அல்லது செல்வது போன்று தோன்றும் கதிர், எதிரொளிப்புக்குப் பின்பு, முதன்மை அச்சுக்கு இணையாக வெளியேறும். (படம் 6.10(ஆ)).

(iii) வளைவு மையம் வழியாகச் செல்லும் கதிர், எதிரொளிப்புக்குப் பின்பு வளைவு மையம் வழியாகவே செங்குத்துப்படுகதிர் நிலையைப் போன்றே, வெளியேறும் (படம் 6.10(இ)).

(iv) ஆடி முனையில் விழும் கதிர், முதன்மை அச்சை, செங்குத்துக் கோடாகக் கொண்டு, எதிரொளிப்பு விதியின் அடிப்படையில் வெளியேறும் (படம் 6.10(ஈ)).

6.2.4 கார்ட்டீசியன் குறியீட்டு மரபு

பிம்பங்களை வரையும்போது, பொருளின் தூரம் (u), பிம்பத்தின் தூரம் (v), பொருளின் உயரம் (h), பிம்பத்தின் உயரம் (h') குவியத்தூரம் (f) மற்றும் வளைவு ஆரம் (R) போன்றவற்றை நாம் குறிக்க அல்லது அளக்க நேரிடும். மேற்கண்ட அளவுகளுக்கிடையேயான தொடர்புகள் அனைத்துச் சூழ்நிலைகளுக்கும் பொருத்தமாக இருக்கவேண்டுமெனில் அவை ஒரு குறியீட்டு மரபைப் பின்பற்ற வேண்டும். இங்கு நாம் கார்ட்டீசியன் குறியீட்டு மரபைப் பின்பற்றப்

போகிறோம். இம்முறை உலகளாவப் பின்பற்றப்படும் ஒரு குறியீட்டு மரபு முறையாகும். கார்ட்டீசியன் குறியீட்டு மரபு படம் 6.11இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இக்குறியீட்டு மரபு பின்வருமாறு.

(i) படும் ஒளியினை, இடப்பக்கத்திலிருந்து வலப்பக்கம் வருவது போன்று எடுக்க வேண்டும் (அதாவது பொருள் ஆடிக்கு இடப்பக்கமாக இருக்க வேண்டும்)

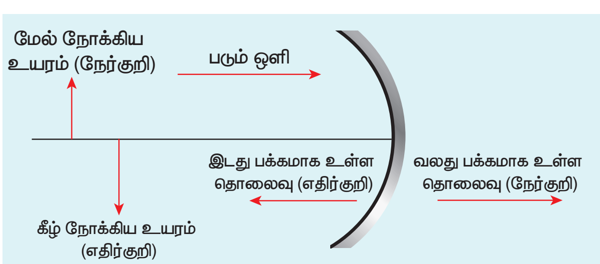
(ii) அனைத்துத் தொலைவுகளும் ஆடிமுனையிலிருந்துதான் அளக்கப்பட வேண்டும். (ஆடிமுனையினைத் தொடக்கப் புள்ளியாகக் கருதவேண்டும்)

(iii) ஆடிமுனைக்கு வலப்புறமாக, முதன்மை அச்சுக்கு இணையாக அளக்கப்படும் தூரத்தை நேர்குறி தூரமாகக் கருதவேண்டும்.

(iv) ஆடிமுனைக்கு இடப்புறமாக, முதன்மை அச்சுக்கு இணையாக அளக்கப்படும் தூரத்தை, எதிர்குறி தூரமாகக் கருதவேண்டும்.

(v) முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக, மேல்நோக்கிய உயரங்களை, நேர்குறி உயரங்களாகக் கருதவேண்டும்.

(vi) முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக, கீழ்நோக்கிய உயரங்களை எதிர்குறி உயரங்களாகக் கருதவேண்டும்.

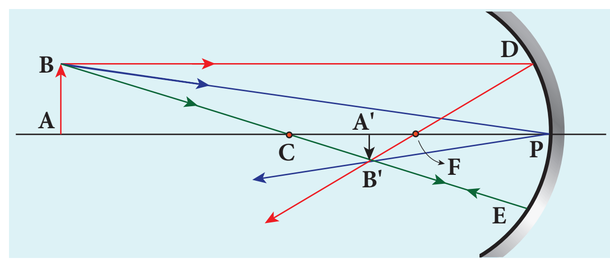


படம் 6.11 கார்ட்டீசியன் குறியீட்டு மரபு

6.2.5 ஆடிச்சமன்பாடு

பொருளின் தூரம் (u), பிம்பத்தின் தூரம் (v) மற்றும் குவியத்தூரம் (f) அல்லது கோளக ஆடியின் வளைவு ஆரம் (R) போன்றவற்றுக்கு இடையேயான தொடர்பினைக் கொடுக்கும் சமன்பாடே, ஆடிச்சமன்பாடு ஆகும்.

AB என்ற பொருளைக் கருதுக. இப்பொருள், குழி ஆடி ஒன்றின் முதன்மை அச்சில், வளைவு மையம் Cக்கு அப்பால் வைக்கப்பட்டுள்ளது என்க. இப்பொருளினால் ஏற்படும் பிம்பம் படம் 6.12இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. பொருளின் B புள்ளியிலிருந்து புறப்படும் மூன்று அண்மை அச்சுக் கதிர்களைக் கருதுக. முதல் அண்மை அச்சுக்கதிர் BD முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகச் சென்று ஆடிமுனை Pக்கு அருகே உள்ள D என்ற புள்ளியில் விழுகிறது. எதிரொளிப்புக்குப் பின்பு இக்கதிர் முதன்மைக் குவியம் F வழியாகச் செல்கிறது. இரண்டாவது அண்மை அச்சுக்கதிர் BP, ஆடிமுனை Pயில் பட்டு PB' வழியே எதிரொளிக்கிறது. மூன்றாவது அண்மை அச்சுக்கதிர் BC, வளைவு மையம் C வழியே சென்று ஆடியின் E புள்ளியில் எதிரொளித்து வளைவுமையம் C வழியாகவே வெளியேறும். இம்மூன்று எதிரொளிப்புக் கதிர்களும் B' என்ற புள்ளியில் ஒன்றை ஒன்று வெட்டும். முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக வரையப்படும் $A'B'$ என்பது பொருள் AB ன் மெய் மற்றும் தலைகீழான பிம்பமாகும்.



படம் 6.12 ஆடிச் சமன்பாடு

எதிரொளிப்பு விதியின்படி, படுகோணம் $\angle BPA$, எதிரொளிப்புக் கோணம் $\angle B'PA'$ க்குச் சமம். முக்கோணங்கள் ΔBPA மற்றும் $\Delta B'PA'$ இரண்டும் ஒத்த முக்கோணங்களாகும். எனவே,

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{PA'}{PA} \qquad (6.5)$$

மற்ற ஒத்த முக்கோண இணை ΔDPF மற்றும் $\Delta B'A'F$ ஆகும். (இங்கு PD கிட்டத்தட்ட நேரான செங்குத்துக் கோடாகும்).

$$\frac{A'B'}{PD} = \frac{A'F}{PF}$$

தூரங்கள், $PD = AB$. எனவே, மேற்கண்ட சமன்பாடு பின்வருமாறு மாற்றமடையும்,

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{A'F}{PF} \qquad (6.6)$$

சமன்பாடுகள் (6.5) மற்றும் (6.6) லிருந்து,

$$\frac{PA'}{PA} = \frac{A'F}{PF}$$

$A'F = PA' - PF$. எனவே, மேற்கண்ட சமன்பாடு பின்வருமாறு மாற்றமடையும்.

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 9
9/12/2019 2:10:50 PM

$$\frac{PA'}{PA} = \frac{PA' - PF}{PF} \qquad (6.7)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டின் வெவ்வேறு தூரங்களுக்குக் கார்டீசியன் குறியீட்டு மரபைப் பின்பற்றும்போது

$PA = -u, \qquad PA' = -v, \qquad PF = -f$

கார்ட்டீசியன் குறியீட்டு மரபின் அடிப்படையில் மூன்று தூரங்களும் எதிர்குறி மதிப்பைப் பெற்றுள்ளன. ஏனெனில், இவை அனைத்தும் ஆடிமுனைக்கு இடப்புறமாக அளக்கப்பட்டவைகளாகும். எனவே, சமன்பாடு (6.7) பின்வருமாறு மாற்றமடையும்.

$$\frac{-v}{-u} = \frac{-v - (-f)}{-f}$$

மேலும் இதனைச் சுருக்கும்போது,

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

இருபுறமும் v ஆல் வகுக்கும்போது,

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

முறைப்படுத்தப்பட்டபின்னர்,

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \qquad (6.8)$$

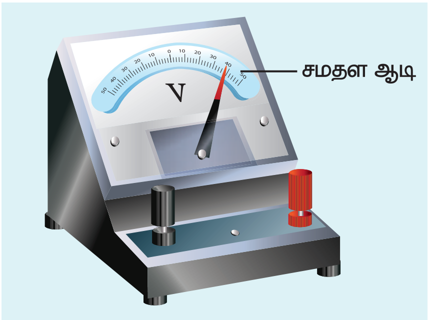
மேற்கண்ட சமன்பாடே ஆடிச்சமன்பாடாகும். இருந்தபோதிலும் சமன்பாடு (6.8), படம் 6.12 விற்கு மட்டுமே உகந்ததாக தோன்றினாலும், இச்சமன்பாடு அனைத்துச் சூழ்நிலைகளுக்கும், எவ்விதமான கோளக ஆடிகளுக்கும் பொருத்தமானதாகும். ஏனெனில், சமன்பாடு (6.7)இல் u, v மற்றும் f க்கு முறையான குறியீட்டு மரபை நாம் பயன்படுத்தி உள்ளோம்.

6.2.6 கோளக ஆடிகளில் ஏற்படும் பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கம்

பிம்பத்தின் உயரத்திற்கும், பொருளின் உயரத்திற்கும் உள்ள விகிதம், பக்கவாட்டு அல்லது குறுக்கு உருப்பெருக்கம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. பொருளின் உயரம் மற்றும் பிம்பத்தின் உயரம் இரண்டும் முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக, முதன்மை அச்சிலிருந்து அளக்கப்பட வேண்டும்.

$$\text{உருப்பெருக்கம் } (m) = \frac{\text{பிம்பத்தின் உயரம் } (h')}{\text{பொருளின் உயரம் } (h)}$$

உங்களுக்குத் தெரியுமா?



மேலே காட்டப்பட்டுள்ள ஒவ்வொரு பயன்பாட்டிலும் எவ்வகையான ஆடி பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது என்பதை அடையாளம் காண்க.

$$m = \frac{h'}{h} \qquad (6.9)$$

படம் 6.12இல் இருந்து, நாம் வருவித்த சமன்பாடு (6.5)ஐ இங்கு பயன்படுத்துக.

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{PA'}{PA}$$

பொருத்தமான குறியீடுகளைப் பயன்படுத்தும்போது,

$$A'B' = -h, AB = h, PA' = -v, PA = -u$$

$$\frac{-h'}{h} = \frac{-v}{-u}$$

மேலும் இதனைச் சுருக்கும்போது,

$$m = \frac{h'}{h} = -\frac{v}{u} \qquad (6.10)$$

ஆடிச் சமன்பாட்டினைப் பயன்படுத்தி, உருப்பெருக்கச் சமன்பாட்டினைப் பின்வருமாறும் எழுதலாம்.

$$m = \frac{h'}{h} = \frac{f-v}{f} = \frac{f}{f-u} \quad (6.11)$$

குறிப்பு மாணவர்கள் 9–ஆம் வகுப்பில் பயின்ற, குழி மற்றும் குவி ஆடிகளைக் கொண்டு பிம்பங்களை வரையும் முறையை மீள்பார்வை செய்துகொள்ள வேண்டும். அதாவது, பொருளை வெவ்வேறு நிலைகளில் வைத்து, பிம்பத்தின் நிலை, பிம்பத்தின் தன்மை எவ்வாறு உள்ளது என்பனவற்றைப் புரிந்து கொள்ளவேண்டும் (9–ஆம் வகுப்பு அறிவியல், அலகு 6 ஒளியியல்).

எடுத்துக்காட்டு 6.3

15.0 cm குவியத்தூரம் கொண்ட குழிஆடியின் முன்னே 20.0 cm தொலைவில் பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது.

அ) தெளிவான பிம்பத்தினைப் பெற, குழி ஆடியிலிருந்து திரையை எவ்வளவு தொலைவில் வைக்க வேண்டும்?

ஆ) பிம்பத்தின் தன்மை என்ன?

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை, $f = -15$ cm, $u = -20$ cm

(அ) ஆடிச்சமன்பாட்டிலிருந்து $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

v யினைக் கண்டறிய பின்வருமாறு மாற்றி அமைக்கவும் $\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u}$

f மற்றும் u வின் மதிப்புகளைப் பிரதியிடு,

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{-15} - \frac{1}{-20}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{(-20)-(-15)}{300} = \frac{-5}{300} = \frac{-1}{60}$$

$$v = -60.0\ cm$$

குழிஆடியின் இடப்புறத்தில் 60.0 cm தொலைவில் பிம்பம் தோன்றும். எனவே, திரையினை குழிஆடிக்கு இடப்புறமாக 60.0 cm தொலைவில் வைக்க வேண்டும்.

(ஆ) உருப்பெருக்கம், $m = \frac{h'}{h} = -\frac{v}{u}$

$$m = \frac{h'}{h} = -\frac{(-60)}{(-20)} = -3$$

உருப்பெருக்கம் எதிர்குறியில் உள்ளதால், தலைகீழான பிம்பம் கிடைக்கும்.

உருப்பெருக்கத்தின் எண்மதிப்பு 3. எனவே, பிம்பம் மூன்று மடங்கு பெரியதாகக் காணப்படும்.

குழிஆடியின் இடப்புறமாக பிம்பம் தோன்றுவதால் பிம்பம் மெய்பிம்பமாகும்.

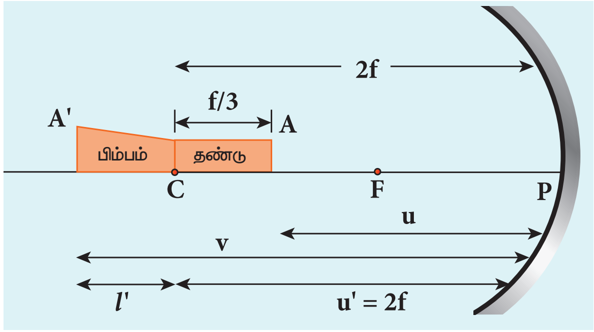
எடுத்துக்காட்டு 6.4

$f/3$ நீளம் கொண்ட மெல்லிய தண்டு ஒன்று, f குவியத்தூரம் கொண்ட குழிஆடியின் முதன்மை அச்சின் மீது அத்தண்டின் நீட்டப்பட்ட மெய்பிம்பத்தைத் தொடும்படி வைக்கப்பட்டுள்ளது எனில், குழிஆடியின் நெடுக்கு உருப்பெருக்கத்தைக் காண்க.

தீர்வு

$$\text{நெடுக்கு உருப்பெருக்கம் } (m) = \frac{\text{பிம்பத்தின் நீளம் } (l')}{\text{பொருளின் நீளம் } (l)}$$

கொடுக்கப்பட்டவை: பொருளின் நீளம் $l = \frac{f}{3}$



l என்பது பிம்பத்தின் நீளம் எனில்,

$$m = \frac{l'}{l} = \frac{l'}{f/3} \quad \text{அல்லது} \quad l = \frac{mf}{3}$$

பிம்பத்தின் ஒரு முனை பொருளோடு பொருந்தி உள்ளது. எனவே, பொருந்தியுள்ள முனை கண்டிப்பாக வளைவு மையமாக இருக்க வேண்டும்.

எனவே, $u' = R = 2f$

$$u' = u + \frac{f}{3}$$

$$u = u' - \frac{f}{3} = 2f - \frac{f}{3} = \frac{5f}{3}$$

$$v = u + \frac{f}{3} + \frac{mf}{3} = \frac{5f}{3} + \frac{f}{3} + \frac{mf}{3} = \frac{f(6+m)}{3}$$

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 11 9/12/2019 2:10:56 PM

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

$$\frac{1}{-\left(\frac{f(6+m)}{3}\right)}+\frac{1}{-\left(\frac{5f}{3}\right)}=\frac{1}{-f}$$

சுருக்கப்பட்ட பின்பு,

$$\frac{3}{f(6+m)}+\frac{3}{5f}=\frac{1}{f};\frac{3}{(6+m)}=\frac{2}{5}$$

$$6+m=\frac{15}{2};m=\frac{15}{2}-6$$

$$m=\frac{3}{2}=1.5$$

6.3 ஒளியின் வேகம் (Speed of light)

ஒளி வெற்றிடத்தின்வழியே பெரும வேகத்தில் செல்கிறது. வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம் c என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. அதன் மதிப்பு $c = 3\times10^{8}$ m s^{-1} ஆகும். இது, பெரும மதிப்பாகும். ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிய அறிஞர்கள் பல்வேறு முயற்சிகளை மேற்கொண்டனர். பிரஞ்சு அறிஞர் ஹிப்போலைட் ஃபிஸீயு (Hippolyte Fizeau) (1819 – 1896) என்பவர், ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிவதற்கான முயற்சியை முதலில் மேற்கொண்டார். அம்முயற்சி, மற்ற அறிஞர்களுக்கும் ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிவதற்கான அடித்தளத்தை அமைத்துக் கொடுத்தது.

6.3.1 ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிவதற்கான ஃபிஸீயுமுறை (Fizeau's Method)

<u>*ஆய்வுக்கருவிகள்:*</u> காற்றில் ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிவதற்கான ஆய்வுக் கருவி படம் 6.13 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒளிமூலம் (S) இலிருந்து வரும் ஒளியானது முதலில் பாதி வெள்ளி பூசப்பட்ட கண்ணாடித் தகட்டின் மீது (G) விழுகிறது. இக்கண்ணாடித் தகடு, ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் ஒளியைப்பொருத்து $45°$ கோணத்தில் சாய்ந்துள்ளது. (N) பற்களும், சமஅகலமுடைய (N) வெட்டுகளும் கொண்ட சுழலும் பற்சக்கரத்தின் வழியே ஒளிக்கதிர் செலுத்தப்படுகிறது. பற்சக்கரத்தின் சுழற்சி வேகம் புற இயந்திர அமைப்பின் மூலம் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது. (இவ்வமைப்பு படத்தில் காட்டப்படவில்லை). பற்சக்கரத்தின் ஒரு வெட்டு வழியே செல்லும் ஒளி பற்சக்கரத்திலிருந்து மிக நீண்ட தொலைவில் (d) வைக்கப்பட்டுள்ள சமதள ஆடி (M) ஒன்றினால் எதிரொளிக்கப்படுகிறது. பற்சக்கரம் சுழலவில்லையெனில், எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளி அதே வெட்டு வழியே மீண்டும் சென்று, பாதி வெள்ளி பூசப்பட்ட ஆடியின் வழியாகப் பயணித்து உற்று நோக்குபவரின் கண்களை அடைகிறது.

<u>*வேலை செய்யும்முறை:*</u> சுழலும் பற்சக்கரத்தின் கோணவேகம் சுழியிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்கு (ω) அதிகரிக்கப்படுகிறது. அதாவது, ஒரு வெட்டு வழியாகச் சென்ற ஒளிக்கதிர் ஆடியினால் எதிரொளிக்கப்பட்ட பின்பு, அடுத்த பல்லினால் (tooth) முழுவதும் தடுக்கப்படும் வரை பற்சக்கரத்தின் வேகம் அதிகரிக்கப்படுகிறது. பகுதி வெள்ளி பூசப்பட்ட ஆடியின்வழியே பார்க்கும்போது, ஒளி முழுவதுமாக மறைவதிலிருந்து இதனை உறுதி செய்யலாம்.

<u>*சமன்பாட்டினை வருவித்தல்:*</u> காற்றில் ஒளியின் வேகம் (v), ஒளி பற்சக்கரத்திலிருந்து ஆடிக்குச் சென்று, மீண்டு பற்சக்கரத்தை அடையும் தொலைவிற்கும் ($2d$), எடுத்துக் கொண்ட நேரத்திற்குமான விகிதமாகும்.

$$v=\frac{2d}{t} \qquad (6.12)$$

தொலைவு (d)யினை ஆய்வு அமைப்பிலிருந்து அறிந்து கொள்ளலாம், எடுத்துக்கொண்ட நேரம் (t)யினை பற்சக்கரத்தின் கோண வேகம் (ω) விலிருந்து கணக்கிடலாம்.

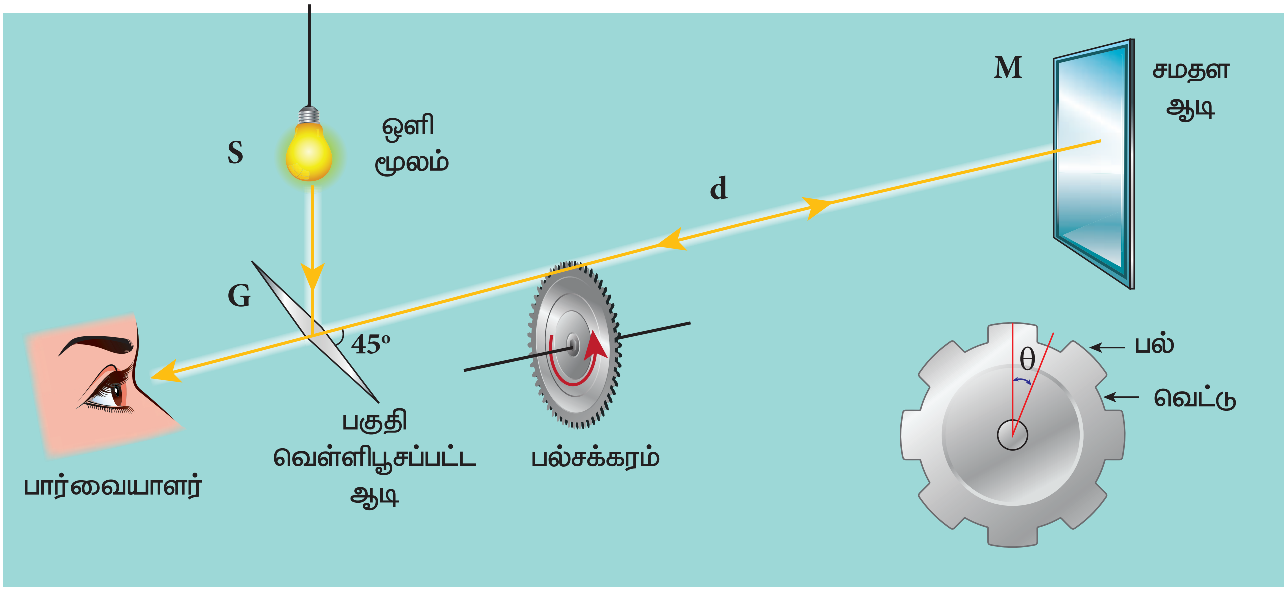
ஒளி முதன்முதலில் மறையும் நேரத்தில், பற்சக்கரத்தின் கோணவேகம் (ω) பின்வருமாறு

$$\omega=\frac{\theta}{t} \qquad (6.13)$$

இங்கு θ என்பது, t நேர இடைவெளியில் பற்சக்கரம் சுழலும்போது, பற்சக்கரத்தின் ஒரு பல்லிற்கும், ஒரு வெட்டிற்கும் இடையே உள்ள கோணமாகும்.

$$\theta=\frac{\text{வட்டத்தின் மொத்தக் கோணம் ரேடியனில்}}{\text{பற்களின் எண்ணிக்கை + வெட்டுகளின் எண்ணிக்கை}}$$

$$\theta=\frac{2\pi}{2N}=\frac{\pi}{N}$$



படம் 6.13 ஒளியின் வேகம் கண்டறியும் ஃபிஸீயு முறை

θ வின் மதிப்பை சமன்பாடு 6.13 இல் பிரதியிடும்போது,

$$\omega = \frac{\pi / N}{t} = \frac{\pi}{Nt}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை t க்கு எழுதும்போது

$$t = \frac{\pi}{N\omega} \qquad (6.14)$$

சமன்பாடு 6.14ஐ, சமன்பாடு 6.12இல் பிரதியிட

$$v = \frac{2d}{\pi / N\omega}$$

சமன்பாட்டைச் சீரமைத்த பின்னர்,

$$v = \frac{2dN\omega}{\pi} \qquad (6.15)$$

அடுத்து உள்ள பல்லினால் ஒளி மறைக்கப்படும்போது தோன்றும் குறைந்தபட்ச ஒளிச்செறிவினைக் காண்பதில் ஃபிஸீயுவிற்கு சில இடர்ப்பாடுகள் தோன்றின. எனினும் இவர் கண்டறிந்த ஒளியின் வேகம், உண்மையான ஒளியின் வேகத்திற்கு மிக நெருக்கமாக இருந்தது. இதற்குப் பின்பு ஃபிஸீயுவின் அதே ஆய்வு அமைப்பின் அடிப்படையில் மற்றும் சில நுட்பமான கருவிகளைப் பயன்படுத்தி காற்றில் ஒளியின் வேகம் v = 2.99792×10^8 m s^{-1} எனக் கண்டறியப்பட்டது.

குறிப்பு

பற்சக்கரத்தின் வேகத்தைச் சுழியிலிருந்து ω வரை அதிகரிக்கும்போது ஒளி மறைந்து விடுகிறது. பற்சக்கரத்தின் வேகத்தை மேலும் அதிகரித்துக் கொண்டே சென்று 2ω மதிப்பை அடையும்போது எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளி அடுத்த வெட்டு வழியாகச் சென்று உற்றுப்பார்ப்பவரை அடைகிறது. எனவே, ω வின் ஒற்றைப்படை மதிப்புகளுக்கெல்லாம் ஒளி மறைவதும், (பற்களினால் தடுக்கப்பட்டும்), இரட்டைப் படை மதிப்புகளுக்கெல்லாம் ஒளி தெரிவதும் (வெட்டு வழியாக அனுமதிக்கப்படும்) மாறி மாறி நடைபெறும்.

6.3.2 வெவ்வேறு ஊடகங்களின் வழியே ஒளியின் வேகம்

ஃபோகால்ட் (Foucault) (1819–1868) மற்றும் மைக்கல்சன் (Michelson) (1852–1931) போன்றவர்கள் கண்ணாடி மற்றும் நீர் போன்ற வெவ்வேறு ஒளிபுகும் ஊடகங்களை ஒளியின் பாதையில் வைத்து, ஒளியின் வேகத்தை அந்த ஊடகங்களில் கண்டறிந்தனர். மேலும், வெற்றிடக் குழாய்களையும் ஒளியின் பாதையில் வைத்து வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிந்தனர். மேற்குறிப்பிட்ட சோதனைகளில் இருந்து மற்ற அனைத்து ஊடகங்களைவிட, வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம் அதிகம் எனக் கண்டறிந்தனர். வெற்றிடத்தில் ஒளியின்

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 13 9/12/2019 2:10:58 PM

வேகம் $c = 3\times10^8$ m s^{-1} எனக் கண்டறிந்தனர். வெற்றிடம் மற்றும் காற்று இரண்டிலும் ஒளியின் வேகம் கிட்டத்தட்ட சமமதிப்பினையே பெற்றிருக்கும் என்பதை நாம் நினைவில் கொள்ளவேண்டும்.

6.3.3 ஒளிவிலகல் எண்

வெற்றிடத்தில் (அல்லது காற்றில்) ஒளியின் வேகத்திற்கும், ஊடகத்தில் ஒளியின் வேகத்திற்கும் உள்ள விகிதமே, அந்த ஊடகத்தின் *ஒளிவிலகல் எண்* ஆகும்.

ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் (n) = $\dfrac{\text{வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம் } (c)}{\text{ஊடகத்தில் ஒளியின் வேகம் } (v)}$

$$n = \frac{c}{v} \tag{6.16}$$

ஒளிபுகும் ஊடகம் ஒன்றின் ஒளிவிலகல் எண், அந்த ஊடகத்தில் ஒளியின் வேகத்தைப்பற்றி அறிய துணைபுரிகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 6.5

ஒளிவிலகல் எண் 1.5 கொண்ட கண்ணாடி வழியே செல்லும் ஒளியின் வேகத்தைக் காண்க.

தீர்வு

$$n = \frac{c}{v}; \qquad v = \frac{c}{n}$$

$$v = \frac{3\times10^8}{1.5} = 2\times10^8 \text{ m s}^{-1}$$

கொடுக்கப்பட்ட கண்ணாடி வழியே 2×10^8 m s^{-1} வேகத்தில் ஒளி செல்லும்.

ஒளிவிலகல் எண்ணுக்கு அலகு இல்லை. வெற்றிடம்தான் மிகக்குறைந்த ஒளிவிலகல் எண்ணைப் பெற்றுள்ளது. அதன் மதிப்பு 1 ஆகும். மற்ற அனைத்து ஊடகங்களின் ஒளிவிலகல் எண்ணும் 1ஐவிட அதிக மதிப்பையே பெற்றிருக்கும். ஒளிவிலகல் எண்ணை ஊடகத்தின் ஒளி அடர்த்தி (Optical density) என்றும் அழைக்கலாம்.

உயர்ந்த ஒளிவிலகல் எண்ணைப் பெற்றுள்ள ஊடகத்தின் ஒளி அடர்த்தி அதிகம். அவ்வூடகத்தின் வழியே ஒளி மெதுவாகச் செல்லும் இதேபோன்று குறைந்த ஒளிவிலகல் எண்ணைப்பெற்றுள்ள ஊடகத்தின் ஒளி அடர்த்தி குறைவு. அவ்வூடகத்தின் வழியே ஒளி வேகமாகச் செல்லும் (குறிப்பு: ஒளி அடர்த்தியை, ஊடகப் பொருளின் நிறை அடர்த்தியுடன் சேர்த்துக் குழப்பிக் கொள்ளக்கூடாது. இவை இரண்டும் வெவ்வேறானவை) வெவ்வேறு ஒளிபுகும் ஊடகங்களின் ஒளிவிலகல் எண்கள் அட்டவணை 6.2இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 6.2 வெவ்வேறு ஊடகங்களின் ஒளிவிலகல் எண்கள்

ஊடகம்	ஒளிவிலகல் எண்
வெற்றிடம்	1.00
காற்று	1.0003
கார்பன் டைஆக்சைடு	1.0005
பனிக்கட்டி	1.31
தூயநீர்	1.33
எத்தில் ஆல்கஹால்	1.36
குவார்ட்ஸ்	1.46
தாவர எண்ணெய்	1.47
ஆலிவ் எண்ணெய்	1.48
அக்ரிலிக்	1.49
மேசை உப்பு	1.51
கண்ணாடி	1.52
நீலக்கல்	1.77
சிர்கான்	1.92
கனசிர்கோனியா	2.16
வைரம்	2.42
காலியம் பாஸ்பேட்	3.50

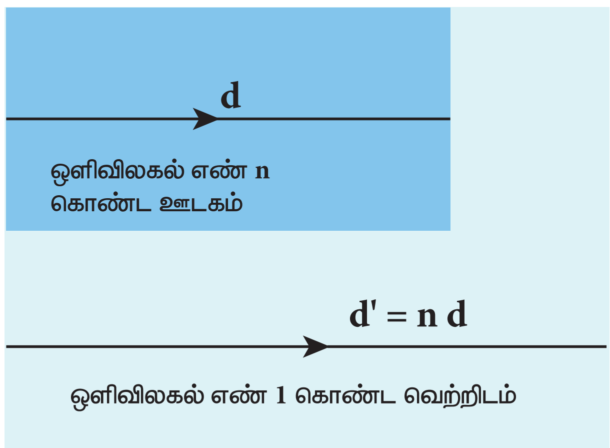
6.3.4 ஒளிப்பாதை (Optical path)

ஊடகம் ஒன்றில் ஒளி (d) தொலைவைக் கடக்க எவ்வளவு நேரத்தை எடுத்துக் கொள்கிறதோ, அதே நேர இடைவெளியில் வெற்றிடத்தின் வழியே ஒளி கடந்து செல்லும் தொலைவு d' ஊடகத்தின் *ஒளிப்பாதை* என்று வரையறுக்கப்படுகிறது.

ஒளி விலகல் எண் (n) மற்றும் தடிமன் (d) கொண்ட ஊடகம் ஒன்றைக் கருதுக. அந்த ஊடகத்தின் வழியாக (v) வேகத்தில், (t) நேரத்தில் ஒளி பயணம் செய்கிறது எனில்,

$v = \dfrac{d}{t}$; சமன்பாட்டை (t) க்கு மாற்றியமைக்கும் போது, $t = \dfrac{d}{v}$

இதே நேர இடைவெளியில், வெற்றிடத்தில் ஒளி நெடுந்தொலைவு (d') சென்றிருக்கும். ஏனெனில், ஒளி வெற்றிடத்தின் வழியே பெரும வேகத்தில் (c) செல்லும். எனவே,



படம் 6.14 ஒளிப்பாதை

$c = \frac{d'}{t}$; சமன்பாட்டை (t) க்கு மாற்றி அமைக்கும் போது, $t = \frac{d'}{c}$

இரண்டு நிகழ்வுகளிலும் எடுத்துக்கொள்ளப்பட்ட நேரம் (t) சமம். எனவே, இரண்டு நிகழ்வுகளின் நேரத்தையும் சமன் செய்து பார்க்கலாம். அதன்படி

$$\frac{d'}{c} = \frac{d}{v}$$

ஒளிப்பாதை (d') க்கு மாற்றி அமைக்கும் போது $d' = \frac{c}{v} d$

இங்கு, $\frac{c}{v} = n$; எனவே, ஒளிப்பாதை

$$d' = nd \qquad (6.17)$$

ஒரு ஊடகத்திற்கு n எப்போதும் 1ஐவிட அதிகமாகும். எனவே, ஊடகத்தின் ஒளிப்பாதை d'' எப்போதும் dஐவிட அதிகமாக இருக்கும். ஊடகத்தின் ஒளிப்பாதை படம் 6.14இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு 6.6

ஒளி, காற்றிலிருந்து ஒளிவிலகல் எண் 1.5 மற்றும் 50 cm தடிமன் கொண்ட கண்ணாடியினுள் செல்கிறது.

(i) கண்ணாடியில் ஒளியின் வேகம் என்ன?

(ii) கண்ணாடியைக் கடந்து செல்ல ஒளி எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் என்ன?

(iii) கண்ணாடியின் ஒளிப்பாதையைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை, தடிமன் $d = 50$ cm $= 0.5$ m

ஒளிவிலகல் எண் $n = 1.5$

ஒளிவிலகல் எண், $n = \frac{c}{v}$

கண்ணாடியில் ஒளியின் வேகம்,

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3\times10^8}{1.5} = 2\times10^8 m\ s^{-1}$$

கண்ணாடியைக் கடந்து செல்ல ஒளி எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம்,

$$t = \frac{d}{v} = \frac{0.5}{2\times10^8} = 2.5\times10^{-9} s$$

ஒளிப்பாதை,

$$d' = nd = 1.5\times0.5 = 0.75\,m = 75\,cm$$

குறிப்பு: ஒளி, கண்ணாடியைக் கடந்து செல்லும் நேர இடைவெளியில், 25 cm கூடுதலாக (75 cm – 50 cm) ஒளி வெற்றிடத்தின் வழியே கடந்து சென்றுவிடும்.

6.4 ஒளிவிலகல் (Refraction)

ஒளியானது, ஓர் ஊடகத்திலிருந்து மற்றோர் ஊடகத்திற்குஅவ்விருஊடகங்களைப்பிரிக்கும்எல்லை வழியாகச் செல்லும் நிகழ்வு ஒளிவிலகல் எனப்படும். ஒளிவிலகலில், ஓர் ஊடகத்தின் படுகோணம் (i), மற்றும் மற்றோர் ஊடகத்தின் விலகுகோணம் (r) போன்றவை, ஒளிக்கதிர்படும் புள்ளியில் இரண்டு ஊடகங்களையும் பிரிக்கும் தளத்திற்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக் கோட்டினைப் பொருத்து அளக்கப்படுகின்றன. ஒளிவிலகல் விதியினை ஸ்னெல் விதி (Snell's law) என்றும் அழைக்கலாம்.

ஸ்னெல் விதியின்படி

அ) படுகதிர், விலகுகதிர், விலகுதளம் மற்றும் விலகுதளத்திற்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக்கோடு இவை அனைத்தும் ஒரே தளத்தில் அமையும்.

ஆ) முதல் ஊடகத்தின் படுகோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கும் (sin i), இரண்டாவது ஊடகத்தின் விலகுகோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கும் (sin r) உள்ள விகிதம், இரண்டாவது ஊடகத்தின்

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 15 9/12/2019 2:11:01 PM

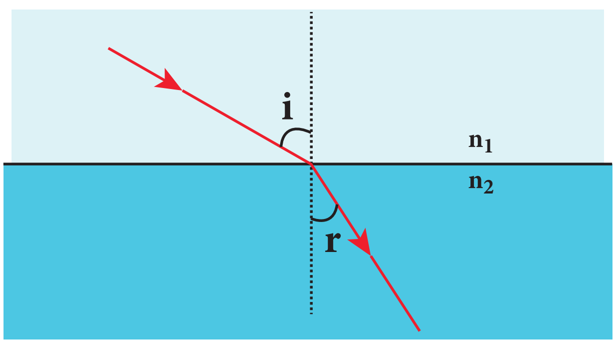
ஒளிவிலகல் எண்ணுக்கும் (n_2) முதல் ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணுக்கும் (n_1) உள்ள விகிதத்திற்குச் சமமாகும்.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} \quad (6.18)$$

மேற்கண்ட சமன்பாடு விகிதவடிவில் உள்ளது. இதனை பெருக்கல் வடிவில் பின்வருமாறும் எழுதலாம்.

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \quad (6.19)$$

இரு ஊடகங்களைப் பிரிக்கும் எல்லையில் ஏற்படும் ஒளிவிலகல் படம் 6.15 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 6.15 ஒளிவிலகல்

குறிப்பு

படுகதிர் செங்குத்தாக தளத்தில் விழும்போது அதன் படுகோணம் சுழியாகும்

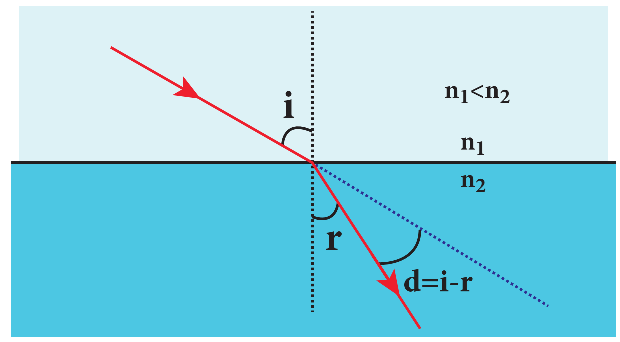
6.4.1 ஒளிவிலகலினால் ஏற்படும் விலகுகோணம்

படுகதிருக்கும், விலகுகதிருக்கும் இடையே உள்ள கோணம் விலகுகோணம் எனப்படும். ஒளிக்கதிர் அடர்குறை ஊடகத்திலிருந்து அடர்மிகு ஊடகத்திற்குள் செல்லும்போது செங்குத்துக்கோட்டை நோக்கி வளையும். இது படம் 6.16இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இத்தகைய நிகழ்வுக்கான விலகுகோணம்.

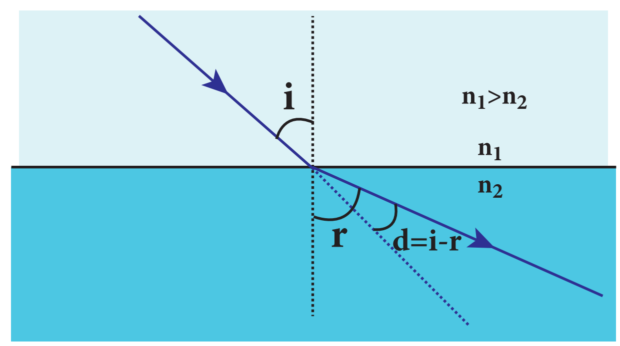
$$d = i - r \quad (6.20)$$

மாறாக, ஒளிக்கதிர் அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து, அடர்குறை ஊடகத்திற்குள் செல்லும்போது, செங்குத்துக்கோட்டைவிட்டு விலகிச் செல்லும். இது படம் 6.17 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இத்தகைய நிகழ்வுக்கான விலகுகோணம்

$$d = r - i \quad (6.21)$$



படம் 6.16 ஒளிக்கதிர் அடர்குறை ஊடகத்திலிருந்து அடர்மிகு ஊடகத்திற்குள் செல்லும் போது ஏற்படும் விலகுகோணம்



படம் 6.17 ஒளிக்கதிர் அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்குறை ஊடகத்திற்குள் செல்லும் போது ஏற்படும் விலகுகோணம்

6.4.2 ஒளி விலகலின் பண்புகள்

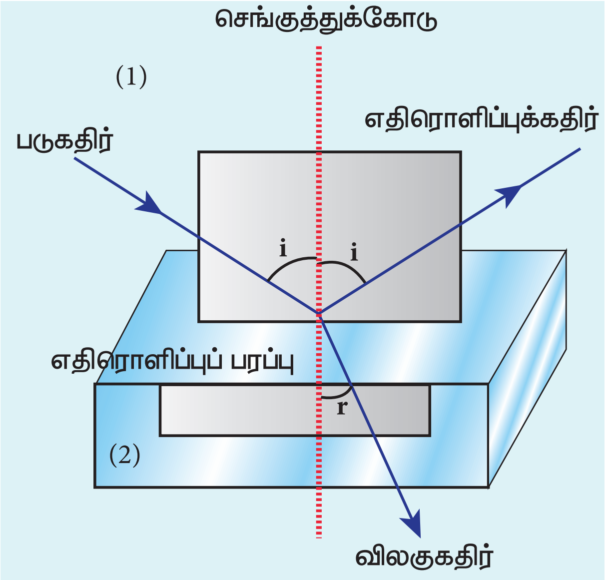
அ) ஒளி அடர்குறை ஊடகத்தில் இருந்து, அடர்மிகு ஊடகத்திற்குள் செல்லும்போது அது அடர்மிகு ஊடகத்தில் உள்ள செங்குத்துக்கோட்டை நோக்கி வளையும்.

ஆ) ஒளி அடர்மிகு ஊடகத்தில் இருந்து, அடர்குறை ஊடகத்திற்குள் செல்லும்போது அது அடர்குறை ஊடகத்தில் உள்ள செங்குத்துக்கோட்டைவிட்டு விலகிச்செல்லும்.

இ) எந்த ஒளிவிலகு பரப்பாக இருந்தாலும், அது சிறிதளவு ஒளி எதிரொளிப்பையும் ஏற்படுத்தும். எனவே, விலகலடைந்த ஒளிக்கதிரின் செறிவு, படுகதிரின் செறிவைவிடக் குறைவாகவே காணப்படும். இவ்வாறு **ஒரே ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் ஒளியின் ஒரு பகுதி ஒளி எதிரொளிப்பையும், மற்றொரு பகுதி ஒளிவிலகலையும் அடையுமானால் அதற்கு *ஒரேநேர எதிரொளிப்பு* அல்லது ஒரேநேர ஒளிவிலகல் (simultaneous reflection and**

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 16 9/12/2019 2:11:02 PM

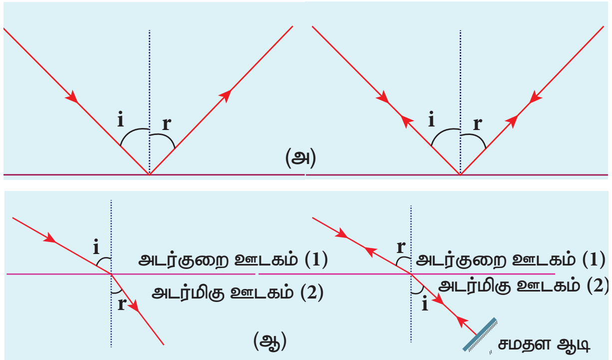
simultaneous refraction) என்று பெயர். இது படம் 6.18 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. பகுதி வெள்ளி பூசப்பட்ட கண்ணாடியில் இதுபோன்ற ஒரே நேர எதிரொளிப்பு மற்றும் விலகு பரப்புகள் காணப்படும்.



படம் 6.18 ஒரேநேரத்தில் நடைபெறும் ஒளி எதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளிவிலகல்

6.4.3 மீளும் கொள்கை (Principle of reversibility)

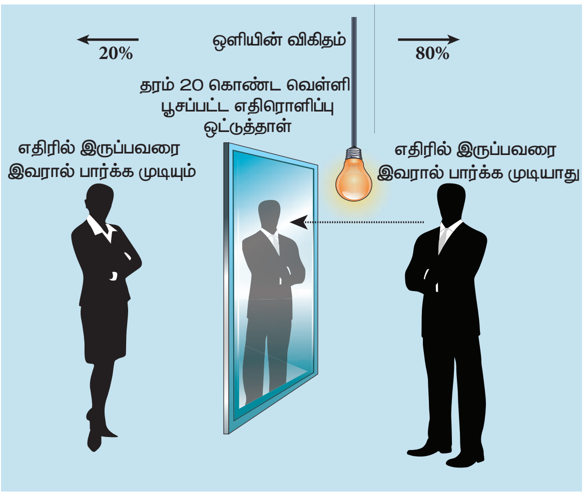
மீளும் கொள்கையின்படி, ஒளி செல்லும் பாதையின் திசையைப் பின்னோக்கித் திருப்பும் போது (reversed), ஒளி மிகச்சரியாக தான் கடந்துவந்த பாதையின் வழியாகவே திரும்பிச் செல்லும். இக்கொள்கை ஒளி எதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளிவிலகல் இரண்டிற்கும் பொருந்தும். இது படம் 6.19 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

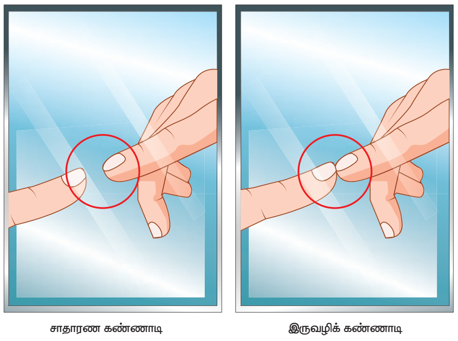


படம் 6.19 (அ) ஒளி எதிரொளிப்பு மற்றும் (ஆ) ஒளிவிலகளுக்கான ஒளியின் மீளும் கொள்கை

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

பரப்புகளின் மீது தகுந்த பூச்சை ஏற்படுத்துவதன் மூலம் ஒரே நேர ஒளிவிலகல்மற்றும் ஒளி எதிரொளிப்பை தோற்றுவிக்கும் ஒளிப்பரப்புகளை உருவாக்கலாம். இவ்வாறு, ஒரு கண்ணாடிப் பரப்பின் மீது பூசும் பொருளின் அளவை மாற்றி அதனைப் பகுதி ஒளிபுகு பரப்பாகவும், பகுதி ஒளி எதிரொளிப்புப் பரப்பாகவும் மாற்றலாம். இவ்வாறு உருவாக்கப்பட்ட கண்ணாடியை வணிகரீதியாக இருவழிக் கண்ணாடி மற்றும் அரை அல்லது பாதி வெள்ளி பூசப்பட்ட கண்ணாடி என அழைக்கிறார்கள். இருவழி கண்ணாடி பின்பக்கம் முழுவதும் இருளாக்கப்பட்டால் அது பார்ப்பதற்கு சாதாரண ஒரு வழி கண்ணாடி போன்றே காணப்படும். ஆனால், இருவழிக் கண்ணாடியின் பின்புறம் கேமிராக்கள் மறைத்து வைக்கப்பட்டிருக்கலாம். எனவே, நமக்கு அறிமுகமில்லாத இடங்களில் வைக்கப்பட்டுள்ள கண்ணாடிகளின் முன்பு நாம் நிற்கும்போது மிகவும் எச்சரிக்கையாக இருக்க வேண்டும். இருவழிக் கண்ணாடியா என சோதித்துப்பார்க்க ஒரு வழிமுறை உள்ளது. விரலால் கண்ணாடியைத் தொடும்போது, விரலுக்கும் அதன் பிம்பத்திற்கும் இடையே இடைவெளி இருந்தால் அது சாதாரண கண்ணாடி. அவ்வாறு இல்லாமல் விரல் நேரடியாகப் பிம்பத்தைத் தொட்டால் அஃது இருவழிக் கண்ணாடியாகும்.





UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 17 9/12/2019 2:11:03 PM

6.4.4 ஒப்புமை ஒளிவிலகல் எண்

ஸ்னெல் விதி சமன்பாட்டிலுள்ள $\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$ பதத்திற்கு முதல் ஊடகத்தைப் பொருத்து, இரண்டாவது ***ஊடகத்தின் ஒப்புமை ஒளிவிலகல் எண்*** என்று பெயர். இதனை (n_{21}) என எழுதலாம்.

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (6.22)$$

ஒப்புமை ஒளிவிலகல் எண் சமன்பாட்டிலிருந்து மேலும் சில பயனுள்ள தொடர்புகளை வருவிக்கலாம் அவை முறையே,

அ) நேர்மாறு விதி

$$n_{12} = \frac{1}{n_{21}} \text{ அல்லது } \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{n_2 / n_1} \qquad (6.23)$$

ஆ) சங்கிலி விதி

$$n_{32} = n_{31} \times n_{12} \text{ அல்லது } \frac{n_3}{n_2} = \frac{n_3}{n_1} \times \frac{n_1}{n_2} \qquad (6.24)$$

எடுத்துக்காட்டு 6.7

ஒளிபுகும் எண்ணெய்யின் வழியாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர், ஒளிவிலகல் எண் n_g 1.5 கொண்ட கண்ணாடியினுள் நுழைகிறது. எண்ணெய்யைப் பொருத்துக் கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல் எண் n_{go} 1.25 எனில், எண்ணெய்யின் ஒளிவிலகல் எண் என்ன?

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை $n_{go} = 1.25$ மற்றும் $n_g = 1.5$

எண்ணெய்யைப் பொருத்து கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல் எண்

$$n_{go} = \frac{n_g}{n_o}$$

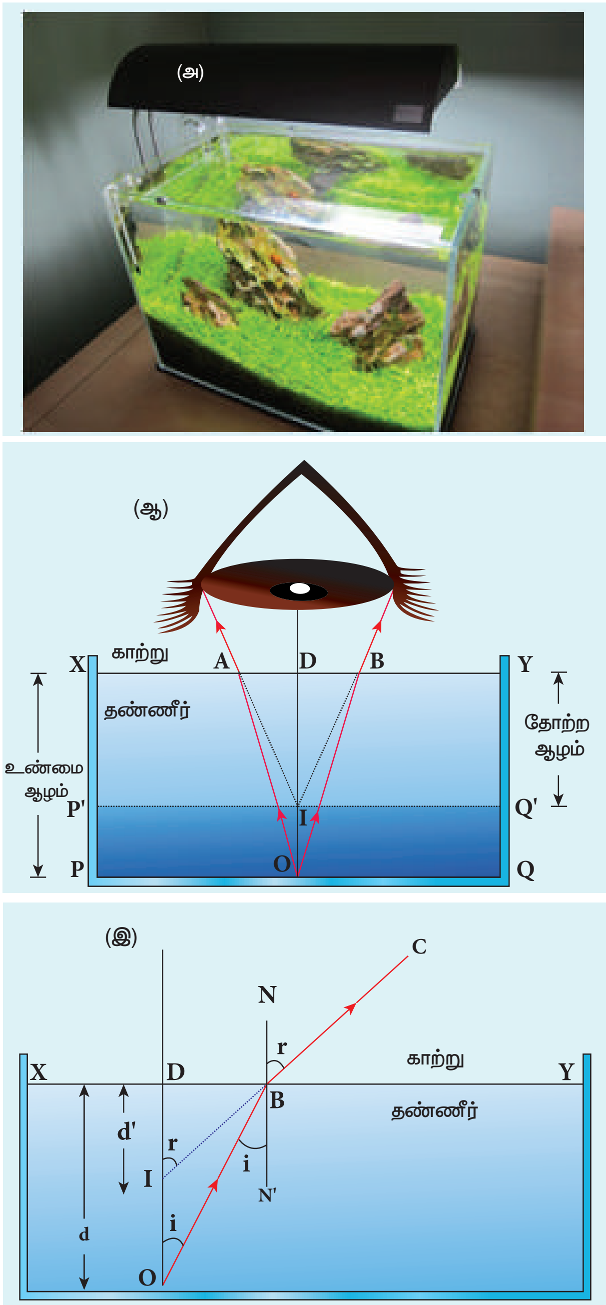
சமன்பாட்டினைச் சீரமைக்கும்போது

$$n_o = \frac{n_g}{n_{go}} = \frac{1.5}{1.25} = 1.2$$

எனவே எண்ணெய்யின் ஒளிவிலகல் எண் n_o = 1.2 ஆகும்.

6.4.5 தோற்ற ஆழம்

பொதுவாக நீர் நிரப்பப்பட்ட தொட்டியினுள் பார்க்கும்போது, தொட்டியின் அடிப்பரப்பு சற்று மேலே தெரிவதுபோலத் தோன்றும். இது படம் 6.20 (அ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. செங்குத்து நிலையில் பார்க்கும்போது தெரியும் தோற்ற ஆழத்திற்கான சமன்பாட்டை நாம் வருவிக்கலாம். அதற்கான கதிர்ப்படம் படம் 6.20 (ஆ) மற்றும் (இ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 6.20 தோற்ற ஆழம்

தொட்டியின் அடியில் உள்ள (O) என்ற பொருளிலிருந்து வரும் ஒளி அடர்மிகு ஊடகத்தில்

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 18 9/12/2019 2:11:04 PM

இருந்து (நீர்) அடர்குறை ஊடகத்திற்கு (காற்று) வந்து நமது கண்களை அடைகிறது. இவ்வொளிக்கதிர் அடர்குறை ஊடகத்தில் படுகதிர் படும்புள்ளியில் (B) வரையப்பட்டுள்ள செங்குத்துக் கோட்டினைவிட்டு விலகிச்செல்லும். அடர்மிகு ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் (n_1) மேலும் அடர்குறை ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் (n_2). இங்கு $n_1 > n_2$ அடர்மிகு ஊடகத்தில் படுகோணத்தின் மதிப்பு (i) மற்றும் அடர்குறை ஊடகத்தில் விலகு கோணத்தின் மதிப்பு (r). நேர்க்கோடுகள் NN' மற்றும் OD இரண்டும் இணையானவை. எனவே, கோணம் $\angle DIB$ யும் (r) ஆகும். கோணங்கள் (i) மற்றும் (r) இரண்டும் மிகவும் சிறியவை. எனவே, பொருள் O விலிருந்து வெளிவந்து நம் கண்களை அடையும் கதிர்களும் மிகவும் குறுகியவையே. இவ்ஒளிவிலகலுக்கான ஸ்னெல் விதியின் பெருக்கல் வடிவம்

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \qquad (6.19)$$

கோணங்கள் (i) மற்றும் (r) ஆகியவற்றின் மதிப்பு மிகவும் குறைவு. எனவே, இதனைப் பின்வருமாறு தோராயமாக்கலாம், $\sin i \approx \tan i$;

$$n_1 \tan i = n_2 \tan i$$

முக்கோணங்கள் ΔDOB மற்றும் ΔDIBயில்

$$\tan(i) = \frac{DB}{DO} \text{ மற்றும் } \tan(r) = \frac{DB}{DI}$$

$$n_1 \frac{DB}{DO} = n_2 \frac{DB}{DI}$$

இரண்டு பக்கமுள்ள DBக்களும் ஒன்றை ஒன்று சமன்செய்து கொள்ளும். எனவே DO என்பது உண்மையான ஆழம் (d) மற்றும் DI என்பது தோற்ற ஆழம் d' ஆகும்.

$$n_1 \frac{1}{d} = n_2 \frac{1}{d'}$$

$$\frac{d'}{d} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (6.25)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை d' க்கு மாற்றி அமைக்கும்போது,

$$d' = \frac{n_2}{n_1} d \qquad (6.26)$$

இங்கு அடர்குறை ஊடகம் காற்று. அதன் ஒளிவிலகல் எண் 1, (n_2 = 1). மேலும், அடர்மிகு ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் n_1 ஐ n என எடுத்துக்கொண்டால், (n_1 = n), இதற்கான தோற்ற ஆழச் சமன்பாடு

$$d' = \frac{d}{n} \qquad (6.27)$$

தொட்டியின் அடிப்பரப்பு d-d' அளவு மேலே எழும்பித் தெரியும். எனவே,

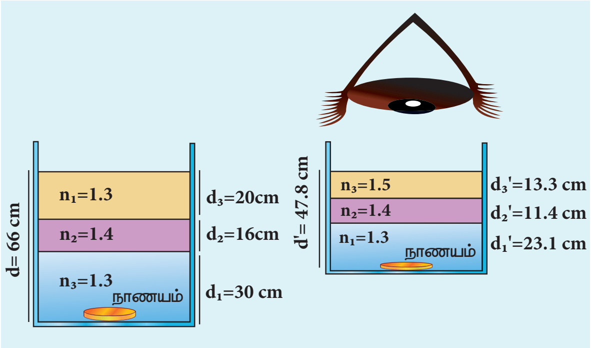
$$d - d' = d - \frac{d}{n} \quad \text{அல்லது} \quad d - d' = d\left(1 - \frac{1}{n}\right) \qquad (6.28)$$

எடுத்துக்காட்டு 6.8

தொட்டி ஒன்றினுள் ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்காத மற்றும் ஒளிவிலகல் எண்கள் முறையே 1.3, 1.4 மற்றும் 1.5 கொண்ட மூன்று திரவங்கள் 30 cm, 16 cm மற்றும் 20 cm உயரத்திற்கு நிரப்பி வைக்கப்பட்டுள்ளன. அத்தொட்டியின் அடிப்பரப்பில் நாணயம் ஒன்று உள்ளது. வெளியில் உள்ள காற்றுஊடகத்திலிருந்து நாணயத்தைப் பார்க்கும்போது, எந்தத் தோற்ற ஆழத்தில் நாணயம் தெரியும்? எந்த ஊடகத்தில் நாணயம் இருப்பது போன்று தோன்றும்?

தீர்வு

மேலே இருந்து பார்க்கும்போது, நாணயம் அடிப்பரப்பிலேயே தொடர்ந்து தெரியும். மேலும், ஒவ்வோர் ஊடகமும் வெளியில் உள்ள காற்று ஊடகத்தைப்பொருத்துச் சுருங்கித் தெரியும். இதுகீழே உள்ள படத்தில் சுட்டிக்காட்டப்பட்டுள்ளது.



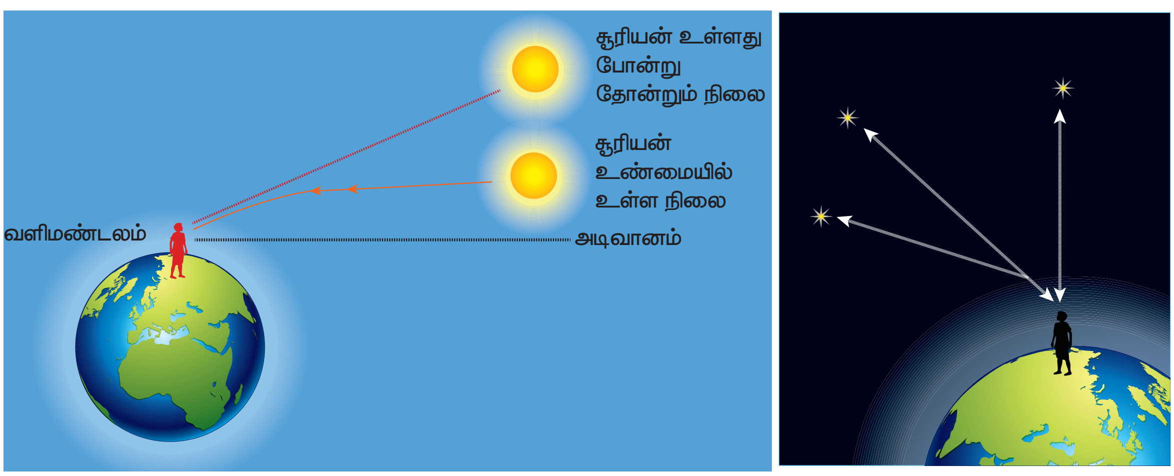
ஒவ்வோர் ஊடகத்திற்குமான தோற்ற ஆழச் சமன்பாடுகள்,

$$d_1' = \frac{d_1}{n_1}; \quad d_2' = \frac{d_2}{n_2}; \quad d_3' = \frac{d_3}{n_3}$$

$$d' = d_1' + d_2' + d_3' = \frac{d_1}{n_1} + \frac{d_2}{n_2} + \frac{d_3}{n_3}$$

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

வெவ்வேறு ஒளிவிலகல் எண்களைக் கொண்டுள்ள வளிமண்டலத்தின் வெவ்வேறு அடுக்குகளின்வழியே ஒளி செல்லும்போது தொடர் ஒளிவிலகல் ஏற்படுவதினால் அதன்பாதை தொடர்ந்து விலகலடையும். உதாரணமாகச் சூரிய உதயத்தின்போது நாம் காணும் சூரியன், உண்மையில் சூரியன் உதிப்பதற்குச் சிறிதுநேரத்திற்கு முன்பே தெரியத் தொடங்கும். இதே போன்று, சூரியன் உண்மையில் மறைந்த பிறகும் நமக்குச் சூரியன் தெரியும். இவ்விரண்டு நிகழ்வுகளுக்கும் காரணம், வளிமண்டலத்தினால் ஏற்படும் ஒளிவிலகல் ஆகும். உண்மையான சூரிய உதயம் என்பது சூரியன் கிடைத்தளத்தைக் கடப்பதைக் குறிக்கிறது. கீழே காட்டப்பட்டுள்ள படங்கள் கிடைத்தளத்தைப் பொருத்துச் சூரியனின் உண்மையான நிலை மற்றும் தோற்ற நிலைகளைக்காட்டுகின்றன. இப்படம் வளிமண்டலத்தினால் ஏற்படும் ஒளிவிலகலை விளக்குவதற்காக மிகைப்படுத்தப்பட்ட படமாகும். சூரியனின் திசையில் ஏற்படும் தோற்ற மாற்றம் கிட்டத்தட்ட அரை டிகிரி. இதற்கான நேர வேறுபாடு 2 நிமிடங்களாகும். இதே நிகழ்வின் காரணமாகத்தான் சூரிய உதயம் மற்றும் மறைவின் போது சூரியன் சற்று தட்டையாகத் தெரிகிறது (முட்டை வடிவில்). படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள விண்மீன்களின் நிலைகளுக்குக் காரணமும் இதே நிகழ்வுதான். உண்மையில் விண்மீன்கள் மின்னுவதில்லை, அவை மின்னுவதுபோன்று தோன்றுகின்றன. இதற்குக் காரணம் வெவ்வேறு ஒளிவிலகல் எண்களைப்பெற்றுள்ள வளிமண்டல அடுக்குகளின் இயக்கமேயாகும். இரவு வானில் தெளிவாக இதனை நாம் காணலாம்.



$$d' = \frac{30}{1.3} + \frac{16}{1.4} + \frac{30}{1.5} = 23.1 + 11.4 + 13.3$$

$$d' = 47.8\ cm$$

6.4.6 மாறுநிலைக்கோணம் மற்றும் முழு அக எதிரொளிப்பு

ஒளிக்கதிரொன்று அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்குறை ஊடகத்திற்குச் செல்லும்போது; அதன்பாதையிலிருந்து விலகிச் செங்குத்துக் கோட்டை விட்டு விலகிச் செல்கிறது. இதன் காரணமாக அடர் குறை ஊடகத்தில் விலகுகோணம் (r), அடர்மிகு ஊடகத்தில் படுகோணம் (i)ஐ விட அதிகமாக உள்ளது.

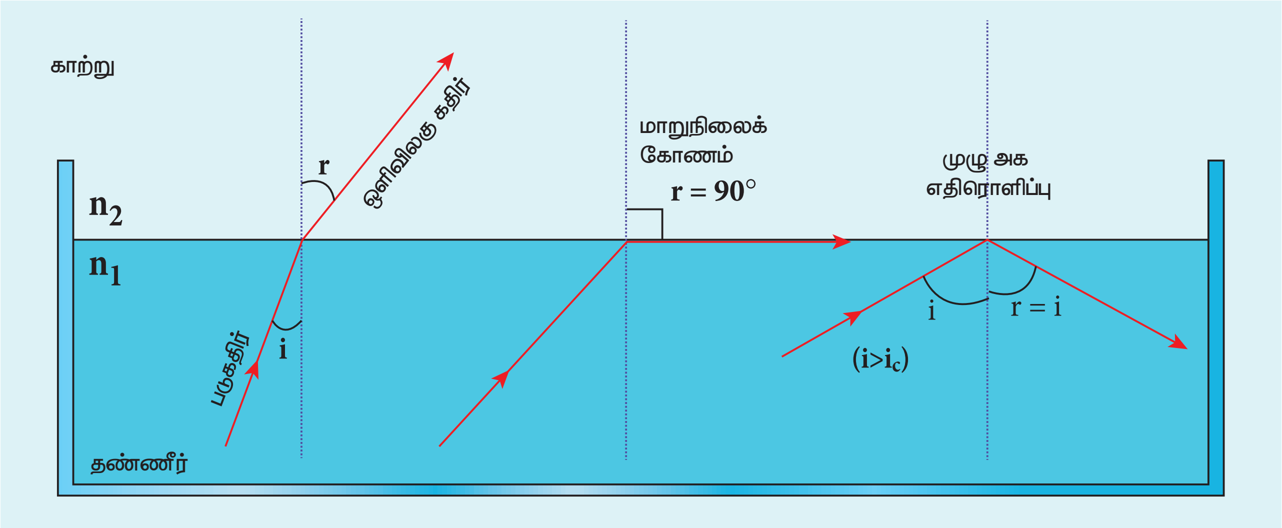
பொதுவாகப் படுகோணத்தைப் (i) படிப்படியாக அதிகரிக்கும்போது விலகுகோணம் (r) விரைவாக அதிகரிக்கும். ஒருகட்டத்தில் இதன் மதிப்பு 90^0 ஐ அடையும் அல்லது விலகு கதிர் இரண்டு ஊடகங்களையும் பிரிக்கும் எல்லையினைத் தழுவிச் செல்லும். **அடர்மிகு ஊடகத்தில் எந்தப் படுகோணமதிப்பிற்கு, விலகுகதிர் ஊடகங்களைப்பிரிக்கும் எல்லையைத் தழுவிச்செல்கிறதோ, அந்தப் படுகோணமே *மாறுநிலைக் கோணமாகும்* i_c.** அடர்மிகு ஊடகத்தில் படுகோணத்தின் மதிப்பினை மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட அதிகரிக்கும்போது, அடர்குறை ஊடகத்தில் ஒளிவிலகல் ஏற்பட எவ்வித சாத்தியமும் இல்லை. **அப்போது ஒளி முழுவதும் அடர்மிகு ஊடகத்திலேயே எதிரொளிக்கும். இந்நிகழ்ச்சிக்கு *முழு அக எதிரொளிப்பு* என்றுபெயர்.** இது படம் 6.21 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

முழு அக எதிரொளிப்பு ஏற்படுவதற்கான இரண்டு நிபந்தனைகள்

(அ) ஒளி அடர்மிகு ஊடகத்தில் இருந்து, அடர்குறை ஊடகத்திற்குச் செல்லவேண்டும்.

(ஆ) அடர்மிகு ஊடகத்தில் படுகோணத்தின் மதிப்பு, மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட, அதிகமாக இருக்கவேண்டும். ($i > i_c$)

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 20 9/12/2019 2:11:09 PM



படம் 6.21 மாறுநிலைக்கோணம் மற்றும் முழு அக எதிரொளிப்பு

மாறுநிலை படுகோணத்திற்கு, ஸ்னெல் விதியின் பெருக்கல் வடிவம் (6.19) பின்வரும் வடிவில் அமையும்

$$n_1 \sin i_c = n_2 \sin 90^\circ \quad (6.29)$$

$$n_1 \sin i_c = n_2 \qquad \because \sin 90^\circ = 1$$

$$\sin i_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (6.30)$$

இங்கு $n_1 > n_2$. அடர்குறை ஊடகம் காற்று ஊடகம் எனில் அதன் ஒளிவிலகல் எண்ணை 1 எனவும், அடர்மிகு ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணை n எனவும் கருதலாம்.

அதாவது $(n_2=1)$ மற்றும் $(n_1=n)$

$$\sin i_c = \frac{1}{n} \text{ (அல்லது) } i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) \quad (6.31)$$

எடுத்துக்காட்டாக, கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல் எண் 1.5. கண்ணாடி–காற்று இடைமுகத்தின் (Interface) மாறுநிலைக்கோணம், $i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.5}\right) = 41.8^\circ$. தண்ணீர் – காற்று இடைமுகத்தின் மாறுநிலைக்கோணம் $i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.3}\right) = 48.6^\circ$.

மாறுநிலைக்கோணம் i_c ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைச் சார்ந்துள்ளது. வெவ்வேறு பொருள்களின் ஒளி விலகல் எண் மற்றும் மாறுநிலைக் கோணம் போன்றவை அட்டவணை 6.3 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 6.3 வெவ்வேறு பொருள்களின் ஒளிவிலகல் எண் மற்றும் மாறுநிலைக் கோணம்.

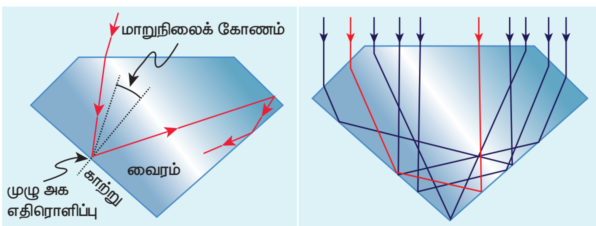
பொருள்கள்	ஒளிவிலகல் எண்	மாறுநிலைக் கோணம்
பனிக்கட்டி	1.310	49.8°
தண்ணீர்	1.333	48.6°
உருகிய குவார்ட்ஸ் (SiO_2)	1.458	43.3°
க்ரவுண் கண்ணாடி	1.541	40.5°
ஃப்ளிண்ட் கண்ணாடி	1.890	31.9°
கால்சைட் ($CaCO_2$)	1.658	37.0°
வைரம்	2.417	24.4°
ஸ்ட்ரோண்டியம் டைட்டனேட் ($SrTiO_3$)	2.417	24.4°
ரூட்டைல்	2.621	22.4°

6.4.7 முழு அக எதிரொளிப்பின் விளைவுகள்

6.4.7.1 வைரத்தின் ஜொலிஜொலிப்பு

வைரம் ஜொலிப்பதற்குக் காரணம், அதன் உள்ளே நடைபெறும் முழு அகஎதிரொளிப்பே ஆகும். வைரத்தின் ஒளிவிலகல் எண் கிட்டத்தட்ட 2.417 ஆகும். இம்மதிப்பு சாதாரண கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல்எண் மதிப்பான கிட்டத்தட்ட 1.5 ஐ விட மிகவும் அதிகம். வைரத்தின் மாறுநிலைக் கோணம் ஏறத்தாழ 24.4^0. இது கண்ணாடியின் மாறுநிலை கோணத்தைவிட மிகவும் குறைவு. திறமை வாய்ந்த வைரவேலை செய்பவர் படுகோணத்தின் இந்த நீண்ட நெடுக்கத்தை (24.4^0 இல்

இருந்த 90^0 வரை) நன்கு பயன்படுத்திக்கொள்வார். படம் 6.22 இல் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு வைரத்தின் உள்ளே நுழைந்த ஒளி வெளியேறுவதற்கு முன்பாக வைரத்தின் உட்புறமுள்ள வெட்டுமுகங்களில் பலமுறை முழு அக எதிரொளிப்பு அடைகிறது. அவ்வாறு முழு அக எதிரொளிப்பு அடைவதால் வைரம் நன்கு ஜொலிக்கிறது.

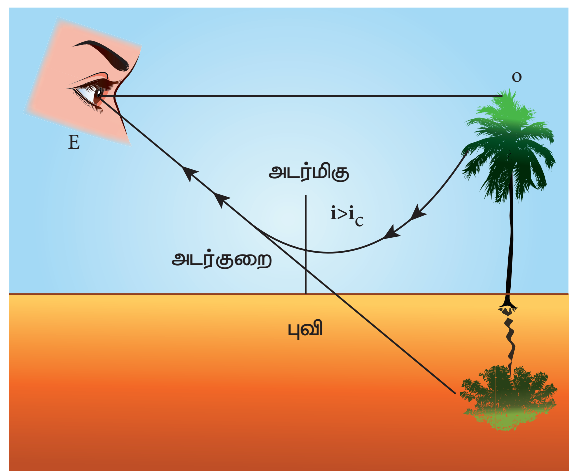


படம் 6.22 வைரத்தினுள் ஏற்படும் முழு அக எதிரொளிப்பு

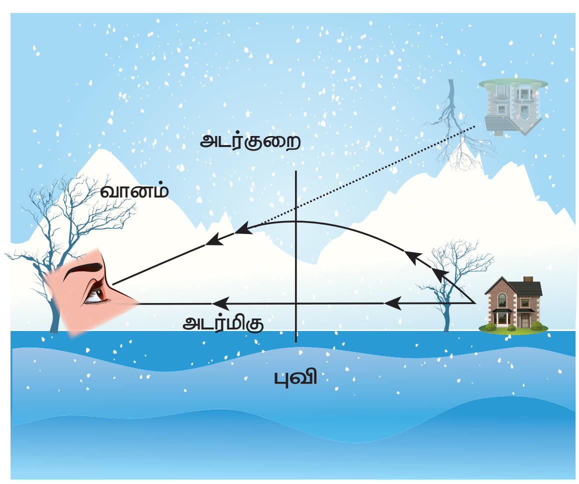
6.4.7.2 கானல் நீர் மற்றும் குளிர் மாயத்தோற்றம் (Mirrage and looming)

காற்றின் அடர்த்தியைப் பொருத்து, ஒளிவிலகல் எண்ணும் அதிகரிக்கும். வெப்பமான பகுதிகளில் உயரத்தில் உள்ள காற்றைவிட, தரையின் அருகில் உள்ள காற்றின் வெப்பம் அதிகமாக இருக்கும். வெப்பக்காற்றின் அடர்த்தி குறைவு. எனவே, வீசாமல் ஒரே இடத்தில் உள்ள காற்றைப் பொருத்தவரை உயரம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க, ஒளிவிலகல் எண்ணும் அதிகரிக்கும். இதன் காரணமாக மரம் போன்ற உயரமான பொருள்களிலிருந்து வரும் ஒளி தரையை நோக்கிச் செல்லச்செல்ல ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் குறையும். இவ்வாறு ஒளிவிலகல் எண்கொண்ட ஊடகத்தின் வழியே ஒளிக்கதிர் செல்லும்போது, காற்றின் வெவ்வேறு அடுக்குகளில், செங்குத்துக் கோட்டினைவிட்டு ஒளிக்கதிர் தொடர்ந்து விலகலடையும். மேலும், தரையின் அருகே படுகோணம் மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட அதிகமாக உள்ள நிலையில் முழு அக எதிரொளிப்பு அடையும். அதாவது ஒளி தரையின் அடியிலிருந்து வருவதுபோன்ற ஓர் மாயத்தோற்றத்தை ஏற்படுத்தும். காற்று அடுக்குகளின் அசையும் தன்மையினால் நீர் நிலையில் இருந்து எதிரொளிப்பது போன்று தெரியும் அல்லது பொருளுக்கு அடியில் ஈரப்பரப்பு உள்ளது போன்று தெரியும். இது படம் 6.23 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்நிகழ்விற்குக் கானல்நீர் என்றுபெயர்.

குளிர்பிரதேசங்களில் தரையை நோக்கிச் செல்லச்செல்ல ஒளிவிலகல் எண் அதிகரித்துக்கொண்டே செல்லும். ஏனெனில், மேலே உள்ள காற்றைவிடத் தரைக்கு அருகே உள்ள காற்று அடுக்கின் வெப்பநிலை குறைவாகக் காணப்படும். எனவே, தரைக்கு அருகே உள்ள காற்றின் அடர்த்தி மற்றும் ஒளிவிலகல் எண் உயரத்தில் உள்ள காற்றைவிட அதிகமாக இருக்கும். பனிப்பாறைகள், உறைந்த ஏரிகள் மற்றும் கடல்களில் கானல்நீரின் எதிரிடையான விளைவு ஏற்படும். எனவே, தலைகீழான பிம்பம் தரையிலிருந்து சற்று உயரத்தில் படம் 6.23(ஆ)வில் காட்டியுள்ளவாறு தோன்றும். இந்நிகழ்வுக்கு குளிர் மாயத் தோற்றம் (looming) என்று பெயர்.



(அ) கானல் நீர் (அல்லது வெப்ப – மாய ஒளித் தோற்றம்)



(ஆ) குளிர் – மாய ஒளித்தோற்றம்

படம் 6.23 வெப்ப –மாயஒளித்தோற்றம் மற்றும் குளிர் – மாய ஒளித்தோற்றம்

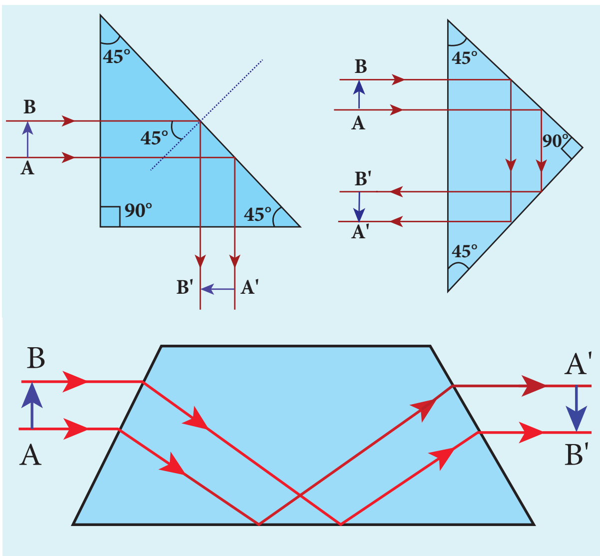
6.4.7.3 முழு அக எதிரொளிப்பைப் பயன்படுத்தி முப்பட்டகங்களை உருவாக்குதல்

முழு அக எதிரொளிப்பைப் பயன்படுத்தி ஒளியை 90^o அல்லது 180^o எதிரொளிக்கும்படி முப்பட்டகங்களை வடிவமைக்கலாம் இது படம் 6.24 (அ) மற்றும் (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. முதல்

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 22 9/12/2019 2:11:13 PM

இரண்டு நிகழ்வுகளில் முப்பட்டகப்பொருளின் மாறுநிலைக் கோணத்தின் மதிப்பு i_c யானது 45° ஐ விடக்குறைவு. இது அட்டவணை 6.3 இல் இருந்து க்ரவுன் கண்ணாடி மற்றும் அடர்த்தி மிக்க ஃப்ளிண்ட் கண்ணாடி இரண்டிற்கும் இது பொருந்தும் என்பதை அறியலாம்.

முப்பட்டகங்களைக் கொண்டு, பிம்பத்தின் அளவினை மாற்றாமல் பிம்பங்களைத் தலைகீழாக மாற்றலாம். இது படம் 6.24 (இ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



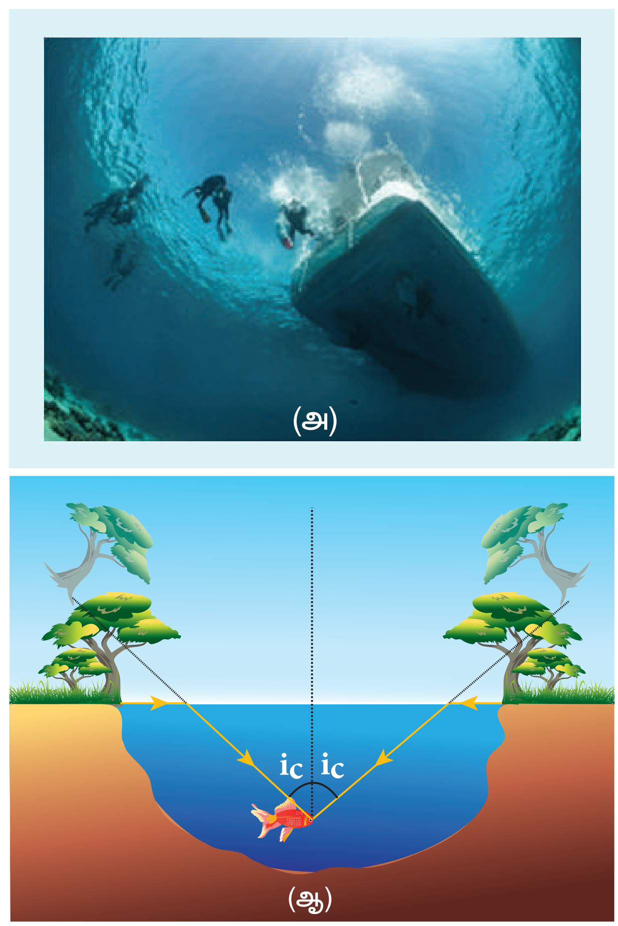
படம் 6.24 முழு அகரொளிப்பைப் பயன்படுத்தி முப்பட்டகங்களை உருவாக்குதல்

6.4.7.4 ஆர ஒளியூட்டல் (ஸ்னெல் சாளரம்)

படம் 6.25 தண்ணீர் தொட்டியின் உள்ளே உள்ள ஒளிமூலம்

மின்விளக்கு போன்ற ஒளி மூலத்தைத் தண்ணீர்த் தொட்டியின் உள்ளே வைக்கும்போது, ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் ஒளி, தண்ணீருக்குள் அனைத்துத் திசைகளிலும் பரவும். மாறுநிலைக் கோணத்தைவிடக் குறைவான படுகோணத்தில் தண்ணீர்ப்பரப்பில் விழும் ஒளிக்கதிர்கள் ஒளிவிலகல் அடைந்து தண்ணீர்ப்பரப்பிலிருந்து வெளியேறும். மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட அதிக படுகோணத்தில் தண்ணீர்ப்பரப்பில் விழும் ஒளிக்கதிர்கள் முழு அக எதிரொளிப்பு அடையும். மாறுநிலைக் கோணத்திற்குச் சமமான படுகோணத்தில் தண்ணீர்ப்பரப்பில் விழும் ஒளிக்கதிர்கள் பரப்பினைத் தழுவிச்செல்லும். இதன் காரணமாக, வெளியிலிருந்து பார்க்கும்போது, தண்ணீர்ப்பரப்பு முழுவதும் ஒளியூட்டப்பட்டது போன்று காட்சியளிக்கும். இது படம் 6.25 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

மாறாக வெளிப்புறத்திலிருந்து வரும் ஒளியைத் தண்ணீருக்குள் இருந்து பார்க்கும்போது, நமது பார்வை மாறுநிலைக் கோணத்திற்குச் (i_c) சமமான ஒரு கோணத்திற்குள் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. இவ்வாறு ஓர் குறிப்பிட்ட ஆரமுடைய ஒளியூட்டப்பட்ட வட்டப்பரப்பிற்கு ஸ்னெல் சாளரம் என்றுபெயர். ஸ்னெல் சாளரம் படம் 6.26 (அ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. நீர்வாழ் விலங்குகளின் பார்வைக்கோணம் படம் 6.26 (ஆ) யில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

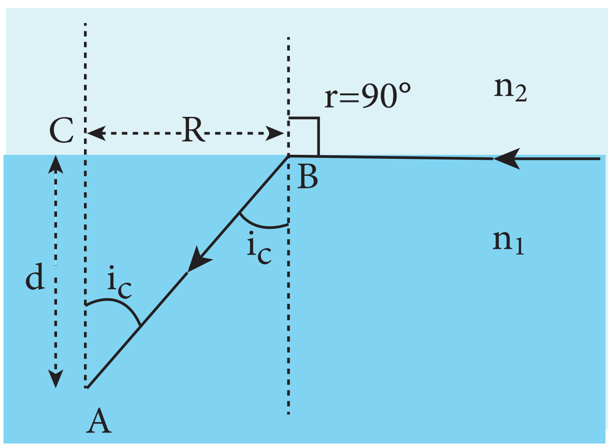


படம் 6.26 (அ) ஸ்னெல் சாளரம் மற்றும் (ஆ) நீர்வாழ் விலங்குகளின் பார்வைக் கோணம்

நீர்வாழ் விலங்குகளின் பார்வைக்கோணம், மாறுநிலைக் கோணத்தின் இருமடங்கிற்குச் ($2i_c$)

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 23 9/12/2019 2:11:14 PM

சமமான கோணத்திற்குள் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. தண்ணீரின் மாறுநிலைக்கோணம் 48.6^{o}. எனவே மேல்நோக்கிப் பார்க்கும் மொத்த கூம்புவடிவ பார்வைக் கோணம் 97.2^{o} ஆகும். வட்டப்பரப்பின் ஆரம் (R) ,நீர்வாழ்விலங்கு எவ்வளவு ஆழத்திலிருந்து (d) மேலே பார்க்கிறது என்பதைப் பொருத்தது. ஸ்னெல் சாளரத்தின் ஆரத்தைப் படம் 6.27 ஐ பயன்படுத்திக் கண்டறிய முடியும்.



படம் 6.27 ஸ்னெல் சாளரத்தின் ஆரம்

ஒளியானது d ஆழத்திலுள்ள, A என்ற புள்ளியிலிருந்து பார்க்கப்படுகிறது. இரண்டு ஊடகங்களையும் பிரிக்கும் தளத்தில் B புள்ளியில் ஏற்படும் ஒளிவிலகலுக்கு ஸ்னெல் விதியின் பெருக்கல் வடிவினைப் (6.19) பயன்படுத்தும்போது

$$n_1 \sin i_c = n_2 \sin 90^0 \qquad (6.32)$$

$$n_1 \sin i_c = n_2 \qquad \because \sin 90^0 = 1$$

$$\sin i_c = \frac{n_2}{n_1} \qquad (6.33)$$

செங்கோண முக்கோணம் ΔABC யிலிருந்து,

$$\sin i_c = \frac{CB}{AB} = \frac{R}{\sqrt{d^2 + R^2}} \qquad (6.34)$$

சமன்பாடுகள் 6.33 மற்றும் 6.34 ஐ ஒப்பிடும்போது,

$$\frac{R}{\sqrt{d^2 + R^2}} = \frac{n_2}{n_1}$$

இரண்டு பக்கமும் வர்க்கப்படுத்தி, மாற்றி அமைக்கும் போது, $\frac{R^2}{R^2 + d^2} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$

தலைகீழாக்கும்போது, $\frac{R^2 + d^2}{R^2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$

மேலும் சுருக்கும்போது,

$$1 + \frac{d^2}{R^2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \qquad \frac{d^2}{R^2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 - 1;$$

$$\frac{d^2}{R^2} = \frac{n_1^2}{n_2^2} - 1 = \frac{n_1^2 - n_2^2}{n_2^2}$$

மீண்டும் வர்க்கப்படுத்தி, மாற்றியமைக்கும்போது

$$\frac{R^2}{d^2} = \frac{n_2^2}{n_1^2 - n_2^2}; \qquad R^2 = d^2\left(\frac{n_2^2}{n_1^2 - n_2^2}\right)$$

ஒளியூட்டப்பட்டப் பரப்பின் ஆரம்

$$R = d\sqrt{\frac{n_2^2}{\left(n_1^2 - n_2^2\right)}} \qquad (6.35)$$

வெளிப்புறம் உள்ள அடர்குறை ஊடகம் காற்று எனில், $n_2 = 1$ மேலும் $n_1 = n$ எனக் கருதினால்

$$R = d\left(\frac{1}{\sqrt{n^2 - 1}}\right) \text{ அல்லது } R = d\left(\frac{1}{\sqrt{n^2 - 1}}\right) \qquad (6.36)$$

எடுத்துக்காட்டு 6.9

வெப்பமான நாள் ஒன்றில், நீச்சல் குளத்தில் 10 மீட்டர் ஆழத்திலிருந்து மேலே பார்க்கும்போது தெரியும் ஒளியூட்டத்தின் ஆரம் என்ன? பார்வைக் கூம்பின் மொத்தக் கோணமும் என்ன? (கொடுக்கப்பட்டவை, தண்ணீரின் ஒளிவிலகல் எண் $4/3$)

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை, $n = 4/3$, $d = 10$ m.

ஒளியூட்டத்தின் ஆரம், $R = \frac{d}{\sqrt{n^2 - 1}}$

$$R = \frac{10}{\sqrt{(4/3)^2 - 1}} = \frac{10 \times 3}{\sqrt{16 - 9}}$$

$$R = \frac{30}{\sqrt{7}} = 11.32\ m$$

பார்வை கூம்பின் கோணத்தைக் காணல்,

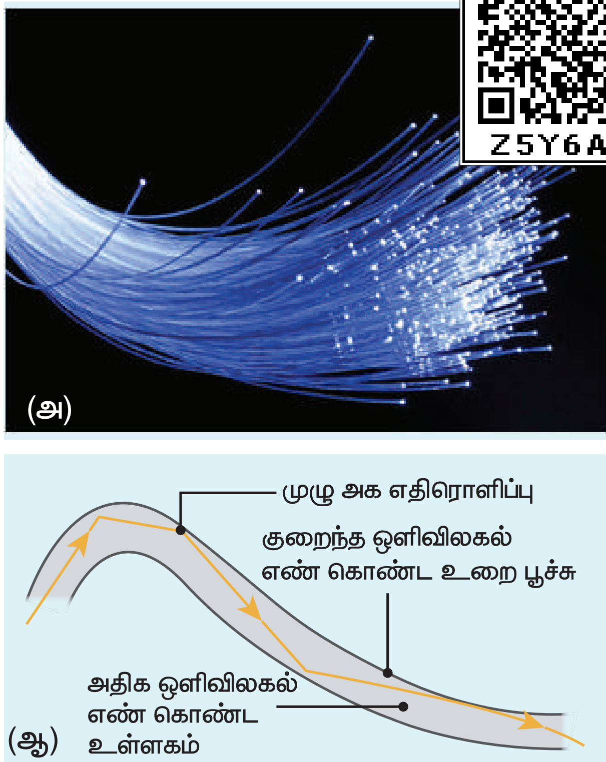
$$i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right)$$

$$i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{4/3}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{3}{4}\right) = 48.6^{\circ}$$

பார்வைக்கூம்பின் மொத்தக் கோணம்,

$$2i_c = 2 \times 48.6^\circ = 97.2^\circ$$

6.4.7.5 ஒளி இழை (Optical fiber)



படம் 6.28 ஒளி இழை

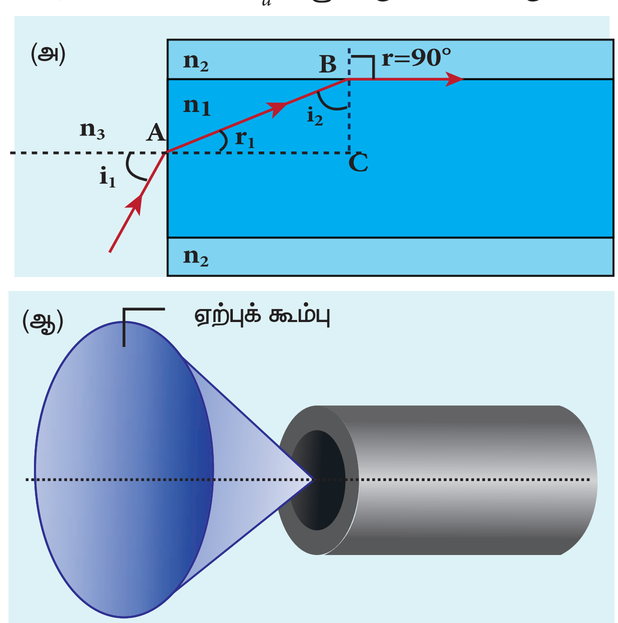
முழுஅக எதிரொளிப்பு நிகழ்வை அடிப்படையாகக் கொண்டு, ஒளி இழைகளின் வழியே செய்திகளை அனுப்ப முடியும். **ஒளியிழையின் உட்புறப்பகுதிக்கு உள்ளகம் (core) என்றும் வெளிப்புறப்பகுதிக்கு உறைப்பூச்சு (cladding or sleeving) என்றும் பெயர்.** முழுஅக எதிரொளிப்பு ஏற்பட உள்ளகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண், வெளிப்புற உறைப்பூச்சின் ஒளிவிலகல் எண்ணைவிட அதிகமாக இருக்கவேண்டும்.

ஒளிவடிவில் உள்ள செய்தியை, ஒளி இழையின் உள்ளகம் மற்றும் உறைபூச்சும் சந்திக்கும் பரப்பின் உட்புறமாக ஒரு குறிப்பிட்டப் படுகோணத்தில், அதாவது, மாறுநிலைக்கோணத்தைவிட அதிக படுகோணத்தில் செலுத்தும்போது, ஒளிஇழையின் மொத்த நீளத்திற்கும் எவ்விதமான ஒளி இழப்பும் அடையாமல் தொடர்ந்து முழு அக எதிரொளிப்பு அடைந்து மறுமுனையை அடையும். உள்ளகத்தின் வழியே செல்லும் ஒளி, அதன் செறிவில் குறிப்பிடத்தக்க அளவில் இழப்பு ஏதும் ஏற்படாமல் ஒரு முனையிலிருந்து அடுத்த முனைக்குச் செல்லும். இது படம் 6.28 (அ) யில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ஒளிஇழை மடக்கப்பட்ட நிலையிலும் உள்ளகமும் வெளிப்பூச்சும் சந்திக்கும் பரப்பின்மீது விழும் ஒளியின் படுகோணம் எப்போதும் மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட அதிகமாகவே இருக்கும். படம் 6.28 (ஆ) இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒவ்வொரு எதிரொளிப்பின்போதும் முழு அக எதிரொளிப்பு நடைபெறுவதை உறுதிபடுத்துகிறது

6.4.7.6 ஒளி இழையின் ஏற்புக்கோணம் (Acceptance angle in optical fibre)

ஒளி இழையின் உட்பகுதியில், உள்ளகம் வெளிப்பூச்சு சந்திக்கும் பரப்பில் விழும் ஒளிக்கதிரின் படுகோணம், மாறுநிலைக்கோணத்தில் இருக்கவேண்டுமெனில்,ஒளிஇழையின்முனையில் ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோணத்தில் ஒளிக்கதிரை செலுத்த வேண்டும். இப்படுகோணத்திற்கு ஒளிஇழையின் ***ஏற்புக்கோணம்*** என்று பெயர். ஏற்புக்கோணம் உள்ளகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் n_1 வெளிப்பூச்சின் ஒளிவிலகல் எண் n_2 மற்றும் வெளிப்புற ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் n_3 ஆகியவற்றைச் சார்ந்துள்ளது. வெளிப்புற ஊடகம், உள்ளகம் சந்திக்கும் பரப்பில் A புள்ளியில் ஒளி ஏற்புக் கோணத்தில் i_a விழுகிறது எனக் கருதுக.



படம் 6.29 (அ) ஏற்புக் கோணம் மற்றும் (ஆ) ஏற்புக் கூம்பு

படம் 6.29 (அ) வில் காட்டியுள்ளவாறு A புள்ளியில் ஏற்படும் ஒளிவிலகலுக்கான ஸ்னெல் விதியின் பெருக்கல் வடிவம் (6.19) பின்வருமாறு.

$$n_3 \sin i_a = n_1 \sin r_a \qquad (6.37)$$

ஒளி இழையின் உட்புறம் முழுஅக எதிரொளிப்பு நடைபெற வேண்டுமென்றால், உள்ளகம்

வெளிப்பூச்சு சந்திக்கும் பரப்பில் B புள்ளியில் விழும் ஒளியின் படுகோணம் குறைந்தபட்சம் மாறுநிலைக் கோணமாக i_c இருக்க வேண்டும். ஸ்னெல் விதியின் பெருக்கல் வடிவை B புள்ளியில் பயன்படுத்தும்போது

$$n_1 \sin i_c = n_2 \sin 90^\circ \quad (6.38)$$

$$n_1 \sin i_c = n_2 \qquad \because \sin 90^\circ = 1$$

$$\therefore \sin i_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (6.39)$$

செங்கோண முக்கோணம் ΔABC யிலிருந்து

$$i_c = 90^\circ - r_a$$

சமன்பாடு 6.39 பின்வருமாறு மாற்றமடைகிறது

$$\sin(90^\circ - r_a) = \frac{n_2}{n_1}$$

திரிகோணமிதி சார்புகளைப் பயன்படுத்தி

$$\cos r_a = \frac{n_2}{n_1} \quad (6.40)$$

$$\sin r_a = \sqrt{1 - \cos^2 r_a}$$

$\cos r_a$ வின் மதிப்பை பிரதியிட

$$\sin r_a = \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} = \sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2}} \quad (6.41)$$

இதனைச் சமன்பாடு 6.37 இல் பிரதியிட

$$n_3 \sin i_a = n_1 \sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2}} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (6.42)$$

மேலும் இதனைச் சுருக்கும்போது,

$$\sin i_a = \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_3} \text{ (or) } \sin i_a = \sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_3^2}} \quad (6.43)$$

$$i_a = \sin^{-1}\left(\sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_3^2}}\right) \quad (6.44)$$

வெளிப்புற ஊடகம் காற்று எனக்கருதினால் $n_3 = 1$ எனவே ஏற்புக்கோணம் (i_a) பின்வருமாறு மாற்றமடையும்.

$$i_a = \sin^{-1}\left(\sqrt{n_1^2 - n_2^2}\right) \quad (6.45)$$

இந்த ஏற்புக்கோணம் (i_a) ஒளி இழையின் முனையின்மீது, ஒளி ஒரு கூம்புவடிவை ஏற்படுத்தும். இக்கூம்பிற்கு ***ஏற்புக்கூம்பு*** என்று பெயர். இக்கூம்பினுள் ஒளி எந்தத் திசையிலும் ஒளி இழையின் உள்ளே நுழையலாம். **$(n_3 \sin i_a)$ பதத்திற்கு ஒளி இழையின் எண்ணியல் துளை** (Numerical aperture (NA)) என்று பெயர்.

$$NA = n_3 \sin i_a = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (6.46)$$

வெளிப்புற ஊடகம் காற்று எனில் $n_3 = 1$ எனவே, எண்ணியல் துளை (NA) பின்வருமாறு மாற்றமடையும்.

$$NA = \sin i_a = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (6.47)$$

எடுத்துக்காட்டு 6.10

ஒளி இழை ஒன்றின் உள்ளகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் 1.68 மற்றும் அதன் உறைப்பூச்சின் ஒளிவிலகல் எண் 1.44. இந்த ஒளி இழை காற்று ஊடகத்தில் உள்ளபோது அதன் ஏற்புக்கோணம் என்ன? மேலும் வெளிப்பூச்சு இல்லாத நிலையில் அதன் ஏற்புக்கோணத்தை கணக்கிடுக.

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை $n_1 = 1.68$, $n_2 = 1.44$, $n_1 = 1$

ஏற்புக்கோணம், $i_a = \sin^{-1}\left(\sqrt{n_1^2 - n_2^2}\right)$

$$i_a = \sin^{-1}\left(\sqrt{(1.68)^2 - (1.44)^2}\right) = \sin^{-1}(0.865)$$

$$i_a \approx 60^\circ$$

வெளிப்பூச்சு ஏதும் இல்லாத நிலையில்

ஏற்புக்கோணம், $i_a = \sin^{-1}\left(\sqrt{n_1^2 - 1}\right)$

$$i_a = \sin^{-1}\left(\sqrt{(1.68)^2 - 1}\right) = \sin^{-1}(1.35)$$

$\sin^{-1}$(ஒன்றைவிடப் பெரிய எண்) சாத்தியமற்ற ஒன்றாகும். ஆனால், இது 0^0 விலிருந்து 90^0 என்ற எல்லைக்குள் வருகிறது. எனவே, அனைத்துக் கதிர்களும் சமதளப் பரப்பிலிருந்து உள்ளகத்திற்குள் வந்து முழுஅக எதிரொளிப்பு அடையும்.

குறிப்பு: உறைப்பூச்சு இல்லை எனில், உள்ளகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் (n_1)க்கான நிபந்தனை

$$i_a = \sin^{-1}\left(\sqrt{n_1^2 - 1}\right)$$

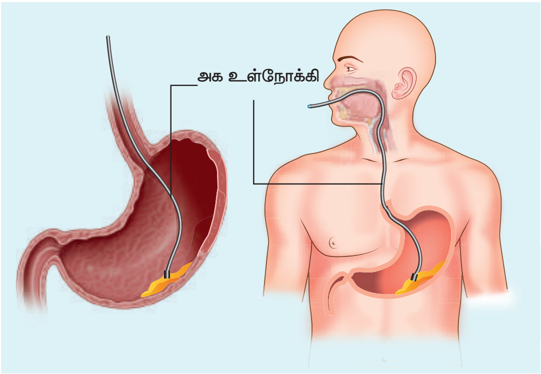
UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 26 9/12/2019 2:11:23 PM

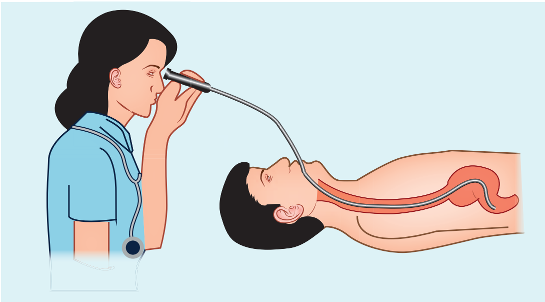
இங்கு, கணிதவியல் விதியின்படி, $\left(n_1^2-1\right)\le 1$ அல்லது $\left(n_1^2\right)\le 2$ அல்லது $n_1\le\sqrt{2}$

எனவே, காற்றில் (உறைப்பூச்சு இலலாத நிலையில்) உள்ளகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் (n_1) ணின் மதிப்பு $n_1\le 1.414$

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

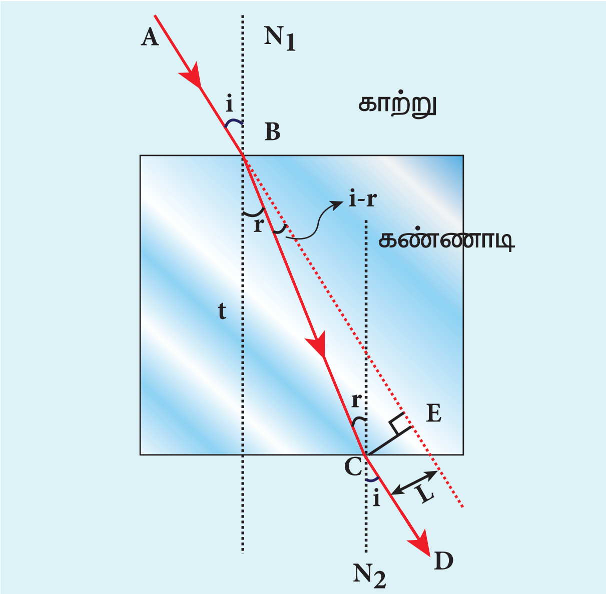
உள்நோக்கு உடற்குழாய் (endoscope) என்பது, ஒளி இழைகளின் கட்டு ஆகும். நோயாளியின் உடலுக்குள் இதனைச் செலுத்தி உட்புற உறுப்புகளை மருத்துவர்கள் ஆய்வு செய்வார்கள். உள்நோக்கு உடற்குழாய் முழுஅக எதிரொளிப்புத் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் வேலை செய்கிறது. ஒளி இழைகளை வாய், மூக்கு அல்லது ஏதேனும் உடலில் உள்ள ஒரு திறந்த துவாரம் வழியாக நோயாளியின் உடலுக்குள் செலுத்துவார்கள். அவ்வாறு செலுத்தி, அறுவை சிகிச்சைகளையும் தற்போது மேற்கொள்கின்றனர்.





6.4.8 கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் (glass slab) வழியே ஒளி விலகல்

கண்ணாடிப்பட்டகம் என்பது, கனசதுரக்கண்ணாடி ஆகும். இதன்வழியே ஒளி செல்லும்போது கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் இரண்டு ஒளிவிலகு பரப்புகளிலும் ஒளிவிலகல் ஏற்படுகின்றது. கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் உள்ளே ஒளி செல்லும்போது, அடர் குறை ஊடகத்தில் இருந்து (காற்று) அடர்மிகு ஊடகத்திற்கு (கண்ணாடி) ஒளி செல்கிறது. எனவே, ஒளி செங்குத்துக்கோட்டை நோக்கி விலகும். கண்ணாடிப்பட்டகத்திலிருந்து ஒளி வெளியேறும்போது, அது அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து, அடர்குறை ஊடகத்திற்கு வருகிறது. எனவே, ஒளி செங்குத்துக்கோட்டைவிட்டு விலகிச்செல்லும். இரண்டு ஒளி விலகல்களும் நிறைவுபெற்றபின் கண்ணாடிப்பட்டகத்திலிருந்து வெளிவரும் ஒளிக்கதிர் பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி (L) அடைந்து படுகதிரின் திசையிலேயே பயணிக்கும். அதாவது, ஒளிக்கதிரின் திசையில் எவ்வித மாற்றமும் இல்லை. ஆனால், படுகதிர் மற்றும் விலகுகதிர் இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக வெவ்வேறு பாதைகளில் செல்கின்றன. பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சியைக் கணக்கிட படம் 6.30 இல் காட்டியுள்ளவாறு படுகதிர் மற்றும் விலகுகதிரின் பாதைகளுக்கு நடுவே செங்குத்துக்கோடு வரைய வேண்டும்.



படம் 6.30 கண்ணாடிப்பட்டகத்தில் ஏற்படும் ஒளிவிலகல்

கண்ணாடிப்பட்டகம் ஒன்றைக் கருதுக. அதன் தடிமன் (t), ஒளிவிலகல் எண்(n) ஆகும். இப்பட்டகம் காற்று ஊடகத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒளியின் பாதையை $ABCD$ எனக் கருதுக. படுகோணம் (i) மற்றும் விலகுகோணம் (r) இரண்டும் செங்குத்துக்கோடுகள் N_1 மற்றும் N_2ஐ பொருத்துக் கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் B மற்றும் C புள்ளிகளில் கணக்கிடப்படுகின்றன. C புள்ளியில் விலகுகதிர் மற்றும் திசைமாறா படுகதிர் இவற்றிற்கிடையே வரையப்பட்ட செங்குத்துக்கோடு (CE) பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி (L) ஐ கொடுக்கும்.

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 27 9/12/2019 2:11:26 PM

செங்கோண முக்கோணம் ΔBCE–யில்

$$\sin(i-r)=\frac{L}{BC};BC=\frac{L}{\sin(i-r)} \qquad (6.48)$$

செங்கோண முக்கோணம் ΔBCF– யில்

$$\cos(r)=\frac{t}{BC};BC=\frac{t}{\cos(r)} \qquad (6.49)$$

சமன்பாடுகள் 6.48 மற்றும் 6.49 இரண்டையும் ஒப்பிடும்போது

$$\frac{L}{\sin(i-r)}=\frac{t}{\cos(r)}$$

சமன்பாட்டினை மாற்றி அமைக்கும்போது,

$$L=t\left(\frac{\sin(i-r)}{\cos(r)}\right) \qquad (6.50)$$

பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி, கண்ணாடிப் பட்டகத்தின் தடிமனைச் சார்ந்துள்ளது, தடிமன் அதிகமெனில் பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சியும் அதிகமாகும். மேலும் பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி படுகோணத்தையும் சார்ந்துள்ளது. அதிக படுகோணமதிப்பிற்கு பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி அதிகம்.

எடுத்துக்காட்டு 6.11

0.25 m தடிமன் கொண்ட கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் 1.5 ஆகும். ஒளிக்கதிர் ஒன்று கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் ஒரு பக்கத்தின் மீது 60^o கோணத்தில் விழுந்து அடுத்த பக்கம் வழியாக வெளிவருகிறது எனில், ஒளி அடைந்த பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி என்ன?

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை: கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் தடிமன் t = 0.25 m, ஒளிவிலகல் எண் n = 1.5. படுகோணம் $i = 60^o$.

ஸ்னெல் விதியைப்பயன்படுத்தும்போது, $1 \times \sin i = n \sin r$

$$\sin r=\frac{\sin i}{n}=\frac{\sin 60}{1.5}=0.58$$

$$r=\sin^{-1}0.58=35.25^{\circ}$$

பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி, $L=t\left(\frac{\sin(i-r)}{\cos(r)}\right)$

$$L=(0.25)\times\left(\frac{\sin(60-35.25)}{\cos(35.25)}\right)=0.1281\,m$$

பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி, $L=12.81\,cm$

6.5 ஒற்றை கோளகப்பரப்பில் ஏற்படும் ஒளிவிலகல் (Refraction at single spherical surface)

இதுவரை நாம் சமதளப்பரப்பில் ஏற்படும் ஒளிவிலகலைப் பற்றி மட்டுமே பயின்றோம். இரண்டு ஒளிபுகும் ஊடகங்களுக்கு நடுவே உள்ள கோளகப் பரப்பிலும் ஒளிவிலகல் நடைபெறும். கோளகப்பரப்பின் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் ஒளிவிலகல் விதி பொருந்தும். ஒளிக்கதிர் படும் புள்ளியில் உள்ள செங்குத்துக்கோடு, அப்புள்ளியின் கோளகப்பரப்பிற்கு வரையப்பட்ட தொடுகோட்டுப் பரப்பிற்குச் செங்குத்தாகும். எனவே, செங்குத்துக்கோடு எப்போதும் வளைவு மையம் வழியாகவேச் செல்லும். ஒற்றைக் கோளகப்பரப்பில் ஏற்படும் ஒளிவிலகல் பற்றிய அறிவானது, இருபரப்புகொண்ட லென்ஸ்களைப்பற்றி புரிந்துகொள்ள துணைபுரியும். லென்ஸின் இரண்டு பரப்புகளில் ஏதேனும் ஒருபரப்பு அல்லது இரண்டு பரப்புகளுமே கோளகப்பரப்பாக இருக்கலாம்.

கோளகப் பரப்பில் ஏற்படும் ஒளிவிலகலைப்பற்றி படிக்கும்போது, பின்வரும் அனுமானங்களை நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

(அ) படும் ஒளிக்கதிர் ஒற்றை நிறம் கொண்டதாகக் கருதவேண்டும்.

(ஆ) படும் ஒளிக்கதிர், முதன்மை அச்சுக்கு மிக நெருக்கமாகக் செல்வதாகக் கருதவேண்டும் (அண்மை அச்சுக்கதிர்)

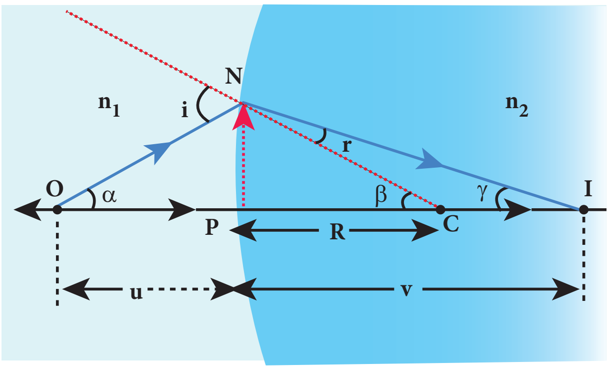
கோளக ஆடிகளுக்கு பயன்படுத்தப்படும் குறியீட்டு மரபுகளை இவற்றிற்கும் பயன்படுத்தலாம்.

6.5.1 ஒற்றை கோளகப்பரப்பில் ஏற்படும் ஒளிவிலகலுக்கான கோவை (Equation for refraction at single spherical surface)

n_1 மற்றும் n_2 ஒளிவிலகல் எண்கொண்ட இரணடு ஒளிபுகும் ஊடகங்கள் படம் 6.31–இல் காட்டியுள்ளவாறு கோளகப்பரப்பு ஒன்றினால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. கோளகப்பரப்பின் வளைவு மையத்தை C என்க. O என்ற புள்ளிப்பொருளொன்று n_1 ஒளிவிலகல் கொண்ட ஊடகத்தில் உள்ளது எனக்கருதுக. OC கோடு, கோளகப்பரப்பை பரப்புமுனை P– யில் வெட்டுகிறது. ஒளிக்கதிர்களை அண்மை அச்சுக்கதிர்களாகக் கருதுவதால்

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 28 9/12/2019 2:11:28 PM

படும்புள்ளிக்கும், முதன்மை அச்சுக்கும் வரையப்பட்ட செங்குத்துக்கோடு பரப்புமுனை P– க்கு நெருக்கமாக அல்லது P வழியே செல்கிறது.



படம் 6.31 ஒற்றைக் கோளகப் பரப்பில் ஏற்படும் ஒளிவிலகல்

புள்ளி O விலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர் ஒளிவிலகு பரப்பின் மீது N என்ற புள்ளியில் விழுகிறது. இப்படுபுள்ளிக்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக்கோடு வளைவு மையம் C வழியே செல்கிறது. இங்கு $n_2 > n_1$. எனவே, அடர்மிகு ஊடகத்தில் உள்ள ஒளிக்கதிர் செங்குத்துக்கோட்டினை நோக்கி விலகி முதன்மை அச்சை I என்ற புள்ளியில் சந்திக்கிறது. அப்புள்ளியில் பிம்பம் ஏற்படுகிறது.

N புள்ளியில் ஏற்படும் ஒளிவிலகலுக்கான, ஸ்னெல் விதியின் பெருக்கல் வடிவம் பின்வருமாறு,

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \qquad (6.19)$$

கோணங்கள் மிகச்சிறியவை. எனவே, கோணங்களின் சைன் மதிப்புகளை, நேரடியாகக் கோணங்களாகவே எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

$$n_1 i = n_2 r \qquad (6.51)$$

கோணங்கள்,

$$\angle NOP = \alpha, \angle NCP = \beta, \angle NIP = \gamma$$

$$\tan\alpha = \frac{PN}{PO}; \quad \tan\beta = \frac{PN}{PC}; \quad \tan\gamma = \frac{PN}{PI}$$

இந்தக்கோணங்களும் மிகச்சிறியவைகளாகும், எனவே, கோணங்களின் டேன் மதிப்புக்கு பதிலாக, கோணங்களையே எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

$$\alpha = \frac{PN}{PO}; \ \beta = \frac{PN}{PC}; \ \gamma = \frac{PN}{PI} \qquad (6.52)$$

முக்கோணம், ΔONC, யிலிருந்து

$$i = \alpha + \beta \qquad (6.53)$$

முக்கோணம், ΔINC, யிலிருந்து,

$$\beta = r + \gamma \text{ அல்லது } r = \beta - \gamma \qquad (6.54)$$

சமன்பாடு 6.53 மற்றும் 6.54 இல் இருந்து (i) மற்றும் (r) மதிப்புகளைச் சமன்பாடு 6.51–இல் பிரதியிடு.

$$n_1(\alpha + \beta) = n_2(\beta - \gamma)$$

சமன்பாட்டினை மாற்றி அமைக்கும்போது,

$$n_1\alpha + n_2\gamma = (n_2 - n_1)\beta$$

சமன்பாடு 6.52 இல் இருந்து α, β மற்றும் γ மதிப்புகளைப் பிரதியிட

$$n_1\left(\frac{PN}{PO}\right) + n_2\left(\frac{PN}{PI}\right) = (n_2 - n_1)\left(\frac{PN}{PC}\right)$$

PN ஐ நீக்கிவிட்டு மேலும் சுருக்கும்போது

$$\frac{n_1}{PO} + \frac{n_2}{PI} = \frac{n_2 - n_1}{PC} \qquad (6.55)$$

சமன்பாடு 6.55 ல் குறியீட்டு மரபினைப் பின்பற்றும்போது, $PO = -u$, $PI = +v$ மற்றும் $PC = +R$ எனவே, சமன்பாடு (6.55)ஐ பின்வருமாறு எழுதலாம்,

$$\frac{n_1}{-u} + \frac{n_2}{v} = \frac{(n_2 - n_1)}{R}$$

சமன்பாட்டினை மாற்றி அமைத்து, இறுதியாக நாம் பெறுவது

$$\frac{n_2}{v} - \frac{n_1}{u} = \frac{(n_2 - n_1)}{R} \qquad (6.56)$$

சமன்பாடு 6.56, பொருளின் தொலைவு, பிம்பத்தின் தொலைவு, இரண்டு ஊடகங்களின் ஒளிவிலகல் எண்கள் மற்றும் வளைபரப்பின் வளைவு ஆரம் போன்றவற்றை ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்புபடுத்துகிறது. இச்சமன்பாடு எந்த ஒரு வளைபரப்பிற்கும் அல்லது கோளகப்பரப்பிற்கும் பொருந்தும். முதல் ஊடகம் காற்று எனில் $n_1 = 1$. மேலும், இரண்டாவது ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் n_2 வை n எனவும் கொண்டால், மேற்கண்ட சமன்பாடு பின்வருமாறு சுருங்கும்.

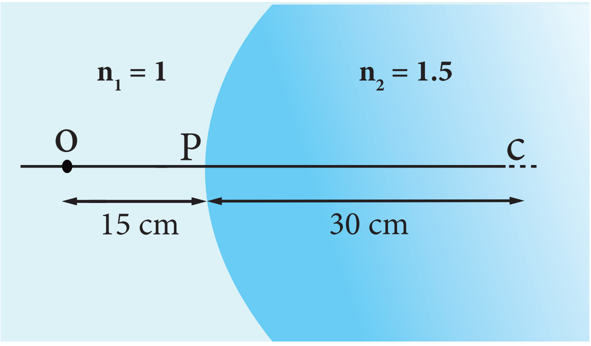
$$\frac{n}{v} - \frac{1}{u} = \frac{(n-1)}{R} \qquad (6.57)$$

எடுத்துக்காட்டு 6.12

பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள புள்ளிப்பொருள் O வின் பிம்பம் எங்குத் தோன்றும்

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 29 9/12/2019 2:11:31 PM

எனக் குறிப்பிட்டுக்காட்டுக. படத்தில் C என்பது ஊடகங்களைப் பிரிக்கும் தளத்தின் வளைவு ஆரமாகும்.



தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை $u = -15$ cm $R = 30$ cm மற்றும் $n_2 = 1.5$

ஒற்றை கோளகப்பரப்பு சமன்பாடு

$$\frac{n_2}{v} - \frac{n_1}{u} = \frac{(n_2 - n_1)}{R}$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$\frac{1.5}{v} - \frac{1}{-15} = \frac{(1.5-1)}{30}; \qquad \frac{1.5}{v} + \frac{1}{15} = \frac{(0.5)}{30}$$

$$\frac{1.5}{v} + \frac{1}{15} = \frac{1}{60}; \qquad \frac{1.5}{v} = \frac{1}{60} - \frac{1}{15};$$

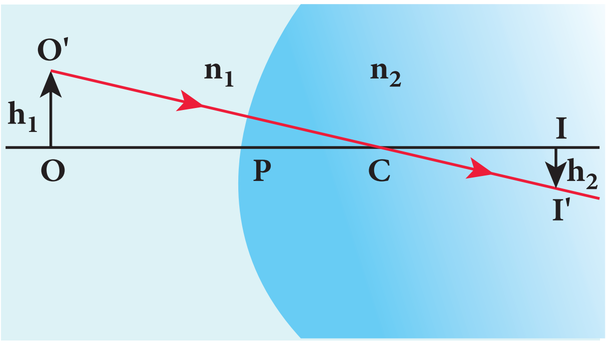
$$\frac{1.5}{v} = \frac{1-4}{60} = \frac{-3}{60}; = -\frac{1}{20}$$

$v = -30$ cm

கோளகப்பரப்பின் இடப்பக்கமாக 30 cm தொலைவில் மாயபிம்பம் தோன்றும்.

6.5.2 ஒற்றைக் கோளகப்பரப்பினால் ஏற்படும் பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கம் (Lateral magnification in single spherical surface)

நீளமான ஒரு பொருள் OO' என்ற பொருளைக் கருதுக. இப்பொருள் முதன்மை அச்சுக்கு செங்குத்தாகவும், ஒற்றை கோளகப்பரப்பிற்கு இடப்பக்கமாகவும் உள்ளது. இது படம் 6.32–இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. பரப்பின் மறுபுறம் தோன்றும் பிம்பம் II' ஆகும். O' என்ற முதல் ஊடகத்திலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர் இரண்டாவது ஊடகத்திலுள்ள C புள்ளியை நோக்கி வருகிறது என்க. இக்கதிர் கோளகப்பரப்பிற்குச் செங்குத்தாக வருவதால் இரண்டாவது ஊடகத்தில் எவ்வித விலகலும் அடையாது. சமன்பாடு 6.56ஐ பயன்படுத்தி பிம்பத்தின் இடத்தை அறிந்துகொள்ளலாம்.



படம் 6.32 ஒற்றை கோளகப்பரப்பில் ஏற்படும் பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கம்

பிம்பத்தின் உயரத்திற்கும், பொருளின் உயரத்திற்கும் இடையே உள்ள விகிதத்திற்குப் பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கம் (m) அல்லது குறுக்குவெட்டு உருப்பெருக்கம் என்று பெயர்.

$$m = \frac{II'}{OO'} \qquad (6.58)$$

ஒத்த முக்கோணங்கள் $\Delta COO'$ மற்றும் $\Delta CII'$ இல் இருந்து பின்வரும் சமன்பாட்டை அமைக்கலாம்.

$$\frac{II'}{OO'} = \frac{CI}{CO}$$

வடிவியலில் இருந்து,

$$\frac{CI}{CO} = \frac{PI - PC}{PC + PO}$$

எனவே,

$$m = \frac{II'}{OO'} = \frac{PI - PC}{PC + PO} \qquad (6.59)$$

மேற்காணும் சமன்பாட்டிற்கு குறியீட்டு மரபைப் பின்பற்றும்போது

$$II' = -h_2, \quad OO' = h_1, PI = +v,$$
$$PC = +R, \quad PO = -u$$

இங்கு h_1 என்பது பொருளின் உயரம் மற்றும் h_2 என்பது பிம்பத்தின் உயரமாகும்.

$$m = \frac{-h_2}{h_1} = \frac{v - R}{R + (-u)}; \; m = \frac{h_2}{h_1} = -\left(\frac{v-R}{R-u}\right)$$

சமன்பாட்டினை மாற்றியமைத்த பின்னர்,

$$m=\frac{h_2}{h_1}=\frac{R-v}{R-u} \qquad (6.60)$$

இரண்டு ஊடகங்களின் ஒளிவிலகல் எண்களைப் பயன்படுத்தியும் பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கத்திற்கான கோவையைப் பெறலாம்.

ஒற்றைக் கோளகப்பரப்பிற்கான சமன்பாட்டைக் கருதுக.

$$\frac{n_2}{v}-\frac{n_1}{u}=\frac{(n_2-n_1)}{R}$$

இதனை மேலும் சுருக்கும்போது, $\frac{n_2u-n_1v}{vu}=\frac{(n_2-n_1)}{R}$

சமன்பாட்டிலிருந்து R ஐ வெளியே எடுக்கும்போது

$$R=\frac{(n_2-n_1)vu}{n_2u-n_1v}$$

மாற்றியமைத்த பின்பு

$$R-u=\frac{n_2u(v-u)}{n_2u-n_1v} \qquad (6.61)$$

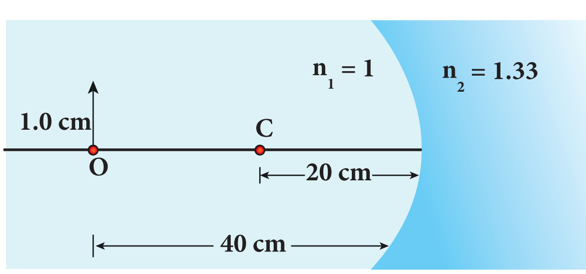
$$R-v=\frac{n_1v(v-u)}{n_2u-n_1v} \qquad (6.62)$$

சமன்பாடுகள் (6.61) மற்றும் (6.62) இரண்டையும் சமன்பாடு (6.60) வில் பிரதியிடும் போது பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கத்திற்கான கோவை கிடைக்கும்.

$$m=\frac{h_2}{h_1}=\frac{n_1v}{n_2u} \qquad (6.63)$$

எடுத்துக்காட்டு 6.13

பின்வரும் படத்தில் தோன்றும் பிம்பத்தின் அளவைக் காண்க



தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை, $u = -40$ cm, $R = -20$ cm, $n_1 = 1$ மற்றும் $n_2 = 1.33$

ஒற்றைக் கோளகப்பரப்பிற்கான சமன்பாடு,

$$\frac{n_2}{v}-\frac{n_1}{u}=\frac{(n_2-n_1)}{R}$$

கொடுக்கப்பட்ட மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது

$$\frac{1.33}{v}-\frac{1}{-40}=\frac{(1.33-1)}{-20}; \qquad \frac{1.33}{v}+\frac{1}{40}=\frac{(0.33)}{-20}$$

$$\frac{1.33}{v}=-\frac{(0.33)}{20}-\frac{1}{40};$$

$$\frac{1.33}{v}=\frac{-0.66-1}{40}=-\frac{1.66}{40}$$

$$v=-40\times\frac{1.33}{1.66}=-32.0\ cm$$

உருப்பெருக்கச் சமன்பாடு, $m=\frac{h_2}{h_1}=\frac{n_1v}{n_2u}$

$\frac{h_2}{1.0}=\frac{(1.0)\times(-32)}{(1.33)\times(-40)}=0.6cm$ அல்லது $h_2=0.6cm$

ஒற்றை கோளகப்பரப்பிற்கு இடப்புறமாக 32 cm தொலைவில் 0.6 cm உயரமுள்ள நேரான மாயபிம்பம் கிடைக்கும்.

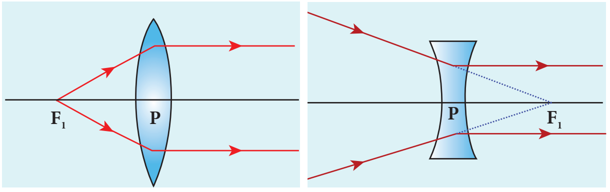
6.6 மெல்லிய லென்ஸ்கள் (Thin Lens)

இரண்டு கோளகப்பரப்புகள் அல்லது ஒரு கோளகப்பரப்பு ஒரு சமதளப்பரப்பு இவற்றுக்கு நடுவே ஒளி ஊடுருவும் பொருள் நிரம்பி இருந்தால் அவை லென்ஸ்களாக உருபெறுகின்றன. இரண்டு பரப்புகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு மிகவும் சிறியதாக இருந்தால் அது மெல்லிய லென்ஸ்கள் எனப்படும். லென்ஸ்களுக்கு இரண்டு கோளகப்பரப்புகள் உள்ளதால் இரண்டு வளைவு மையங்கள் C_1 மற்றும் C_2 காணப்படும். அதனைத்தொடர்ந்து இரண்டு வளைவு ஆரங்களும் R_1 மற்றும் R_2 காணப்படும். சமதளப்பரப்பின் வளைவு மையம் C ஈறில்லாத் தொலைவில் காணப்படும். மேலும் வளைவு ஆரம் R இன் மதிப்பும் ஈறில்லாததாகும். $(R=\infty)$ குவியத்தூரத்தைத் தவிர, கோளகக் கண்ணாடிகளுக்கு நாம் பயன்படுத்திய அனைத்துக் கலைச் சொற்களும் மெல்லிய லென்ஸ்களுக்கும் பொருந்தும்.

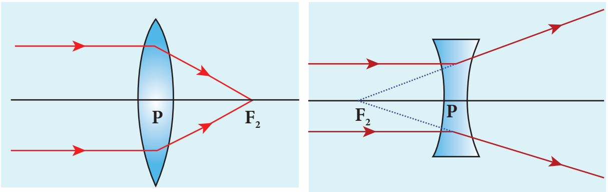
UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 31 9/12/2019 2:11:37 PM

6.6.1 முதன்மை மற்றும் இரண்டாம் குவியப்புள்ளிகள்

இரண்டு கோளகப்பரப்புகளினால் லென்ஸ்கள் உருவாக்கப்பட்டிருப்பதால், ஒரு லென்ஸ் இரண்டு வெவ்வேறு ஊடகங்களையும் பிரிக்கலாம். அதாவது, லென்ஸின் வலப்பக்கம் ஓர் ஊடகமும், இடப்பக்கம் மற்றோர் ஊடகமும் காணப்படலாம். எனவே, நமக்கு இரண்டு குவியத்தூரங்கள் கிடைக்கும்.



(அ) முதன்மைக் குவியப் புள்ளி



(ஆ) இரண்டாவது குவியப்புள்ளி

படம் 6.33 குவி மற்றும் குழி லென்சுகளின் குவியத்தூரங்கள்

முதன்மைக் குவியம் (F_1): லென்ஸிலிருந்து வெளிவரும்கதிர்கள் முதன்மைஅச்சுக்கு இணையாக வருவதற்கு, பொருளை லென்ஸின் மறுபுறம் எப்புள்ளியில் வைக்கவேண்டுமோ அப்புள்ளியே முதன்மைக் குவியமாகும். இது படம் 6.33 (அ)–வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. குவிக்கும் லென்ஸ்களுக்கு (குவிலென்ஸ்) அப்பொருள், மெய்ப்பொருளாகும். விரிக்கும் லென்ஸ்களுக்கு (குழிலென்ஸ்) அப்பொருள், மாயப்பொருளாகும். தொலைவு PF_1 முதன்மை குவியத்தொலைவு f_1 எனப்படும்.

இரண்டாம் குவியம் (F_2): படு இணைக்கதிர்கள் லென்ஸினால் ஒளிவிலகல் அடைந்து முதன்மை அச்சில் எப்புள்ளியில் குவிகிறதோ, அப்புள்ளிக்கு இரண்டாம் குவியம் என்று பெயர். தொலைவு PF_2 விற்கு இரண்டாம் குவியத்தொலைவு f_2 என்று பெயர். இது படம் 6.33 (ஆ) யில் காட்டப்பட்டுள்ளது. குவிக்கும் லென்ஸ்களால் (குவிலென்ஸ்) இவ்வாறு உருவாகும் பிம்பம் மெய்பிம்பமாகும். விரிக்கும் லென்ஸ்களால் (குழிலென்ஸ்) இவ்வாறு கிடைக்கும் பிம்பம் மாயபிம்பமாகும்.

மெல்லிய லென்ஸின் இரண்டு பக்கங்களிலும் உள்ள ஊடகங்கள் ஒரே ஒளிவிலகல் எண்ணைப் பெற்றிருந்தால், இரண்டு குவியத்தூரங்களும் சமமாகும். இனிவரும் பகுதிகளில் பெரும்பாலும் இரண்டாம் குவியத்தூரத்தையே நாம் பாடப்பொருளில் பயன்படுத்தப்போகிறோம்.

6.6.2 லென்ஸ்களின் குவியத்தூரத்திற்கான குறியீட்டு மரபு

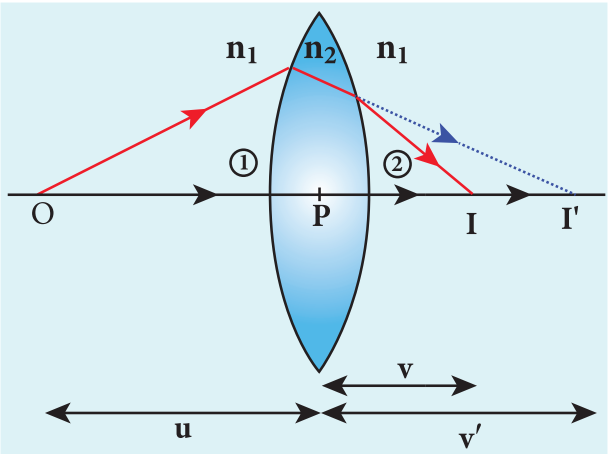
மெல்லிய லென்ஸ்களுக்கான குறியீட்டு மரபு, குவியத்தூரத்திற்கு மட்டும் மாறுபடும்.

(அ) லென்ஸ் முனையிலிருந்து (Pole of the lens) குவியத்தூரத்தை அளக்கும் திசையைப் பொருத்துக் குவியதூரத்திற்குக் குறியீடு வழங்கக்கூடாது. ஏனெனில், லென்ஸ்களுக்கு இரண்டு குவியத்தூரங்கள் உள்ளன. ஒன்று இடப்பக்கமாகவும்மற்றொன்றுவலப்பக்கமாகவும் உள்ளது.(லென்ஸின் ஒருபக்கம் முதன்மை குவியத்தூரமும், மறுபக்கம் இரண்டாம் குவியத்தூரமும் உள்ளன).

(ஆ) குவிக்கும் மெல்லிய லென்ஸ்களுக்கு (மெல்லிய குவிலென்ஸ்) குவியத்தூரம் நேர்குறி எனவும், விரிக்கும் மெல்லிய லென்ஸ்களுக்கு (குழிலென்ஸ்) குவியத்தூரம் எதிர்குறி எனவும் எடுக்கவேண்டும்.

மற்றமரபுக்குறியீடுகளான பொருளின்தொலைவு, பிம்பத்தின் தொலைவு, வளைவு ஆரம், பொருளின் உயரம் பிம்பத்தின் உயரம் போன்றவற்றை கோளக ஆடிகளுக்குப் பயன்படுத்தியது போன்றே மெல்லிய லென்ஸ்களுக்கும் பயன்படுத்தவேண்டும்.

6.6.3 லென்ஸ் உருவாக்குபவரின் சமன்பாடு மற்றும் லென்ஸ் சமன்பாடு



படம் 6.34 மெல்லிய லென்ஸ்களினால் ஏற்படும் ஒளிவிலகல்

ஒளிவிலகல் எண் n_2 கொண்ட பொருளினால் செய்யப்பட்ட மெல்லிய குவிலென்ஸ் ஒன்றைக் கருதுக. இது ஒளிவிலகல் எண் n_1 கொண்ட ஊடகத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. R_1 மற்றும் R_2 என்பவை இரண்டு கோளகப்பரப்புகள் முறையே ① மற்றும் ②இன் வளைவு ஆரங்கள் என்க. மேலும்

P என்பது லென்ஸ் முனையாகும். முதன்மை அச்சில் உள்ள O என்ற புள்ளிப்பொருளைக் கருதுக. அப்பொருளிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர் கோளகப்பரப்பு ①இல் பட்டு விலகலடைந்து I' என்ற பிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கவேண்டும். ஆனால் இது நடைபெறுவதற்கு முன்பு ஒளிக்கதிர் கோளகப்பரப்பு ②ஆல் விலகல் அடைந்து விடுகிறது. எனவே இறுதி பிம்பம் I படம் 6.34இல் காட்டியுள்ளவாறு கிடைக்கிறது.

கோளகப்பரப்பினால் ஏற்படும் ஒளிவிலகலுக்கான பொதுவான சமன்பாடு (6.56) இன் படி

$$\frac{n_2}{v}-\frac{n_1}{u}=\frac{(n_2-n_1)}{R}$$

ஒளிவிலகு பரப்பு ① இல், ஒளிக்கதிர் n_1 இலிருந்து n_2க்கு செல்கிறது

$$\frac{n_2}{v'}-\frac{n_1}{u}=\frac{(n_2-n_1)}{R_1} \qquad (6.64)$$

ஒளிவிலகு பரப்பு ②இல் ஒளிக்கதிர் n_2 ஊடகத்தில் இருந்து n_1 ஊடகத்திற்குச் செல்கிறது.

$$\frac{n_1}{v}-\frac{n_2}{v'}=\frac{(n_1-n_2)}{R_2} \qquad (6.65)$$

சமன்பாடுகள் 6.64 மற்றும் 6.65 இரண்டையும் கூட்டும்போது

$$\frac{n_1}{v}-\frac{n_1}{u}=(n_2-n_1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$

மேலும் சமன்பாட்டினைச் சுருக்கி, மாற்றி அமைக்கும்போது,

$$\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\left(\frac{n_2-n_1}{n_1}\right)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$

$$\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\left(\frac{n_2}{n_1}-1\right)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right) \qquad (6.66)$$

பொருள் ஈறில்லாத தொலைவில் இருந்தால், பிம்பம் லென்ஸின் குவியத்தில் அமையும். அதாவது $u=\infty$, $v=f$ எனில் சமன்பாடு பின்வருமாறு மாற்றமடையும்.

$$\frac{1}{f}-\frac{1}{\infty}=\left(\frac{n_2}{n_1}-1\right)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$

$$\frac{1}{f}=\left(\frac{n_2}{n_1}-1\right)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right) \qquad (6.67)$$

லென்ஸின் ஒளிவிலகல் எண் n_2. மேலும், லென்ஸ் காற்று ஊடகத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதாவது $n_2=n$ மற்றும் $n_1=1$. எனவே, சமன்பாடு பின்வருமாறு மாற்றமடையும்.

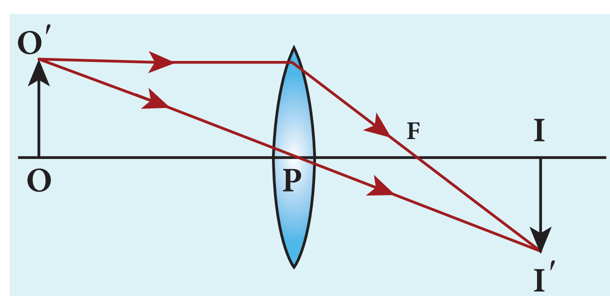
$$\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right) \qquad (6.68)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிற்கு ***லென்ஸ் உருவாக்குபவரின் சமன்பாடு*** என்றுபெயர். ஏனெனில், இச்சமன்பாட்டினை அடிப்படையாகக் கொண்டு நாம் விரும்பும் குவியத்தூரத்திற்கு எவ்வளவு வளைவு ஆரம் கொண்ட கோளகப்பரப்பு தேவை என்பதையும், எந்தக் குறிப்பிட்ட ஒளிவிலகல் எண்கொண்ட பொருளைப் பயன்படுத்தவேண்டும் என்பதையும் இச்சமன்பாட்டிலிருந்து லென்ஸ் உருவாக்குபவர் அறிந்துகொள்கிறார். இச்சமன்பாடு குழிலென்ஸ்களுக்கும் பொருந்தும் சமன்பாடுகள் (6.66) மற்றும் (6.67) இரண்டையும் ஒப்பிட்டுப் பின்வரும் சமன்பாட்டினை எழுதலாம்.

$$\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f} \qquad (6.69)$$

இச்சமன்பாட்டிற்கு ***லென்ஸ் சமன்பாடு*** என்று பெயர். இதுபொருளின்தூரம், பிம்பத்தின்தூரம்மற்றும் குவியத்தூரம் மூன்றையும் தொடர்புபடுத்துகிறது. இச்சமன்பாடு குழிலென்ஸ்களுக்கும் பொருந்தும்.

6.6.4 மெல்லிய லென்ஸின் பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கம் (Lateral magnification in thin lens)



படம் 6.35 மெல்லிய லென்ஸ்ஸின் பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கம்

h_1 உயரம் கொண்ட OO' என்ற பொருள் படம் 6.35–இல் காட்டியுள்ளவாறு முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ளது எனக்கருதுக. லென்ஸ் முனை வழியே செல்லும் OP கதிர் எவ்வித விலகலும் அடையாமல் நேர்க்கோட்டுப்பாதையில் செல்கிறது. முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகவரும் கதிர், இரண்டாவது குவியம் வழியாகச் செல்கிறது. இவ்விரண்டு கதிர்களும் சந்திக்கும் புள்ளியில்

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 33 9/12/2019 2:11:40 PM

h_2 உயரமுள்ள தலைகீழான மெய்பிம்பம் II' கிடைக்கிறது.

பிம்பத்தின் உயரத்திற்கும், பொருளின் உயரத்திற்கும் உள்ள விகிதம் பக்கவாட்டு அல்லது குறுக்குவெட்டு உருப்பெருக்கம் (m) என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$m = \frac{II'}{OO'} \quad (6.70)$$

ஒத்த முக்கோணங்கள் $\Delta POO'$ மற்றும் $\Delta PII'$, யிலிருந்து

$$\frac{II'}{OO'} = \frac{PI}{PO} \quad (6.71)$$

குறியீட்டு மரபினைப் பயன்படுத்தும்போது,

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

இதனைச் சமன்பாடு (6.70) இல் பிரதியிட்டால் உருப்பெருக்கம்,

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

சமன்பாட்டினை மாற்றியமைத்த பின்னர்,

$$m = \frac{h_2}{h_1} = \frac{v}{u} \quad (6.72)$$

உருப்பெருக்கம் மெய்பிம்பங்களுக்கு எதிர் குறியாகவும், மாய பிம்பங்களுக்கு நேர்குறியாகவும் இருக்கும்.

குழிலென்ஸ்களுக்கு உருப்பெருக்கம் எப்போதும் நேர்குறியாகும், மேலும் ஒன்றை விட குறைவாகும். லென்ஸ் சமன்பாட்டினையும், உருப்பெருக்கச் சமன்பாட்டினையும் ஒன்றிணைத்துப் பின்வரும் சமன்பாட்டினைப் பெறலாம்.

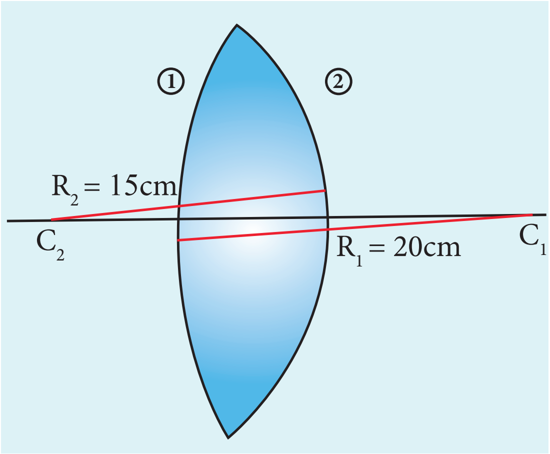
$$m = \frac{h_2}{h_1} = \frac{f}{f+u} \text{ (அல்லது) } m = \frac{h_2}{h_1} = \frac{f-v}{f} \quad (6.73)$$

எடுத்துக்காட்டு 6.14

ஓர் இருபுறகுவிலென்ஸின் வளைவு ஆரங்கள் முறையே 20 cm மற்றும் 15 cm. லென்ஸ் செய்யப்பட்டபொருளின் ஒளிவிலகல் எண் 1.5 எனில், அந்த லென்ஸின் குவியத்தூரம் என்ன? லென்ஸின் முன்பக்கத்தைப் பின்பக்கமாகத் திருப்பிவைத்துப் பயன்படுத்தினால் அதன் குவியத்தூரம் மாறுமா?

தீர்வு

இருபுறகுவிலென்ஸைப் பொருத்தவரை முதல் பரப்பின்வளைவுஆரம்நேர்குறியாகவும்,இரண்டாம் பரப்பின் வளைவு ஆரம் எதிர்குறியாகவும் இருக்கும். இது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



கொடுக்கப்பட்டவை, $n = 1.5$, R_1=20 cm மற்றும் R_2= −15 cm

லென்ஸ் உருவாக்குபவரின் சமன்பாட்டிலிருந்து,

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

கொடுக்கப்பட்ட மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது

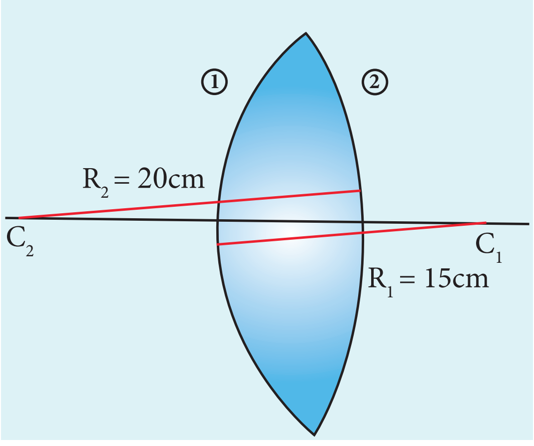
$$\frac{1}{f} = (1.5-1)\left(\frac{1}{20} - \frac{1}{-15}\right)$$

$$\frac{1}{f} = (0.5)\left(\frac{1}{20} + \frac{1}{15}\right) = (0.5)\left(\frac{3+4}{60}\right) = \left(\frac{1}{2} \times \frac{7}{60}\right) = \frac{7}{120}$$

$$f = \frac{120}{7} = 17.14\,cm$$

குவியத்தூரம் நேர்குறியில் உள்ளதால் இது ஒரு குவிக்கும் லென்ஸ் ஆகும்.

லென்ஸின் முன்பக்கத்தைப் பின்பக்கமாக மாற்றி வைக்கும்போது



தற்போது, $R_1 = 15$ cm மற்றும் $R_2 = -20$ cm, $n = 1.5$ மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது

$$\frac{1}{f} = (1.5-1)\left(\frac{1}{15} - \frac{1}{-20}\right)$$

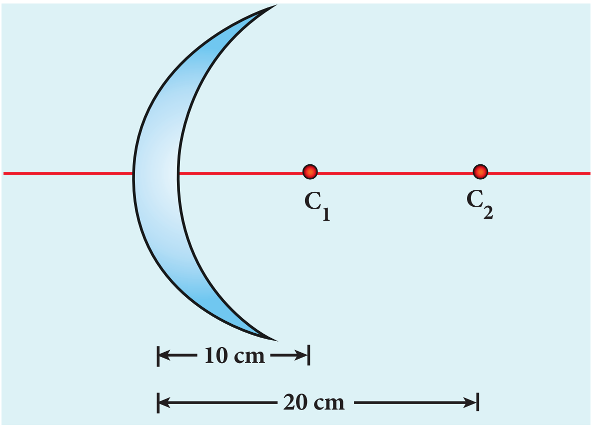
$$\frac{1}{f} = (1.5-1)\left(\frac{1}{15} + \frac{1}{20}\right)$$

இதன் குவியத்தூரம், $f = 17.14\ cm$

எனவே, லென்ஸின் முன்பக்கத்தைப் பின்பக்கமாக மாற்றிவைத்துப் பயன்படுத்தும் போதும் அதன் குவியத்தூரம் மாறாது. இஃது அனைத்து லென்ஸ்களுக்கும் பொருந்தும். மாணவர்கள் லென்ஸ்களை வைத்து இதனைச் சரிபார்க்கலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 6.15

ஒளிவிலகல் எண் 1.52 கொண்ட பொருளால், படத்தில் உள்ளது போன்று வடிவமைக்கப்பட்ட லென்ஸின் குவியத்தூரத்தைக் கணக்கிடு (C_1 மற்றும் C_2 என்று குறிக்கப்பட்ட புள்ளிகள் முதல் மற்றும் இரண்டாம் பரப்புகளின் வளைவு மையங்களைக் குறிக்கின்றன).



தீர்வு

இவ்வகையான லென்ஸ்கள், குவி–குழி லென்ஸ்கள் (Convexo- Concave) என்று அழைக்கப்படும்.

கொடுக்கப்பட்டவை, $n = 1.52$, $R_1 = 10$ cm மற்றும் $R_2 = 20$ cm

லென்ஸ் உருவாக்குபவரின் சமன்பாட்டிலிருந்து,

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

கொடுக்கப்பட்ட மதிப்புகளைப் பிரதியிட்டு,

$$\frac{1}{f} = (1.52-1)\left(\frac{1}{10} - \frac{1}{20}\right)$$

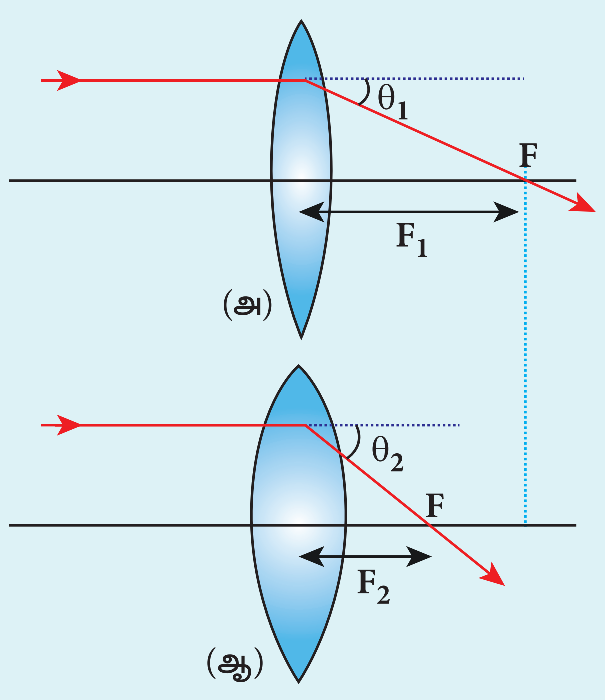
$$\frac{1}{f} = (0.52)\left(\frac{2-1}{20}\right) = (0.52)\left(\frac{1}{20}\right) = \frac{0.52}{20}$$

$$f = \frac{20}{0.52} = 38.46\,\text{cm}$$

குவியத்தூரம் நேர்குறி மதிப்புடையதால் இது ஒரு குவிக்கும் லென்ஸ் ஆகும்.

6.6.5 லென்ஸின் திறன் (Power of a lens)

லென்ஸின் திறன் என்பது, ஒளிக்கதிர்களை வளைக்கும் திறனைக் குறிப்பதாகும். அதாவது லென்ஸின் மீது விழும் ஒளிக்கதிர்களை எந்த அளவிற்கு அந்த லென்ஸ் வளைக்கிறது என்பதையே லென்ஸின் திறன் அளக்கிறது. லென்ஸின் திறன் அதன் குவியத்தூரத்திற்கு எதிர்த்தகவு ஆகும். அதாவது அதிகத் திறன்கொண்ட லென்ஸ் ஒளிக்கதிரை அதிகம் வளைக்கும் திறனையும், குறைந்த குவியத்தூரத்தையும் பெற்றிருக்கும். படம் 6.36 இல் (அ) லென்ஸை விட (ஆ) லென்ஸின் வளைக்கும் திறன் அதிகம். (ஆ) லென்ஸின் வளைக்கும் திறன் அதிகம் என்பதால் அதன் குவியத்தூரம் குறைவாகும். இதுபோன்றே (அ) லென்ஸின் வளைக்கும் திறன் குறைவு என்பதால் அதன் குவியத்தூரம் அதிகமாகும்.



படம் 6.36 லென்ஸின் திறன்

வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் ஒரு லென்ஸின் திறன், அந்த லென்ஸின் மீது விழும் ஒளிக்கதிர்களை எந்த அளவிற்குக் குவியச் செய்கிறது

அல்லது விரிவடையவைக்கிறது என்பதை அளக்கிறது என்றும் கூறலாம். ஒரு லென்ஸின் குவியத்தூரத்தின் தலைகீழே, அந்த லென்ஸின் திறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$P = \frac{1}{f} \qquad (6.74)$$

திறனின் அலகு டையாப்டர் (diopter) D ஆகும். $1\ D = 1\ m^{-1}$. குவிக்கும் லென்ஸ்கள் நேர்குறி திறனையும், விரிக்கும் லென்ஸ்கள் எதிர்குறி திறனையும் பெற்றுள்ளன.

சமன்பாடு 6.68 இல் இருந்த திறனின் சமன்பாட்டை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$P = \frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \qquad (6.75)$$

இச்சமன்பாட்டிலிருந்து அதிக ஒளிவிலகல் எண்கொண்ட லென்ஸின் திறனும் அதிகம் எனப்புரிந்துகொள்ளலாம். இதே போன்று ஒளிவிலகல் எண் குறைவாக உள்ள லென்ஸ்களின் திறனும் குறைவாகும். மேலும் குறைந்த வளைவு ஆரம் கொண்ட (பருமனான) லென்ஸ்கள் அதிகத்திறனையும், அதிக வளைவு ஆரம் கொண்ட (மெல்லிய) லென்ஸ்கள் குறைந்த திறனையும் பெற்றிருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.16

150 cm குவியத்தூரம் கொண்ட கண்ணாடியால் செய்யப்பட்ட லென்ஸின் திறனைக் காண்க

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை; குவியத்தூரம் f = 150 cm (அல்லது) $f = 1.5$ m

லென்ஸின் திறன்சமன்பாடு, $P = \frac{1}{f}$

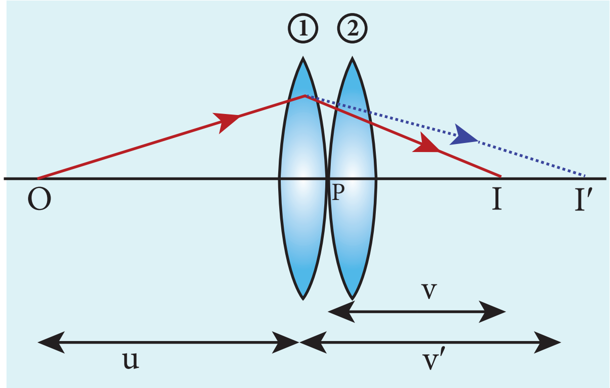
கொடுக்கப்பட்ட மதிப்புகளைப் பிரதியிட்டால்

$P = \frac{1}{1.5} = 0.67$ டையாப்டர்

திறன் நேர்க்குறியில் உள்ளதால், இது ஒரு குவிக்கும் லென்ஸ் ஆகும்.

6.6.6 ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக் கொண்டுள்ள இரண்டு லென்ஸ்களின் கூட்டமைப்பின் குவியத்தூரம்

①, ② என்ற இரண்டு லென்ஸ்களைக் கருதுக. அவை ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக்கொண்டுள்ளவாறு ஒரே அச்சில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றின் குவியத்தூரங்கள் முறையே f_1 மற்றும் f_2 ஆகும். இவை இரண்டும் ஒரே அச்சில் வைக்கப்பட்டுள்ளதால் அவற்றின் முதன்மை அச்சுக்கள் ஒன்றே. O என்ற பொருள் ஒன்று முதன்மை அச்சில், முதல் லென்ஸின் குவியத்தூரத்திற்கு அப்பால் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இப்பொருளின் பிம்பம் I' என்ற இடத்தில் தோன்றுகின்றது. இந்த பிம்பம் இரண்டாவது லென்ஸ்க்கு பொருளாகச் செயல்படுகின்றது. இந்த பிம்பம் படம் 6.37இல் காட்டியுள்ளவாறு I–யில் ஏற்படுகின்றது. இரண்டு லென்ஸ்களும் மெல்லிய லென்ஸ்கள் ஆகும். அளவீடுகள் அனைத்தும் இரண்டு லென்ஸ்களின் பொதுவான லென்ஸ் முனையிலிருந்து P அதாவது இரண்டு லென்ஸ்களின் மையத்திலிருந்து அளக்கப்படுகின்றன.



படம் 6.37 ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக்கொண்டுள்ள இரண்டு லென்ஸ்கள்

பொருளின் தொலைவு $PO = u$ மற்றும் முதல் லென்ஸ்க்கான ① பிம்பத்தின் தொலைவு $P_2' = v'$ இரண்டாவது லென்ஸ்க்கான ② பிம்பத்தின் தொலைவு $PI = v$.

முதல் லென்ஸ்க்கு ① லென்ஸ் விதியை எழுதும்போது

$$\frac{1}{v'} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1} \qquad (6.76)$$

இரண்டாவது லென்ஸ்க்கு ②, லென்ஸ் விதியை எழுதும்போது,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{v'} = \frac{1}{f_2} \qquad (6.77)$$

சமன்பாடுகள் (6.76) மற்றும் (6.77) இரண்டையும் கூட்டும்போது,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \qquad (6.78)$$

இந்த லென்ஸ்களின் கூட்டமைப்பு, f குவியத்தூரம் கொண்ட ஒற்றை லென்ஸ் போன்று செயல்படுகின்றது. எனவே O புள்ளியில் உள்ள பொருளின் பிம்பம் I யில் ஏற்படுகின்றது எனக்கருதினால்,

$$\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{F} \quad (6.79)$$

சமன்பாடுகள் (6.78) மற்றும் (6.79) இரண்டையும் ஒப்பிடும்போது,

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2} \quad (6.80)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை, எத்தனை லென்ஸ்கள் கொண்ட கூட்டமைப்பிற்கும் நாம் விரிவுபடுத்தி எழுதலாம்.

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}+\frac{1}{f_3}+\frac{1}{f_4}+\ldots\ldots\ldots \quad (6.81)$$

இச்சமன்பாட்டை லென்ஸ்களின் திறன்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு எழுதும்போது,

$$P=P_1+P_2+P_3+P_4+\ldots\ldots\ldots \quad (6.82)$$

இங்கு, P என்பது லென்ஸ் கூட்டமைப்புகளின், நிகர திறனாகும். சமன்பாடு (6.82) இல் லென்ஸ் கூட்டமைப்பின் நிகரதிறன் என்பது, தனித்தனி லென்ஸ்களின் திறன்களின் குறியியல் கூடுதலுக்குச் சமம் என்பதை நாம் புரிந்துகொள்ளவேண்டும். தனித்தனி லென்ஸ்களின் திறன் நேர்குறியாகவும் (குவிலென்ஸ்களுக்கு) இருக்கலாம் அல்லது எதிர்குறியாகவும் (குழிலென்ஸ்களுக்கு) இருக்கலாம். லென்ஸ் கூட்டமைப்பினால் நமக்குத் தேவையான உருப்பெருக்கத்தை பெறமுடியும். மேலும், இக்கூட்டமைப்பினால் பிம்பத்தின் துல்லியத்தன்மையை மேம்படுத்தமுடியும். முதல் லென்ஸினால் உருவாக்கப்படும் பிம்பம், இரண்டாவது லென்ஸ்க்குப் பொருளாகச் செயல்படும். இவ்வாறே, அடுத்தடுத்த லென்ஸ்களுக்கும் மேற்கண்ட செயல் நடைபெறும். எனவே லென்ஸ் கூட்டமைப்பின் மொத்த உருப்பெருக்கத்திறன் m, தனித்தனி லென்ஸ்களின் உருப்பெருக்குத் திறன்களின் பெருக்கல் பலனுக்குச் சமமாகும். எனவே இதனை பின்வருமாறு எழுதலாம் $m = m_1 \times m_2 \times m_3$. (நிரூபணம் தவிர்க்கப்பட்டுள்ளது)

எடுத்துக்காட்டு 6.17

குவியத்தொலைவு –70 cm கொண்ட லென்ஸ் ஒன்றுடன், 150 cm குவியத்தொலைவு கொண்ட மற்றொரு லென்ஸ் தொடும்படி வைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த லென்ஸ் கூட்டமைப்பின் குவியத்தூரம் மற்றும் திறனைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை: முதல் லென்ஸின் குவியத்தூரம் f_1 = –70 cm. இரண்டாவது லென்ஸின் குவியத்தூரம் f_2 = 150 cm

ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக்கொண்டுள்ள லென்ஸ் கூட்டமைப்பின் குவியத்தூரம், $\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{-70}+\frac{1}{150}=-\frac{1}{70}+\frac{1}{150}$$

$$\frac{1}{F}=\frac{-150+70}{70\times150}=\frac{-80}{70\times150}=-\frac{80}{10500}$$

$$F=\frac{-1050}{8}=-131.25cm$$

குவியத்தூரம் எதிர்குறியில் உள்ளதால், இந்த லென்ஸ் கூட்டமைப்பு ஒரு விரிக்கும் லென்ஸ் ஆகும்.

கூட்டமைப்பின் திறன்,

$$P=\frac{1}{F}=\frac{1}{-1.3125m}=-0.76 \text{ டையாப்டர்}$$

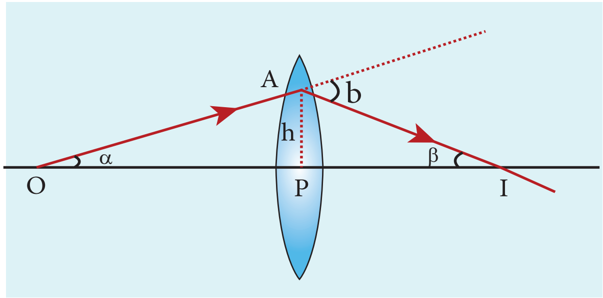
6.6.7 ஒன்றை ஒன்று தொடாத லென்ஸ் கூட்டமைப்பின் குவியத்தூரம்

இரண்டு மெல்லிய லென்ஸ்கள் ஒரு குறிப்பிட்டதொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளபோது, அவ்வமைப்பின் பொதுவான ஒளியியல் மையத்தை அறுதியிட்டுக் கூறமுடியாது. எனவே, இவற்றை மெல்லிய ஒற்றை லென்ஸாகக் கருதமுடியாது. உண்மையில் இக்கூட்டமைப்பைப் பருமனான லென்சாகத்தான் கருத வேண்டும். ஆனால், அதற்கான விளக்கம் மிகவும் சிக்கலானது (நமது தற்போதைய நோக்கத்திற்கு அப்பாற்பட்டது). இருந்தபோதிலும், சிறப்புநேர்வாக ஈரில்லா தொலைவில் பொருள் உள்ள நிலையில், இக்கூட்டமைப்பை ஒரு மெல்லிய லென்ஸ் எனக் கருதலாம். குவியத்தூரம் மற்றும் கூட்டமைப்பிற்கு இணையான லென்ஸின் நிலை போன்றவற்றைக் கோண விலக்க கருத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு காணலாம்.

O என்ற புள்ளிபொருளைக் கருதுக. இது லென்ஸின் முதன்மை அச்சின்மீது படம் 6.38 வில் காட்டியுள்ளவாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. OA என்பது படுகதிர். இது லென்ஸின் ஒளியியல் மையத்திலிருந்து h உயரத்தில் உள்ள A என்ற புள்ளியில் விழுகிறது. இக்கதிர் δ கோணம் விலகி முதன்மை அச்சில் I என்ற புள்ளியில் பிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கிறது.

படுகதிர் மற்றும் விலகுகதிர் இரண்டும் முதன்மை அச்சில் ஏற்படுத்தும் கோணங்கள் முறையே $\angle AOP=\alpha$ மற்றும் $\angle AIP=\beta$ ஆகும்.

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 37 9/12/2019 2:11:48 PM



படம் 6.38 லென்ஸில் ஏற்படும் கோண விலக்கம்

முக்கோணம் ΔOAI இல், விலகுகோணத்தைப் δ பின்வருமாறு எழுதலாம்

$$\delta = \alpha + \beta \quad (6.83)$$

PO மற்றும் PI, இவற்றுடன் ஒப்பிடும்போது உயரம் h சிறியதாகும். இதன் காரணமாக α, β மற்றும் δ இவற்றின் கோணங்களும் சிறியதாகும். எனவே,

$$\alpha \approx \tan\alpha = \frac{PA}{PO}; \text{மற்றும் } \beta \approx \tan\beta = \frac{PA}{PI} \quad (6.84)$$

$$\text{எனவே, } \delta = \frac{PA}{PO} + \frac{PA}{PI} \quad (6.85)$$

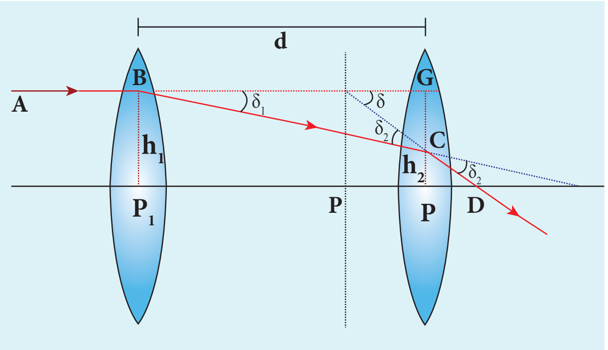
இங்கு, $PA = h$, $PO = -u$ மற்றும் $PI = v$

$$\delta = \frac{h}{-u} + \frac{h}{v} = h\left(\frac{1}{-u} + \frac{1}{v}\right) \quad (6.86)$$

சமன்பாட்டினைச் சீரமைத்தபின்னர்

$$\delta = h\left(\frac{1}{v} - \frac{1}{u}\right) = \frac{h}{f}$$

$$\delta = \frac{h}{f} \quad (6.87)$$



படம் 6.39 ஒன்றை ஒன்று தொடாத இரண்டு லென்ஸ்கள்

உயரத்திற்கும், குவியத்தூரத்திற்கும் உள்ள விகிதமே, விலகுகோணம் என்று மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து அறிந்துகொள்ளலாம். தற்போது படம் 6.39இல் காட்டியுள்ளவாறு, f_1 மற்றும் f_2 குவியத்தூரங்களைக்கொண்ட இரண்டு லென்ஸ்கள், பொது அச்சில் d தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள அமைப்பைக் கருதுவோம்.

இணைக்கதிரொன்று இவ்வமைப்பின்மீது படும்போது, இரண்டு லென்ஸ்களும் முறையே δ_1 மற்றும் δ_2 என்ற விலகல்களை ஏற்படுத்துகின்றன. இவற்றின் தொகுபயன் விலகல்

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 \quad (6.88)$$

சமன்பாடு (6.87) லிருந்து

$$\delta_1 = \frac{h_1}{f_1}; \ \delta_2 = \frac{h_2}{f_2} \text{ மற்றும் } \delta = \frac{h_1}{f} \quad (6.89)$$

சமன்பாடு (6.88)பின்வருமாறு மாற்றமடையும்,

$$\frac{h_1}{f} = \frac{h_1}{f_1} + \frac{h_2}{f_2} \quad (6.90)$$

வடிவியல் விதிகளிலிருந்து,

$$h_2 - h_1 = P_2G - P_2C = CG$$

$$h_2 - h_1 = BG \tan \ \delta_1 \approx BG\delta_1$$

$$h_2 - h_1 = d\frac{h_1}{f_1}$$

$$h_2 = h_1 + d\frac{h_1}{f_1} \quad (6.91)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை, சமன்பாடு, (6.90)இல் பிரதியிடும்போது,

$$\frac{h_1}{f} = \frac{h_1}{f_1} + \frac{h_1}{f_2} + \frac{h_1 d}{f_1 f_2}$$

மேலும் இச்சமன்பாட்டினைச் சுருக்கும்போது,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{d}{f_1 f_2} \quad (6.92)$$

மேற்கண்ட சமன்பாடு குவியத்தூரத்திற்கு இணையான சமன்பாட்டினைப் பெற பயன்படுகிறது. லென்ஸ் கூட்டமைப்பிற்கு இணையான லென்ஸின்

நிலையினைக் கண்டறிய பின்வரும் வடிவியல் விதிகளைப் பயன்படுத்தும்போது,

$$PP_2 = EG = \frac{GC}{\tan\delta}$$

$$PP_2 = EG = \frac{h_1 - h_2}{\tan\delta} = \frac{h_1 - h_2}{\delta}$$

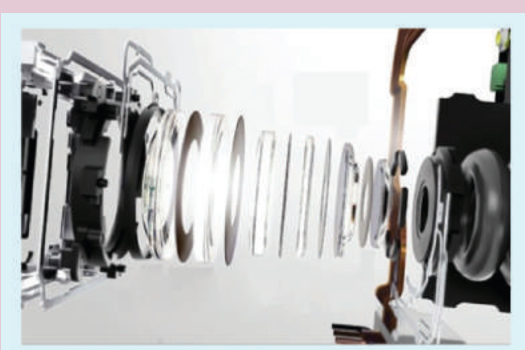
சமன்பாடு (6.89) மற்றும் (6.91) இல் இருந்து

$$h_2 - h_1 = d\frac{h_1}{f_1} \quad \text{மற்றும்} \quad \delta = \frac{h_1}{f}$$

$$PP_2 = \left(d\frac{h_1}{f_1}\right) \times \left(\frac{f}{h_1}\right)$$

$$PP_2 = \left(d\frac{f}{f_1}\right) \qquad (6.93)$$

சிந்தனைத் துளிகள்



புகைப்படக் கருவிகள், நுண்ணோக்கிகள், தொலைநோக்கிகள் மற்றும் ஒளியியல் கருவிகளுக்குத் தேவையான லென்ஸ்களை வடிவமைக்கும்போது, லென்ஸ் கூட்டமைப்பே பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இக்கூட்டமைப்பு, சிறந்த உருப்பெருக்கம் மற்றும் துல்லியமான பிம்பங்களைத் தோற்றுவிக்கும்.

மேற்கண்ட சமன்பாடு (6.93), இரண்டாவது லென்ஸில் இருந்து லென்ஸ் கூட்டமைப்பிற்கு இணையான, ஒற்றை லென்ஸின் நிலையைக் கொடுக்கிறது.

முதல் லென்ஸில் இருந்து, லென்ஸ் கூட்டமைப்பிற்கு இணையான ஒற்றை லென்ஸின் நிலை பின்வருமாறு

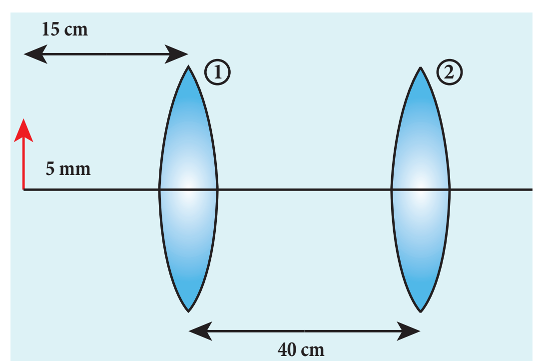
$$PP_1 = d - \left(d\frac{f}{f_1}\right)$$

$$PP_1 = d\left(1 - \frac{f}{f_1}\right) \qquad (6.94)$$

குறிப்பு

இணையான படுகதிர்கள் அல்லது ஈறில்லாத் தொலைவில் பொருள் உள்ளபோது போன்ற சிறப்பு நேர்வுகளுக்கு மட்டுமே மேற்கண்ட சமன்பாடுகள் (6.92), (6.93) மற்றும் (6.94) ஆகியவை பொருந்தும். பொருள் ஒரு குறிப்பிட்டத்தொலைவில் உள்ளபோது இச்சமன்பாடுகளைப் பயன்படுத்த முடியாது. பொருள் குறிப்பிட்ட தொலைவில் இருக்கும் நிகழ்வுகளில், இரண்டு லென்ஸ்களின் (லென்ஸ் கூட்டமைப்பின்) லென்ஸ் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்திப் பிம்பத்தின் நிலையைக் கணக்கிடவேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.18



10 cm குவியத்தூரம் கொண்ட குவிலென்ஸிலிருந்து 15 cm தொலைவில், 5 mm உயரம் கொண்ட பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. 5 cm குவியத்தூரம் கொண்ட இரண்டாவது லென்ஸ், முதல் லென்ஸிலிருந்த 40 cm தொலைவிலும், பொருளிலிருந்து 55 cm தொலைவிலும் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இச்சூழ்நிலையில் பின்வருவனவற்றைக் காண்க. (அ) இறுதி பிம்பத்தின் நிலை, (ஆ) பிம்பத்தின் தன்மை, (இ) பிம்பத்தின் அளவு

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 39 9/12/2019 2:11:53 PM

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை, $h_1 = 5$ mm = 0.5 cm, $u_1 = -15$ cm, $f_1 = 10$ cm, $f_2 = 5$ cm, $d = 40$ cm

முதலாவது லென்ஸ்க்கு லென்ஸ் விதியை எழுதும்போது,

$$\frac{1}{v_1} - \frac{1}{u_1} = \frac{1}{f_1}$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$\frac{1}{v_1} - \frac{1}{-15} = \frac{1}{10}; \qquad \frac{1}{v_1} + \frac{1}{15} = \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{v_1} = \frac{1}{10} - \frac{1}{15} = \frac{15-10}{150} = \frac{5}{150} = \frac{1}{30}$$

$v_1 = 30$ cm

முதல் லென்ஸ், 30 cm தொலைவில் லென்ஸிற்கு வலப்புறமாகப் பிம்பத்தை உருவாக்கும்.

பிம்பத்தின் உயரத்தைக் காணல்.

உருப்பெருக்கத்திற்கான சமன்பாட்டிலிருந்து,

$$m = \frac{h_2}{h_1} = \frac{v}{u}$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது, $\frac{h_2}{0.5} = \frac{30}{-15}$

$$h_2 = 0.5 \times \frac{30}{-15} = -1\ cm$$

பிம்பத்தின் உயரம் எதிர்குறியில் உள்ளதால், பிம்பம் தலைகீழான, மெய்பிம்பமாகும். இப்பிம்பம் இரண்டாவது லென்ஸிற்குப் பொருளாகச் செயல்படும். எனவே,

இரண்டாவது லென்ஸின் இடப்புறமாக 10 cm தொலைவில் பொருள் உள்ளது (40–30=10 cm) எனவே, $u_2 = -10$ cm

இரண்டாவது லென்ஸிற்கு, லென்ஸ் சமன்பாட்டை எழுதும்போது

$$\frac{1}{v_2} - \frac{1}{u_2} = \frac{1}{f_2}$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$\frac{1}{v_2} - \frac{1}{-10} = \frac{1}{5}; \quad \frac{1}{v_2} + \frac{1}{10} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{v_2} = \frac{1}{5} - \frac{1}{10} = \frac{10-5}{50} = \frac{5}{50} = \frac{1}{10}$$

$$v_2 = 10\ cm$$

இரண்டாவது லென்ஸின் வலப்புறமாக 10 cm தொலைவில் பிம்பம் தோன்றுகிறது.

இறுதி பிம்பத்தின் உயரம் காணல். இரண்டாவது லென்ஸினால் ஏற்படுத்தப்பட்ட இறுதி பிம்பத்தின் உயரத்தை h_2' என்க. இரண்டாவது லென்ஸிற்கான பொருளின் உயரம் h_1' என்பது முதல் லென்ஸினால் உருவாக்கப்பட்ட பிம்பத்தின் உயரம் என்பதை நினைவு கூரவும். எனவே $h_1' = h_2'$

உருப்பெருக்கச் சமன்பாட்டிலிருந்து, $m = \frac{h_2'}{h_1'} = \frac{v_2}{u_2}$

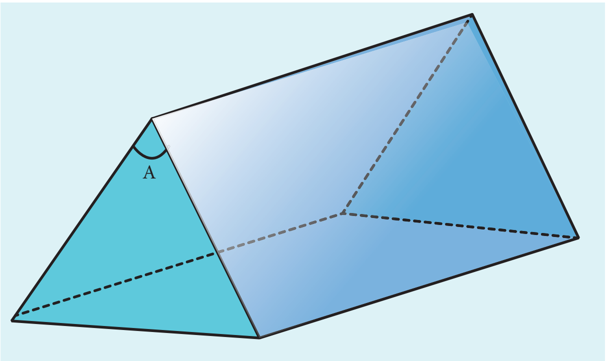
மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது, $\frac{h_2'}{-1} = \frac{10}{-10}$

$$h_2' = (-1) \times \left(\frac{10}{-10}\right) = 1\ cm = 10\ mm$$

பிம்பத்தின் உயரம் நேர்குறி. எனவே நேரான மெய்பிம்பம் கிடைக்கும்.

6.7 முப்பட்டகம் (Prism)

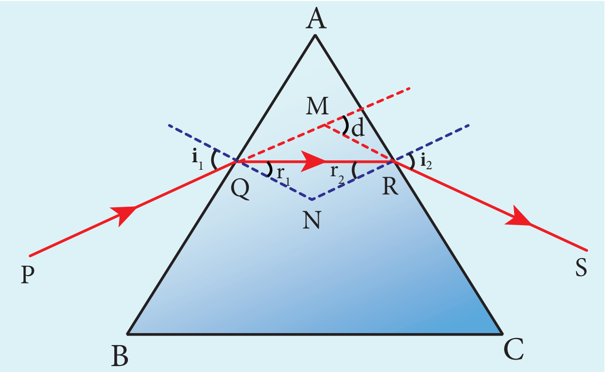
முப்பட்டகம் என்பது, கண்ணாடி அல்லது நெகிழியால் (Plastic) செய்யப்பட்ட திண்மப்பொருளாகும். ஒன்றுக்கொன்று இணையாக அமையாத மூன்று செவ்வக சமதளபரப்புகளினால் (அல்லது) முகங்களினால் முப்பட்டகம் ஆக்கப்பட்டிருக்கும். இம்மூன்று முகங்களில் ஒரு முகம் சொரசொரப்பாக ஆக்கப்பட்டிருக்கும். இதற்கு முப்பட்டகத்தின் அடிப்பரப்பு என்று பெயர். மற்ற இரண்டு முகங்கள் பளபளப்பாக ஆக்கப்பட்டிருக்கும் இவற்றிற்கு விலகுமுகங்கள் என்று பெயர். இரண்டு விலகு முகங்களுக்கு இடைப்பட்ட கோணத்திற்கு முப்பட்டகத்தின் கோணம் அல்லது ஒளிவிலகு கோணம் (அல்லது) முப்பட்டகத்தின் உச்சிக்கோணம் என்றுபெயர். இது படம் 6.40–இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 6.40 முப்பட்டகம்

6.7.1 முப்பட்டகம் ஏற்படுத்தும் திசைமாற்றக்கோணம்

PQ என்ற படுகதிரொன்று முப்பட்டகத்தின் விலகுமுகம் ஒன்றில் படம் 6.41இல் காட்டியுள்ளவாறு விழுகிறது. முப்பட்டகத்தின் முதல் முகம் AB–இல் விழும் கதிருக்கான படுகோணம் மற்றும் விலகு கோணங்கள் முறையே i_1 மற்றும் r_1 ஆகும். முப்பட்டகத்தின் உள்ளே ஒளிக்கதிரின் பாதை QR ஆகும். இரண்டாவது விலகுபரப்பு AC யின் படுகோணம் மற்றும் விலகுகோணங்கள் முறையே r_2 மற்றும் i_2 ஆகும். RS என்பது இரண்டாவது முகத்திலிருந்து வெளிவரும் கதிராகும். கோணம் i_2 வை வெளியேறு கோணம் என்றும் அழைக்கலாம். **படுகதிர் *PQ* வின் திசைக்கும் வெளியேறும் கதிர் *RS* க்கும் இடைப்பட்ட கோணத்திற்கு *திசைமாற்றக்கோணம்* (d) என்று பெயர்**. படும்புள்ளி Q மற்றும் வெளியேறும் புள்ளி R இவற்றிற்கு வரையப்படும் செங்குத்துக்கோடுகள் முறையே QN மற்றும் RN ஆகும். இவை N என்ற புள்ளியில் சந்திக்கின்றன. படுகதிர் மற்றும் வெளியேறுகதிர் இரண்டும் M என்ற புள்ளியில் சந்திக்கின்றன.



படம் 6.41 முப்பட்டகத்தின் வழியே ஒளிவிலகல்

AB பரப்பின் திசைமாற்றக்கோணம் d_1 பின்வருமாறு

$$\angle RQM = d_1 = i_1 - r_1 \qquad (6.95)$$

AC பரப்பின் திசைமாற்றக் கோணம் d_2 பின்வருமாறு

$$\angle QRM = d_2 = i_2 - r_2 \qquad (6.96)$$

முப்பட்டகம் வழியே செல்லும் கதிரின் மொத்த திசைமாற்றக்கோணம் d பின்வருமாறு

$$d = d_1 + d_2 \qquad (6.97)$$

d_1 மற்றும் d_2 மதிப்புகளை பிரதியிடும்போது,

$$d = (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2)$$

சமன்பாட்டினை மாற்றி அமைத்தபின்னர்,

$$d = (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2) \qquad (6.98)$$

நாற்கரம் $AQNR$, இல் இரண்டு கோணங்கள் (Q மற்றும் R உச்சிகள்) செங்கோணங்களாகும். எனவே, நாற்கரத்தின் மற்ற கோணங்களின் கூடுதல் 180^o ஆகும்.

$$\angle A + \angle QNR = 180^o \qquad (6.99)$$

முக்கோணம் ΔQNR, இல்

$$r_1 + r_2 + \angle QNR = 180^o \qquad (6.100)$$

(6.99) மற்றும் (6.100) சமன்பாடுகளை ஒப்பிடும்போது,

$$r_1 + r_2 = A \qquad (6.101)$$

முப்பட்டகத்தின் திசைமாற்றக்கோணத்தைக் காண, மேற்கண்ட சமன்பாட்டைச் சமன்பாடு (6.98) இல் பிரதியிடும்போது,

$$d = i_1 + i_2 - A \qquad (6.102)$$

எனவே, முப்பட்டகத்தின் திசைமாற்றக்கோணம் படுகோணம், வெளியேறு கோணம் மற்றும் முப்பட்டகக்கோணம் ஆகியவற்றைச் சார்ந்துள்ளது. ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோண மதிப்பிற்கு, வெளியேறு கோணத்தை முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண் தீர்மானிக்கிறது. எனவே, முப்பட்டகத்தின் திசைமாற்றக்கோணம் பின்வரும் காரணிகளைச் சார்ந்துள்ளது.

(i) படுகோணம்
(ii) முப்பட்டகக்கோணம்
(iii) முப்பட்டகம் செய்யப் பயன்படுத்தப்பட்ட பொருள்
(iv) ஒளியின் அலைநீளம்

எடுத்துக்காட்டு 6.19

சமபக்க முப்பட்டகம் ஒன்றின்மீது, ஒற்றை நிற ஒளிக்கதிரொன்று 30^0 கோணத்தில் விழுந்து 75^0 கோணத்தில் வெளியேறுகிறது எனில், முப்பட்டகம் ஏற்படுத்திய திசைமாற்றக்கோணத்தைக் காண்க.

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை, கொடுக்கப்பட்ட முப்பட்டகம் ஒரு சமபக்க முப்பட்டகம் எனவே, $A = 60°$; $i_1 = 30°$; மற்றும் $i_2 = 75°$

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 41 9/12/2019 2:11:58 PM

திசைமாற்றக்கோணச் சமன்பாட்டின்படி $d = i_1 + i_2 - A$

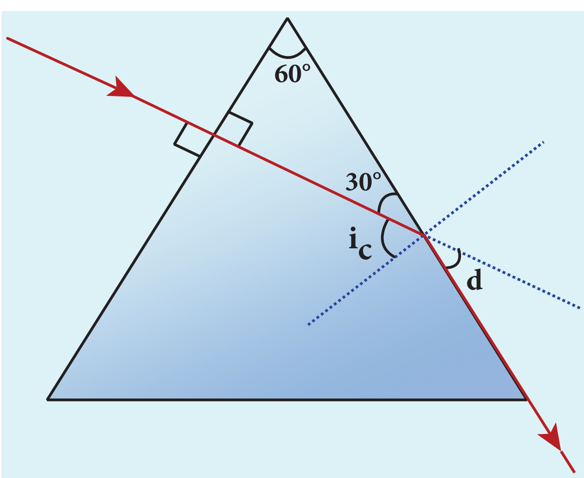
மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது, $d = 30° + 75° - 60° = 45°$

முப்பட்டகம் ஏற்படுத்திய திசைமாற்றக்கோணம், $d = 45°$

எடுத்துக்காட்டு 6.20

சமபக்க முப்பட்டகம் ஒன்றின் முதல் முகத்தில் அல்லது முதல் பரப்பின்மீது செங்குத்துப் படுகோணநிலையில் ஒளிக்கதிரொன்று விழுந்து, முப்பட்டகத்தின் வழியாக சென்று இரண்டாவது முகத்தினைத் தழுவிச்செல்கிறது எனில், முப்பட்டகம் ஏற்படுத்திய திசை மாற்றக்கோணம் எவ்வளவு? மேலும், முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு



கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாவின் சூழல் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இங்கு, $A = 60°$; $i_1 = 0°$; $i_2 = 90°$

முப்பட்டகத்தின் திசைமாற்றக்கோணத்திற்கான சமன்பாட்டிலிருந்து,

$$d = i_1 + i_2 - A$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$d = 0° + 90° - 60° = 30°$$

முப்பட்டகம் ஏற்படுத்திய திசைமாற்றக்கோணம், $d = 30°$

முப்பட்டகத்தின் உட்புறம், இரண்டாவது முகத்தின் மீது ஒளிக்கதிர் மாறுநிலைக் கோணத்தில் விழுகிறது. எனவே, இக்கதிர் ஒளிவிலகல் அடைந்து இரண்டாவது முகத்தின் தளத்தின் மீதே செல்லும். அதாவது, இரண்டாவது முகத்தைத் தழுவிச்செல்லும்.

மாறுநிலைக் கோணத்திற்கான சமன்பாட்டின்படி,

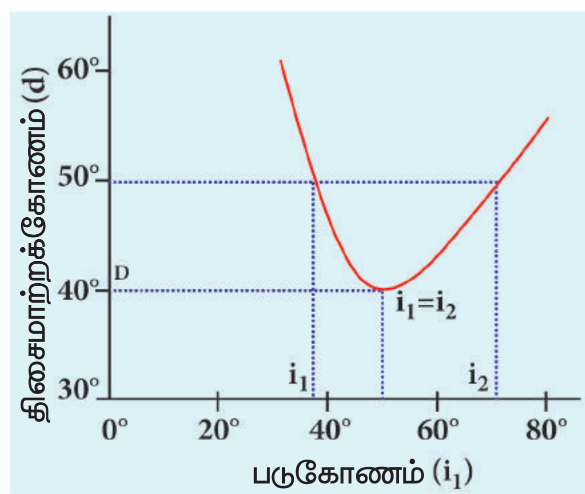
$$\sin i_c = \frac{1}{n}$$

$$n = \frac{1}{\sin i_c}; \qquad n = \frac{1}{\sin 30°} = \frac{1}{1/2} = 2$$

முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண், $n = 2$

6.7.2 சிறும திசைமாற்றக்கோணம்

படுகோணம் மற்றும் திசைமாற்றக்கோணம் இவற்றிற்கு இடையே வரையப்பட்ட வரைபடம் படம் 6.42–இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இப்படத்திலிருந்து படுகோணம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க திசைமாற்றக்கோணம் குறைந்து கொண்டே சென்று ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோண மதிப்பிற்கு சிறுமநிலையை அடைகிறது. படுகோணமதிப்பினை மேலும் அதிகரிக்கும்போது, திசைமாற்றக்கோணம் அதிகரிக்கத் தொடங்குகிறது.



படம் 6.42 (i) மற்றும் (d) க்கு இடையேயான வரைபடம்

திசைமாற்றக்கோணத்தின் சிறும மதிப்பிற்கு, *சிறுமத்திசை மாற்றக்கோணம்* (D) என்று பெயர். சிறும திசைமாற்றக் கோணத்தில்

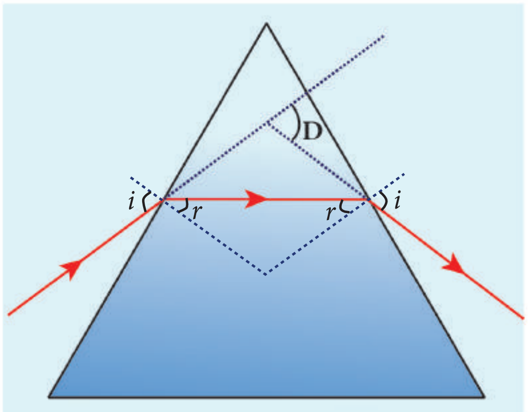
அ) படுகோணமும், வெளியேறு கோணமும் சமம்,. $(i_1 = i_2)$.

ஆ) முதல் முகத்தின் விலகுகோணமும், இரண்டாவது முகத்தின் படுகோணமும் சமம், $(r_1 = r_2)$.

இ) முப்பட்டகத்தைப் பொருத்துப் படுகதிர் மற்றும் வெளியேறு கதிர் இரண்டும் சமச்சீரானவை.

ஈ) முப்பட்டகத்திற்கு உள்ளே விலகுகதிர் முப்பட்டகத்தின் அடிப்பரப்புக்கு இணையாகச் செல்லும்.

சிறும திசைமாற்றக்கோணநிலை படம் 6.43–இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 6.43 சிறும திசைமாற்றக்கோணம்

6.7.3 முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்

சிறும திசைமாற்ற நிலையில், $i_1=i_2=i$ மற்றும் $r_1=r_2=r$

இந்நிலையில் சமன்பாடு (6.102) பின்வருமாறு மாற்றமடையும்,

$$D = i_1 + i_2 - A = 2i - A \quad \text{அல்லது} \quad i = \frac{(A+D)}{2}$$

மேலும், சமன்பாடு (6.101) பின்வருமாறு மாற்றமடையும்,

$$r_1 + r_2 = A \Rightarrow 2r = A \text{ அல்லது } r = \frac{A}{2}$$

(i) மற்றும் (r) மதிப்புகளை ஸ்னெல் விதியில் பிரதியிடும்போது

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

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} \qquad (6.103)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டினைக் கொண்டு முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கணக்கிடலாம். கோணங்கள் A மற்றும் D ஆகியவற்றின் மதிப்புகளைச் சோதனையின் மூலம் கண்டறியலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 6.21

முப்பட்டகம் ஒன்றின் சிறும திசைமாற்றக்கோணம் 37^o மேலும் அம்முப்பட்டகத்தின் கோணம் 60^o எனில், முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை, $A=60°$; $D=37°$

ஒளிவிலகல் எண் சமன்பாட்டின்படி,

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$n = \frac{\sin\left(\frac{60^0+37^0}{2}\right)}{\sin\left(\frac{60^0}{2}\right)} = \frac{\sin\left(48.5^0\right)}{\sin\left(30^0\right)} = \frac{0.75}{0.5} = 1.5$$

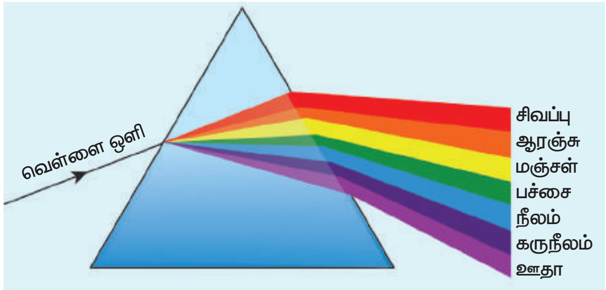
முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண், $n = 1.5$

6.7.4 முப்பட்டகத்தின் வழியாகச் செல்லும் வெள்ளை ஒளியின் நிறப்பிரிகை

முப்பட்டகத்தின் வழியே செல்லும் ஒற்றை நிற ஒளியின் திசைமாற்றக்கோணத்தைப் பற்றி இதுவரை பயின்றோம். வெள்ளை ஒளி முப்பட்டகத்தின் வழியாகச் செல்லும்போது எவ்வாறு நிறப்பிரிகை ஏற்படுகின்றது என்பதைப்பற்றித் தற்போது படிக்க உள்ளோம். **வெள்ளை ஒளியில் உள்ள வண்ணங்கள் தனித்தனியாகப் பிரியும் நிகழ்வுக்கு நிறப்பிரிகை என்று பெயர். இவ்வண்ணங்களின் தொகுப்புக்கு *நிறமாலை* என்று பெயர்**. முப்பட்டகத்தின் ஒரு முகத்தில்பட்டு விலகலடைந்த குறுகிய வெள்ளை இணை ஒளிக்கற்றைகளை வெள்ளைத்திரையில் பார்க்கும்போது, VIBGYOR என்ற வரிசையில் வண்ணங்களின் தொகுப்பு கிடைக்கும். அதாவது ஊதா, கருநீலம், நீலம், பச்சை, மஞ்சள், ஆரஞ்சு, மற்றும் சிவப்பு (Violet, Indigo, Blue, Green, Yellow, Orange, Red) என்ற வரிசையில் வண்ணங்கள் கிடைக்கும்.

படம் 6.44 இல் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு, ஊதா வண்ணம் அதிக திசைமாற்றத்தையும், சிவப்புவண்ணம் குறைந்த திசைமாற்றத்தையும் அடையும்.

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 43 9/12/2019 2:12:02 PM



படம் 6.44 வெள்ளை ஒளி அதன் வண்ணங்களாக நிறப்பிரிகை அடைதல்

நிறமாலையில் கிடைக்கும் வண்ணங்கள் ஒளிமூலத்தின் தன்மையைப் பொருத்ததாகும். ஒவ்வொரு வண்ணமும் வரையறுக்கப்பட்ட அலைநீளத்தைப் பெற்றிருக்கும். சிவப்பு ஒளி நீண்ட அலைநீள எல்லையையும் (700 nm) ஊதா ஒளி குறுகிய அலைநீள எல்லையையும் (400 nm) பெற்றுள்ளன. இதன்காரணமாகக் கண்ணாடி முப்பட்டகத்தின் வழியே செல்லும் ஊதா ஒளிக்கற்றையின் திசைவேகம், சிவப்பு ஒளிக்கற்றையின் திசைவேகத்தைவிடக் குறைவாக இருக்கும்.

சிந்தனைத் துளிகள்

சர் ஐசக் நியூட்டன், தம்முடைய புகழ்வாய்ந்த சோதனை ஒன்றின் மூலம் நிறமாலையின் வண்ணங்களை (VIBGYOR) ஒன்றிணைத்து வெள்ளை ஒளியை உருவாக்கினார். இச்சோதனையில் ஒரு முப்பட்டகத்தைப் பயன்படுத்தி, நிறப்பிரிகையை ஏற்படுத்தி, நிறப்பிரிகை அடைந்த ஒளியைத் தலைகீழாகத் திருப்பப்பட்ட மற்றொரு முப்பட்டகத்தின் வழியே செலுத்தும்போது, நிறப்பிரிகை அடைந்த அனைத்து வண்ணங்களும் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு ஒன்றிணைந்து, மீண்டும் வெள்ளை ஒளியை ஏற்படுத்துகின்றன.

வெவ்வேறு அலை நீளங்கள் கொண்ட ஒளி, முப்பட்டகத்தின் வழியே வெவ்வேறு திசை வேகங்களில் செல்வதால் நிறப்பிரிகை ஏற்படுகின்றது. வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண் வெவ்வேறு வண்ணங்களுக்கு வெவ்வேறான மதிப்புகளைப் பெற்றிருக்கும். ஊதா வண்ணம் அதிக ஒளிவிலகல் எண்ணையும், சிவப்பு வண்ணம் குறைந்த ஒளிவிலகல் எண்ணையும் பெற்றிருக்கும். வெற்றிடத்தின் வழியே எல்லா வண்ண ஒளிக்கதிர்களும் சம வேகத்தில் செல்லும். அட்டவணை 6.4 இல் இரண்டு வெவ்வேறு கண்ணாடிப் பொருள்களுக்கான ஒளிவிலகல் எண்கள் வெவ்வேறு வண்ணங்களுக்கு கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

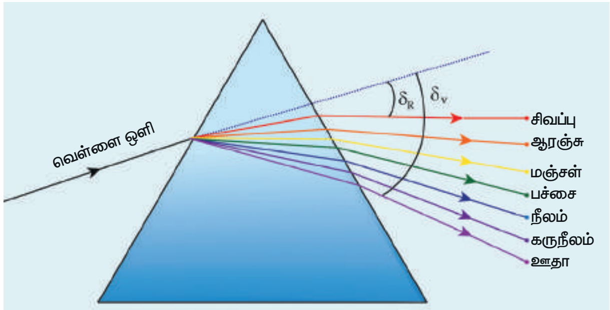
வெற்றிடத்தில் செல்லும் ஒளியின் வேகம், அலைநீளத்தைச் சார்ந்ததல்ல. எனவே வெற்றிடம் என்பது நிறப்பிரிகையை ஏற்படுத்தாத ஓர் ஊடகமாகும். வெற்றிடத்தின் வழியே அனைத்து வண்ணங்களும் ஒரே வேகத்தில் செல்கின்றன.

அட்டவணை 6.4 வெவ்வேறு அலைநீளங்களுக்கான ஒளிவிலகல் எண்கள்

வண்ணம்	அலைநீளம் (nm)	கிரௌன் கண்ணாடி	ஃபிளின்ட் கண்ணாடி
ஊதா	396.9	1.533	1.663
நீலம்	486.1	1.523	1.639
மஞ்சள்	589.3	1.517	1.627
சிவப்பு	656.3	1.515	1.622

6.7.5 நிறப்பிரிகை திறன் (அல்லது) பிரிதிறன்

வெள்ளை ஒளிக்கற்றை ஒன்றைக் கருதுக. இவ்வொளிக்கற்றை முப்பட்டகத்தின் வழியாகச் செல்லும்போது, வெள்ளை ஒளியிலுள்ள வண்ணங்கள் நிறப்பிரிகை அடையும். இது படம் 6.45 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. δ_V, δ_R என்பவை, முறையே ஊதா மற்றும் சிவப்பு அலைநீளங்களுக்கான திசைமாற்றக் கோணங்கள் என்க.



படம் 6.45 வெவ்வேறு வண்ணங்களின் திசைமாற்றக் கோணங்கள்

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 44 9/12/2019 2:12:03 PM

முப்பட்டகப் பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணிற்கான சமன்பாடு (6.103)இல் கொடுக்கப்பட்டது.

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

இங்கு A என்பது முப்பட்டகக்கோணம் மற்றும் D என்பது சிறும திசைமாற்றக் கோணமாகும். முப்பட்டகக்கோணம் 10^o என்ற சிறிய அளவில் உள்ள முப்பட்டகங்களுக்கு சிறுகோண முப்பட்டகங்கள் என்று பெயர். இவ்வகையான முப்பட்டகங்களின் வழியே ஒளிக்கதிர் செல்லும்போது ஏற்படும் திசைமாற்றக்கோணமும் சிறியதாகும். A என்பதை முப்பட்டகக்கோணமாகவும், δ என்பதை திசைமாற்றக்கோணமாகவும் கொண்டால், முப்பட்டகச்சமன்பாடு பின்வரும் வடிவைப்பெறும்.

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A+\delta}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} \qquad (6.104)$$

A மற்றும் δ_m சிறிய கோணங்கள். எனவே,

$$\sin\left(\frac{A+\delta}{2}\right) \approx \left(\frac{A+\delta}{2}\right) \qquad (6.105)$$

$$\sin\left(\frac{A}{2}\right) \approx \left(\frac{A}{2}\right) \qquad (6.106)$$

$$\therefore n = \frac{\left(\frac{A+\delta}{2}\right)}{\left(\frac{A}{2}\right)} = \frac{A+\delta}{A} = 1+\frac{\delta}{A}$$

மேலும் சுருக்கும்போது, $\frac{\delta}{A} = n-1$

$$\delta = (n-1)A \qquad (6.107)$$

வெள்ளை ஒளி முப்பட்டகத்தினுள் நுழையும்போது, வெவ்வேறு வண்ணங்களுக்கான திசைமாற்றமும் வெவ்வேறாக இருக்கும். எனவே, வெவ்வேறு வண்ணங்களுக்கான ஒளிவிலகல் எண்ணும் வெவ்வேறானவையாகும்.

ஊதா வண்ணத்திற்கு, $\delta_V = (n_V - 1)A$ (6.108)

சிவப்பு வண்ணத்திற்கு, $\delta_R = (n_R - 1)A$ (6.109)

ஊதா வண்ணத்தின் திசைமாற்றக்கோணம் δ_V, சிவப்பு வண்ணத்தின் திசைமாற்றக் கோணத்தைவிட δ_R அதிகமாக உள்ளதால், ஊதா வண்ணத்தின் ஒளிவிலகல் எண் (n_V), சிவப்பு வண்ணத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைவிட (n_R) அதிகமாக இருக்கும்.

δ_V யிலிருந்து δ_R ஐ கழிக்கும் போது, பின்வரும் சமன்பாடு கிடைக்கும்.

$$\delta_V - \delta_R = (n_V - n_R)A \qquad (6.110)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் உள்ள ($\delta_V - \delta_R$) பதம், நிறமாலையில் உள்ள இரண்டு எல்லை வண்ணங்களுக்கு இடையேயான (ஊதா மற்றும் சிவப்பு) கோணப்பிரிகையைக் கொடுக்கிறது. இக்கோணப்பிரிகைக்குக் கோண நிறப்பிரிகை என்று பெயர். முப்பட்டகத்தின் கோணநிறப்பிரிகை பின்வருவனவற்றைச் சார்ந்துள்ளது.

(i) முப்பட்டகக்கோணம் மற்றும்
(ii) முப்பட்டகம் செய்யப்பட்ட பொருளின் தன்மை.

சராசரிகதிர் ஒன்றின் திசைமாற்றக்கோணத்தை δ என்றும், இதற்கான ஒளிவிலகல் எண்ணை n எனவும் கொண்டால்,

$$\delta = (n-1)A \qquad (6.111)$$

நிறங்களைப் பிரிக்கும் முப்பட்டகப்பொருளின் திறமைக்கு முப்பட்டகத்தின் நிறப்பிரிகைதிறன் (ω) என்றுபெயர். இரண்டு எல்லை வண்ணங்களுக்கான கோண நிறப்பிரிகைக்கும் சராசரி வண்ணம் ஒன்றின் திசைமாற்றக்கோணத்திற்கும் உள்ள தகவு நிறப்பிரிகைதிறன் அல்லது பிரிதிறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

முப்பட்டகத்தின் நிறப்பிரிகைதிறன் (ω),

$$\omega = \frac{\text{கோண நிறப்பிரிகை}}{\text{சராசரி திசைமாற்றக்கோணம்}} = \frac{\delta_V - \delta_R}{\delta} \qquad (6.112)$$

$(\delta_V - \delta_R)$ மற்றும் (δ), வின் மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது

$$\omega = \frac{(n_V - n_R)}{(n-1)} \qquad (6.113)$$

நிறப்பிரிகைதிறன், பரிமாணமற்ற ஓர் எண்ணாகும். இதற்கு அலகு இல்லை. இது எப்போதும் நேர்குறி மதிப்பையே பெற்றிருக்கும். பிரிதிறன் முப்பட்டகப்பொருளின் தன்மையை

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 45 9/12/2019 2:12:06 PM

மட்டும் சார்ந்திருக்கும். முப்பட்டகக் கோணத்தைப் பொருத்தல்ல.

எடுத்துக்காட்டு 6.22

ஃபிளிண்ட் கண்ணாடியின் வழியே செல்லும் சிவப்பு, பச்சை மற்றும் ஊதா ஒளிகளின் ஒளிவிலகல் எண்கள் முறையே 1.613, 1.620 மற்றும்1.632 ஆகும். இம்மதிப்புகளைக் கொண்டு ஃபிளிண்ட் கண்ணாடியின் நிறப்பிரிகை திறனைக் காண்க

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை, n_V=1.632; n_R=1.613; n_G=1.620

நிறப்பிரிகை திறனுக்கான சமன்பாட்டிலிருந்து,

$$\omega = \frac{(n_V - n_R)}{(n_G - 1)}$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது

$$\omega = \frac{1.632 - 1.613}{1.620 - 1} = \frac{0.019}{0.620} = 0.0306$$

ஃபிளிண்ட் கண்ணாடியின் நிறப்பிரிகை திறன், $\omega = 0.0306$

6.7.6 சூரிய ஒளிச் சிதறல்

புவியின் வளிமண்டலத்தில் உள்ள வளிமண்டலத்துகள்கள், புவியின் வளிமண்டத்திற்குள் நுழையும் சூரிய ஒளியின் திசையை மாற்றும். இந்நிகழ்ச்சிக்கு ஒளிச்சிதறல் என்றுபெயர். **ஒளியின் அலைநீளத்தை (λ) விட, மிகவும் குறைவான அளவுடைய (a) அணுக்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகளினால் ஏற்படும் ஒளிச்சிதறலுக்கு, இராலே ஒளிச்சிதறல் (Rayleigh's Scattering) என்று பெயர்.** அதாவது, இராலே ஒளிச்சிதறல் ஏற்பட நிபந்தனை ($a<<\lambda$) ஆகும்.

E4P3D5

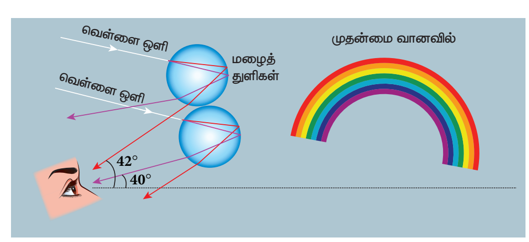
இராலே ஒளிச்சிதறலின் செறிவு, அலைநீளத்தின் நான்குமடி மதிப்புக்கு எதிர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

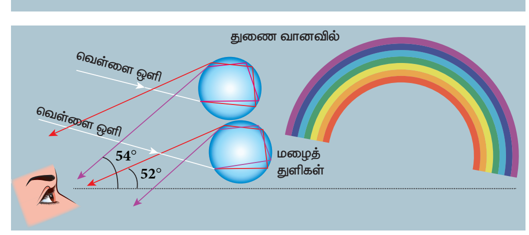
$$I \propto \frac{1}{\lambda^4} \qquad (6.114)$$

பகல்நேரத்தில், குறைந்த அலைநீளமுடைய நீலவண்ணம் வளிமண்டலத் துகள்களினால், வளிமண்டலம் முழுவதும் சிதறடிக்கப்படுகின்றது.

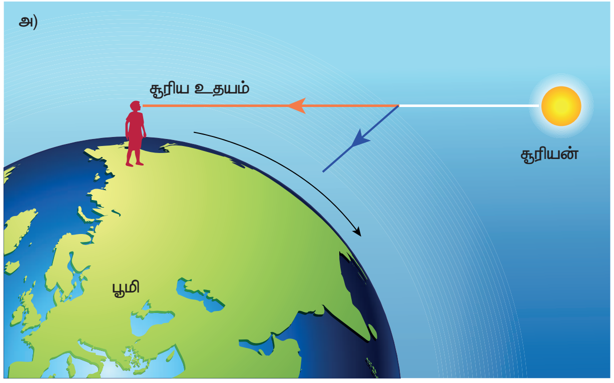
உங்களுக்குத் தெரியுமா?

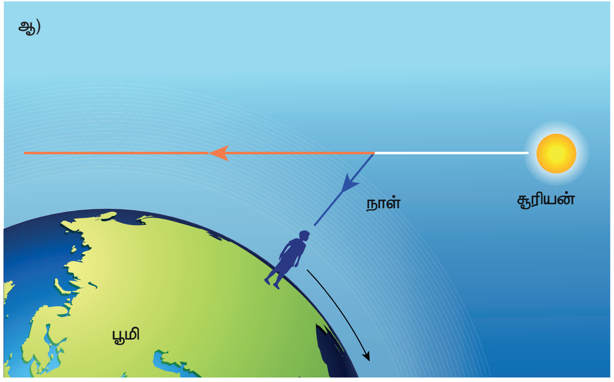
நிறப்பிரிகைக்கான சிறந்த ஓர் எடுத்துக்காட்டு, 'வானவில்லாகும்'. மழைக்காலங்களில் நீர்த்துளிகளினால் சூரியஒளி நிறப்பிரிகை அடைவதால் வானவில் ஏற்படுகிறது. மழைபொழியும்பொழுதோ அல்லது மழைபொழிந்து நின்றபின்னோ அல்லது பின்புறமாகச் சூரியன் உள்ளநிலையில் நீரூற்று ஒன்றைப் பார்க்கும்பொழுதோ, வானவில்லை நாம் பார்க்கமுடியும். காற்றில் மிதந்து கொண்டிருக்கும் நீர்த்துளிகளின் மீது விழும் சூரிய ஒளி, நிறப்பிரிகை அடைந்து அதன் ஏழுவண்ணங்களாகப் பிரிகை அடையும். எனவே, காற்றில் மிதந்துகொண்டிருக்கும் நீர்த்துளிகள், கண்ணாடி முப்பட்டகம் போன்று செயல்படுகின்றன. நீர்த்துளியினுள் நுழைந்த ஒளிக்கதிர் அதிலிருந்து வெளியேறுவதற்கு முன்பு, ஒரு முழுஅக எதிரொளிப்பு அடைவதால் முதன்மை வானவில் உருவாகும். இது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. முதன்மை வானவில்லில் ஊதாவிலிருந்து சிவப்புவரை உள்ள வண்ணங்களைப் பார்ப்பதற்கான பார்வைக் கோணம் 40° முதல் 42° வரையிருக்கும். முதன்மை வானவில்லின் வெளிப்புறமாகத் துணை வானவில் தோன்றுகின்றது. நீர்த்துளியினுள் நுழைந்த சூரியஒளி அதிலிருந்து வெளியேறுவதற்கு முன்னர், இரண்டு முழுஅக எதிரொளிப்புகளை அடைவதால் 'துணைவானவில்' தோன்றும். சிவப்பு வண்ணத்திலிருந்து ஊதா வண்ணம்வரை பார்ப்பதற்கான பார்வைக்கோணம், 52° முதல் 54° வரையிலிருக்கும்.

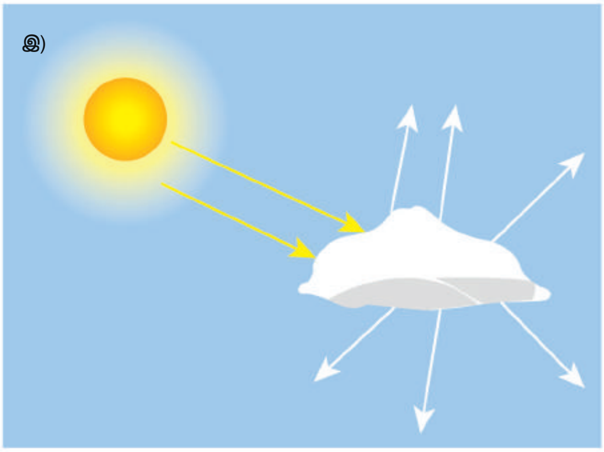




மேலும், நமது கண்களின் உணர்வு நுட்பம் ஊதா வண்ணத்தைவிட, நீலவண்ணத்திற்கு அதிகம். இத்தகைய காரணங்களினால்தான் வானம் நீலநிறமாகக் காட்சியளிக்கிறது. இது படம் 6.46(அ)வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. சூரிய உதயம் மற்றும் மறையும் நேரங்களில் சூரியஒளி வளிமண்டலம் வழியாக மிக நீண்ட தொலைவு செல்லவேண்டியுள்ளது. எனவே, குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட நீல ஒளி சிதறலடைந்துவிடும். ஆனால் அதிக அலைநீளம் கொண்ட சிவப்பு ஒளி குறைவாகச் சிதறலடைந்து நமது கண்களை அடையும். இதன் காரணமாகத்தான் சூரியன் உதிக்கும்போதும், மறையும்போதும் வானம் சிவப்பு நிறமாகக் காட்சி அளிக்கின்றது. இது படம் 6.46 (ஆ))இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.







படம் 6.46 ஒளிச்சிதறலின் பல்வேறு வடிவங்கள்

வளிமண்டலத்திலுள்ள தூசு, மற்றும் நீர்த்துளிகளின் அளவு (a), ஒளியின் அலைநீளத்தைவிட (λ) மிக அதிகமாக உள்ளபோது, அதாவது ($a >> \lambda$), இத்தகைய பெரிய துகள்களினால் ஒளி சிதறலடையும்போது, சிதறலடைந்த ஒளியின் செறிவு அனைத்து அலைநீளங்களுக்கும் சமமாக இருக்கும். மிக அதிகஅளவு தூசு மற்றும் நீர்த்துளிகளைப் பெற்றுள்ள மேகங்களில் இத்தகைய ஒளிச்சிதறல் ஏற்படும். எனவே, மேகங்களில் அலைநீளத்தைப்பொருத்து, ஒளிச்சிறதல் ஏற்படாமல் அனைத்து வண்ணங்களும் சமஅளவில் சிதறலடைகின்றன. இதன்காரணமாகத்தான் மேகம் வெண்மைநிறமாகக் காட்சியளிக்கிறது. இது படம் 6.46 (இ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆனால், மழைமேகங்கள் கருமையாக இருப்பதற்குக் காரணம், அதிலுள்ள நீர்த்துளிகள் ஒன்றிணைந்து மழை மேகத்தினை ஒளிபுகாப்பொருளாக மாற்றிவிடுவதேயாகும்.

ஒருவேளை, புவியைச் சுற்றி வளிமண்டலம் இல்லாதிருந்தால், ஒளிச்சிதறலும் நடைபெறாது, வானமும் கருமையாகத் தெரியும். வளிமண்டலத்திற்கு மேலிருந்து வானத்தைப் பார்கும் விண்வெளி வீரர்களுக்கு வானம் கருமையாகத் தெரிவதற்கு இதுவே காரணமாகும்.

6.8 ஒளியைப்பற்றிய கொள்கைகள் (Theories of light)

ஒளி என்பது ஒருவகையான ஆற்றலாகும். இவ்வாற்றல் ஓரிடத்திலிருந்து, மற்றோர் இடத்திற்குப் பரவுகிறது. அறிவியல் அறிஞர்களால் முன்வைக்கப்பட்ட ஒளியைப் பற்றிய பல்வேறு கொள்கைகள் ஒளியின் தன்மையைப் பற்றி மட்டும் கூறாமல் ஒளிபரவும் முறை மற்றும் ஒளியினால் ஏற்படும் நிகழ்வுகளைப் பற்றியும் விளக்குகின்றன.

6.8.1 நுண்துகள் கொள்கை (Corpuscular theory)

ஒளியைப்பற்றிய நுண்துகள் கொள்கையை சர் ஐசக் நியூட்டன் (1672) கொடுத்தார். இதற்கு முன்பே, டெஸ்கார்டஸ் (Descartes) (1637) ஒளி எதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளிவிலகலை விளக்குவதற்குகாக இக்கொள்கை பரிந்துரைக்கப்பட்டது. இக்கொள்கையின்படி ஒளி மிகச்சிறிய, நிறையற்ற (புறக்கணித்தக்க சிறிய நிறை) மற்றும் முழு மீட்சியுறும் துகள்களாக உமிழப்படுகின்றது. இவற்றுக்கு நுண்துகள்கள் (corpuscles) என்றுபெயர்.

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 47 9/12/2019 2:12:08 PM

நுண்துகள்கள் மிகச்சிறியவை. எனவே, ஒளிமூலம் நீண்ட காலத்திற்கு ஒளியை உமிழ்ந்தாலும், அதன் நிறையில் குறிப்பிடத்தக்க மாற்றம் ஏதும் ஏற்படாது. நுண்துகள்கள் மிகவேகமாகச் செல்வதால், அவை புவியீர்ப்பு விசையினால் எவ்விதபாதிப்பையும் அடையாது. மேலும், ஒரே ஒளிவிலகல்எண் கொண்ட சீரான ஊடகத்தில் நுண்துகள்களின் பாதை ஒரு நேர்கோடாகும். இந்த நுண்துகள்களின் இயக்க ஆற்றலே ஒளியின் ஆற்றலாகும். இந்த நுண்துகள்கள் விழித்திரையின்மீது மோதுவதால் பார்வை ஏற்படுகின்றது. வெவ்வேறு அளவுகள் கொண்ட நுண்துகள்கள் வெவ்வேறு வண்ணங்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. நுண்துகள்கள் இரண்டு ஊடகங்களைப் பிரிக்கும் தளத்தினை அடையும்போது, அவை ஈர்க்கப்படலாம் அல்லது விலக்கப்படலாம். ஊடகத்தினால் நுண்துகள்கள் விலக்கப்பட்டால் ஒளி எதிரொளிப்பும், ஈர்க்கப்பட்டால் ஒளிவிலகலும் ஏற்படுகிறது.

ஒளியானது அடர்குறைஊடகத்தில் வேகமாகவும், அடர்மிகுஊடகத்தில் மெதுவாகவும் செல்வதற்கான காரணத்தை இக்கொள்கையால் விளக்கமுடியவில்லை. மேலும், குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு மற்றும் தளவிளைவு போன்ற நிகழ்வுகளையும் இக்கொள்கையால் விளக்கமுடியவில்லை.

6.8.2 அலைக்கொள்கை (Wave Theory)

ஊடகத்தின் வழியாக ஒளி பரவுவதை விளக்குவதற்காகக் கிரிஸ்டியன் ஹைஹென்ஸ் (1678) (Christian Huygens) அலைக்கொள்கையை முன்மொழிந்தார். இவரின் கொள்கையின்படி, ஒளி என்பதுஒளிமூலத்தினால்ஏற்படும்ஒருமாறுபாடாகும். இம்மாறுபாடு வெளிமுழுவதும் நிரம்பியுள்ள ஓர் ஊடகத்தின் வழியே இயந்திர அலையான நெட்டலை வடிவில் பரவுகிறது எனவும், இயந்திர அலை பரவதற்கு ஊடகம் அவசியம். எனவே, ஈதர் (ether) என்ற ஊடகம் வெளி முழுவதும் பரவியுள்ளது எனவும் யூகித்துகொண்டார். ஒளி எதிரொளிப்பு, ஒளிவிலகல், குறுக்கீட்டு விளைவு மற்றும் விளிம்பு விளைவு போன்ற ஒளியின் விளைவுகளை அலைக்கொள்கை நன்கு விளக்கியது. ஆனால், வெளிமுழுவதும் பரவியுள்ள ஈதர் ஊடகத்தைப்பற்றிய இவர் கொள்கை தவறு என்று நிரூபிக்கப்பட்டது. எனவே, வெற்றிடத்தின் வழியே ஒளி எவ்வாறு பரவுகின்றது என்பதையும் இக்கொள்கையினால் விளக்க முடியவில்லை. மேலும், ஒளியின் தளவிளைவையும் இக்கொள்கையினால் விளக்க முடிவியல்லை. ஏனெனில், தளவிளைவு என்பது குறுக்கலைகளின் பண்பாகும்.

6.8.3 மின்காந்த அலைக்கொள்கை (Electro magnetic Wave theory)

ஒளி, குறுக்கலை வடிவில் பரவும் மின்காந்த ஆற்றலை சுமந்துசெல்லும் மின்காந்த அலை என்று மேக்ஸ்வெல் (1864) நிரூபித்தார். மேலும், மின்காந்த அலை பரவுவதற்கு எவ்வித ஊடகமும் தேவையில்லை என்றும் இவரால் நிரூபித்துக் காட்ட முடிந்தது. ஒளியின் அனைத்து நிகழ்வுகளையும் இக்கொள்கை வெற்றிகரமாக நிரூபித்தது.

இருப்பினும் இக்கொள்கையினால் ஒளி மற்றும் பருப்பொருளுக்கு இடையே ஏற்படும் இடைவினையை; அதாவது, ஒளிமின் விளைவு (Photoe Electric effect) போன்ற நிகழ்வுகளையும் காம்டன் விளைவு (Compton effect) போன்றவற்றையும் விளக்க முடியவில்லை.

6.8.4 குவாண்டம் கொள்கை (Quantum theory)

ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன் (1905), மேக்ஸ் பிளாங் (1900)–கின் கருத்துகளை உறுதிப்படுத்தும் விதமாக, ஒளிமின் விளைவை விளக்கினார். (அலகு 7இல் படிக்க உள்ளீர்கள்) ஒளிமின் விளைவின்படி, ஒளியானது ஃபோட்டான் வடிவில் பருப்பொருளின்மீது மோதி, பருப்பொருளிலிருந்து எலக்ட்ரான்களை உமிழச் செய்கிறது. ஃபோட்டான் என்பது தனித்தனி ஆற்றல் சிப்பங்களாகும். ஒவ்வொரு ஃபோட்டானும் பெற்றுள்ள ஆற்றல் E ஆகும். ஆதாவது,

$$E = h\nu \qquad (6.115)$$

இங்கு, h என்பது பிளாங் மாறிலியாகும். ($h = 6.625 \times 10^{-34}$ J s) மற்றும் ν என்பது மின்காந்த அலையின் அதிர்வெண்ணைக் குறிக்கிறது.

அலைப்பண்பு மற்றும் துகள் பண்பு இரண்டு பண்புகளையும் ஒருங்கே பெற்றுள்ள ஒளியின் இப்பண்பிற்கு, இரட்டைப்பண்பு என்று பெயர். ஒளி பரவும்போது அலையாகவும், பருப்பொருளுடன் இடைவினை புரியும்போது துகளாகவும் செயல்படுகின்றது என்று தற்போது கருதப்படுகிறது.

6.9 ஒளியின் அலைப்பண்பு (Wave nature of light)

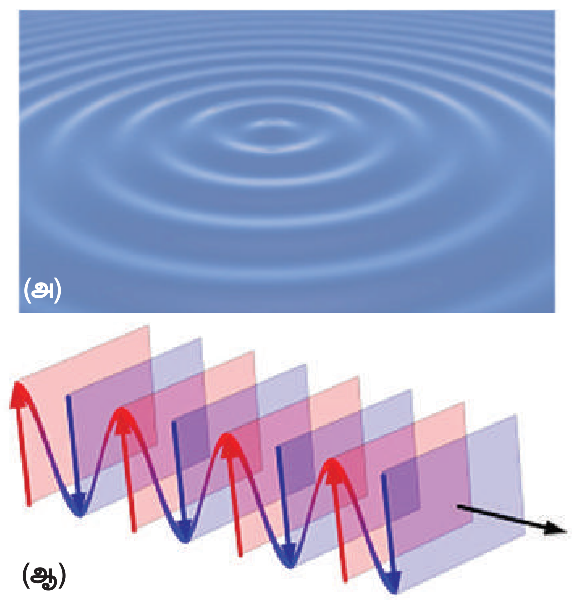
ஒளி குறுக்கலை வடிவில் உள்ள மின்காந்த அலையாகும். குறுக்கீட்டு விளைவு மற்றும் விளிம்பு விளைவு தொடர்பான சோதனைகளில்

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 48 9/12/2019 2:12:08 PM

இருந்து ஒளியின் அலைப்பண்பு நிரூபிக்கப்பட்டது. அனைத்து மின்காந்த அலைகளைப் போன்றே ஒளியும் வெற்றிடத்தின் வழியே பரவும். ஒளியின் குறுக்கலைப்பண்பை விளக்கும் நிகழ்வு தளவிளைவாகும்.

6.9.1 அலை ஒளியியல் (Wave optics)

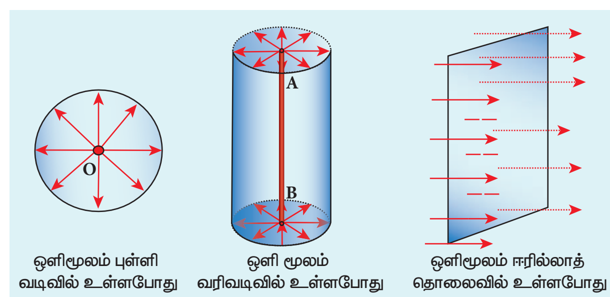
ஒளியின் அலைப்பண்பைப் பற்றி அலை ஒளியியல் நமக்கு விளக்குகிறது. குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு மற்றும் தளவிளைவு போன்ற ஒளியின் நிகழ்வுகளை அலை ஒளியியலின் அடிப்படையில் நாம் விரிவாகப் படிக்கலாம். ஒளி, எதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளி விலகல் நிகழ்வினையும் அலை ஒளியியலின் அடிப்படையில்தான் விளக்கமுடியும். ஒளி அலைவடிவில் பரவினாலும் ஒளிபரவும் திசை ஒளிக்கதிரைக் கொண்டுதான் குறிப்பிடப்படுகிறது.



படம் 6.47 (அ) தண்ணீர்ப் பரப்பின்மீது ஏற்படும் சிற்றலை (ஆ) அலைமுகப்பு மற்றும் ஒளிக்கதிர்.

ஓய்வுநிலையில் உள்ள தண்ணீர்ப்பரப்பின் மீது கல்ஒன்றினைப் போடும்போது, அக்கல் விழுந்த புள்ளியைச் சுற்றி வட்டவடிவ சிற்றலைகள் பரவும். இந்நிகழ்ச்சி அலைபரவுவதற்கு சிறந்த ஓர் உதாரணமாகும். சிற்றலை ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியைக் கடந்து செல்லும் போது, அப்பகுதியில் உள்ள நீர் மூலக்கூறுகள் அல்லது துகள்கள் மேலும் கீழுமாக இயங்கும் (அல்லது) அலைவுறும். ஒரு மையப்புள்ளியிலிருந்து சமதொலைவில் உள்ள சிற்றலையின் அனைத்துத் துகள்களும் ஒரே கட்டத்தில் அதிர்வடையும் அலைமுகப்பைப் கொண்டிருக்கும் இது படம் 6.47(அ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. **ஒரே நிலையில் அல்லது ஒரே கட்டத்தில் அதிர்வடையும் புள்ளிகளை இணைக்கும் முன்புற உறைக்கு அலைமுகப்பு என்று பெயர்**. அலைபரவல் என்பது, அலைமுகப்பு பரவுவதையே குறிக்கிறது. அலைமுகப்பு எப்போதும் அலைபரவும் திசைக்கு செங்குத்தாகவே இருக்கும். ஒளிக்கதிரின்திசை அலைபரவும் திசையிலேயே இருந்தால், அலைமுகப்பு, எப்போதும் ஒளிக்கதிரின் திசைக்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். இது படம் 6.47 (ஆ)–வில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ஒரு புள்ளியில் உற்றுநோக்கப்படும் அலைமுகப்பின் வடிவம் ஒளி மூலத்தின் வடிவத்தையும், ஒளிமூலம் அமைந்துள்ள தொலைவையும் சார்ந்துள்ளது. வரம்புக்குட்பட்ட தொலைவில் அமைந்துள்ள ஒரு புள்ளி ஒளிமூலம் எப்பொழுதும் கோளக அலைமுகப்பையே தருகிறது. வரம்புக்குட்பட்ட தொலைவில் அமைந்துள்ள நீட்டப்பட்ட (அல்லது) கோட்டு ஒளிமூலம், உருளைவடிவ அலைமுகப்பைத் தருகிறது. ஈரில்லாத் தொலைவில் அமைந்துள்ள எந்த ஓர் ஒளிமூலத்தினாலும் தோன்றும் சமதள அலைமுகப்புகள் படம் 6.48–ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

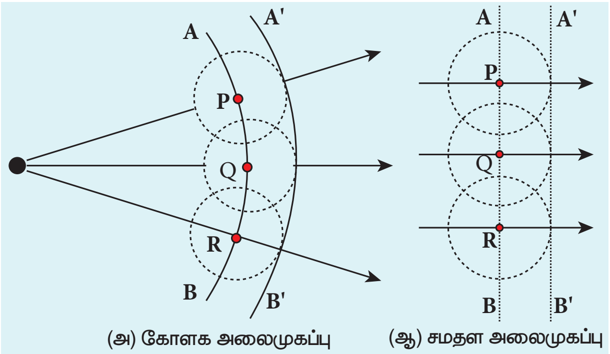


படம் 6.48 அலைமுகப்புகள்

6.9.2 ஹைஹென்ஸ் தத்துவம் (Huygens' Principle)

ஹைஹென்ஸ் தத்துவம் ஒரு வடிவியல் கட்டமைப்பாகும். $t = 0$ என்ற நேரத்தில் அலைமுகப்பின் வடிவம் நமக்குத் தெரிந்தால், எந்த ஒரு நேரத்திலும் உள்ள அலைமுகப்பின் வடிவத்தை ஹைஹென்ஸ் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி நாம் கண்டறியலாம். **ஹைஹென்ஸ் தத்துவத்தின்படி, அலைமுகப்பிலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியும் இரண்டாம்நிலை அலைக்குட்டிகளை உருவாக்கும் ஒளி மூலமாகச் செயல்படும். இப்புள்ளிகளிலிருந்து வெளிவரும் இரண்டாம்நிலை அலைக்குட்டிகள், அலையின் வேகத்தில், ஊடகத்தின் அனைத்துத் திசைகளிலும் பரவும். இந்த இரண்டாம் நிலை அலைகுட்டிகளுக்கு வரையப்படும் பொதுவான தொடுகோடு அல்லது இரண்டாம் நிலை அலைக்குட்டிகளின் முன்புற உறை, அடுத்து ஏற்படும் புதிய அலைமுகப்பைக் கொடுக்கும்.** எனவே, ஹைஹென்ஸ் தத்துவம் அலைமுகப்பின் பரவலை விளக்குகிறது. படம் 6.49

(அ) வில் கோளக மற்றும் சமதள அலைமுகப்புகளின் பரவல் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. $t = 0$ என்ற நேரத்தில் உள்ள அலைமுகப்பை, AB என்க. ஹைகென்ஸ் தத்துவத்தின்படி AB அலைமுகப்பின் ஒவ்வொரு புள்ளியும், அலையின் வேகத்தில் (ஒளியின் வேகம் c–இல்) செல்லும் இரண்டாம் நிலை அலைக்குட்டிகளை உருவாக்கும் ஒளிமூலமாகச் செயல்படும். t காலம் கழித்து அலைமுகப்பின் புதிய நிலையை அறிவதற்கு AB மீதுள்ள P,Q,R...... என்ற புள்ளிகளை மையமாகக் கொண்டு ctஐ ஆரமாகக்கொண்டு வட்டங்கள் வரையவேண்டும். இச்சிறுவட்டங்களின் தொடுகோடு அல்லது முன்புற உறை $A'B'$ அந்த நேரத்தில் ஏற்படும் புதிய அலைமுகப்பாகும். குறிப்பிட்ட தொலைவிலுள்ள புள்ளி ஒளி மூலத்தால் ஏற்படும் இப்புதிய அலைமுகப்பு $A'B'$ ஒரு கோளக அலைமுகப்பாக இருக்கும். இது படம் 6.49 (அ)–வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒளி மூலம் மிக நீண்ட தூரத்தில் (ஈறில்லாத் தொலைவில்) இருந்தால் சமதள அலைமுகப்பாக இருக்கும். இது படம் 6.49 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



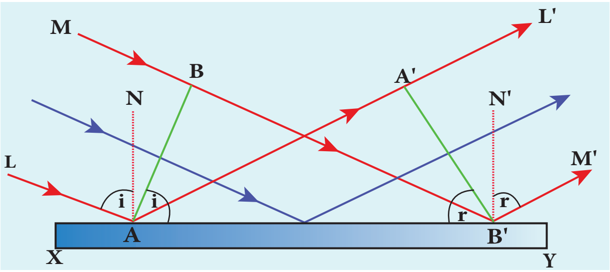
படம் 6.49 ஹைகென்ஸ் கொள்கை

அலைபரவுவதை விளக்கும் ஹைகென்ஸ் கட்டமைப்பில் ஒரு குறைபாடு உள்ளது. மேற்கண்ட கட்டமைப்பில் தோன்றும் பின்அலை (back wave) எவ்வாறு மறைகின்றது என்பதை இக்கொள்கை விளக்கவில்லை. மின்காந்த அலைக்கொள்கையின் அடிப்படையில் இப்பின்அலைகளின் பரவல் இயல்பாகவே ஒதுக்கித்தள்ளப்படுகின்றன. இருந்தபோதிலும், ஹைகென்ஸ் கட்டமைப்பு அலைமுகப்பு ஒன்றின் பரவலை வரைபட வடிவில் நன்கு விளக்குகிறது.

6.9.3 ஹைகென்ஸ் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் எதிரொளிப்பு விதியை நிரூபித்தல் (Proof for laws of reflection using Huygens' Principle)

XY என்ற சமதளக் கண்ணாடியின் எதிரொளிப்புப் பரப்பின்மீது படம் 6.50–இல் காட்டியுள்ளவாறு இணை ஒளிக்கற்றைகள் விழுகின்றன எனக் கருதுக. படும் சமதள அலைமுகப்பு AB மற்றும் எதிரொளிப்பு அலைமுகப்பு $A'B'$ இவ்விரண்டு அலைமுகப்புகளும் ஒரே ஊடகத்தில் உள்ளன. இந்த அலைமுகப்புகள் படுகதிர்கள் L,M மற்றும் எதிரொளிப்புக் கதிர்கள் L', M' ஆகியவற்றிற்குச் செங்குத்தாக உள்ளன. படும் அலைமுகப்பிலுள்ள A புள்ளி, எதிரொளிப்புப் பரப்பைத் தொடும் நேரத்தில், B புள்ளி BB' தொலைவு பயணம் செய்து, எதிரொளிப்புப் பரப்பிலுள்ள B' புள்ளியை அடைகிறது.

B புள்ளி எதிரொளிப்புப் பரப்பிலுள்ள B' புள்ளியை அடையும் அந்த நேர இடைவெளியில்; A புள்ளி A' ஐ அடைகிறது. அலைமுகப்பிலுள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளுக்கும் இது பொருந்தும். எனவே, $A'B'$ என்ற சமதள எதிரொளிப்பு அலைமுகப்பு கிடைக்கும். ஒளிக்கதிர்கள் L மற்றும் M இரண்டும் எதிரொளிப்புப் பரப்பில் விழும் புள்ளிகளில் N மற்றும் N' என்ற இரண்டு செங்குத்துக்கோடுகள் வரையப்படுகின்றன. எதிரொளிப்பும் இதே ஊடகத்தில் நடைபெறுவதால் எதிரொளிப்புக்கு முன்பும் மற்றும் எதிரொளிப்புக்குப் பின்பும் ஒளியின் திசைவேகத்தில் எவ்வித மாற்றமும் ஏற்படாது. எனவே, ஒளிக்கதிர் A விலிருந்து A' வர எடுத்தக்கொள்ளும் நேரமும் B யிலிருந்து B' வர எடுத்துக்கொள்ளும் நேரமும் சமம். இதன்காரணமாகத் தொலைவுகள் AA' மற்றும் BB' இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று சமம் $(AA' = BB')$.



படம் 6.50 ஒளி எதிரொளிப்பு விதிகள்

(i) படுகதிர்கள், எதிரொளிப்புக்கதிர்கள், எதிரொளிப்புப் பரப்பு மற்றும் செங்குத்துக்கோடு அனைத்தும் ஒரே தளத்தில் உள்ளன.

(ii) படுகோணம்,

$$\angle i = \angle NAL = 90^{\circ} - \angle NAB = \angle BAB'$$

எதிரொளிப்புக்கோணம்,

$$\angle r = \angle N'B'M' = 90^{\circ} - \angle N'B'A' = \angle A'B'A$$

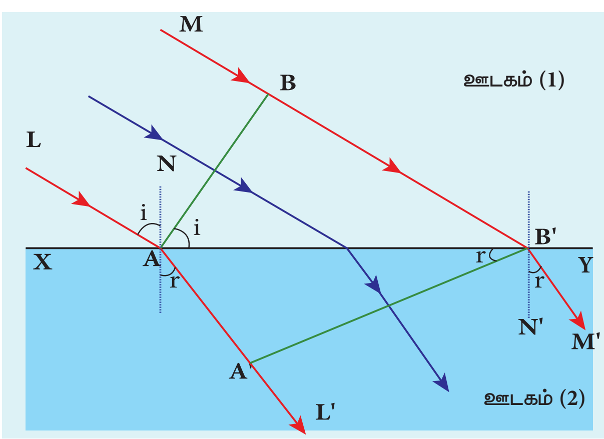
செங்கோண முக்கோணங்கள் $\Delta ABB'$ மற்றும் $\Delta B'A'A$ இரண்டிலும் செங்கோணங்கள்

$\angle B$ மற்றும் $\angle A'$ சமம். ($\angle B$ மற்றும் $\angle A' = 90^o$); AA' மற்றும் BB' இரண்டு பக்கங்களும் சமம் $(AA' = BB')$. மேலும், பக்கம் AB' இரண்டு செங்கோண முக்கோணங்களுக்கும் பொதுவானது. எனவே, இவ்விரண்டு முக்கோணங்களும் ஒத்த முக்கோணங்களாகும் (Congruent). ஒத்த முக்கோணங்களுக்குக் கோணங்கள் $\angle BAB'$ மற்றும் $\angle A'B'A$ ஆகியவை ஒன்றுக்கொன்று சமமாகும். எனவே,

$$i = r \qquad (6.1)$$

படுகோணம், எதிரொளிப்புக் கோணத்திற்குச் சமமாகும். எனவே, எதிரொளிப்பு விதிகள் நிரூபிக்கப்பட்டன.

6.9.4 ஹைகென்ஸ் கொள்கையின் அடிப்படையில் ஒளிவிலகல் விதிகளை நிரூப்பித்தல் (Proof for laws of refraction using Huygens' Principle)



படம் 6.51 ஒளிவிலகல் விதிகள்

ஒளிபுகும் தன்மை கொண்ட கண்ணாடிபோன்ற XY பரப்பின் மீது, படம் 6.51–இல் காட்டியுள்ளவாறு இணை ஒளிக்கற்றைகள் விழுகின்றன எனக் கருதுக. படும் சமதள அலைமுகப்பு AB அடர்குறை ஊடகம் (1) லும், ஒளிவிலகு அலைமுகப்பு, அடர்மிகு ஊடகம் (2) லும் உள்ளன. இவ்விரண்டு அலைமுகப்புகளும் படுகதிர் L,M மற்றும் விலகு கதிர் L', M' ஆகியவற்றிற்குச் செங்குத்தாகும். படும் அலைமுகப்பிலுள்ள A புள்ளி, ஒளிவிலகு பரப்பைத்தொடும் அந்த நேரத்தில், B புள்ளி BB' தொலைவைக் கடந்து ஒளிவிலகு பரப்பின் B' என்ற புள்ளியைத் தொடுகிறது, B புள்ளி ஒளிவிலகு பரப்பின் B' புள்ளியைத் தொடும் நேரத்தில் A புள்ளி மற்றோர் ஊடகத்தில் A' தொலைவை கடக்கிறது.

அலை முகப்பிலுள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளுக்கும் இது பொருந்தும். எனவே $A'B'$ என்ற சமதள ஒளிவிலகு அலைமுகப்பு கிடைக்கும். ஒளிவிலகு பரப்பில் L மற்றும் M கதிர்கள் படும் புள்ளியில் N மற்றும் N' என்ற இரண்டு செங்குத்துக் கோடுகள் கருதப்படுகின்றன. அடர்குறை ஊடகத்தில் (1) இருந்து, அடர்மிகு ஊடகத்திற்கு (2) ஒளிவிகல் ஏற்படுவதால், ஒளிவிலகலுக்கு முன்பு ஒளியின் திசைவேகம் v_1 மற்றும் ஒளிவிலகலுக்குப் பின்பு ஒளியின் திசைவேகம் v_2 ஆகும். இங்கு v_1 ஆனது v_2 ஐ விட அதிகம். $(v_1 > v_2)$. ஆனால், ஒளிக்கதிர்கள் B யிலிருந்து B' புள்ளிக்குச் செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும் நேரமும், A விலிருந்து A' புள்ளிக்குச் செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும் நேரமும் சமம்.

$$t = \frac{BB'}{v_1} = \frac{AA'}{v_2} \text{ (அல்லது) } \frac{BB'}{AA'} = \frac{v_1}{v_2}$$

(i) படுகதிர்கள், விலகுகதிர்கள், ஒளிவிலகு பரப்பு XY மற்றும் செங்குத்துக்கோடுகள் அனைத்தும் ஒரே தளத்தில் அமைகின்றன.

(ii) படுகோணம்,

$$i = \angle NAL = 90^o - \angle NAB = \angle BAB'$$

விலகுகோணம்,

$$r = \angle N'B'M' = 90^o - \angle N'B'A' = \angle A'B'A$$

செங்கோண முக்கோணங்கள் $\Delta ABB'$ மற்றும் $\Delta B'A'A$ –இரண்டிலுமிருந்து,

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{BB'/AB'}{AA'/AB'} = \frac{BB'}{AA'} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c/v_2}{c/v_1}$$

இங்கு c என்பது, வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகமாகும். விகிதம் c/v ஒரு மாறிலியாகும். இம்மாறிலிக்கு ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் என்றுபெயர். முதல் ஊடகத்தின் (1) ஒளிவிலகல் எண் $c/v_1 = n_1$ மற்றும் இரண்டாவது ஊடகத்தின் (2) ஒளிவிலகல் எண் $c/v_2 = n_2$ ஆகும்.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (6.18)$$

பெருக்கல் வடிவில்

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \qquad (6.19)$$

எனவே, ஒளிவிலகல் விதிகள் நிரூபிக்கப்பட்டன.

இதேமுறையில், அலைமுகப்பு அடர்மிகு ஊடகத்தில் இருந்து, அடர்குறை ஊடகத்திற்கு வரும்போதும் ஒளிவிலகல் விதிகளை நிரூபிக்க முடியும்.

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 51
9/12/2019 2:12:17 PM

ஒளி அடர்மிகு ஊடகத்தைவிட, அடர்குறை ஊடகத்தில் அதிக திசைவேகத்தில் செல்லும். எனவே, அடர்குறை ஊடகத்தில் ஒளியின் அலைநீளம் அதிகம், அடர்மிகு ஊடகத்தில் ஒளியின் அலைநீளம் குறைவு.

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (6.116)$$

குறிப்பு

குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் கொண்ட ஒளி, வெவ்வேறு ஊடகங்களின் வழியாகச் சென்றாலும் அதன் அதிர்வெண்ணில் எவ்வித மாற்றமும் ஏற்படாது. அவ்வூடகத்தின் வழியாகச் செல்லும் ஒளியின் வேகத்திற்கு ஏற்ப அதன் அலைநீளத்தில் மாற்றம் ஏற்படும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.23

சோடிய ஆவிவிளக்கிலிருந்து வெளிவரும் ஒளியின் அலைநீளம் வெற்றிடத்தில் 5893Å. இந்த ஒளி 1.33 ஒளிவிலகல்எண் கொண்ட நீரின் வழியே செல்லும்போது பின்வருவனவற்றைக் காண்க (அ) அலைநீளம், (ஆ) திசைவேகம் மற்றும் (இ) அதிர்வெண்

தீர்வு

வெற்றிடத்தின் ஒளிவிலகல் எண், $n_1 = 1$

வெற்றிடத்தில் சோடிய ஒளியின் அலை நீளம், $\lambda_1 = 5893$ Å.

வெற்றிடத்தில் ஒளியின் திசைவேகம், $c = 3 \times 10^8\ \mathrm{m\,s^{-1}}$

தண்ணீரின் ஒளிவிலகல் எண், $n_2 = 1.33$

தண்ணீரில் சோடிய ஒளியின் அலைநீளம், λ_2 மற்றும்

தண்ணீரில் சோடிய ஒளியின் திசைவேகம், v_2 என்க.

(அ) அலைநீளத்தையும் ஒளிவிலகல் எண்ணையும் தொடர்புபடுத்தும் சமன்பாடு,

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

எனவே, $\lambda_2 = \frac{n_1}{n_2} \times \lambda_1$

கொடுக்கப்பட்ட மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$\lambda_2 = \frac{1}{1.33} \times 5893\,\text{Å} = 4431\,\text{Å}$$

$$\lambda_2 = 4431\,\text{Å}$$

(ஆ) திசை வேகத்தையும், ஒளிவிலகல் எண்ணையும் தொடர்புபடுத்தும் சமன்பாடு,

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

எனவே, $v_2 = \frac{n_1}{n_2} \times v_1$

கொடுக்கப்பட்ட மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$v_2 = \frac{1}{1.33} \times 3 \times 10^8 = 2.256 \times 10^8$$

$$v_2 = 2.256 \times 10^8\, m s^{-1}$$

(இ) வெற்றிடத்தில் சோடிய ஒளியின் அதிர்வெண்

$$\nu_1 = \frac{c}{\lambda_1}$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$\nu_1 = \frac{3 \times 10^8}{5893 \times 10^{-10}} = 5.091 \times 10^{14}\, Hz$$

தண்ணீரில் சோடிய ஒளியின் அதிர்வெண்,

$$\nu_2 = \frac{v}{\lambda_2}$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$\nu_2 = \frac{2.256 \times 10^8\, m s^{-1}}{4431 \times 10^{-10}} = 5.091 \times 10^{14}\, Hz$$

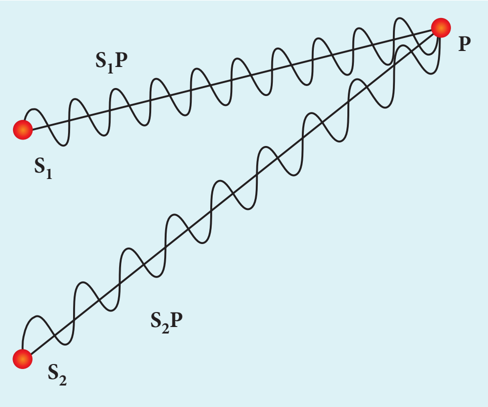
ஊடகத்தைப்பொருத்து அதிர்வெண்மாறாது என்பதை மேற்கண்ட முடிவுகள் உணர்த்துகின்றன.

6.10 குறுக்கீட்டு விளைவு (Interference)

இரண்டு ஒளி அலைகள் கூடுவதால் அல்லது அவ்வொளிஅலைகள் ஒன்றின்மீது மற்றொன்று மேற்பொருந்துவதால்; சில புள்ளிகளில் ஒளிச்செறிவு அதிகரிக்கும், வேறுசில புள்ளிகளில் ஒளிச்செறிவு குறையும் நிகழ்வுக்கு ஒளியின் குறுக்கீட்டு விளைவு என்று பெயர். மேற்பொருந்தல் என்பது ஒளி அலைகளின் கூடுதலைக் குறிக்கிறது. இயந்திர அலைகளின் மேற்பொருந்துதலைப்பற்றி XI ஆம் வகுப்பில் பயின்றோம். (XI^{th} இயற்பியல் 11.7) இரண்டு ஒளி அலைகள் ஒரே நேரத்தில் ஊடகத்திலுள்ள துகளின் வழியே செல்லும்போது தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சியானது ஒவ்வொரு அலையினாலும் துகளின் மீது ஏற்படுத்தும் தனித்தனி இடப்பெயர்ச்சிகளின் வெக்டர்

கூடுதலுக்குச் சமம். மேற்பொருந்தும் அலைகளுக்கு இடையே உள்ள கட்டவேறுபாட்டைப் பொருத்து, தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி பெருமமாகவோ அல்லது சிறுமமாகவோ இருக்கும்.

இக்கருத்துகள் ஒளியியலில் பின்வருமாறு பயன்படுத்தப்படுகின்றன. S_1 மற்றும் S_2 என்ற இரண்டு ஒளிமூலங்களிலிருந்து வரும் ஒளிஅலைகளைக் கருதுக. அவை P என்ற புள்ளியில் சந்திக்கின்றன. இது படம் 6.52 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 6.52 மேற்பொருந்துதல் தத்துவம்

t நேரத்தில் S_1 ஒளிமூலத்தில் இருந்து P புள்ளியை அடையும் அலை,

$$y_1 = a_1 \sin \omega t \qquad (6.117)$$

t நேரத்தில் S_2 ஒளிமூலத்தில் இருந்து P புள்ளியை அடையும் அலை,

$$y_2 = a_2 \sin (\omega t + \phi) \qquad (6.118)$$

இவ்விரண்டு அலைகளும், வெவ்வேறு வீச்சுகளையும் (a_1 மற்றும் a_2) ஒரே கோண அதிர்வெண்ணையும் ω, மற்றும் ϕ என்ற கட்டவேறுபாட்டையும் பெற்றுள்ளன. இவ்விரண்டு அலைகளினால் ஏற்பட்ட தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி,

$$y = y_1 + y_2 = a_1 \sin \omega t + a_1 \sin_2 (\omega t + \phi) \qquad (6.119)$$

XI–ம் வகுப்பில் பயின்ற (அலகு 11.7) முக்கோணவியல் முற்றொருமைகளைப் பயன்படுத்தி இச்சமன்பாட்டைத் தீர்வு செய்யும்போது, பின்வரும் சமன்பாடு கிடைக்கும்,

$$y = A \sin (\omega t + \theta) \qquad (6.120)$$

இங்கு, $A = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos\phi} \qquad (6.121)$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{a_2 \sin\phi}{a_1 + a_2 \cos\phi} \qquad (6.122)$$

$\phi = 0, \pm 2\pi, \pm 4\pi. . .$, என்ற நிபந்தனைகளில் தொகுபயன் வீச்சு பெருமமாகும்.

$$A_{max} = \sqrt{(a_1 + a_2)^2} \qquad (6.123)$$

$\phi = \pm\pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi...$, என்ற நிபந்தனைகளில் தொகுபயன் வீச்சு சிறுமமாகும்,

$$A_{min} = \sqrt{(a_1 - a_2)^2} \qquad (6.124)$$

ஒளிச்செறிவு, வீச்சின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்

$$I \propto A^2 \qquad (6.125)$$

இப்பொழுது, சமன்பாடு 6.121 பின்வருமாறு மாற்றமடையும்.

$$I \propto I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos\phi \qquad (6.126)$$

சமன்பாடு 6.126 இல் கட்டவேறுபாடு $\phi = 0, \pm 2\pi, \pm 4\pi. . .$, என்பது ஒளியின் பெருமச் செறிவிற்கான நிபந்தனையாகும். இதற்கு **ஆக்கக்குறுக்கீட்டு விளைவு என்று பெயர்.**

தொகுபயன் பெரும ஒளிச்செறிவு,

$$I_{max} \propto (a_1 + a_2)^2 \propto I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \qquad (6.127)$$

சமன்பாடு 6.126 இல் கட்டவேறுபாடு $\phi = \pm\pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi. . .$, என்பது ஒளியின் சிறுமச் செறிவிற்கான நிபந்தனையாகும். இதற்கு **அழிவுக்குறுக்கீட்டு விளைவு என்றுபெயர்.**

தொகுபயன் சிறும ஒளிச்செறிவு,

$$I_{min} \propto (a_1 - a_2)^2 \propto I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2} \qquad (6.128)$$

சிறப்பு நேர்வாக $a_1 = a_2 = a$ எனில், சமன்பாடு 6.121 பின்வருமாறு மாற்றமடையும்,

$$A = \sqrt{2a^2 + 2a^2 \cos\phi} = \sqrt{2a^2(1 + \cos\phi)}$$
$$= \sqrt{2a^2 2\cos^2(\phi/2)}$$

$$A = 2a\cos(\phi/2) \qquad (6.129)$$

$$I \propto 4a^2 \cos^2(\phi/2) \quad [\because I \propto A^2] \qquad (6.130)$$

$$I = 4\ I_0 \cos^2(\phi/2) \quad [\because I_0 \propto a^2] \qquad (6.131)$$

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 53 9/12/2019 2:12:23 PM

$$\phi = 0, \pm 2\pi, 4\pi ..., \text{ எனில், } I_{max} = 4I_0 \quad (6.132)$$

$$\phi = \pm\pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi ..., \text{ எனில், } I_{min} = 0 \quad (6.133)$$

இரண்டு ஒளி அலைகளும் சந்திக்கும் புள்ளியில் ஏற்படும் ஒளிச்செறிவை, இவ்விரண்டு அலைகளுக்கிடையே உள்ள கட்ட வேறுபாடு ϕ தீர்மானிக்கிறது என்பதை இதிலிருந்து நாம் அறியலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 6.24

5 அலகு மற்றும் 3 அலகு வீச்சுகள் கொண்ட இரண்டு ஒளிமூலங்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்துகின்றன. அவற்றின் பெரும மற்றும் சிறும ஒளிச்செறிவுகளுக்கு இடையேயான விகிதத்தைக் காண்க.

தீர்வு

வீச்சுகள், $a_1 = 5, a_2 = 3$

தொகுபயன் வீச்சு,

$$A = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2\cos\phi}$$

பின்வரும் நிபந்தனையில் தொகுபயன் வீச்சு பெருமமாகும்,

$$\phi = 0, \cos 0 = 1, A_{max} = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2}$$

$$A_{max} = \sqrt{(a_1 + a_2)^2} = \sqrt{(5+3)^2} = \sqrt{(8)^2}$$

$= 8$ அலகுகள்

பின்வரும் நிபந்தனையில் தொகுபயன் வீச்சு சிறுமமாகும்

$$\phi = \pi, \cos\pi = -1, A_{min} = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 - 2a_1a_2}$$

$$A_{min} = \sqrt{(a_1 - a_2)^2} = \sqrt{(5-3)^2} = \sqrt{(2)^2}$$

$= 2$ அலகுகள்

$$I \propto A^2$$

$$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{(A_{max})^2}{(A_{min})^2}$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{(8)^2}{(2)^2} = \frac{64}{4} = 16 \text{ (அல்லது)}$$

$$I_{max} : I_{min} = 16 : 1$$

எடுத்துக்காட்டு 6.25

சமவீச்சு கொண்ட இரண்டு ஒளி மூலங்கள் குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்துகின்றன. பெரும மற்றும் சிறும ஒளிச்செறிவுகளுக்கு இடையேயுள்ள விகிதத்தைக் காண்க.

தீர்வு

ஒளியின் வீச்சினை a என்க.

ஒளிச் செறிவு, $I \propto 4a^2\cos^2(\phi/2)$

அல்லது $I = 4I_0\cos^2(\phi/2)$

பின்வரும் நிபந்தனையின்படி, தொகுபயன் ஒளிச்செறிவு பெருமமாகும்.

$$\phi = 0, \cos 0^\circ = 1, I_{max} \propto 4a^2$$

பின்வரும் நிபந்தனையின்படி, தொகுபயன் வீச்சு சிறுமமாகும்.

$$\phi = \pi, \cos(\pi/2) = 0, I_{min} = 0$$

$$I_{max} : I_{min} = 4a^2 : 0$$

எடுத்துக்காட்டு 6.26

I_0 ஒளிச்செறிவு கொண்ட இரண்டு ஒளி மூலங்கள் உள்ளன. இவ்விரண்டு ஒளி அலைகளுக்கிடையேயான கட்டவேறுபாடு $\pi/3$ ஆக உள்ள புள்ளியில், தொகுபயன் ஒளிச்செறிவைக் காண்க.

தீர்வு

ஒளிமூலங்களின் ஒளிச்செறிவு I_0

தொகுபயன் ஒளிச்செறிவு, $I = 4I_0\cos^2(\phi/2)$

கட்டவேறுபாடு, $\phi = \pi/3$ஆக உள்ள புள்ளியில் தொகுபயன் ஒளிச்செறிவு $I = 4I_0\cos^2(\pi/6)$

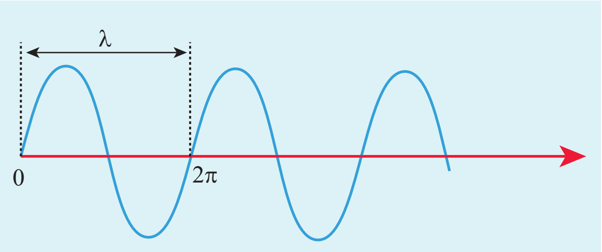
$$I = 4I_0\left(\sqrt{3}/2\right)^2 = 3I_0$$

6.10.1 கட்டவேறுபாடு மற்றும் பாதைவேறுபாடு (Phase difference and Path difference)

அதிர்வு ஒன்றின் கோணநிலைக்குக் கட்டம் (Phase) என்றுபெயர். அலை பரவும்போது, அலையில் உள்ள அதிர்வின் கட்டநிலைக்கும், அலை கடந்து சென்ற பாதைக்குமிடையே ஒரு தொடர்பு உள்ளது.

அலை ஒன்றின் கட்டநிலையை, அவ்வலை கடந்து சென்ற பாதையின் அடிப்படையில் விவரிக்கஇயலும். இதேபோன்று அலை கடந்து சென்ற பாதையை, அவ்வலையின் கட்டநிலையின் அடிப்படையிலும் விவரிக்கலாம். அலை ஒன்றின் பாதை படம் 6.53 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஓர் அலைநீளம் λ விற்குச் சமமான கட்டம் 2π ஆகும். ϕ கட்டவேறுபாட்டிற்குச் சமமான பாதை வேறுபாடு (δ) பின்வருமாறு

$$\delta = \frac{\lambda}{2\pi} \times \phi \text{ அல்லது } \phi = \frac{2\pi}{\lambda} \times \delta \qquad (6.134)$$



படம் 6.53 பாதைவேறுபாடு மற்றும் கட்டவேறுபாடு

ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு, கட்டவேறுபாடு $\phi = 0, 2\pi, 4\pi \;...$ எனவே, பாதைவேறுபாடு $\delta = 0, \lambda, 2\lambda \;...$ பொதுவாக அலைநீளத்தின் முழு எண் மடங்காக இருக்கும்.

$$\delta = n\lambda \text{ இங்கு, } n = 0, 1, 2, 3 \;... \qquad (6.135)$$

அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்குக் கட்டவேறுபாடு $\phi = \pi, 3\pi, 5\pi \;...$ எனவே, பாதை வேறுபாடு $\delta = \frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2} .....$

பொதுவாக அரை அலைநீளத்தின் முழு எண் மடங்காக இருக்கும்.

$$\delta = (2n-1)\frac{\lambda}{2} \text{ இங்கு, } n = 1, 2, 3 \;... \qquad (6.136)$$

எடுத்துக்காட்டு 6.27

450 nm அலைநீளமுடைய ஒளிஒன்றின் பாதை வேறுபாடு 3 mm எனில், அதற்குச் சமமான கட்ட வேறுபாட்டைக் காண்க.

தீர்வு

அலைநீளம், $\lambda = 450\, nm = 450 \times 10^{-9}\, m$

பாதை வேறுபாடு, $\delta = 3\, mm = 3 \times 10^{-3}\, m$

கட்டவேறுபாட்டிற்கும், பாதைவேறுபாட்டிற்கும் உள்ள தொடர்பு, $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \times \delta$

மதிப்புகளை பிரதியிடும்போது,

$$\phi = \frac{2\pi}{450 \times 10^{-9}} \times 3 \times 10^{-3} = \frac{\pi}{75} \times 10^{6}$$

$$\phi = \frac{\pi}{75} \times 10^{6}\, rad$$

6.10.2 ஓரியல் மூலங்கள் (Coherent sources)

இரண்டு அலை மூலங்கள் ஓரியல் மூலங்களாக இருக்கவேண்டுமெனில், அவை இரண்டும் ஒரே கட்டவேறுபாட்டைக்கொண்ட அல்லது கட்டவேறுபாடு அற்ற அலைகளை உருவாக்கவேண்டும். மேலும் அவ்விரண்டு அலைமூலங்களும் ஒரே அதிர்வெண் அல்லது அலைநீளம் (ஒற்றை நிறம்) கொண்ட அலைகளை உருவாக்கவேண்டும். அவ்வலைகள் ஒரே வீச்சுகொண்ட அலைவடிவம் கொண்டதாய் இருப்பதும் விரும்பத்தக்கது.

ஓரியல் தன்மை அலைகளின் பண்பாகும். இப்பண்பு நிலையான குறுக்கீட்டு அமைப்பைப் பெறுவதற்கு அடிப்படையாகும்.

இரண்டு தனித்தனி ஒற்றை நிறஒளிமூலங்கள் ஓரியல் மூலங்கள் ஆகாது. ஏனெனில், அவை ஒரே அதிர்வெண் மற்றும் ஒரே வீச்சு கொண்ட அலைகளை உருவாக்கலாம் ஆனால், அவ்வொளிமூலங்களினால் ஒரே கட்டத்தில் உள்ள அலைகளை உருவாக்கமுடியாது. இதற்கான காரணம் என்னவென்றால், அணுக்கள் ஒளியை உமிழும்போது ஏற்படும் வெப்ப அதிர்வின் காரணமாகக் கட்டமாற்றம் ஏற்படுகின்றது. எனவே, தனித்தனி ஒளி மூலங்கள் எப்போதும் ஓரியல் மூலங்களாகச் செயல்பட முடியாது.

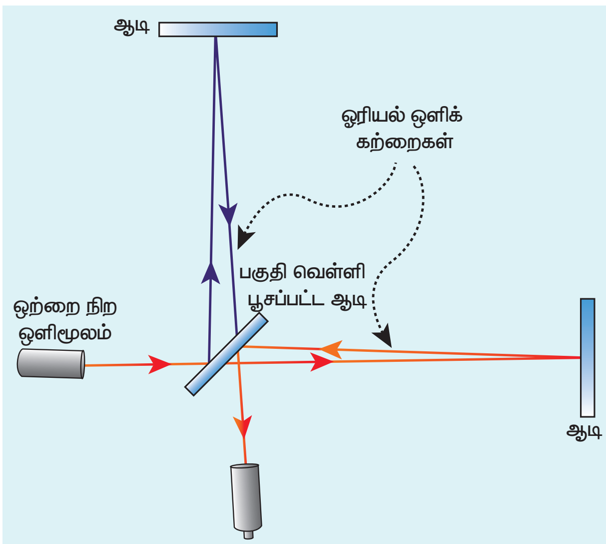
ஓரியல் ஒளி அலைகளைப் பின்வரும் மூன்று வழிமுறைகளில் பெறலாம். அவை,

(i) ஒளிச்செறிவு அல்லது வீச்சுப்பிரிப்பு
(ii) அலைமுகப்புப் பிரிப்பு
(iii) ஒளிமூலம் மற்றும் பிம்பங்கள்.

(i) ஒளிச்செறிவு அல்லது வீச்சுப் பிரிப்பு: பகுதி வெள்ளிபூசப்பட்ட கண்ணாடி (கற்றைப் பிரிப்பான்) வழியே ஒளியைச் செலுத்தும்போது, ஒரே நேரத்தில் ஒளிஎதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளிவிலகல் இரண்டும் ஏற்படும். ஒரே ஒளிமூலத்திலிருந்து இரண்டு

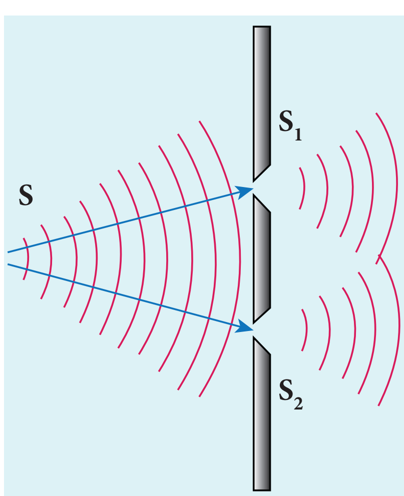
UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 55 9/12/2019 2:12:28 PM

ஒளிக்கற்றைகளைப் பெறுவதால், பிரிக்கப்பட்ட இவ்விரண்டு ஒளிக்கற்றைகளும் ஓரியல் ஒளிக்கற்றைகளாகச் செயல்படும். படம் 6.54 இல் காட்டியுள்ளவாறு இவ்விரண்டு ஓரியல் ஒளிக்கற்றைகளும் ஒரே கட்டத்தில் அல்லது மாறாத கட்டவேறுபாட்டில் உள்ளன.



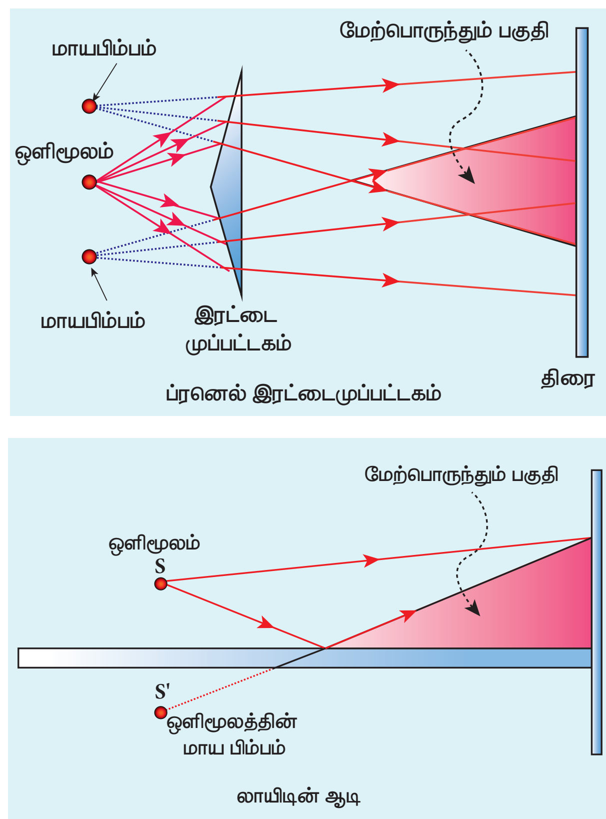
படம் 6.54 ஒளிச்செறிவு அல்லது வீச்சுப் பகுப்பு

(ii) அலைமுகப்புப் பிரிவு: ஓரியல் ஒளிமூலங்களைப் பெறுவதற்கான பொதுவான ஒருமுறை அலைமுகப்புப்பிரிப்பு ஆகும். நாம் அறிந்தபடி. புள்ளி ஒளிமூலம் ஒன்று கோளக அலைமுகப்பை ஏற்படுத்தும். இந்த அலைமுகப்பில் உள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியும் ஒரே கட்டத்தில் இருக்கும். இரட்டைப் பிளவு ஒன்றினைப் பயன்படுத்தி அலை முகப்பிலுள்ள இண்டு புள்ளிகளைத் தேர்வு செய்தால் அவ்விரண்டு புள்ளிகளும் ஓரியல் ஒளிமூலங்களாகச் செயல்படும். இது படம் 6.55 இ ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 6.55 அலைமுகப்புப்பிரிப்பு

(iii) ஒளிமூலம் மற்றும் பிம்பங்கள்: இம்முறையில் ஒளிமூலமும் அதன் பிம்பமும் ஓரியல் ஒளிமூலத்தொகுப்பாகச் செயல்படுகின்றன. ஏனெனில், ஒளி மூலமும் அதன் பிம்பமும் ஒத்த கட்டத்தில் உள்ள அல்லது ஒரே கட்டவேறுபாட்டையுடைய ஒளி அலைகளைத் தோற்றுவிக்கும். இது படம் 6.56 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ப்ரனெல் (Fresnel's) இரட்டை முப்பட்டகத்தில்; இரண்டு மாயஒளி மூலங்கள் ஓரியல்மூலங்களாகச் செயல்படுகின்றன. மேலும் லாயிட் (Lloyd's) கண்ணாடியில் ஒரு ஒளி மூலமும் அதன் மாய பிம்பமும் இரண்டு ஓரியல் மூலங்களாகச் செயல்படுகின்றன.

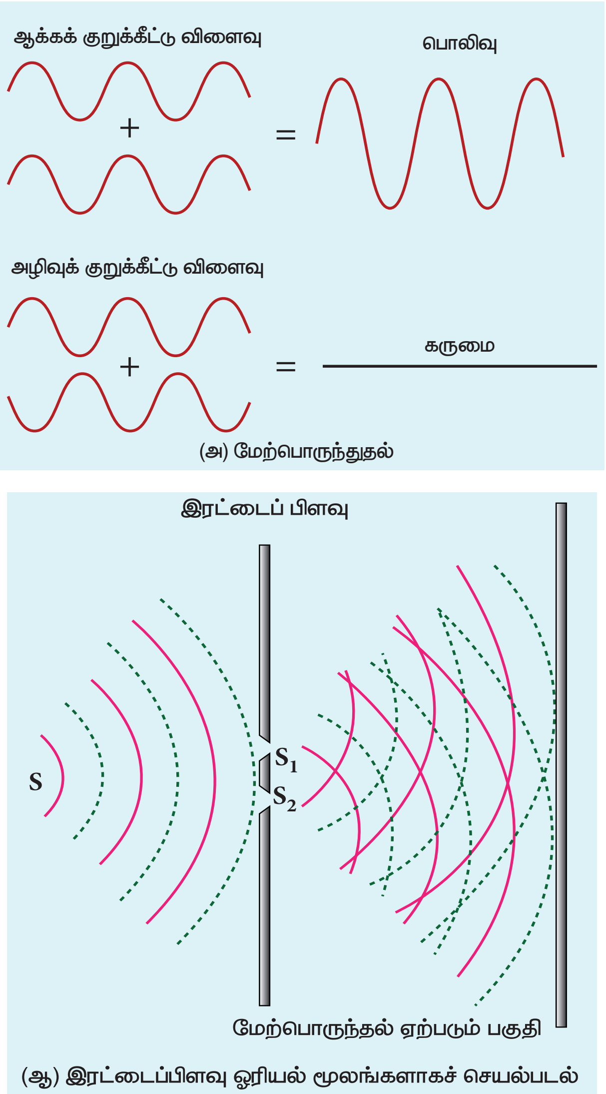


படம் 6.56 ஒளி மூலத்தையும் அதன் மாயபிம்பத்தையும் ஓரியல் மூலங்களாகப் பயன்படுத்துதல்

6.10.3 இரட்டைப் பிளவு, ஓரியல் மூலங்களாகச் செயல்படல்

அலைமுகப்புப் பிரிப்பு தத்துவத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு இரட்டைப் பிளவு செயல்படுகின்றது. ஒற்றை நிற ஒளிமூலம் S ஒன்றினால் ஒளியூட்டப்பட்ட S_1 மற்றும் S_2 என்ற இரண்டு பிளவுகள், ஓரியல் ஒளிமூலங்களாகச் செயல்படுகின்றன. இந்த ஓரியல்

ஒளிமூலங்களிலிருந்து வரும் ஒளி அலைகள் ஒரே ஊடகத்தில் பயணம்செய்து, படம் 6.57(அ) இல் காட்டியுள்ளவாறு,வெவ்வேறுபுள்ளிகளில்ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்துகின்றன. அலைகளின் முகடு தொடர்ச்சியான கருமை கோடுகளினாலும் அகடு தொடர்ச்சியற்ற கோட்டினாலும் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 6.57 இரட்டைப் பிளவினால் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு

ஓர் அலையின் அகடும், மற்றோர் அலையின் அகடும் அல்லது ஓர் அலையின் முகடும் மற்றோர் அலையின் முகடும் சந்திக்கும் புள்ளிகளில் உள்ள அலைகள் ஒத்தகட்டத்தில் உள்ளன. எனவே, பெரும இடப்பெயர்ச்சி ஏற்பட்டு அப்புள்ளிகள் பெரும ஒளிச்செறிவுடன் காட்சி அளிக்கும். **இவ்வாறு ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவு என்று பெயர்.**

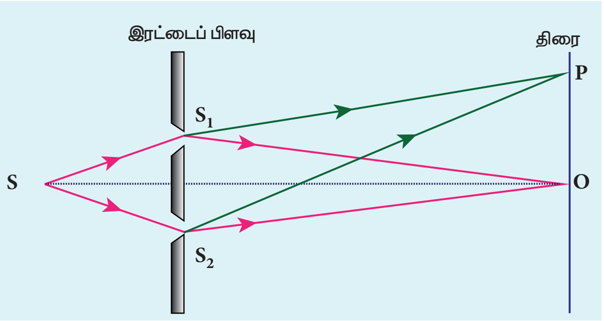
ஓர் அலையின் முகடும், மற்றோர் அலையின் அகடும் சந்திக்கும் புள்ளிகளில் உள்ள அலைகள் வெவ்வேறு கட்டத்தில் இருக்கும். எனவே, சிறும இடப்பெயர்ச்சி ஏற்பட்டு அப்புள்ளிகள் கருமையாகக் காட்சியளிக்கும். **இவ்வாறு ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவு என்று பெயர்.**

திரையில் அடுத்தடுத்துப் பெரும மற்றும் சிறும ஒளிச்செறிவுகள் தோன்றும். இவ்வாறு திரையில் தோன்றும் பொலிவு மற்றும் கரும்பட்டைகள் குறுக்கீட்டுப் பட்டைகள் என அழைக்கப்படுகின்றன.

6.10.4 யங் இரட்டைப்பிளவு ஆய்வு

தாமஸ் யங் என்ற பிரிட்டிஷ் இயற்பியல் அறிஞர் படம் 6.58 இல் காட்டியுள்ளவாறு, ஒளிபுகாத் திரையில் S_1 மற்றும் S_2 என்ற இரண்டு துளைகளை ஏற்படுத்தி அவை S என்ற ஒளிமூலத்திலிருந்து சமதொலைவில் இருக்கும்படி அமைத்தார். ஒவ்வொரு துளையின் அகலமும் 0.03 mm இவ்விரண்டு துளைகளும் 0.3 mm தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டன. துளைகள் S_1 மற்றும் S_2 இரண்டு ஒளிமூலம் S இல் இருந்து சமதொலைவில் உள்ளதால், ஒளிமூலம் S இலிருந்து S_1 மற்றும் S_2 வை அடையும் அலைகள் ஒத்தகட்டத்தில் இருக்கும். எனவே, குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தும் ஓரியல் மூலங்களாக S_1 மற்றும் S_2 பிளவுகள் செயல்பட்டுக் குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தும்.

ஆய்வு அமைப்பு



படம் 6.58 யங் இரட்டைப் பிளவு ஆய்வு

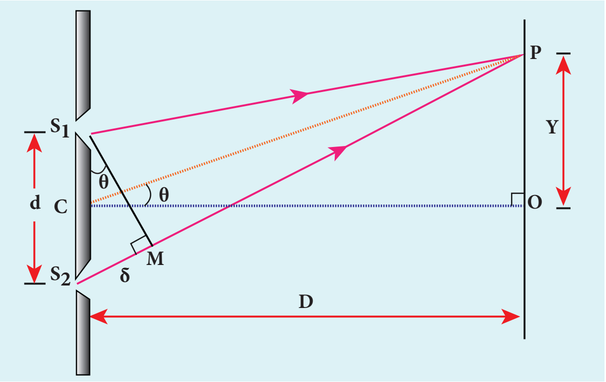
பிளவுகள் S_1 மற்றும் S_2 விலிருந்து வரும் அலைமுகப்புகள் இரட்டைப்பிளவின் வலப்பக்கமாக ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்துகின்றன. பிளவுகளிலிருந்து சுமார் 1 m தொலைவில் XY என்ற திரையினை வைக்கும்போது, அத்திரையில் சம அகலமுடைய பொலிவு மற்றும் கரும் பட்டைகள் அடுத்தடுத்துத் தோன்றுகின்றன. இதற்கு குறுக்கீட்டுப்பட்டைகள் அல்லது குறுக்கீட்டு வரிகள் என்றுபெயர். கண்ணருகுவில்லை ஒன்றைப் பயன்படுத்தி இக்குறுக்கீட்டுப் பட்டைகளை நேரடியாகக் காணலாம்.

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 57 9/12/2019 2:12:29 PM

S_1, S_2 விலிருந்து திரையின் மையப்புள்ளி O வை அடையும் ஒளிஅலைகள், சமதொலைவைக் கடந்துவந்துள்ளதால் அவை படம் 6.58 இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒத்தகட்டத்தில் இருக்கும். இவ்விரண்டு அலைகளும் ஆக்கக்குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தி, மையப்புள்ளி O வில் பொலிவுப்பட்டையை உருவாக்கும். இதற்கு மையப் பொலிவுப்பட்டை என்று பெயர். ஏதேனும் ஒரு பிளவை மூடிவிட்டால் குறுக்கீட்டுப்பட்டைகள் மறைந்து திரை சீராக ஒளியூட்டப்பட்டிருக்கும். இதிலிருந்து, திரையில் தோன்றும் பொலிவு மற்றும் கரும் பட்டைகள் ஒளியின் குறுக்கீட்டு விளைவினால் ஏற்பட்டவை என்பதை அறியலாம்.

பாதை வேறுபாட்டிற்கான சமன்பாடு

ஓரியல் மூலங்களாகச் செயல்படும் S_1 மற்றும் S_2 பிளவுகளுக்கிடையே உள்ள தொலைவு d என்க. இவை λ அலைநீளமுடைய ஒளி அலைகளை உருவாக்கும். இரட்டைப்பிளவுகளுக்கு இணையாக D தொலைவில் திரை ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. S_1 மற்றும் S_2 க்கு நடுவே உள்ள புள்ளியை C என்க. மேலும், திரையின் மையப்புள்ளி O. S_1 மற்றும் S_2 விலிருந்து சமதொலைவில் உள்ளது. திரையில் மையப்புள்ளி O விலிருந்து Y தொலைவில் உள்ள ஏதேனும் ஒரு புள்ளியை P என்க. S_1, S_2 விலிருந்து P புள்ளியை அடையும் ஒளி அலைகள், அவற்றிற்கு இடையே உள்ள பாதை வேறுபாட்டைப் பொருத்து, ஒத்த கட்டத்திலோ அல்லது வேறுபட்ட கட்டத்திலோ இருக்கும்.



படம் 6.59 யங் இரட்டைப்பிளவு ஆய்வு அமைப்பு

S_1 மற்றும் S_2 விலிருந்து P புள்ளியை அடையும் ஒளி அலைகளுக்கு இடையேயுள்ள பாதை வேறுபாட்டை δ என்க. $\delta = S_2P - S_1P$.

S_1 இல் இருந்து, S_2P கோட்டிலுள்ள M புள்ளிக்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக் கோட்டிலிருந்து பாதை வேறுபாட்டைத் துல்லியமாகக் கணக்கிடலாம்.

$$\delta = S_2P - MP = S_2M \qquad (6.137)$$

C புள்ளியிலிருந்து, P புள்ளி அமைந்துள்ள கோணநிலையை θ என்க. $\angle OCP = \theta$ வடிவியல் விதிகளின் படி,

கோணங்கள் $\angle OCP$ மற்றும் $\angle S_2S_1M$ ஆகியவை சமம்.

$\angle OCP = \angle S_2S_1M = \theta$.

செங்கோண முக்கோணம் ΔS_1S_2M இல், பாதைவேறுபாடு $S_2M = d \sin\theta$

$$\delta = d\sin\theta \qquad (6.138)$$

கோணம் θ சிறியது. எனவே, $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$

செங்கோண முக்கோணம் ΔOCP, $\tan\theta = \dfrac{y}{D}$

$$\text{பாதை வேறுபாடு, } \delta = \frac{d\,y}{D} \qquad (6.139)$$

பாதை வேறுபாட்டின் நிபந்தனையைப் பொருத்து, புள்ளி P யில் பொலிவுப் பட்டையோ அல்லது கரும் பட்டையோ தோன்றும்.

பொலிவுப்பட்டை அல்லது பெருமத்திற்கான நிபந்தனை

ஆக்ககுறுக்கீட்டு விளைவு அல்லது P புள்ளியில் பொலிவுப்பட்டை தோன்ற நிபந்தனை பின்வருமாறு,

பாதைவேறுபாடு, $\delta = n\lambda$

இங்கு, $n = 0, 1, 2, \ldots$

$$\therefore \frac{d\,y}{D} = n\lambda$$

$$y = n\frac{\lambda D}{d} \text{ அல்லது } y_n = n\frac{\lambda D}{d} \qquad (6.140)$$

P புள்ளியில் பொலிவுப்பட்டை தோன்ற இதுவே நிபந்தனையாகும். இங்கு y_n என்பது O விலிருந்து n வது பொலிவுப்பட்டையின் தொலைவைக் குறிக்கிறது.

கரும்பட்டை அல்லது சிறுமத்திற்கான நிபந்தனை

அழிவுக்குறுக்கீட்டு விளைவு அல்லது P புள்ளியில் கருமபட்டை தோன்றுவதற்கான நிபந்தனை பின்வருமாறு,

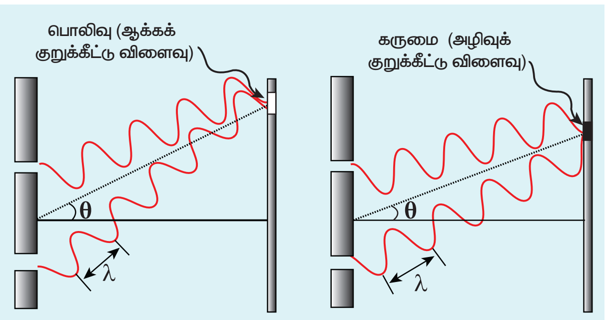
பாதை வேறுபாடு, $\delta = (2n-1)\dfrac{\lambda}{2}$

இங்கு, $n = 1, 2, 3 \ldots$

$$\therefore \frac{d\,y}{D} = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$$

$$y = \frac{(2n-1)}{2}\frac{\lambda D}{d} \quad \text{அல்லது} \quad y_n = \frac{(2n-1)}{2}\frac{\lambda D}{d} \qquad (6.141)$$

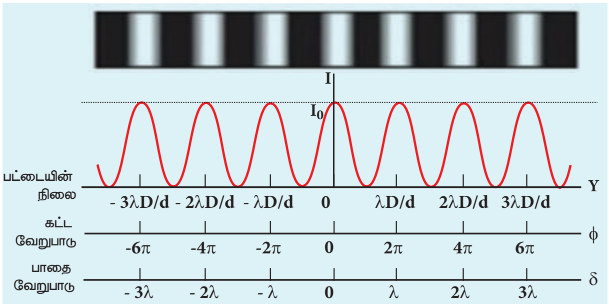
P புள்ளியில் கரும்பட்டைத் தோன்ற இதுவே நிபந்தனையாகும். இங்கு y_n என்பது, *O* விலிருந்து *n* வது கரும்பட்டையின் தொலைவைக் குறிக்கிறது.



படம் 6.60 பொலிவு மற்றும் கரும்பட்டைகள் தோன்றுதல்

பொலிவு மற்றும் கரும்பட்டைகள் தோன்றும் விதத்தைப் படம் 6.60 காட்டுகின்றது.

திரையில், மையப்பொலிவுப்பட்டையின் இரண்டு பக்கங்களிலும் பொலிவு மற்றும் கரும்பட்டைகள் அடுத்தடுத்துத் தோன்றும். மையப்பொலிவைச் சுழிப்பொலிவு எனவும் (0^{th} bright) அதன் தொடர்ச்சியாக முதல் கருமை மற்றும் முதல் பொலிவு தோன்றும். அடுத்து இரண்டாவது கருமை மற்றும் இரண்டாவது பொலிவு தோன்றும். இவ்வாறாக, மையப்பொலிவின் இரண்டு பக்கங்களிலும் படம் 6.61–இல் உள்ளவாறு கருமை மற்றும் பொலிவுப்பட்டைகள் அடுத்தடுத்துத் தோன்றும்.



படம் 6.61 குறுக்கீட்டுப்பட்டை அமைப்பு

<u>பட்டை அகலத்திற்கான கோவை</u>

இரண்டு அடுத்தடுத்த பொலிவுப்பட்டை அல்லது கரும்பட்டைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு பட்டை அகலம் என அழைக்கப்படுகிறது.

மையப்புள்ளி O விலிருந்து $(n+1)$ வது பொலிவுப்பட்டைக்கும், *n* வது பொலிவுப்பட்டைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு பட்டை அகலத்தைக் கொடுக்கும்.

$$\beta = y_{(n+1)} - y_n = \left((n+1)\frac{\lambda D}{d}\right) - \left(n\frac{\lambda D}{d}\right)$$

$$\beta = \frac{\lambda D}{d} \qquad (6.142)$$

இவ்வாறே, மையப்புள்ளி *O* விலிருந்து $(n+1)$ வது கரும்பட்டைக்கும், *n* வது கரும்பட்டைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு, பட்டை அகலத்தைக் கொடுக்கும்.

$$\beta = y_{(n+1)} - y_n = \left(\frac{(2(n+1)-1)}{2}\frac{\lambda D}{d}\right) - \left(\frac{(2n-1)}{2}\frac{\lambda D}{d}\right)$$

$$\beta = \frac{\lambda D}{d} \qquad (6.142)$$

சமன்பாடுகள் 6.142 விலிருந்து, மையப்பொலிவுப் பட்டையின் இருபுறமும் சமஅகலமுடைய பொலிவு மற்றும் கரும்பட்டைகள் சம இடைவெளியில் தோன்றும் என்று அறியலாம்.

<u>தெளிவான மற்றும் அகலமான குறுக்கீட்டுப் பட்டைகளைப் பெறுவதற்கான நிபந்தனைகள்</u>

(i) ஒளிமூலத்திற்கும் திரைக்கும் இடையேயுள்ள தொலைவு மிக அதிகமாக இருக்கவேண்டும்.

(ii) பயன்படுத்தப்படும் ஒளியின் அலைநீளம் மிக அதிகமாக இருக்கவேண்டும்.

(iii) இரண்டு ஓரியல் மூலங்களுக்கு (இங்கே S_1 மற்றும் S_2)க்கு இடையேயுள்ள தொலைவு மிகக் குறைவாக இருக்கவேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.28

யங் இரட்டைப்பிளவு ஆய்வில், இரண்டு பிளவுகள் 0.15 mm தொலைவில் பிரித்துவைக்கப்பட்டுள்ளன, அப்பிளவுகளிலிருந்து 2 m தொலைவில் திரை அமைந்துள்ளது. பயன்படுத்தப்படும் ஒளியின் அலைநீளம் 450 nm எனில், பின்வருவனவற்றைக் கண்டுபிடி

(i) மையப் பொலிவுப்பட்டையிலிருந்து, இரண்டாவது பொலிவுப்பட்டையின் தொலைவு மற்றும் மூன்றாவது கரும்பட்டையின் தொலைவு ஆகியவற்றைக் காண்க.

(ii) பட்டை அகலத்தைக் காண்க

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 59 9/12/2019 2:12:32 PM

(iii) பிளவுகளைவிட்டு, திரையைத் தூரமாக நகர்த்தும்போது குறுக்கீட்டுப் பட்டை அமைப்பில் என்ன மாற்றம் நிகழும்?

(iv) இம்முழு அமைப்பையும் 4/3 ஒளிவிலகல்எண் கொண்ட நீரில் மூழ்கவைக்கும்போது, பட்டை அகலத்தில் ஏற்படும் மாற்றம் என்ன?

தீர்வு

d = 0.15 mm = 0.15×10^{-3} m; D = 2 m; λ = 450 nm = 450×10^{-9} m; n = 4/3

(i) n வது பொலிவுப்பட்டைக்கான சமன்பாடு

$$y_n = n\frac{\lambda D}{d}$$

இரண்டாவது பொலிவுப்பட்டையின் தொலைவு

$$y_2 = 2\times\frac{450\times10^{-9}\times2}{0.15\times10^{-3}}$$

$$y_2 = 12\times10^{-3} m = 12\ mm$$

n வது கரும்பட்டைக்கான சமன்பாடு,

$$y_n = \frac{(2n-1)}{2}\frac{\lambda D}{d}$$

மூன்றவாது கரும்பட்டையின் தொலைவு,

$$y_3 = \frac{5}{2}\times\frac{450\times10^{-9}\times2}{0.15\times10^{-3}}$$

$$y_2 = 15\times10^{-3} m = 15\ mm$$

(ii) பட்டை அகலத்திற்கான சமன்பாடு, $\beta = \frac{\lambda D}{d}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$\beta = \frac{450\times10^{-9}\times2}{0.15\times10^{-3}}$$

$$\beta = 6\times10^{-3} m = 6\ mm$$

(iii) பிளவுகளுக்கும், திரைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவை (D) அதிகரிக்கும்போது, பட்டை அகலமும் அதிகரிக்கும்,

$$\beta = \frac{\lambda D}{d} \quad \text{அல்லது} \quad \beta \propto D$$

(iv) 4/3 ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட நீரில், முழு அமைப்பையும் மூழ்கவைக்கும்போது பட்டை அகலம் குறையும்.

$$\beta = \frac{\lambda D}{d} \quad \text{அல்லது} \quad \beta \propto \lambda$$

அலைநீளமானது ஒளிவிலகல் எண்ணின் n மடங்குக்கு குறையும். எனவே,

$\beta \propto \lambda$ மற்றும் $\beta' \propto \lambda'$

நாம் அறிந்தபடி, $\lambda' = \frac{\lambda}{n}$

$$\frac{\beta'}{\beta} = \frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{\lambda/n}{\lambda} = \frac{1}{n} \quad \text{அல்லது} \quad \beta' = \frac{\beta}{n} = \frac{6\times10^{-3}}{4/3}$$

$$\beta' = 4.5\times10^{-3} m = 4.5\ mm$$

6.10.5 பலவண்ண ஒளியினால் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு

பலவண்ண ஒளியினைக் கொண்டு (வெள்ளை ஒளி) நிகழ்த்தப்படும் குறுக்கீட்டு விளைவுகளில் வெவ்வேறு நிறங்கள் கொண்ட வண்ணப்பட்டைகள் திரையில் தோன்றும். இதற்குக் காரணம், வெவ்வேறு வண்ணங்கள் வெவ்வேறு அலைநீளங்களைப் பெற்றிருப்பதாகும். இருந்தபோதிலும், மையப்பட்டை அல்லது சுழிப்பட்டை எப்போதும் பொலிவாகவும், வெண்மை நிறத்திலும் காணப்படும். இதற்குக் காரணம் மையம் O வில் விழும் அனைத்து வண்ணங்களுக்கும் பாதை வேறுபாடு சுழியாகும். எனவே, அனைத்து வண்ணங்களுக்கும் மையப்புள்ளி O வில் ஆக்கக்குறுக்கீட்டு விளைவு மட்டுமே நடைபெற்று, மையம் பொலிவாகக் காட்சியளிக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.29

யங் இரட்டைப்பிளவு ஆய்வில் 560 nm மற்றும் 420 nm அலைநீளங்களையுடைய இரண்டு ஒளி அலைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மையப்பொலிவுப் பட்டையிலிருந்து இரண்டு அலைநீளங்களின் பொலிவுப்பட்டைகளும் ஒன்றினையும் சிறுமத்தொலைவைக் காண்க. கொடுக்கப்பட்டவை, D = 1 m மற்றும் d = 3 mm.

தீர்வு

$$\lambda_1 = 560\ nm = 560\times10^{-9} m;$$

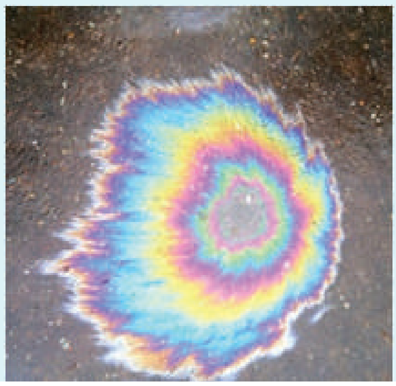
$$\lambda_2 = 420\ nm = 420\times10^{-9} m;$$

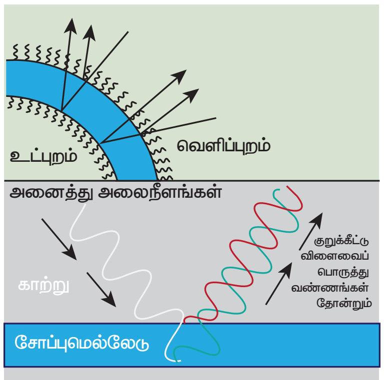
$$D = 1\ m; d = 3\ mm = 3\times10^{-3}\ m$$

கொடுக்கப்பட்ட y மதிப்பிற்கு, n மற்றும் λ ஆகியவை ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்தகவாகும்.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

நீரின் மீது படர்ந்திருக்கும் எண்ணெய்ப் படலம் மற்றும் சோப்புக்குமிழ் போன்றவை கண்கவர் வண்ணங்களை வெளிப்படுத்துவது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இவ்வண்ணங்களுக்குக் காரணம் மெல்லேடுகளின் மேற்பரப்பு மற்றும் அடிப்பரப்பிற்கு இடையில் பலமுறை எதிரொளிப்பு அடைந்த வெள்ளை ஒளிக்கதிர்களின் குறுக்கீட்டு விளைவாகும். இவ்வண்ணங்கள் மெல்லேடுகளின் தடிமன், மெல்லேடுகளின் ஒளிவிலகல் எண் மற்றும் ஒளியின் படுகோணம் ஆகியவற்றைச் சார்ந்ததாகும்.





λ_1 இன், n வது பொலிவுப்பட்டை, λ_2 வின் (n+1) வது பொலிவுப்பட்டையுடன் ஒன்றிணைக்கிறது என்க.

nவது பொலிவுப்பட்டைக்கான சமன்பாடு, $y_n = n\dfrac{\lambda D}{d}$

இங்கு, $n\dfrac{\lambda_1 D}{d} = (n+1)\dfrac{\lambda_2 D}{d} \qquad (\lambda_1 > \lambda_2)$

$n\lambda_1 = (n+1)\lambda_2$ அல்லது $\dfrac{\lambda_1}{\lambda_2} = \dfrac{(n+1)}{n}$

$1 + \dfrac{1}{n} = \dfrac{560\times10^{-9}}{420\times10^{-9}}$ அல்லது $1+\dfrac{1}{n} = \dfrac{4}{3}$

$\dfrac{1}{n} = \dfrac{1}{3}$ அல்லது $n = 3$

எனவே, λ_1 னின் 3 வது பொலிவுப்பட்டை, λ_2 வின் 4 வது பொலிவுப்பட்டையுடன் மையப்பட்டையிலிருந்து y தொலைவில் ஒன்றிணைகிறது.

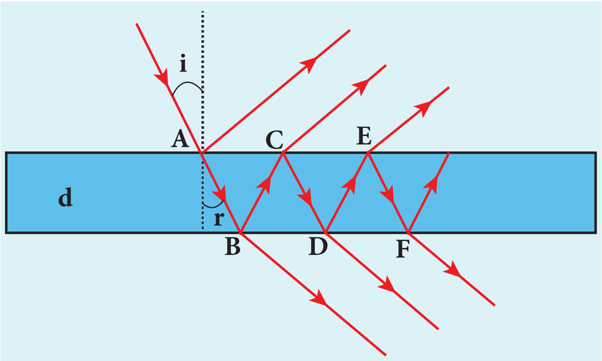
மையப்பட்டையிலிருந்து, இரண்டு பொலிவுப் பட்டைகளும் ஒன்றிணையும் சிறுமத்தொலைவு,

$$y_n = n\frac{\lambda D}{d}$$

$$y_n = 3\times\frac{560\times10^{-9}\times1}{3\times10^{-3}} = 560\times10^{-6}\,m$$

$$y_n = 0.560\times10^{-3}\ m = 0.560\ mm$$

6.10.6 மெல்லேடுகளில் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு (Interference in thin films)



படம் 6.62 மெல்லேடுகளில் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு

ஒளிவிலகல் எண் μ (குறுக்கீட்டுப் பட்டையின் வரிசை n உடன் சேர்த்து குழப்பிக்கொள்ளக்கூடாது) மற்றும் தடிமன் d கொண்ட மெல்லேடு ஒன்றைக் கருதுவோம். இம்மெல்லேட்டின் மீது படம் 6.62 இல் காட்டியுள்ளவாறு இணை ஒளிக்கற்றை ஒன்று i என்ற படுகோணத்தில் விழுகிறது. இந்த ஒளிஅலை மெல்லேட்டின் மேற்பரப்பில் இரண்டாகப் பிரிந்து, ஒன்று ஒளிஎதிரொளிப்பும் மற்றொன்று ஒளிவிலகலும் அடைகிறது. ஒளிவிலகல் அடைந்த பகுதி மெல்லேட்டின் உள்ளே சென்று மெல்லேட்டின் அடிப்பரப்பில் மேலும் இரண்டுபகுதிகளாகப் பிரிகிறது. ஒருபகுதி மெல்லேட்டினை ஊடுருவி வெளியேறுகிறது. மற்றொரு பகுதி மெல்லேட்டின்

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 61 9/12/2019 2:12:38 PM

உள்ளேயே எதிரொளிப்படைகிறது. மெல்லேட்டினால் எதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளிவிலகல் அடைந்த அலைகள், மெல்லேட்டின் உட்புறம் பலமுறை எதிரொளிப்பு அடைகிறது. இம்மெல்லேட்டினால் எதிரொளிப்பு மற்றும் ஊடுருவல் அடைந்த ஒளி அலைகள் தனித்தனியே குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்துகின்றன.

<u>மெல்லேட்டின் வழியே உடுருவிச்சென்ற அலையினால் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு</u>

ஊடுருவிச் சென்ற ஒளி அலைகள் குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தித் தொகுபயன் ஒளிச்செறிவைக் கொடுக்கும். B மற்றும் D புள்ளிகளிலிருந்து ஊடுருவிச்சென்ற ஒளி அலைகளின் பாதை வேறுபாட்டைக் கருதுவோம். ஒளிஅலைகள் இரண்டாகப் பிரிகை அடையும் B புள்ளிவரை இரண்டு ஒளி அலைகளும் ஒன்றாகவே செல்லும். எனவே, இரண்டு அலைகளும் ஒத்தகட்டத்தில் இருக்கும். D புள்ளி வழியாக ஊடுருவிச் செல்லும் ஒளிஅலை மெல்லேட்டின் உள்ளே கடந்துசென்ற கூடுதல் பாதை $BC + CD$ ஆகும், ஒளி அலை மெல்லேட்டின் உள்ளே செங்குத்துப் படுகதிர் நிலையில் மோதுகிறது எனக் கருதினால் (i = 0), B மற்றும் D புள்ளிகள் இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று மிக நெருக்கமாக அமைந்துள்ளது எனலாம். எனவே, ஒளிஅலை கடந்துசென்ற கூடுதல் பாதை தோராயமாக $BC + CD = 2d$.

μ ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட ஊடகத்தின் உள்ளே இக்கூடுதல் பாதை உள்ளதால், ஒளியியல் பாதை வேறுபாடு $\delta = 2\mu d$.

ஊடுருவிச் சென்ற அலைகளினால் ஏற்படும் ஆக்கக்குறுக்கீட்டு விளைவிற்கான நிபந்தனை,

$$2\mu d = n\lambda \qquad (6.143)$$

இதேபோன்று, ஊடுருவிச் சென்ற அலைகளினால் ஏற்படும் அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கான நிபந்தனை,

$$2\mu d = (2n-1)\frac{\lambda}{2} \qquad (6.144)$$

<u>எதிரொளிப்பு அடைந்த அலைகளினால் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு</u>

கொள்கைரீதியாக மற்றும் சோதனைகளின் மூலமாகவும் அடர்குறை ஊடகத்தின் வழியாகச் சென்று, அடர்மிகு ஊடகப்பரப்பினால் எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளிஅலைகள் π என்ற கட்டவேறுபாட்டை அடையும் என நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே, இதற்கு கூடுதல் பாதைவேறுபாடு $\lambda/2$ வைக்கருதவேண்டும்.

மெல்லேட்டின் மேற்பரப்பில் A புள்ளியில் எதிரொளிப்பு அடைந்த அலைக்கும், மெல்லேட்டிலிருந்து C புள்ளி வழியாக வெளியேறும் அலைக்கும் இடையேயான பாதை வேறுபாட்டைக் கருதுக. C புள்ளியிலிருந்து வெளியேறும் அலை மெல்லேட்டின் உள்ளே கூடுதலாகக் கடந்துவந்த பாதை $AB + BC$. செங்குத்துப் படுகோண நிலையில், இக்கூடுதல் பாதையின் தொலைவு தோராயமாக $AB + BC = 2d$. இக்கூடுதல்பாதை μ ஒளிவிலகல் எண்கொண்ட ஊடகத்தினுள் உள்ளதால், ஒளியின் பாதை வேறுபாடு $\delta = 2\mu d$ ஆகும்.

எதிரொளிப்பு அலைகளினால் ஏற்படும் ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கான நிபந்தனை,

$$2\mu d + \frac{\lambda}{2} = n\lambda \text{ (அல்லது) } 2\mu d = (2n-1)\frac{\lambda}{2} \qquad (6.145)$$

அடர்குறை ஊடகத்தில் சென்ற ஒளி அலை, A புள்ளியில் அடர்மிகு மெல்லேட்டுப் பரப்பினால் எதிரொளிப்பு அடைந்ததால் π கட்டவேறுபாட்டை அடைகிறது. எனவே, இக்கூடுதல் பாதை வேறுபாடு $\lambda/2$ இங்கு ஏற்படுகின்றது.

எதிரொளிப்பு அலைகளினால் ஏற்படும் அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கான நிபந்தனை

$$2\mu d + \frac{\lambda}{2} = (2n+1)\frac{\lambda}{2} \text{ (அல்லது) } 2\mu d = n\lambda \qquad (6.146)$$

குறிப்பு

செங்குத்துப் படுகோண நிலையில் ஒளி அலை மெல்லேடு பரப்பின் மீது விழாமல், வேறு ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோண நிலையில் i விழுந்தால், அதற்கான விலகுகோணம் r ஆகும். எனவே, பாதை வேறுபாட்டிற்கான மேற்கண்ட சமன்பாட்டின் இடப்பக்கம் உள்ள $2\mu d$ என்ற பதம் $2\mu d \cos r$ என மாற்றமடையும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.30

589 nm அலை நீளமுடைய ஒளியை, நன்கு எதிரொளிப்பு அடையச் செய்யும், ஒளிவிலகல் எண் 1.25 கொண்ட மெல்லேட்டின் குறைந்தபட்ச தடிமனைக் காண்க. மேலும், ஒளி எதிரொளிப்பு அடையாமல் இருப்பதற்குத் தேவையான குறைந்தபட்ச தடிமனையும் கணக்கிடுக

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை $\lambda = 589\text{ nm} = 589\times10^{-9} m$

நன்கு எதிரொளிப்பு அடையும் மெல்லேட்டிற்கு, எதிரொளிப்பு அடையும் ஒளி அலைகள் ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவை அடையவேண்டும். மெல்லேட்டிற்கான குறைந்தபட்ச பாதை வேறுபாடு $\lambda/2$ ஆகும். மெல்லேட்டினால் எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளி அலைகளுக்கான ஒளியியல் பாதை வேறுபாடு $2\mu d$ ஆகும். எனவே, நன்கு எதிரொளிப்பு அடைய $2\mu d=\lambda/2$ (சமன்பாடு 6.145 ன்படி, இங்கு n=1)

மாற்றி அமைக்கும் போது, $d=\dfrac{\lambda}{4\mu}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$d=\frac{589\times10^{9}}{4\times1.25}=117.8\times10^{-9}$$

$$d=117.8\times10^{-9}=117.8\ nm$$

மெல்லேட்டினால் எதிரொளிப்பு நடைபெறாமல் இருக்க வேண்டுமெனில், எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளி அலைகள் அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவை அடையவேண்டும். மெல்லேட்டிற்கான குறைந்த பட்ச பாதைவேறுபாடு λ ஆகும் மெல்லேட்டினால் எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளி அலைகளுக்கான ஒளியியல் பாதை வேறுபாடு 2μd ஆகும். நன்கு எதிரொளிப்பு அடைய 2μd = λ [சமன்பாடு 6.146 ன்படி, இங்கு n=1]

மாற்றி அமைக்கும்போது, $d=\dfrac{\lambda}{2\mu}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

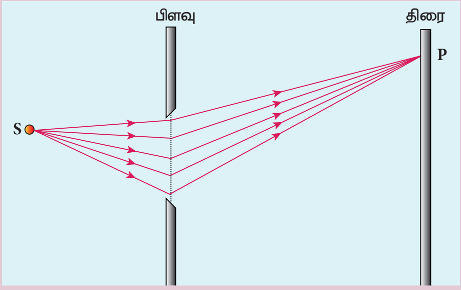
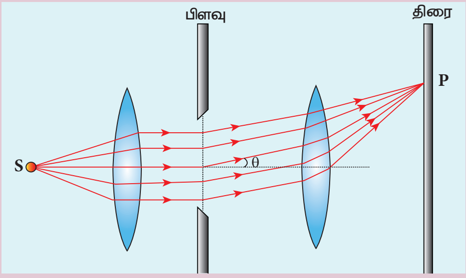
$$d=\frac{589\times10^{9}}{2\times1.25}=235.6\times10^{-9}$$

$$d=235.6\times10^{-9}=235.6\ nm$$

6.11 விளிம்பு விளைவு (Diffraction)

ஒலி அலை, ஒளி அலை, நீரலை போன்ற அனைத்து அலைகளுக்குமான பொதுவான பண்பு விளிம்பு விளைவாகும். **தடையின் விளிம்பில் வளைந்துசென்று, தடையின் வடிவியல் ரீதியான நிழலுக்குள் அலை செல்லும் நிகழ்வுக்கு *விளிம்பு விளைவு* என்றுபெயர்.** கதிர் ஒளியியலில் நாம் பயின்ற ஒளியின் நேர்கோட்டுப்பரவலுக்கு இது எதிரானதாகும். ஏனெனில், ஊடகம் ஒன்றின் வழியே செல்லும் ஒளிக்கற்றை எவ்வித வளைவும் இன்றி நேர்கோட்டுப் பாதையில் செல்லும். ஆனால், தடையின் அளவு ஒளியின் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் காணப்பட்டால் மட்டுமே விளிம்பு விளைவு ஏற்படும். இதன் காரணமாகத்தான். கதவுகள், ஜன்னல்கள் மற்றும் கட்டடங்களினால் ஒலி அலைகள் விளிம்பு விளைவு அடைகின்றன. ஒலியின் அலைநீளம் இத்தடைகளின் அளவுடன்

அட்டவணை 6.4 ப்ரெனல் மற்றும் ப்ரானோஃபர் விளிம்பு விளைவுகளுக்கு இடையேயான வேறுபாடுகள்

வ.எண்	ப்ரெனல் விளிம்பு விளைவு	ப்ரானோஃபர் விளிம்பு விளைவு
1	கோளக அல்லது உருளை வடிவ அலை முகப்பு விளிம்பு விளைவிற்கு உட்படுகின்றது	சமதள அலை முகப்பு விளிம்பு விளைவிற்கு உட்படுகின்றது
2	ஒளி அலைகளைக் கொடுக்கும் ஒளிமூலம், வரம்புக்குட்பட்ட தொலைவில் இருக்கும்	ஒளி அலைகளைக் கொடுக்கும் ஒளிமூலம், ஈறில்லாத் தொலைவில் இருக்கும்
3	ஆய்வக நிபந்தனைகளின் அடிப்படையில் குவிலென்ஸ்கள் பயன்படுத்தப்படவில்லை	ஆய்வக நிபந்தனைகளின் அடிப்படையில் குவிலென்ஸ்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.
4	உற்று நோக்கல் மற்றும் ஆய்வு செய்வது கடினம்	உற்று நோக்கல் மற்றும் ஆய்வு செய்வது எளிது
5		

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 63 9/12/2019 2:12:41 PM

ஒப்பிடத்தக்க அளவில் உள்ளதால் விளிம்பு விளைவு ஏற்படுகின்றது. ஒளியிலும் விளிம்பு விளைவு ஏற்பட, தடையின் அளவு ஒளியின் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் இருக்க வேண்டும்.

6.11.1 ப்ரனெல் மற்றும் ப்ரானோஃபர் (Fresnel and Fraunhofer) விளிம்பு விளைவுகள்

விளிம்பு விளைவடையும் அலைமுகப்பின் வடிவத்தைப் பொருத்து ப்ரனெல் மற்றும் ப்ரானோஃபர் விளிம்பு விளைவு என இருவகைப்படுத்தலாம். ப்ரெனல் மற்றும் ப்ரானோஃபர் விளிம்பு விளைவுகளுக்கிடையேயான வேறுபாடுகள் அட்டவணை 6.4 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது

உற்று நோக்கல் மற்றும் ஆய்வு செய்ய ப்ரானோஃபர் விளிம்பு விளைவு எளியதாக இருப்பதால் ப்ரானோஃபர் விளிம்பு விளைவுப் பற்றி நாம் மேலும் படிக்கலாம்.

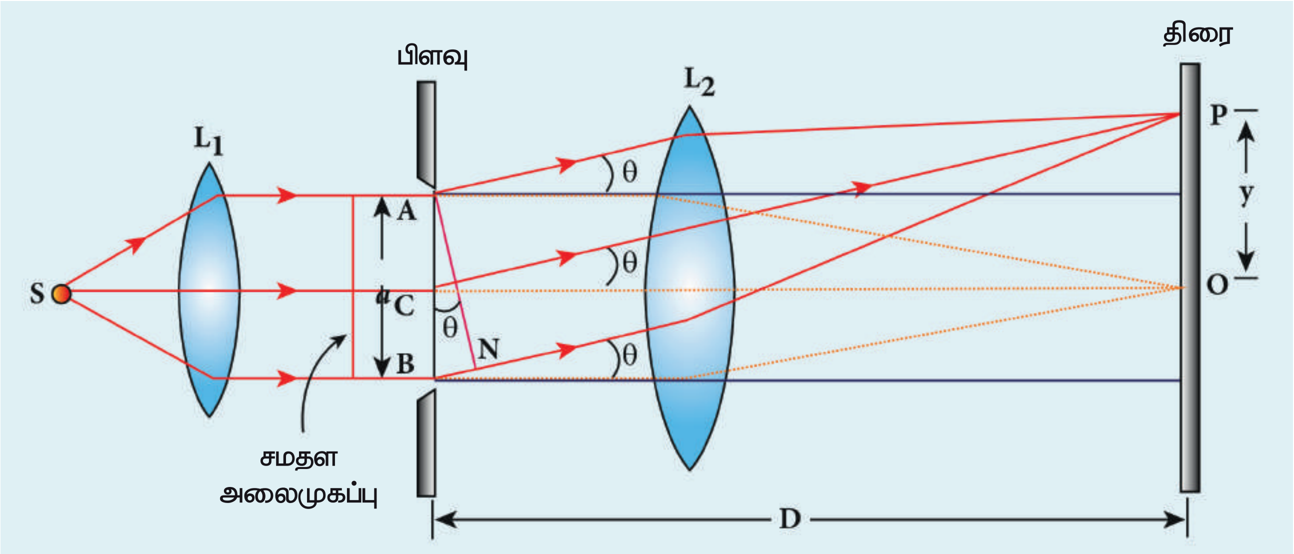
6.11.2 ஒற்றைப் பிளவில் ஏற்படும் விளிம்பு விளைவு (Diffraction at single slit)

AB அகலம் கொண்ட ஒற்றைப் பிளவு ஒன்றின் மீது செங்குத்தாக விழும் இணை ஒளிக்கற்றையைக் கருதுவோம். இது படம் 6.63 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. விளிம்பு விளைவடைந்த ஒளிக்கற்றை, தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள திரையில் விழுகிறது பிளவின் மையத்தை O என்க. பிளவின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக C புள்ளி வழியே செல்லும் நேர்கோடு திரையில் O என்ற புள்ளியை அடைகிறது. திரையில் ஏதேனும் ஒரு புள்ளியின் அதாவது P புள்ளியின் ஒளிச்செறிவைக் நாம் கண்டுபிடிக்கலாம். பிளவின் வெவ்வேறு புள்ளிகளில் இருந்து P ஐ அடையும் நேர்கோடுகளை நாம் செங்குத்துக் கோடோடு θ கோணத்தை ஏற்படுத்தும் இணை கோடுகளாகக் கருதலாம்.

பிளவின் வெவ்வேறு புள்ளிகளிலிருந்து வரும் இணை ஒளி அலைகள் திரையில் P புள்ளி மற்றும் இதர புள்ளிகளில் ஒன்றை ஒன்று குறுக்கிட்டுத் தொகுபயன் ஒளிச்செறிவைக் கொடுக்கின்றன. P புள்ளி, வடிவியல் ரீதியான நிழல் பகுதியில் உள்ளது. விளிம்பு விளைவின் காரணமாக, இப்பகுதி வரை மையப்பெருமம் பரவி காணப்படுகிறது. இது படம் 6.63 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. திரையில் உள்ள புள்ளி P வெவ்வேறு சிறுமங்களை அடைவதற்கான நிபந்தனைகளைக் நாம் காணவேண்டும். பிளவை இரட்டைப்படை எண்ணிக்கையுடைய சிறுசிறு பகுதிகளாகப் பிரித்துக் கொண்டால் அப்பகுதிகளிலிருந்து வரும் ஒளிஅலைகளின் பாதை வேறுபாடுகள் ஒன்றினைத்து, P புள்ளியில் அழிவுக் குறுக்கீட்டுவிளைவைஏற்படுத்தி,சிறுமஒளிச்செறிவை உண்டாக்குகிறது. பெருமங்களை விளக்குவதற்கு, பிளவை ஒற்றைப்படை எண்ணிக்கையுடைய சிறுபகுதிகளாகப் பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும்.

P புள்ளியில் முதல் சிறுமம் ஏற்படுவதற்கான நிபந்தனை

பிளவு AB ஐ AC மற்றும் CB என்ற இரண்டு அரைப்பகுதிகளாக பிரித்துக் கொள்ள வேண்டும். தற்போது AC யின் அகலம் $(a/2)$ ஆகும். பிளவில் $(a/2)$ அகலமுடைய வெவ்வேறு புள்ளிகளுக்கு ஒத்த புள்ளிகள் (Corresponding points) என்று பெயர். இது படம் 6.64 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



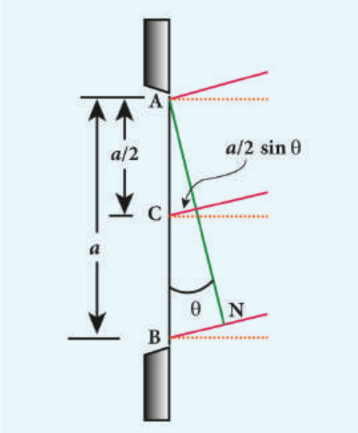
படம் 6.63 ஒற்றைப் பிளவில் ஏற்படும் விளிம்பு விளைவு

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 64 9/12/2019 2:12:42 PM

வெவ்வேறு ஒத்தபுள்ளிகளிலிருந்து வரும் ஒளி அலைகள் P புள்ளியில் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்தி அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தி, முதல் சிறுமத்தை ஏற்படுத்துகிறது. ஒத்த புள்ளிகளிலிருந்து வரும் ஒளி அலைகளின் பாதை வேறுபாடு, $\delta = \frac{a}{2}\sin\theta$

P புள்ளியின் முதல் சிறுமம் தோன்றுவதற்கான நிபந்தனை, $\frac{a}{2}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin \theta = \lambda \text{ (முதல் சிறுமம்)} \quad (6.147)$$



படம் 6.64 ஒத்த புள்ளிகள்

P புள்ளியில் இரண்டாவது சிறுமம் தோன்றுவதற்கான நிபந்தனை

AB பிளவை $a/4$ அகலம் கொண்ட நான்கு பகுதிகளாகப் பிரித்துக் கொள்ள வேண்டும். பிளவின் நடுவே $a/4$ அகலம் கொண்ட ஒத்த புள்ளிகளிலிருந்து வரும் ஒளி அலைகளுக்கு இடையேயான பாதை வேறுபாடு, $\delta = \frac{a}{4}\sin\theta.$

P புள்ளியில் இரண்டாம் சிறுமம் தோன்றுவதற்கான நிபந்தனை, $\frac{a}{4}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin \theta = 2\lambda \text{ (இரண்டாவது சிறுமம்)} \quad (6.148)$$

P புள்ளியில் மூன்றாவது சிறுமம் ஏற்படுவதற்கான நிபந்தனை

முன்னர் கூறியவாறே, பிளவை ஆறு சம பிரிவுகளாகப் பிரித்துக்கொள்ள வேண்டும். P புள்ளியில் மூன்றாவது சிறுமம் ஏற்படுவதற்கான நிபந்தனை, $\frac{a}{6}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin \theta = 3\lambda \text{ (மூன்றாவது சிறுமம்)} \quad (6.149)$$

குறிப்பு இங்கு $\sin\theta$ என்பது விளிம்பு விளைவின் கோண பரவலைக் கொடுக்கிறது. தோராயமாக்கலின் அடிப்படையில் திரையின் மையத்திலிருந்து y தொலைவில் அமைந்துள்ள பெருமம் அல்லது சிறுமத்தின் நிலையை $\sin\theta$ விற்கு பதிலாக $\tan\theta$ கொண்டும் விவரிக்கலாம். (ஏனெனில் θ மிகவும் சிறியது) எனவே $\sin\theta = \tan\theta = \frac{y}{D}$

இங்கு, y என்பது திரையின் மையத்திலிருந்து பெருமம் அல்லது சிறுமம் அமைந்துள்ள நிலையைக் குறிக்கிறது. மேலும் D என்பது ஒன்றைப்பிளவிலிருந்து திரை உள்ள தொலைவைக் குறிக்கிறது.

P புள்ளியில் n வது சிறுமம் ஏற்பட நிபந்தனை

பிளவை, $2n$ எண்ணிக்கையுடைய (இரண்டை இலக்க எண்ணிக்கை) சமபகுதிகளாகப் பிரித்துக்கொள்ள வேண்டும். ஓர் ஒத்த புள்ளியிலிருந்து வரும் ஒளி அலையை மற்றோர் ஒத்தபுள்ளியிலிருந்து வரும் ஒளி அலை அழிக்கும் நிலையில் n வது சிறுமம் ஏற்பட நிபந்தனை, $\frac{a}{2n}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin \theta = n\lambda \text{ (nவது சிறுமம்)} \quad (6.150)$$

பெருமங்களுக்கான நிபந்தனை

பெருமஒளிச்செறிவுஏற்பட,பிளவைஒற்றைப்படை எண்ணிக்கையுடைய சமபகுதிகளாகப் பிரித்துக்கொள்ள வேண்டும். இவ்வாறு பிரிப்பதனால் ஏதாவது ஒரு ஒத்தபுள்ளியிலிருந்து வரும் ஒளி அலை அழிக்கப்படாமல் இருக்கும். எனவே, P புள்ளி பெரும ஒளிச்செறிவில் காணப்படும்.

முதல் பெருமத்திற்கான நிபந்தனை,

$$\frac{a}{3}\sin\theta = \frac{\lambda}{2} \text{ (அல்லது) } a\sin\theta = \frac{3\lambda}{2} \quad (6.151)$$

இரண்டாம் பெருமத்திற்கான நிபந்தனை,

$$\frac{a}{5}\sin\theta = \frac{\lambda}{2} \text{ (அல்லது) } a\sin\theta = \frac{5\lambda}{2} \quad (6.152)$$

மூன்றாம் பெருமத்திற்கான நிபந்தனை,

$$\frac{a}{7}\sin\theta = \frac{\lambda}{2} \text{ (அல்லது) } a\sin\theta = \frac{7\lambda}{2} \quad (6.153)$$

இதேபோன்று, n வது பெருமத்திற்கான நிபந்தனை

$$a\sin\theta = (2n+1)\frac{\lambda}{2} \text{ (}n\text{வது பெருமம்)} \qquad (6.154)$$

இங்கு n = 0,1,2,3…, என்பது பெருமங்களின் வரிசையாகும்.

மைய வரிசை பெருமத்திற்கு, சுழி வரிசை பெருமம் என்று பெயர். அடுத்தடுத்த சிறுமங்களுக்கு கிட்டத்தட்ட நடுவே பெரும ஒளிச்செறிவு காணப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.31

500 nm அலைநீளமுடைய ஒளிஅலை, 0.2 mm அகலமுடைய பிளவு ஒன்றின் வழியே செல்லும்போது விளிம்பு விளைவு அடைகிறது. பிளவிலிருந்து 60 cm தொலைவில் விளிம்பு விளைவுப்பட்டை கிடைக்கிறது எனில், பின்வருவனவற்றைக் கணக்கிடுக.

(i) மையப்பொலிவின் கோணப் பரவல்

(ii) மையப்பெருமத்திலிருந்து இரண்டாவது சிறுமம் அமைந்துள்ள தொலைவு.

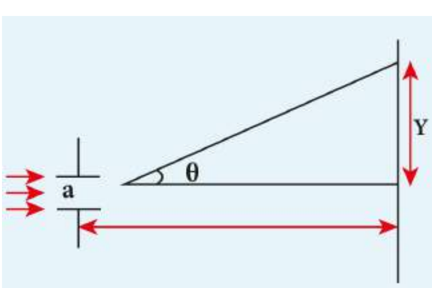
தீர்வு

λ = 500 nm = 500×10^{-9} m; a = 0.2 mm = 0.2×10^{-3} m; D = 60 cm = 60×10^{-2} m

(i) விளிம்பு விளைவு சிறுமத்திற்கான சமன்பாடு,

$a \sin \theta = n\lambda$

முதல் சிறுமம்வரை, மையப்பெருமம் பரவியிருக்கும் எனவே, $n = 1$



சமன்பாட்டினை மாற்றியமைக்கும்போது,

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{a} \text{ அல்லது } \theta = \sin^{-1}\left(\frac{\lambda}{a}\right)$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{500\times10^{-9}}{0.2\times10^{-3}}\right) = \sin^{-1}\left(2.5\times10^{-3}\right)$$

$$\theta = 0.0025 \ rad$$

(ii) முதல் சிறுமம் வரை பரவியிருக்கும் மையப்பெருமத்தின் மதிப்பு y_1 ஐக்கான $(n = 1)$ என்க. எனவே, $a \sin \theta = \lambda$

θ மிகவும் சிறியது தோராயமாக்கல் நிபந்தனைப்படி,

$$\sin\theta \approx \tan\theta = \frac{y_1}{D}$$

$$a\frac{y_1}{D} = \lambda \quad \text{மாற்றியமைக்கும்போது, } y_1 = \frac{\lambda D}{a}$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$y_1 = \frac{500\times10^{-9}\times60\times10^{-2}}{0.2\times10^{-3}} = 1.5\times10^{-3} = 1.5 \ mm$$

இரண்டாவது சிறுமத்திற்கான y_2 மதிப்பைக்கான $(n = 2)$ என்க. எனவே $a \sin \theta = 2\lambda$

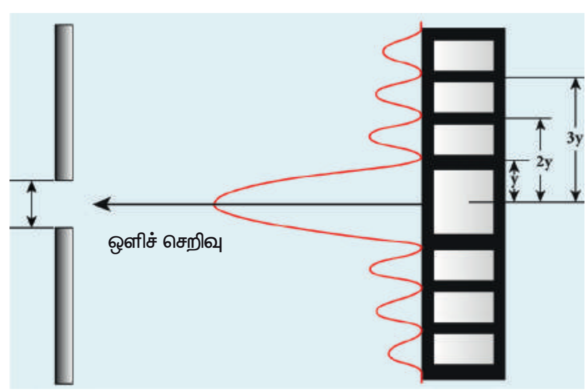
$$a\frac{y_2}{D} = 2\lambda \quad \text{மாற்றியமைக்கும்போது, } y_2 = \frac{2\lambda D}{a}$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$y_2 = \frac{2\times500\times10^{-9}\times60\times10^{-2}}{0.2\times10^{-3}} = 3\times10^{-3} = 3 \text{ mm}$$

மையப்பெருமத்திற்கும், இரண்டாவது சிறுமத்திற்கும் உள்ள தொலைவு $y_2 - y_1$

$y_2 - y_1$ = 3 mm – 1.5 mm = 1.5 mm

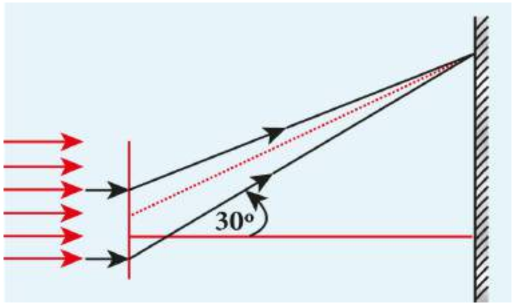


குறிப்பு: ஒற்றைப் பிளவில் ஏற்பட்ட விளிம்பு விளைவில், மையப்பெருமத்தின் தடிமன், மற்ற பெருமங்களைப்போல் இருமடங்கு தடிமனுடையது என்பதை மேற்கண்ட கணக்கீடு காட்டுகிறது. மேலும், பொலிவு மற்றும் கருமை பட்டைகளின் தடிமன் வெவ்வேறானவை.

எடுத்துக்காட்டு 6.32

5000 Å அலைநீளமுடைய ஒற்றைநிற ஒளி, ஒற்றைப்பிளவின் வழியே சென்று விளிம்பு விளைவடைந்து படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு

மையப்பெருமத்தை ஏற்படுத்துகிறது. விளிம்பு விளைவை ஏற்படுத்தும் பிளவின் தடிமனைக் காண்க.



தீர்வு

$\lambda = 5000$ Å $= 5000\times10^{-10}$ m; $\sin 30^{o} = 0.5$; $n = 1$; $a = ?$

விளிம்பு விளைவு சிறுமத்திற்கான சமன்பாடு, $a\sin\theta = n\lambda$

மையப்பெருமம், முதல் சிறுமம் வரை பரவிக்காணப்படும் எனவே, $n = 1$

சமன்பாட்டை மாற்றியமைக்கும்போது, $a = \dfrac{\lambda}{\sin\theta}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது, $a = \dfrac{5000\times10^{-10}}{0.5}$

$a = 1\times10^{-6}m = 0.001\times10^{-3}m = 0.001\text{mm}$

6.11.3 முதல் சிறுமத்தைப் பற்றிய விளக்கம்

முதல் சிறுமத்திற்கான நிபந்தனையைக் கருதுக. இங்கு $n = 1$

$$a\sin\theta = \lambda$$

முதல் சிறுமத்தின் கோண பரவல், $\sin\theta = \dfrac{\lambda}{a}$

இதற்கான சிறப்பு நேர்வுகள் பின்வருமாறு:

(i) $a < \lambda$ எனும்போது, விளிம்பு விளைவு சாத்தியமல்ல. ஏனெனில் $\sin\theta$ எப்போதும் ஒன்றைவிட அதிக மதிப்பைப் பெறாது.

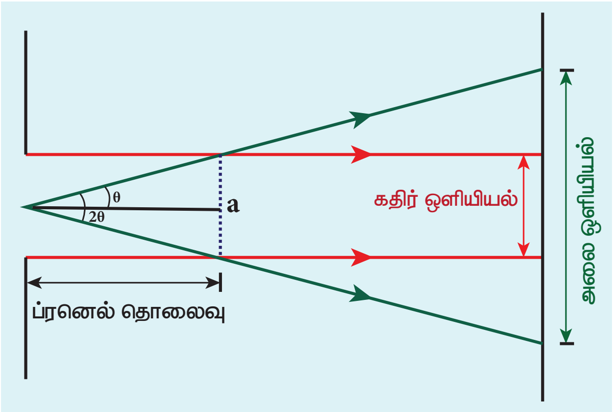
(ii) $a \geq \lambda$, எனும்போது, விளிம்பு விளைவு சாத்தியமாகும்.

- $a = \lambda$ எனில் $\sin\theta = 1$ அதாவது $\theta = 90^{0}$. இதன் பொருள் முதல் சிறுமம் 90^{o} இல் ஏற்படுகிறது என்பதாகும். எனவே, வடிவியல் ரீதியான நிழல் பகுதி முழுவதும் மையப்பெருமம் பரவி, விளிம்பு விளைவுக் கதிரை 90^{o} வளைக்கிறது.
- $a >> \lambda$, விற்கு $\sin\theta << 1$ அதாவது, முதல் சிறுமம் பிளவின் அகலத்திற்குள்ளாகவே அமையும். எனவே, விளிம்பு விளைவைக் காண இயலாது.

(iii) $a > \lambda$ மற்றும் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் அமையும்போது அதாவது $a = 2\lambda$ எனும்போது, $\sin\theta = \dfrac{\lambda}{a} = \dfrac{\lambda}{2\lambda} = \dfrac{1}{2}$. எனவே $\theta = 30^{0}$. மேற்கண்ட மூன்று நேர்வுகளும் விளிம்பு விளைவினைத் தெளிவாகக் காணும் வழிமுறையாகும்.

6.11.4 ப்ரனெல் தொலைவு

ஒளியின் நேர்கோட்டுப் பரவல், கதிர்ஒளியியலில் சாத்தியமாகும் தொலைவிற்கு ப்ரனெல் தொலைவு என்று பெயர். விளிம்பு விளைவு நிகழ்வில் ஒளிஅலை வளைந்து செல்லும் இந்த ஒளியின் வளையும் பண்பு அதன்நேர்கோட்டுபரவலுக்குமுற்றிலும்எதிரானதாகும். ஆனால் இந்த விளைவு மையப்பெருமத்தை கடக்கும் வரை எந்த முக்கியத்துவத்தையும் பெறாது. அதாவது படம் 6.65இல் z தொலைவைக் கடக்கும்வரை எந்த முக்கியத்துவத்தையும் பெறாது. எனவே, **ப்ரனெல் தொலைவு என்பது எந்த தொலைவு வரை ஒளி, கதிர் ஒளியியலுக்கு கட்டுப்படுகிறதோ அல்லது கதிர் ஒளியியலுக்கு கட்டுப்படாமல் அலை ஒளியியலுக்கு கட்டுப்படத்தொடங்குகிறதோ அந்தத் தொலைவே ப்ரனெல் தொலைவு எனப்படும்.**



படம் 6. 65 பிரெனல் தொலைவு

முதல் சிறுமத்திற்கான விளிம்பு விளைவுச் சமன்பாடு $\sin\theta = \dfrac{\lambda}{a}$; $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$

ப்ரனெல் தொலைவின் வரையறையிலிருந்து,

$$\sin 2\theta = \frac{a}{z};\ 2\theta = \frac{a}{z}$$

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 67 9/12/2019 2:12:49 PM

இரண்டு சமன்பாடுகளையும் ஒப்பிடும்போது,

$$\frac{\lambda}{a} = \frac{a}{2z}$$

எனவே, ப்ரனெல் தொலைவு z

$$z = \frac{a^2}{2\lambda} \qquad (6.155)$$

எடுத்துக்காட்டு 6.33

500 nm அலைநீளமுடைய ஒளி 5 mm அகலமுடைய துளையின் வழியேச் செல்லும்போது விளிம்பு விளைவு அடைகிறது. இந்நிகழ்வில் கதிர் ஒளியியலைப் பயன்படுத்தும் தொலைவினைக் காண்க

தீர்வு

$a = 5\text{ mm} = 5 \times 10^{-3}\ m;$

$\lambda = 500\ nm = 500 \times 10^{-9}\ m;\ z = ?$

ப்ரனெல் தொலைவு, $z = \frac{a^2}{2\lambda}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$z = \frac{\left(5 \times 10^{-3}\right)^2}{2 \times 500 \times 10^{-9}} = \frac{25 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-6}} = 25\text{ m}$$

$z = 25\text{ m}$

6.11.5 குறுக்கீட்டு விளைவிற்கும், விளிம்பு விளைவிற்கும் உள்ள வேறுபாடுகள்

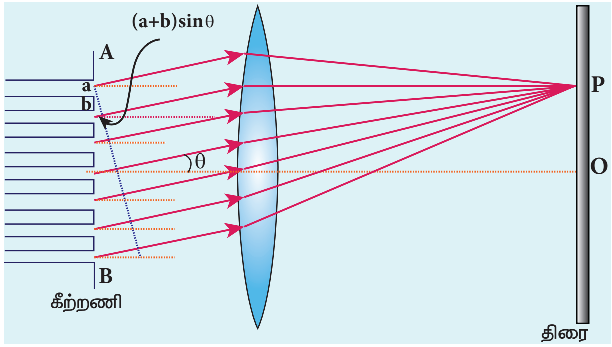
குறுக்கீட்டு விளைவு மற்றும் விளிம்புவிளைவு இரண்டையும் வேறுபடுத்திப்பார்ப்பது மிகவும் கடினமாகும். ஏனெனில், இவ்விரண்டு பண்புகளும் ஒளியின் அலைப்பண்பினால் ஏற்படுவனவாகும். இவ்விரண்டு நிகழ்வுகளிலும் ஒளி வடிவியல் ரீதியான நிழற்பகுதியை அடைந்து ஒன்றுடன் ஒன்று குறுக்கீடு அடைந்து பெருமங்கள் மற்றும் சிறுமங்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இருந்தபோதிலும், இவ்விரண்டு விளைவுகளின் தோற்றத்தின் அடிப்படையில் பின்வரும் வேறுபாடுகள் கண்டுணரப்பட்டு அட்டவணை 6.5– இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

6.11.6 கீற்றணியில் ஏற்படும் விளிம்பு விளைவு

விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியில் சம அகலமுடைய, அதிக எண்ணிக்கையில் அமைந்த பிளவுகள் காணப்படுகின்றன. பிளவுகளின் அகலம் விளிம்புவிளைவடையும் ஒளியின் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் அமைந்திருக்கும். ஒளிபுகும் பொருளின் மீது வைர ஊசியினைக் கொண்டு ஒளிபுகாக்கோடுகள் வரையப்பட்டிருக்கும். வணிகரீதியில் செயல்படும் நவீன விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியில் ஒரு சென்டிமீட்டரில் 6000 ஒளிபுகாக் கோடுகள் வயைரப்பட்டிருக்கும். தடைபோன்று செயல்படும், ஒளிபுகாக் கோடுகளின் அகலத்தை b எனவும், ஒளிபுகாக் கோடுகளுக்கு நடுவே அமைந்துள்ள துளைபோன்று செயல்படும் ஒளிபுகும் பகுதியின் அகலத்தை a எனவும் கொள்க. ஓர் ஒளிபுகாக் கோடு மற்றும் ஓர் ஒளிபுகும் பிளவு ஆகியவற்றின் மொத்த அகலத்திற்கு கீற்றணிமூலம் $(e = a + b)$ என்று பெயர். அடுத்தடுத்த பிளவுகளில் உள்ள, கீற்றணி மூலத்திற்குச் சமமான தொலைவில் அமைந்துள்ள புள்ளிகளுக்கு ஒத்தபுள்ளிகள் என்றுபெயர்.

அட்டவணை 6.5 குறுக்கீட்டு விளைவு மற்றும் விளிம்பு விளைவுகளுக்கு இடையே உள்ள வேறுபாடுகள்

வ.எண்	குறுக்கீட்டு விளைவு	விளிம்பு விளைவு
1	இரண்டு ஒளி அலைகள் ஒன்றின் மீது மற்றொன்று மேற்பொருந்துகின்றன	தடையின் விளிம்பில் ஒளி அலைகள் வளைந்து செல்கின்றன
2	இரண்டு வெவ்வேறு ஓரியல் மூலங்களிலிருந்து வரும் அலைமுகப்புகள் மேற்பொருந்துகின்றன	ஒரே அலைமுகப்பில் உள்ள பல்வேறு புள்ளிகளிலிருந்து வரும் அலைமுகப்புகள் மேற்பொருந்துகின்றன.
3	ஒளிப்பட்டைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு சமம்	சமமற்ற இடைவெளிகளில் ஒளிப்பட்டைகள் தோன்றுகின்றன
4	எல்லா பொலிவுப்பட்டைகளும் கிட்டத்தட்ட ஒரே ஒளிச்செறிவைப் பெற்றிருக்கும்.	உயர் வரிசை விளிம்பு விளைவுப்பட்டைகளின் ஒளிச்செறிவு வேகமாய்க் குறையும்.
5	ஒளிப்பட்டைகளின் எண்ணிக்கை அதிகம்	ஒளிப்பட்டைகளின் எண்ணிக்கை குறைவு



படம் 6.66 விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி ஆய்வு

சமதள விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி AB ஐக் கருதுக. இக்கீற்றணியில், சம அகலம் a கொண்ட அடுத்தடுத்த பிளவுகளும், சம அகலம் b கொண்ட ஒளிபுகாக் கோடுகளும் படம் 6.66–இல் காட்டியுள்ளவாறு அமைந்துள்ளன. λ அலைநீளமுடைய ஒற்றைநிறச் சமதள அலைமுகப்பு ஒன்று கீற்றணியின்மீது செங்குத்தாக விழுகின்றது எனக் கருதுக. கீற்றணியின்மீது விழும் ஒளியின் அலைநீளம், பிளவின் அகலத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் உள்ளதால், கீற்றணியால் அவ்வொளி விளிம்பு விளைவு அடையும். குவிலென்ஸ் ஒன்றை பயன்படுத்தி விளிம்புவிளைவடைந்த அலைகளை திரையின்மீது குவித்தால், விளிம்பு விளைவுப்பட்டை அமைப்பு கிடைக்கும். கீற்றணியின் மையத்திலிருந்து திரைக்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக் கோட்டுடன் θ கோணத்தில் அமைந்துள்ள P என்ற புள்ளியைக் கருதுக. ஒரு ஜோடி ஒத்துபுள்ளிகளிலிருந்து சென்ற விளிம்பு விளைவடைந்த அலைகளுக்கிடையேயான பாதைவேறுபாடு

$$\delta = (a + b)\sin\theta \qquad (6.156)$$

அனைத்து ஜோடி ஒத்துபுள்ளிகளுக்கும் இப்பாதை வேறுபாடு சமமாகும். P புள்ளி பொலிவுடன் இருக்க,

$$\delta = m\lambda \text{ இங்கு } m = 0, 1, 2, 3 \qquad (6.157)$$

மேற்கண்ட இரண்டு சமன்பாடுகளையும் ஒப்பிடும்போது,

$$(a + b)\sin\theta = m\lambda \qquad (6.158)$$

இங்கு m என்பது விளிம்பு விளைவு வரிசையாகும்.

<u>சுழி வரிசைப் பெருமத்திற்கான நிபந்தனை, $m = 0$</u>

$(a + b)\sin\theta = 0$ எனில், விளிம்பு விளைவுக் கோணம் $\theta = 0$. $\sin\theta = 0$ மற்றும் $m = 0$ இதற்கு சுழி வரிசைப் பெருமம் அல்லது மையப்பெருமம் என்றுபெயர்.

<u>முதல் வரிசைப் பெருமத்திற்கான நிபந்தனை $m = 1$</u>

$(a + b)\sin\theta_1 = \lambda$ எனில், விளிம்பு விளைவடைந்த ஒளி படும் ஒளியின் திசையுடன் θ_1 கோணத்தை ஏற்படுத்தும். மேலும், முதல்வரிசைப் பெருமம் கிடைக்கும்.

<u>இரண்டாம் வரிசைப் பெருமத்திற்கான நிபந்தனை $m = 2$</u>

$(a + b)\sin\theta_2 = 2\lambda$ எனில், விளிம்பு விளைவடைந்த ஒளி படும் ஒளியின் திசையுடன் θ_2 கோணத்தை ஏற்படுத்தும். மேலும், இரண்டாம் வரிசை பெருமம் கிடைக்கும்.

<u>உயர் வரிசைப் பெருமம் கிடைக்க நிபந்தனை</u>

மையப் பெருமத்தின் இரண்டு பக்கங்களிலும் வெவ்வேறு கோண நிலைகளில் உயர்வரிசைப் பெருமங்கள் கிடைக்கும்.

இவ்வாறாக எடுத்துக்கொண்டால்,

$$N = \frac{1}{a+b} \qquad (6.159)$$

கீற்றணியில் ஓரலகு அகலத்திற்கு வரையப்பட்ட கீற்றணி மூலங்கள் அல்லது ஒளிபுகாக் கோடுகளின் எண்ணிக்கையை N கொடுக்கும். பொதுவாக, கீற்றணியிலேயே N இன் மதிப்பு எழுதப்பட்டிருக்கும். எனவே,

$$\frac{1}{N}\sin\theta = m\lambda \text{ அல்லது } \sin\theta = Nm\lambda \qquad (6.160)$$

குறிப்பு

ஒற்றைப்பிளவு ஆய்வில் சிறுமத்திற்கான நிபந்தனை $a\sin\theta = n\lambda$. இங்கு n என்பது, சிறுமங்களின் வரியைக் குறிக்கும். ஆனால் விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி ஆய்வில் பெருமத்திற்கான நிபந்தனை $\sin\theta = Nm\lambda$. இங்கு m என்பது பெரும விளிம்பு விளைவு வரிசையைக் குறிக்கும் என்பதை மாணவர்கள் கவனமுடன் நினைவில் வைத்திருக்க வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.34

ஒரு சென்டிமீட்டரில் 4000 ஒளிபுகும் பிளவுகள் கொண்ட விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி ஒன்று ஒற்றை நிற ஒளியினால் ஒளியூட்டப்படுகிறது. இவ்வமைப்பினால் 30^0 கோணத்தில் இரண்டாம் வரிசை விளிம்பு விளைவு தோன்றுகிறது எனில்,

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 69 9/12/2019 2:12:51 PM

பயன்படுத்தப்படும் ஒற்றை நிற ஒளியின் அலை நீளத்தைக் காண்க.

தீர்வு

1 cm நீளத்திற்கு வரையப்பட்ட கோடுகளின் எண்ணிக்கை 4000; விளிம்பு விளைவு வரிசை $m = 2$;

விளிம்பு விளைவுக்கோணம், $\theta = 30°$;

ஒளியின் அலைநீளம் $\lambda = ?$

ஓரலகு நீளத்திற்கு வரையப்பட்ட கோடுகளின் எண்ணிக்கை,

$$N = \frac{4000}{1\times10^{-2}} = 4\times10^{5}$$

விளிம்பு விளைவுப் பெருமத்திற்கான சமன்பாடு, $\sin\theta = Nm\lambda$

மாற்றி அமைக்கும்போது, $\lambda = \frac{\sin\theta}{Nm}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிட்டால்,

$$\lambda = \frac{\sin 30^{\circ}}{4\times10^{5}\times2} = \frac{0.5}{4\times10^{5}\times2}$$

$$= \frac{1}{2\times4\times10^{5}\times2} = \frac{1}{16\times10^{5}}$$

$$\lambda = 6250\times10^{-10}\,m = 6250\ \text{Å}$$

எடுத்துக்காட்டு 6.35

500 nm அலைநீளமுடைய ஒற்றை நிற ஒளியானது விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியின் மீது, விழுகிறது. 30^{0} கோணத்தில் நான்காம் வரிசை பெரும ஒளிச்செறிவு வரி கிடைக்கிறது எனில், கீற்றணியில் ஒரு சென்டிமீட்டர் அகலத்திற்கு அமைந்துள்ள பிளவுகளின் எண்ணிக்கையைக் காண்க.

தீர்வு

ஒளியின் அலைநீளம் $\lambda = 500\text{ nm} = 500\times10^{-9}\text{ m}$;

விளிம்பு விளைவு வரிசை; $m = 4$;

விளிம்பு விளைவுக் கோணம் $\theta = 30°$;

ஒரு சென்டிமீட்டர் அகலத்தில் அமைந்துள்ள பிளவுகளின எண்ணிக்கை = ?

விளிம்பு விளைவுப் பெருமத்திற்கான சமன்பாடு, $\sin\theta = Nm\lambda$

மாற்றியமைக்கும்போது, $N = \frac{\sin\theta}{m\lambda}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$N = \frac{0.5}{4\times500\times10^{-9}} = \frac{1}{2\times4\times500\times10^{-9}}$$

$$= 2.5\times10^{5}$$ கோடுகள் / மீட்டர்

ஒரு சென்டிமீட்டரில் அமைந்துள்ள கோடுகளின் எண்ணிக்கை

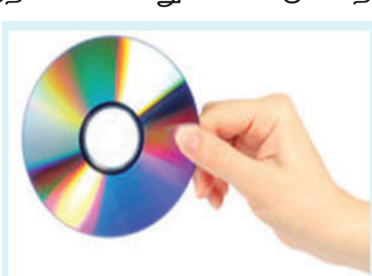
$$2.5\times10^{5}\times10^{-2} = 2500$$ கோடுகள் / மீட்டர்

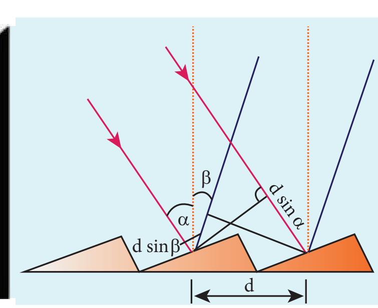
6.11.7 ஒற்றைநிற ஒளியின் அலைநீளத்தைக் காண்பதற்கான சோதனை

விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி மற்றும் நிறமாலைமாணியைக் கொண்டு

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

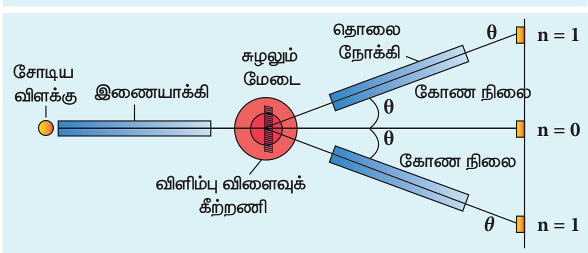
கண்கவர் வண்ணங்களில் குறுந்தகடுகள் (Compact disc) தோன்றுவதை நீங்கள் பார்த்திருக்கிறீர்களா? பதிவு செய்யப்பட்டிருக்கும் பளபளப்பான பக்கத்தில் வட்டவடிவ குறுகிய வெட்டுகள் காணப்படும். இவ்வெட்டுகளின் அகலம் கண்ணுறு ஒளியின் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் உள்ளதால், கண்ணுறு ஒளி அலைகள் குறுந்தகடுகளின் இப்பக்கத்தின் மீது பட்டு எதிரொளிக்கும்போது விளிம்பு விளைவு ஏற்பட்டுக் கண்கவர் வணணங்களில் குறுந்தகடுகள் தோன்றுகின்றன. பாடல்கள் மற்றும் படங்கள் பதிவு செய்யப்பட்டிருக்கும் பிளவுகள் விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி போன்று செயல்படுகின்றன.





UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 70 9/12/2019 2:12:53 PM

நிறமாலைவரியின் அலைநீளத்தைத் துல்லியமாகக் கண்டறியலாம். நிறமாலைமானியின் தொடக்க சீரமைப்புகளை சரிசெய்ய வேண்டும். அலைநீளம் காணவேண்டிய ஒற்றை நிற ஒளியினால் இணையாக்கியின் பிளவினை ஒளியூட்டவேண்டும். தொலைநோக்கியினை இணையாக்கிக்கு நேராக அமைத்துப் பிளவின் நேரடி பிம்பத்தினைக் காணவேண்டும் இணையாக்கிலிருந்து வரும் படும் ஒளி அலைக்குச் செங்குத்தாக உள்ளவாறு விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியை முப்பட்டக மேடைமீது அமைக்கவேண்டும். முதல் வரிசை விளிம்பு விளைவு பிம்பம், தொலைநோக்கியில் உள்ள கண்ணருகு வில்லையின் செங்குத்துக் குறுக்குக்கம்பியுடன் ஒன்றிணையும் வகையில் தொலை நோக்கியினை ஒரு பக்கமாகச் சுழற்றவேண்டும். தொலைநோக்கி அமைந்துள்ள நிலைக்கான அளவீடுகளைக் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும்.



படம் 6.67 விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி மற்றும் நிறமாலைமாணியைக் கொண்டு ஒளியின் அலைநீளம் காணல்

இதேபோன்று மற்றொரு பக்கமாக தொலைநோக்கியைச் சுற்றி முதல்வரிசை விளிம்பு விளைவு பிம்பம் செங்குத்துக் குறுக்குக்கம்பியுடன் ஒன்றினையும் வகையில் அமைத்து அளவீடுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். இரண்டு நிலைகளுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடு 2θ வைக் கொடுக்கும். இதன் மதிப்பில் பாதி, முதல்வரிசை பெருமத்திற்கான விளிம்பு விளைவுக் கோணத்தைக் கொடுக்கும் (θ) இது படம் 6.67 –இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒளியின் அலைநீளம் பின்வரும் சமன்பாட்டினால் கணக்கிடப்படுகிறது.

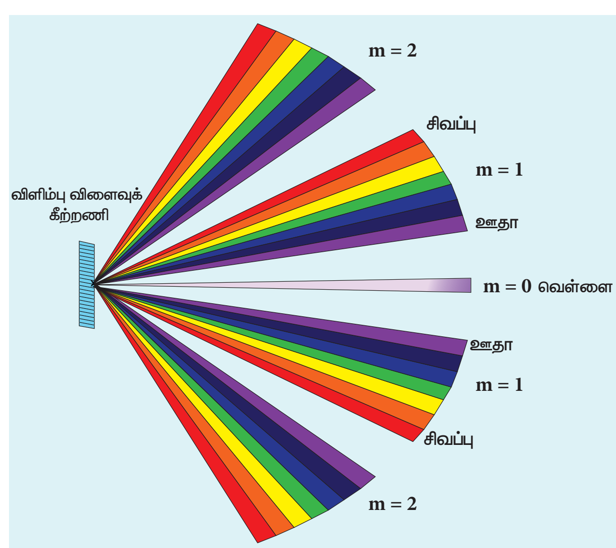
$$\lambda = \frac{\sin\theta}{Nm} \qquad (6.161)$$

இங்கு N என்பது ஒரு மீட்டர் நீளத்தில் வரையப்பட்ட கோடுகளின் எண்ணிக்கையாகும். மேலும் m என்பது விளிம்பு விளைவு பிம்பத்தின் வரிசையாகும்.

6.11.8 வெவ்வேறு வண்ணங்களின் அலைநீளங்களைக் கண்டறிதல்

வெள்ளை ஒளியைப் பயன்படுத்தும்போது, மையப்பொலிவின் இரண்டு பக்கங்களிலும் தொடர்ச்சியான வண்ண விளிம்பு விளைவுப்பட்டைகள் தோன்றும். மையப்பெருமம் வெண்மைநிறத்திலும், அனைத்து வண்ணங்களும் எவ்வித பாதைவேறுபாடும் இன்றி, ஒன்றை ஒன்று வலுவூட்டும் வகையில் ஒன்றிணையும். θ அதிகரிக்கும்போது, பாதை வேறுபாடு $(a+b)\sin\theta$ ஊதாமுதல் சிவப்புவரை உள்ள அனைத்து வண்ணங்களின் பெரும விளிம்பு விளைவு நிபந்தனைகளின் வழியே கடந்துசெல்லும். இது படம் 6.68–இல் காட்டியுள்ளவாறு மையப்பொலிவின் இரண்டுப்பக்கங்களிலும் ஊதாமுதல் சிவப்புவரையுள்ள நிறமாலை அமைப்பை உருவாக்கும். வெவ்வேறு வரிசைகளைக் கொண்ட விளிம்புவிளைவுக் கோணங்களைக் கண்டறிந்து, வண்ணங்களின் அலைநீளங்களைப் பின்வரும் சமன்பாட்டினைப் பயன்படுத்திக் கணக்கிடலாம்.

$$\lambda = \frac{\sin\theta}{Nm} \qquad (6.161)$$



படம் 6.68 வெள்ளை ஒளி விளிம்பு விளைவடைதல்

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 71 9/12/2019 2:12:54 PM

இங்கு N என்பது கீற்றணியில் ஒரு மீட்டர் நீளத்தில் வரையப்பட்ட கோடுகளின் எண்ணிக்கையையும், m என்பது விளிம்பு விளைவு பிம்பத்தின் வரிசையையும் குறிக்கும்.

6.11.9 பிரித்தறிதல் (Resolution)

நுண்ணோக்கி மற்றும் தொலைநோக்கி போன்ற ஒளியியல் கருவிகளில் தோன்றும் பிம்பங்களில் ஏற்படும் விளிம்பு விளைவு விரும்பத்தகாத ஒன்றாகும். ஒற்றைப்பிளவில் மையப்பொலிவு ஏற்படுத்தும் அரைக்கோணம் θ (அல்லது முதல் சிறுமத்தின் நிலை) பின்வரும் சமன்பாட்டினால் வழங்கப்படுகிறது.

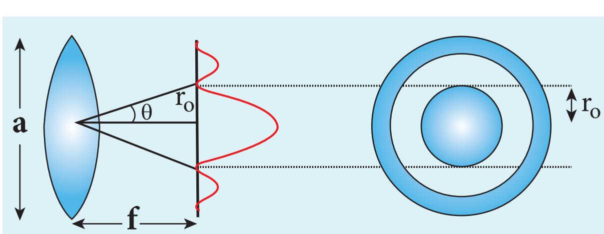
V9X2P2

$$a \sin\theta = \lambda \quad (6.162)$$

ஒற்றைப்பிளவு போன்றே, வட்டவடிவத்துளை ஒன்று (லென்ஸ் அல்லது கருவிழி போன்றவை) புள்ளிப்பொருளின் பிம்பத்தை ஏற்படுத்தும்போது, அப்பிம்பம் புள்ளிப்பொருள் போன்று தோன்றாமல் படம் 6.69–இல் காட்டியுள்ளவாறு மையத்தைவிட்டு விலகிச்செல்லும் போது ஒரு மைய வளையங்களுடன் மங்கலாகத் தெரியும். இவற்றுக்கு அயிரிஸ் தட்டுகள் (Airy's discs) என்று பெயர். மையப் பெரும வட்டத்தின் அரைக் கோணப்பரவல் பின்வரும் சமன்பாட்டினால் வழங்கப்படுகிறது.

$$a \sin\theta = 1.22\,\lambda \quad (6.163)$$

இங்கு 1.22 என்ற எண்மதிப்பு வட்டத்துளை ஏற்படுத்திய மையப் பெருமத்தினால் ஏற்படுகிறது. இதனை விளக்குவதற்கு உயர் கணிதம் தேவைப்படுவதால் இதனைப்பற்றி உயர்வகுப்புகளில் படிக்கலாம்.



படம் 6.69 அயிரிஸ் தட்டுகள்

சிறிய கோணங்களுக்கு, $\sin\theta \approx \theta$

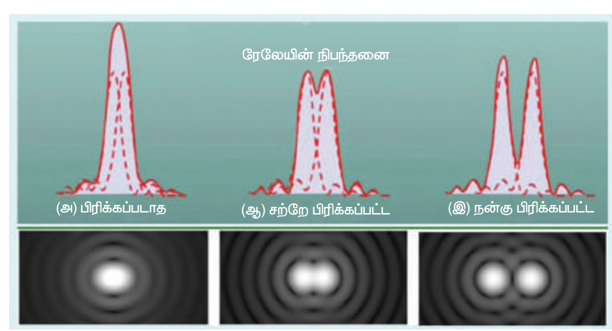
$$a\,\theta = 1.22\,\lambda \quad (6.164)$$

சமன்பாட்டினை மேலும் மாற்றியமைக்கும்போது,

$$\theta = \frac{1.22\lambda}{a} \text{ மற்றும் } \frac{r_0}{f} = \frac{1.22\lambda}{a}$$

$$r_0 = \frac{1.22\lambda f}{a} \quad (6.165)$$

அருகருகே அமைந்துள்ள புள்ளி ஒளிமூலங்களினால் ஏற்படும் பிம்பங்களின் விளிம்பு விளைவு அமைப்புகள் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்தி, படம் 6.70 (அ)இல் காட்டியுள்ளவாறு மங்கலான பிம்பத்தைத் திரையில் தோற்றுவிக்கும். இரண்டு ஒளிமூலங்களின் பிம்பங்களைச் சிறப்பாகப் பெறுவதற்கு, இரண்டு புள்ளி ஒளிமூலங்களும் நன்கு பிரித்தறியப்பட்டிருக்க வேண்டும். அதாவது, இரண்டு புள்ளி ஒளிமூலங்களின் பிம்பங்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்தா வண்ணம் பிரிக்கப்பட்டிருக்கவேண்டும். இராலேயின் (Rayleigh's) நிபந்தனையின்படி இரண்டு புள்ளி ஒளிமூலங்கள் நன்கு பிரித்தறியப்பட வேண்டுமெனில், அவ்விரண்டு ஒளி மூலங்களின் விளிம்பு விளைவு பின்வருமாறு அமைய வேண்டும். அதாவது முதல் பிம்பத்தின் மையப் பெருமம், இரண்டாவது பிம்பத்தின் முதல் சிறுமத்துடன் ஒன்றிணைய வேண்டும். இதேபோன்று, இரண்டாவது பிம்பத்தின் மையப் பெருமம், முதல் பிம்பத்தின் முதல் சிறுமத்துடன் ஒன்றிணைய வேண்டும். இவ்வாறு ஏற்படும் பிம்பங்கள், பொருளின் பிரித்தறியப்பட்ட பிம்பங்கள் என அழைக்கப்படும். இராலேயின் நிபந்தனையைப் 'பிரித்தறிதலின் எல்லை' என்றும் அழைக்கலாம்.



படம் 6. 70 இராலேயின் நிபந்தனை

இராலேயின் நிபந்தனையின்படி, இரண்டு புள்ளி ஒளி மூலங்கள் பிரித்தறியப்பட வேண்டுமெனில், அவற்றின் பிம்பங்களுக்கிடைப்பட்ட தொலைவு குறைந்தபட்சம் r_0 தொலைவு இருக்க வேண்டும். **கோணப் பிரித்தறிதலின்** அலகு ரேடியன் (rad). மேலும், இது பின்வரும் சமன்பாட்டால் வழங்கப்படுகிறது

$$\theta = \frac{1.22\lambda}{a} \qquad (6.166)$$

சிறப்பான பிரித்தறிதலுக்கு முதல் வரிசை விளிம்பு விளைவுக் கோணம் மிகச்சிறியதாக இருக்க வேண்டும். மேலும், பயன்படுத்தப்படும் ஒளியின் அலை நீளம் சிறியதாக இருக்க வேண்டும் மற்றும் பயன்படுத்தப்படும் கருவியின் துளையின் அளவு பெரியதாக இருக்க வேண்டும். சமன்பாடு 6.165 **இடம்சார் பிரித்தறிதலைக்** கணக்கிடப் பயன்படுகிறது.

பிரித்தறிதலின் தலைகீழிக்குப் பிரிதிறன் என்று பெயர். இதிலிருந்து கருவியின் சிறிய பிரித்தறிதல் பெரிய பிரிதிறனைக் கொடுக்கும் என அறியலாம். **பிம்பங்களைத் தோற்றுவிப்பதன் மூலம், மிகச்சிறிய அல்லது அருகருகே உள்ள பொருள்களைப் பிரித்துப் பார்க்கும் அல்லது வேறுபடுத்திப் பார்க்கும் திறமைக்கு ஒளியியல் கருவியின் பிரிதிறன் என்று பெயர்**. பொதுவாகப் பிரித்தறிதல் என்ற சொல் உருவாகும் பிம்பத்தின் தரத்தையும், பிரிதிறன் என்பது ஒளியியல் கருவியின் பிரித்தறியும் திறமையையும் குறிக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.36

காவலூரில் அமைந்துள்ள வைனு பாப்பு (Vainu Bappu) வானியல் ஆய்வு மையத்தில் உள்ள பொருளருகு லென்சின் விட்டம் 2.3 m. 589 nm அலைநீளம் கொண்ட ஒளியினைப் பயன்படுத்தினால் கிடைக்கும் கோணப் பிரிதிறனைக் காண்க.

தீர்வு

பொருளருகு லென்சின் விட்டம் $a = 2.3$ m;

ஒளியின் அலைநீளம் $\lambda = 589 \text{ nm} = 589\times10^{-9}$ m;

$\theta = ?$

கோணப் பிரிதிறனுக்கான சமன்பாடு,

$$\theta = \frac{1.22\lambda}{a}$$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$\theta = \frac{1.22\times589\times10^{-9}}{2.3} = 321.4\times10^{-9}$$

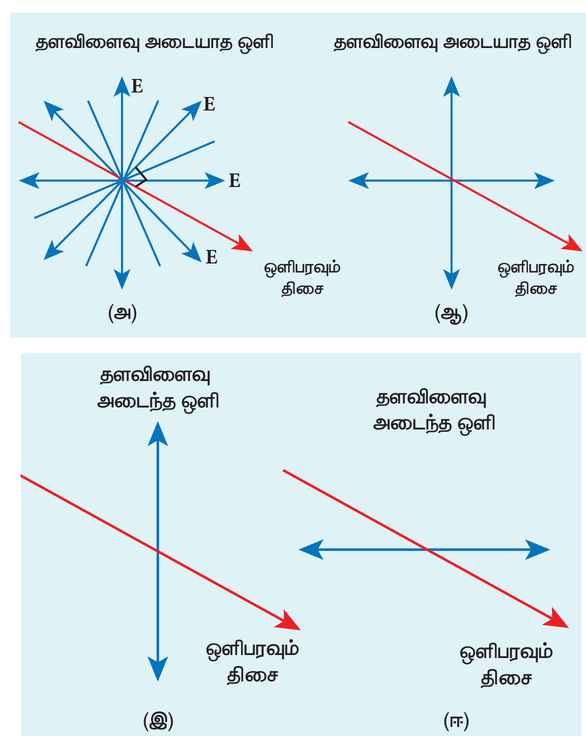
$$\theta = 3.214\times10^{-7}\,rad \approx 0.0011'$$

குறிப்பு: மனிதக் கண்களின் கோணப் பிரிதிறனின் மதிப்பு, தோராயமாக $3\times10^{-4}\,rad \approx 1.03'$.

6.12 ஒளியின் தளவிளைவு (Polarisation)

ஒளியின் குறிக்கீட்டு விளைவு மற்றும் விளிம்பு விளைவு பற்றிய நிகழ்வுகளை விளக்கும் போது, ஒளி அலைவடிவில் பரவுகிறது என்று நாம் கருதினோம். ஆனால் குறுக்கலை வடிவிலா அல்லது நெட்டலை வடிவிலா என அறுதியிட்டுக் கூறவில்லை. ஒளியின் தளவிளைவு நிகழ்வு, ஒளி குறுக்கலையாகத்தான் பரவுகிறது என்பதை நேரடியாக நமக்கு விளக்குகிறது. ஒளி மின்காந்த அலையாகப் பரவுகின்றது. மேலும், மின்காந்த அலை ஒரு குறுக்கலை ஆகும். **ஒளிஅலை பரவும் திசைக்குச் செங்குத்தாக உள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் ஒளியின் அதிர்வுகளை (மின்புலம் அல்லது காந்தப்புல வெக்டர்) அனுமதிக்கும் நிகழ்ச்சிக்கு ஒளியின் தளவிளைவு என்று பெயர்**. இந்த அலகில் புரிந்துகொள்வதற்கு எளிமையாக இருக்க, மின்புலம் மட்டுமே எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டுள்ளது.

6.12.1 முழுவதும் தளவிளைவடைந்த ஒளி (Plane Polarized light)

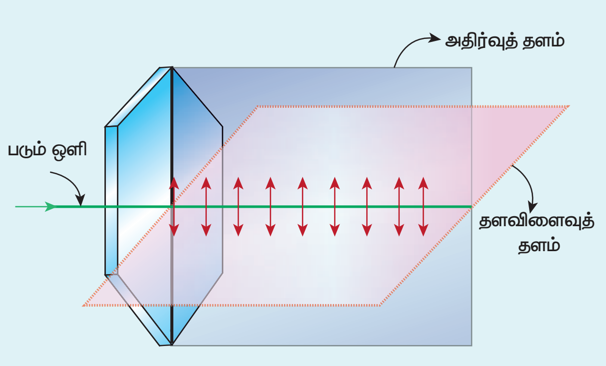


படம் 6.71 தளவிளைவு அடையாத மற்றும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளி

குறுக்கலை ஒன்று; அலைபரவும் திசைக்குச் செங்குத்தாக உள்ள தளத்தில், அனைத்து திசைகளிலும் அதிர்வுகளைப் பெற்றிருப்பதைப் படம் 6.71 (அ) காட்டுகிறது. இவ்வாறு அனைத்துத்

திசைகளிலும் அதிர்வுகளைப் பெற்றுள்ள ஒளி அலைக்கு தளவிளைவற்ற ஒளி என்று பெயர். படம் 6.71 (ஆ) இல் தளவிளைவற்ற ஒளியின் அனைத்து அதிர்வுகளும் இரு செங்குத்துக் கூறுகளாகப் பிரித்துக் காட்டப்பட்டுள்ளன. **அலைபரவும் திசைக்குச் செங்குத்தாக உள்ள தளத்தில் ஒரு திசையில் மட்டும் அதிர்வுகளைப் பெற்றுள்ள ஒளி அலை, தளவிளைவுற்ற ஒளி அல்லது முழுவதும் தளவிளைவுற்ற ஒளி என அழைக்கப்படும்**. படங்கள் 6.71 (இ) மற்றும் 6.71 (ஈ) ஆகியவை முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியைக் காட்டுகின்றன.

படம் 6.71 தளவிளைவற்ற மற்றும் முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளி அலைகள் மின்புல வெக்டர்களைக் கொண்டுள்ள தளத்திற்கு, **அதிர்வுத்தளம்** (*ABCD*) என்று பெயர். இது படம் 6.72 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒளிக்கற்றையைக் கொண்டுள்ள, அதிர்வுத்தளத்திற்குச் செங்குத்தாக உள்ள தளத்திற்கு **தளவிளைவுத்தளம்** (*EFGH*) என்று பெயர்.



படம் 6.72 அதிர்வுத்தளம் மற்றும் தளவிளைவுத் தளம்

தளவிளைவு அடைந்த மற்றும் தளவிளைவு அடையாத ஒளிக்கற்றைகளின் சில பண்புகள் அட்டவணை 6.6 இல் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

6.12.2 தளவிளைவு ஆக்கும் நுட்பங்கள் (Polarisation techniques)

தளவிளைவற்ற ஒளியை, பல்வேறு நுட்பங்களைப் பயன்படுத்தித் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியாக மாற்றலாம். இங்கு, பின்வரும் நான்கு முறைகளைப்பற்றி மட்டும் படிக்கலாம்

(i) தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட உட்கவர்தல் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்
(ii) எதிரொளிப்பின் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்
(iii) இரட்டை ஒளிவிலகலின் மூலம், தளவிளைவு ஆக்கம்
(iv) ஒளிச்சிதறல் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்.

6.12.3 தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட உட்கவர்தல் (அல்லது) தெரிவு உட்கவர்தல் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம் (Polarisation by selective absorption)

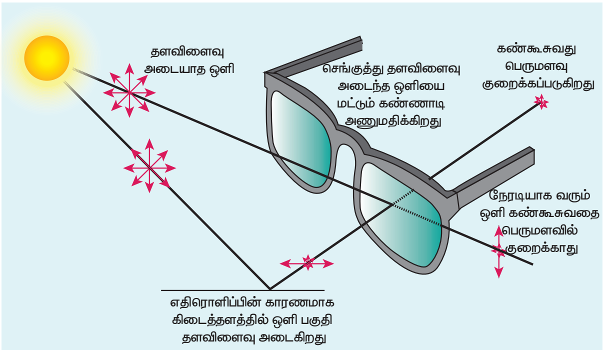
தெரிவு உட்கவர்தல் என்பது பொருளின் ஒரு பண்பாகும். குறிப்பிட்ட ஒருங்கமைவு திசைக்கு இணையாக உள்ள தளத்தில் மட்டும் மின்புல அதிர்வுகளைப் பெற்றுள்ள ஒளி அலைகளைத் தன்வழியே செல்ல அனுமதித்தும், மற்ற அனைத்து ஒளி அலைகளையும் உட்கவரும் பொருளின் இப்பண்பிற்குத் தெரிவு உட்கவர்தல் அல்லது தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட உட்கவர்தல் என்று பெயர்.

போலராய்டுகள் (Polaroids) அல்லது தளவிளைவு ஆக்கிகள் என்பவை, மெல்லிய வணிகரீதியாகப் பயன்படும் தகடுகளாகும். இவை, தெரிவு உட்கவர்தல் பண்பை அடிப்படையாகக் கொண்டு, அதிகச் செறிவு கொண்ட முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளி அலைகளை உருவாக்குகின்றன. தெரிவு உட்கவர்தலை, இருவண்ணத் தன்மை (dichrosim) என்றும் அழைக்கலாம். 1932 இல் அமெரிக்க அறிவியல் அறிஞர் எட்வின் லாண்ட் (Edwin

அட்டவணை 6.6 தளவிளைவு அடைந்த மற்றும் தளவிளைவு அடையாத ஒளிக்கற்றைகளின் சில பண்புகள்

வ. எண்	தளவிளைவு அடைந்த ஒளி	தளவிளைவு அடையாத ஒளி
1	ஒளிக்கதிர்பரவும் திசைக்குச் செங்குத்தாக உள்ள ஒரே ஒரு தளத்தில் மட்டும் மின்புல வெக்டர்கள் அதிர்வுகளைப் பெற்றிருக்கும்	ஒளிக்கதிர் பரவும் திசைக்குச் செங்குத்தாக உள்ள அனைத்து திசைகளிலும் மின்புல வெக்டர்களின் அதிர்வுகள் சமமாகப் பங்கிடப்பட்டிருக்கும்.
2	ஒளிக்கதிர் பரவும் திசையைப் பொருத்து சமச்சீரற்றது	ஒளிக்கதிர் பரவும் திசையைப் பொருத்து சமச்சீரானது.
3	தளவிளைவு ஆக்கிகளைப் பயன்படுத்தி, தளவிளைவு அடையாத ஒளியிலிருந்து, தளவிளைவு அடைந்த ஒளி பெறப்படுகிறது.	மரபான ஒளி மூலங்களிலிருந்து இவ்வகையான ஒளி கிடைக்கிறது.

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 74 9/12/2019 2:12:57 PM

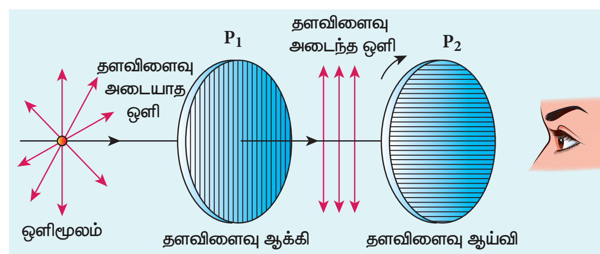


படம் 6.73 போலராய்டு வெயில் காப்பு கண்ணாடிகள்

Land) என்பவர் தகடு வடிவிலான தளவிளைவு ஆக்கிகளை உருவாக்கினார். இயற்கையில் கிடைக்கும் தளவிளைவு ஆக்கி டர்மலைன் (Tourmaline) ஆகும். தளவிளைவு ஆக்கிகளைச் செயற்கையாகவும் உருவாக்கலாம். சிறிய ஊசி வடிவிலான குயினின் அயோடோசல்பேட் (Quinine iodosulphate) படிகங்கள், ஒளியைத் தளவிளைவு ஆக்கும் பண்பினைப் பெற்றுள்ளன எனக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இரண்டு ஒளிபுகும் பிளாஸ்டிக் தகடுகளுக்கு நடுவே அதிக எண்ணிக்கையால் இப்படிகங்களின் அச்சுகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக உள்ளவாறு அமைத்து, அதனைப் போலராய்டாகப் பயன்படுத்தலாம். தற்காலத்தில் பாலிவினைல் ஆல்கஹால் (polyvinyl alcohol) மெல்லேடுகளைப் பயன்படுத்திப் போலராய்டுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இவை, அதிக ஒளிகடத்தும் தன்மை கொண்ட நிறமற்ற படிகங்களாகும். மேலும் சிறந்த முறையில் ஒளியை, தளவிளைவு அடையச் செய்யும். போலராய்டுகள் பல்வேறு வகைகளில் பயன்படுகின்றன. அவற்றில் ஒரு பயன்பாடு படம் 6.73 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

6.12.3.1 தளவிளைவு ஆக்கி மற்றும் தளவிளைவு ஆய்வி (Polarisar and Analyser)

தளைவிளைவு அற்ற ஒளிக்கற்றை ஒன்றைக் கருதுவோம். ஒளிபரவும் திசைக்குச் செங்குத்தாக உள்ள அனைத்துத் திசைகளிலும் தளவிளைவற்ற ஒளிக்கற்றை அதிர்வுகளைப் பெற்றிருக்கும். இது படம் 6.74 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இக்கற்றை P_1 என்ற போலராய்டு வழியே செல்லும்போது ஒரு குறிப்பிட்ட தளத்தில் மட்டும் அதிர்வுகள் அனுமதிக்கப்படுகின்றன. போலராய்டில் இருந்து வெளியேறும் ஒளிக்கற்றை மற்றொரு P_2 என்ற போலராய்டு வழியே செலுத்தப்படுகிறது. ஒளிக்கதிரை அச்சாகக் கொண்டு P_2 போலராய்டைச் சுழற்றும்போது, P_2 போலராய்டின் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் ஒளிச்செறிவு பெருமமாகிறது. இந்த நிலையிலிருந்து போலராய்டை மீண்டும் சுழற்றும்போது ஒளிச்செறிவு குறைய ஆரம்பித்து, P_2 போலராய்டு 90° ஐ அடையும் போது ஒளிச்செறிவு முற்றிலும் மறைந்துவிடுகிறது. மீண்டும் P_2 போலராய்டைச் சுழற்றும்போது மீண்டும் ஒளி தோன்ற ஆரம்பித்து படிப்படியாக ஒளிச்செறிவு அதிகரித்து 180° சுழற்சியில் பெரும ஒளிச்செறிவு கிடைக்கிறது. P_1 போலராய்டில் இருந்து வெளியேறிய ஒளி முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியாகும். தன் வழியே பாயும் தளவிளைவற்ற ஒளியை, முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியாக மாற்றும் போலராய்டுக்குத் (இங்கு P_1) தளவிளைவு ஆக்கி என்றுபெயர். தன் வழியே பாயும் ஒளியை, தளவிளைவு அடைந்த ஒளியா? அல்லது தளவிளைவு அடையாத ஒளியா? என ஆய்வு செய்யும் போலராய்டுக்கு (இங்கு P_2) தளவிளைவு ஆய்வி என்று பெயர்.



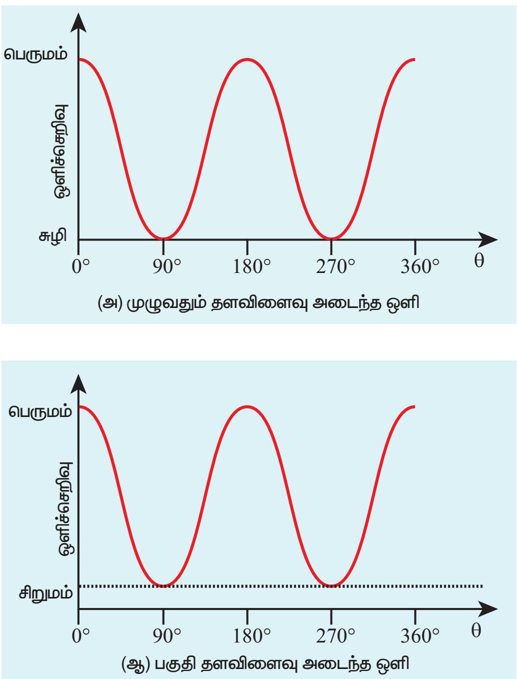
படம் 6. 74 தளவிளைவு ஆக்கி மற்றும் தளவிளைவு ஆய்வி

தளவிளைவு அற்ற ஒளியின் செறிவு (I) எனில், முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியின் செறிவு $\left(\frac{I}{2}\right)$வாக இருக்கும். மற்றொரு பங்கு ஒளிச்செறிவானது, தளவிளைவு ஆக்கியால் தடுக்கப்படுகிறது.

16.12.3.2 முழுவதும் மற்றும் பகுதி தளவிளைவு அடைந்த ஒளி

தளவிளைவு ஆய்வி சுழியிலிருந்து 90° வரை ஒவ்வொருமுறை சுழற்றும் போதும், ஒளிச்செறிவு சுழிக்கும் பெருமத்திற்கும் இடையில் மாற்றமடைந்தால், அவ்வொளியை முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளி என அழைக்கலாம். இது படம்6.75(அ)இல்காட்டப்பட்டுள்ளது. இதற்குக்காரணம் ஓர் அச்சில் அதிர்வுகள் அனுமதிக்கப்படுகின்றன. இவ்வச்சுக்குச் செங்குத்தாக உள்ள அச்சில் அதிர்வுகள் முற்றிலும் தடுக்கப்படுகின்றன. வேறு வகையில் கூறுவோமாயின், **தளவிளைவு ஆய்வியின் ஒவ்வொரு 90° சுழற்சிக்கும் ஒளிச்செறிவு பெருமத்திற்கும் சிறுமத்திற்கும் இடையில்**

மாற்றமடைந்தால் அந்த ஒளியைப் பகுதி தளவிளைவு அடைந்த ஒளி என அழைக்கலாம். இது படம் 6.75 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதற்குக் காரணம் குறிப்பிட்ட அச்சில் ஒளி முற்றிலும் தடுக்கப்படாததே ஆகும். எனவே, குறைந்த செறிவு தோன்றுகிறது.



படம் 6.75 தளவிளைவினால் ஏற்படும் செறிவு மாறுபாடு

6.12.3.3 மாலஸ் (Malus') விதி

தளவிளைவு ஆய்வியை படுகதிரின் திசைக்கு செங்குத்தான திசையில் ஒரு குறிப்பிட்டக் கோணத்திற்கு சுழற்றி, முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியைத் தளவிளைவு ஆய்வி வழியாகப் பார்க்கும்போது, வெளியேறும் ஒளியின் செறிவில் ஒரு மாற்றம் ஏற்படும். (I_0) செறிவு கொண்ட முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளி, தளவிளைவு ஆய்வியில் விழுந்து (I) செறிவு கொண்ட ஒளியாக தளவிளைவு ஆய்வியிலிருந்து வெளியேறும்போது, அதன் செறிவு தளவிளைவு ஆக்கி மற்றும் தளவிளைவு ஆய்வியின் பரவு தளங்களுக்கு இடையே உள்ள கோணத்தின் கொசைன் மதிப்பின் (θ) இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். இதற்கு மாலஸ் விதி என்று பெயர்.1809 இல் பிரஞ்சு அறிஞர் E.N. மாலஸ் இதனைக்கண்டறிந்தார். இது படம் 6.76 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

$$I = I_0 \cos^2\theta \qquad (6.167)$$

மாலஸ் விதியின் நிரூபணம் பின்வருமாறு, தளவிளைவு ஆக்கி மற்றும் தளவிளைவு ஆய்வியின் தளங்கள் படம் 6.77 இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒன்றுக்கொன்று θ கோணத்தில் சாய்ந்துள்ளன எனக்கருதுக. தளவிளைவு ஆக்கியிலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் மின்புல வெக்டரின் செறிவை (I_0) எனவும், அதன் வீச்சை (a) எனவும் கொள்க. படும் ஒளியின் வீச்சு (a) இரண்டு கூறுகளைப் பெற்றுள்ளது அவை $a\cos\theta$ மற்றும் $a\sin\theta$ ஆகும். இவை முறையே தளவிளைவு ஆய்வியின் பரவுதளத்திற்கு (Plane of transmission) இணையாகவும், செங்குத்தாகவும் உள்ளன.

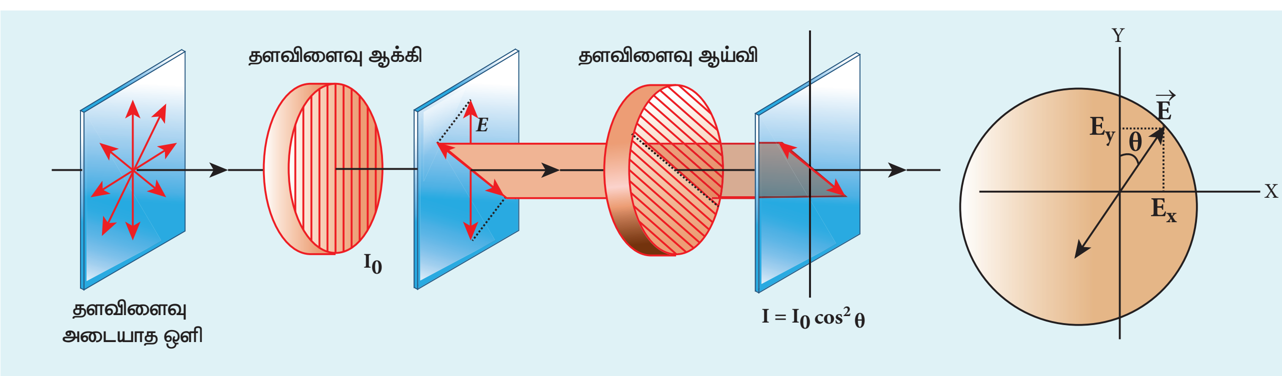
$a\cos\theta$ கூறு மட்டும் தளவிளைவு ஆய்வியின் வழியாக வெளியேறும். தளவிளைவு ஆய்வியின் வழியாக வெளியேறும் ஒளியின் செறிவு, தளவிளைவு ஆய்வியின் வழியாக வெளியேறும் வீச்சுக்கூறின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$I \propto (a\cos\theta)^2$$

$$I = k(a\cos\theta)^2$$

இங்கு k என்பது விகிதமாறிலி

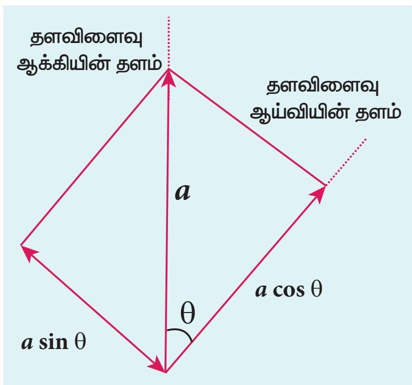
$$I = ka^2\cos^2\theta$$



படம் 6.76 மாலஸ் விதி

$I = I_0 \cos^2 \theta$

இங்கு, $I_0 = ka^2$ என்பது, தளவிளைவு ஆய்வியின் வழியாக வெளியேறும் ஒளியின் பெரும ஒளிச்செறிவாகும்.



படம் 6.77 மாலஸ் விதி

சிறப்பு நேர்வுகள் பின்வருமாறு .

நேர்வு (i) $\theta = 0^\circ$ அல்லது 180° எனில் $\cos 0^\circ = 1$, எனவே, $I = I_0$

தளவிளைவு ஆக்கி மற்றும் தளவிளைவு ஆய்வியின் பரவு அச்சுகள் திசைகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக அல்லது எதிர் இணையாக உள்ளபோது, தளவிளைவு ஆய்வியின் வழியாக வெளியேறும் ஒளியின் செறிவும், தளவிளைவு ஆக்கியின் மீது விழும் ஒளியின் செறிவும் சமமாகும்.

நேர்வு (ii) $\theta = 90^\circ$ எனில் $\cos 90^\circ = 0$, எனவே, $I = 0$

தளவிளைவு ஆக்கி மற்றும் தளவிளைவு ஆய்வியின் பரவு அச்சுகள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக உள்ள போது, தளவிளைவு ஆய்வியின் வழியாக வெளியேறும் ஒளியின் செறிவு சுழியாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.37

இரண்டு போலராய்டுகளின் பரவு அச்சுகள் ஒன்றுக்கொன்று 30° கோணத்தில் சாய்ந்துள்ள நிலையில், I செறிவு கொண்ட தளவிளைவு அற்ற ஒளி முதல் போலாராய்டின் மீது விழுகின்றது. இரண்டாவது போலாராய்டில் இருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவினைக் காண்க

தீர்வு

முதல் போலாராய்டின் மீது விழும் ஒளியின் செறிவை (I) என்க. இந்தப் போலாராய்டிலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவு $I_0 = \left(\frac{I}{2}\right)$ ஆகும்.

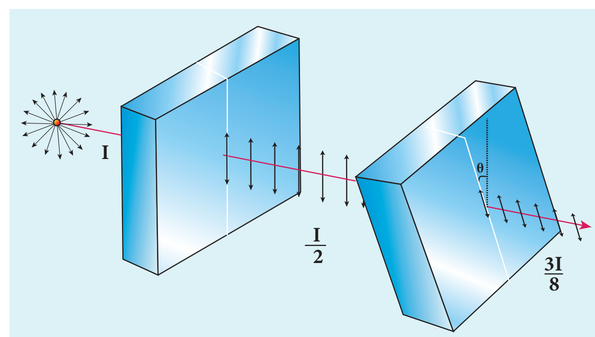
இரண்டாவது போலாராய்டிலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவை I' எனக்கொண்டால்

மாலசின் விதிப்படி, $I' = I_0 \cos^2 \theta$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும் போது,

$$I' = \left(\frac{I}{2}\right)\cos^2(30^\circ) = \left(\frac{I}{2}\right)\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = I\frac{3}{8}$$

$$I' = \left(\frac{3}{8}\right)I$$



எடுத்துக்காட்டு 6.38

ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக (பரவு அச்சுகள் 90° கோணத்தில் உள்ள) இரண்டு போலராய்டுகள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்வமைப்பினைக் கொண்டு பின்வருவனவற்றைக் காண்க.

(i) முதல் போலராய்டின் மீது (I) ஒளிச்செறிவு கொண்ட ஒளி விழுந்தால், இரண்டாவது போலாராய்டிலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவு என்ன?

(ii) இரண்டு போலராய்டுகளுக்கும் 45° சாய்ந்த நிலையில், மூன்றாவது போலராய்டு ஒன்றை அவற்றின் நடுவே வைத்தால் இரண்டாவது போலாராய்டிலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவைக் காண்க.

தீர்வு

முதல் போலராய்டின் மீது விழும் ஒளியின் செறிவை (I) என்க. இந்த போலராய்டில் இருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவை I' எனக் கருதினால்

மாலசின் விதிப்படி, $I' = I_0 \cos^2 \theta$

இங்கு பரவு அச்சுகள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்து. எனவே, $\theta = 90^\circ$

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 77 9/12/2019 2:13:01 PM

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$I' = \left(\frac{I}{2}\right)\cos^2\left(90^\circ\right) = 0 \quad \left[\therefore \cos\left(90^\circ\right) = 0\right]$$

இரண்டாவது போலராய்டில் இருந்து எவ்வித ஒளியும் வெளிவராது.

(ii) முதல் போலராய்டை P_1 எனவும் இரண்டாவது போலராய்டை P_2 எனவும் கருதுக. இவ்விரண்டும் 90^o கோணத்தில் ஒருங்கமைத்துள்ளன. மூன்றாவது போலராய்டு P_3 இவற்றுக்கு நடுவே 45^o கோணத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. P_3 யிலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவை I' என்க.

P_1 மற்றும் P_3 க்கு இடையேயான கோணம் 45^o

P_3யிலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவு $I' = I_0 \cos^2\theta$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும் போது,

$$I' = \left(\frac{I}{2}\right)\cos^2(45^\circ) = \left(\frac{I}{2}\right)\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{I}{4'};\ I' = \frac{I}{4}$$

P_3 மற்றும் P_2 க்கு இடையே உள்ள கோணம் 45^o.

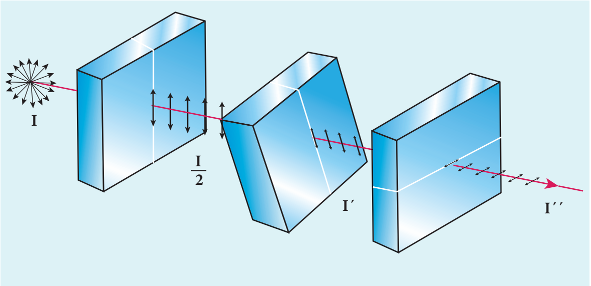
P_2 விலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவு, $I'' = I' \cos^2\theta$

இங்கு P_2 மற்றும் P_3 க்கு நடுவே தோன்றும் ஒளியின் செறிவு $\frac{I}{4}$ ஆகும்.

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும் போது,

$$I'' = \left(\frac{I}{4}\right)\cos^2(45^\circ) = \left(\frac{I}{4}\right)\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{I}{8}$$

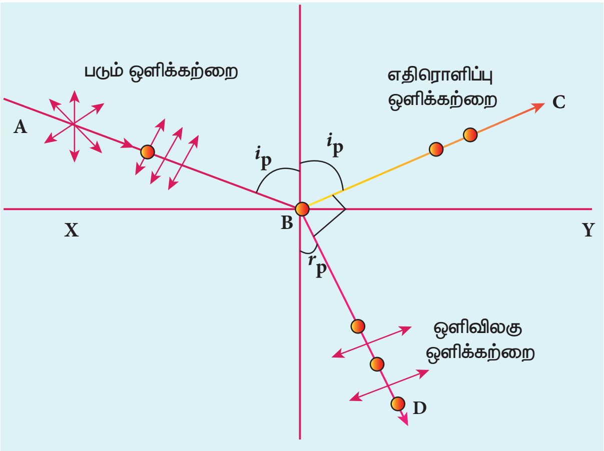
$$I'' = \frac{I}{8}$$



6.12.3.4 போலாராய்டுகளின் பயன்கள்

1. போலராய்டுகள், கண் கூசுவதைத் தடுக்கும் கண்ணாடிகளாகவும், புகைப்படக்கருவிகளில் ஒளிவடிப்பானாகவும் மேலும் வெயில் காப்புக் கண்ணாடிகளிலும் பரவலாக பயன்படுகின்றன.
2. முப்பரிமாண திரைப்படக்காட்சிகளை அதாவது ஹாலோகிராபியை உருவாக்க போலராய்டுகள் பயன்படுகின்றன.
3. பழைய எண்ணெய் ஓவியங்களில் நிறங்களை வேறுபடுத்தி அறிய போலராய்டுகள் பயன்படுகின்றன.
4. போலராய்டுகள் ஒளித் தகைவு பகுப்பாய்வில் (Optical Stress analysis) பயன்படுகின்றன.
5. ஜன்னல் கண்ணாடிகளில் போலராய்டுகளைப் பயன்படுத்தி, அறையின் உள்ளே வரும் ஒளியின் செறிவைக் கட்டுப்படுத்தலாம்.
6. தளவிளைவடைந்த லேசர் கற்றை, ஊசிமுனை போன்று செயல்பட்டு, குறுந்தகடுகளைப் (CDs) படிக்க அல்லது அவற்றில் செய்திகளைப் பதிவு செய்ய பயன்படுகின்றன.
7. திரவ படிகத் திரையில் (LCD) பயன்படும், தளவிளைவு அடைந்த ஒளியை உருவாக்க போலராய்டுகள் பயன்படுகின்றன.

6.12.4 எதிரொளிப்பின் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்



படம் 6.78 ஒளி எதிரொளிப்பின் மூலம் தளவிளைவு

முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியை உருவாக்கப் பயன்படும் மிக எளியமுறை எதிரொளிப்பு ஆகும். X, Y என்ற எதிரொளிக்கும் கண்ணாடிப் பரப்பின் மீது, AB என்ற தளவிளைவு அற்ற ஒளிக்கற்றை ஒன்று குறிப்பிட்ட கோணத்தில் விழுகிறது எனக்கருதுக. AB ஒளிக்கற்றையில் படத்தின் தளத்திற்கு இணையாக உள்ள அதிர்வுகள் அம்புக்குறிகளினாலும், படத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தான மற்றும் எதிரொளிக்கும் பரப்பிற்கு இணையான அதிர்வுகள் புள்ளிகளினாலும் குறிப்பிட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவை படம் 6.78 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன. படும் ஒளியின் ஒரு பகுதி

எதிரொளித்து BC வழியாகவும், மற்றொரு பகுதி BD வழியாக ஒளிவிலகலும் அடைகிறது. தளவிளைவு ஆய்வி ஒன்றைப் பயன்படுத்தி எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளியை ஆய்வு செய்யும்போது, அந்த ஒளி, பகுதி தளவிளைவு அடைந்துள்ளது என அறியப்பட்டது. படும் ஒளிக் கற்றையை ஒரு குறிப்பிட்டக் கோணத்தில் விழச்செய்யும்போது (கண்ணாடிக்கு 57.5^0) எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளி முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்திருக்கும். **எந்தக் குறிப்பிட்ட படுகோண மதிப்பிற்கு எதிரொளிப்பு அடைந்த கதிர் முற்றிலும் தளவிளைவு அடைந்ததோ, அந்தப் படுகோணமே தளவிளைவுக் கோணமாகும் i_p.**

6.12.4.1 புருஸ்டர் விதி

1808 இல் மாலஸ் என்ற அறிஞர், ஒளிபுகும் ஊடகத்தின் பரப்பில்பட்டு எதிரொளிப்பு அடைந்த சாதாரண ஒளிக்கதிர், பகுதி தளவிளைவு அடைகிறது என கண்டறிந்தார். மேலும், ஒளியின் தளவிளைவு படுகோணத்தைச் சார்ந்தது. ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோணமதிப்பிற்கு, எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளி முழுவதும் தளவிளைவு அடையும். எந்த ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோண மதிப்பிற்கு, தளவிளைவு அடையாத ஒளிக்கற்றை, ஒளிபுகும் பரப்பில் பட்டு எதிரொளிப்பு அடைந்து முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியாக மாறுகிறதோ, அந்தப் படுகோணமே தளவிளைவுக் கோணம் அல்லது புருஸ்டர் கோணம் (i_p) ஆகும். மேலும் பிரிட்டிஷ் அறிஞர் சர் டேவிட் புருஸ்டர், தளவிளைவுக் கோணத்தில் எதிரொளிப்பு அடைந்த மற்றும் ஒளிவிலகல் அடைந்த ஒளிக்கதிர்கள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்து எனக் கண்டறிந்தார். (i_p) என்பது தளவிளைவுப் படுகோணம் எனவும், (r_p) என்பது இதற்கான ஒளிவிலகு கோணம் எனவும் கருதினால், படம் 6.78 இல் இருந்து

$$i_p + 90^0 + r_p = 180^0 \qquad (6.168)$$

$$r_p = 90^0 - i_p \qquad (6.169)$$

ஸ்னெல் விதியிலிருந்து ஒளிபுகும் ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்

$$\frac{\sin i_p}{\sin r_p} = n \qquad (6.170)$$

இங்கு n என்பது ஒளிவிலகல் எண்ணாகும்.

சமன்பாடு 6.169 இருந்து r_p யின் மதிப்பைப் பிரதியிடும் போது பின்வரும் சமன்பாடு கிடைக்கும்.

$$\frac{\sin i_p}{\sin(90^\circ - i_p)} = \frac{\sin i_p}{\cos i_p} = n$$

$$\tan i_p = n \qquad (6.171)$$

இத்தொடர்புக்கு புருஸ்டர் விதி என்று பெயர். புருஸ்டர் விதியின்படி, ஒளிபுகும் ஊடகத்தின் தளவிளைவுக் கோணத்தின் டேஞ்சன்ட் மதிப்பு, அந்த ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணிற்குச் சமமாகும். புருஸ்டர் கோணத்தின் மதிப்பு, ஒளி புகும் ஊடகத்தின் தன்மையையும், பயன்படுத்தப்படும் ஒளியின் அலைநீளத்தையும் சார்ந்தது.

எடுத்துக்காட்டு 6.39

பின்வருவனவற்றின் தளவிளைவுக் கோணங்களைக் காண்க.

ஒளிவிலகல் எண் 1.5 கொண்ட கண்ணாடி மற்றும் 1.33 ஒளிவிலகல் எண்கொண்ட தண்ணீர்

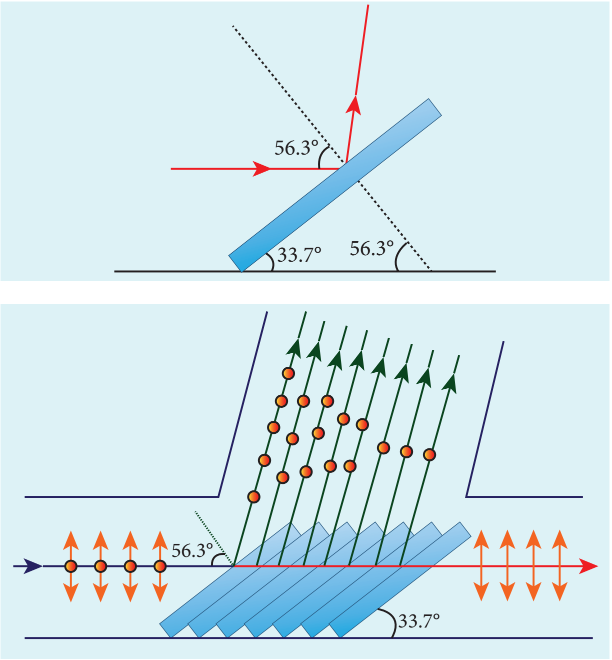
தீர்வு

புருஸ்டர் விதியிலிருந்து, $\tan i_p = n$

கண்ணாடிக்கு, $\tan i_p = 1.5;\ i_p = \tan^{-1} 1.5;\ i_p = 56.3^\circ$

தண்ணீருக்கு, $\tan i_p = 1.33;\ i_p = \tan^{-1} 1.33;\ i_p = 53.1^\circ$

6.12.4.2 தட்டடுக்குகள் (Pile of Plates)



படம் 6.79 தட்டடுக்கு

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 79 9/12/2019 2:13:05 PM

எதிரொளிப்பின் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கல் நிகழ்வின் அடிப்படையில் தட்டடுக்குகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. அதிக எண்ணிக்கையில் கண்ணாடித் தகடுகள் படம் 6.79 இல் காட்டியுள்ளவாறு குழாய் ஒன்றின் உள்ளே ஒன்றின் மீது மற்றொன்று சாய்த்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. இக்கண்ணாடித்தகடுகள் குழாயின் அச்சுக்கு 33.7° கோணத்தில் $(90^{\circ}-56.3^{\circ})$ உள்ளன. குழாயின் அச்சுக்கு இணையாக வரும் தளவிளைவு அற்ற ஒளிக்கற்றை தட்டடுக்கின் மீது விழச்செய்யப்படுகிறது. எனவே, படுகோணம் 56.3° ஆகும். இப்படுகோணம் கண்ணாடியின் தளவிளைவுக் கோணமாகும். படுதளத்திற்குச் செங்குத்தான அதிர்வுகள் ஒவ்வொரு கண்ணாடிப் பரப்பினாலும் எதிரொளிக்கப்பட்டும், இணையான அதிர்வுகள் பரப்பின் வழியே ஊடுருவியும் செலகின்றன. பரப்புகளின் எண்ணிக்கை அதிகமாக இருந்தால் எதிரொளிப்பு அடைந்து முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியின் செறிவும் அதிகரிக்கும். தட்டடுக்கு தளவிளைவு ஆக்கியாகவும், தளவிளைவு ஆய்வியாகவும் பயன்படுகின்றது.

எடுத்துக்காட்டு 6.40

கிடைத்தளத்திற்கு இணையாகச் செல்லும் தளவிளைவற்ற ஒளிக்கற்றை, ஒளிவிலகல் எண் 1.65 கொண்ட கண்ணாடிப் பரப்பின் மீது பட்டு எதிரொளிப்பு அடைகிறது. எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளிக்கற்றை முழுவதும் தளவிளைவு அடைய வேண்டுமெனில், கண்ணாடிபரப்பு கிடைத்தளத்துடன் எந்தக் கோணத்தில் சாய்த்துவைக்கப்பட வேண்டும்?

தீர்வு

கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல் எண் $n = 1.65$

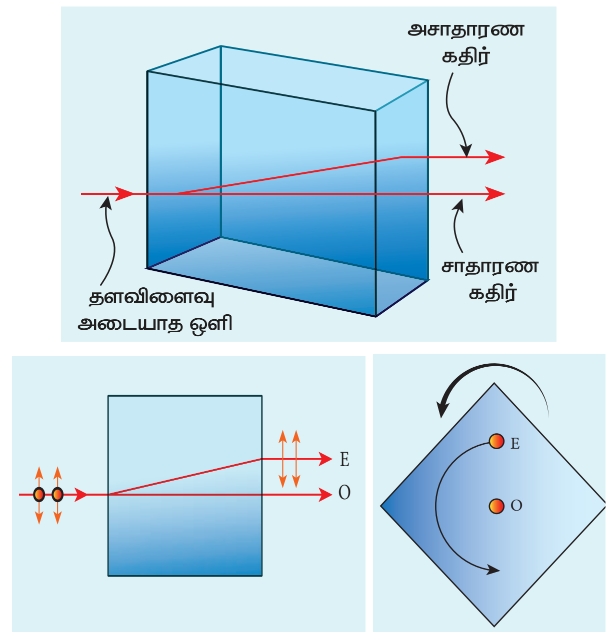
புருஸ்டர் விதிப்படி, $\tan i_p = n$

$\tan i_p = 1.65;\ i_p = \tan^{-1} 1.65;\ i_p = 58.8^{0}$

கிடைத்தளத்துடன் சாய்த்து வைக்கப்பட வேண்டிய கோணம், $(90^{0} - 58.8^{0}) = 31.2^{0}$

6.12.5 இரட்டை ஒளி விலகலின் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்

எராஸ்மஸ் பார்தோலினஸ் (Erasmus Bartholinus) என்ற டச்சு இயற்பியல் அறிஞர், **தளவிளைவற்ற ஒளிக்கற்றை கால்சைட் படிகத்தின் மீது விழும் போது இரண்டு ஒளிவிலகல் கதிர்களாகப் பிரிகை அடைகிறது எனக் கண்டறிந்தார். எனவே, ஒரு பொருளுக்கு இரண்டு பிம்பங்கள் தோன்றுகின்றன, இந்த நிகழ்ச்சிக்கு இரட்டை ஒளிவிலகல் என்று பெயர்.** இது படம் 6.80 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. குவார்ட்ஸ், மைக்கா போன்ற மற்ற பொருள்களிலும் இப்பண்பு காணப்படுகிறது.



படம் 6.80 இரட்டை ஒளிவிலகல்

புள்ளி ஒன்றினை கால்சைட் படிகத்தின் வழியே செங்குத்தாய் பார்க்கும்போது இரண்டு பிம்பங்கள் தோன்றும், படிகத்தைச் சுழற்றும் போது ஒரு பிம்பம் நிலையாகவும் மற்றொரு பிம்பம், நிலையான பிம்பத்தை சுற்றியும் வருகிறது. நிலையாக உள்ள பிம்பத்திற்குச் சாதாரண பிம்பம் என்று பெயர் *O*. இப்பிம்பம் ஒளிவிலகல் விதிகளுக்கு உட்படும் ஒளிவிலகு கதிரினால் ஏற்படுகிறது. மற்றொரு பிம்பம் அசாதாரண பிம்பமாகும் *E*. இப்பிம்பம் ஒலிவிலகல் விதிகளுக்கு உட்படாத ஒளிவிலகு கதிரினால் ஏற்படுகிறது. இந்த அசாதாரண ஒளிக்கதிர் முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த கதிர் எனக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இரட்டை ஒளிவிலகல் ஏற்படும் படிகத்தின் உள்ளே சாதாரணக்கதிர் அனைத்துத் திசைகளிலும் ஒரே திசைவேகத்தில் செல்கிறது. ஆனால், அசாதாரணக்கதிர் ஒவ்வொரு திசையிலும் வெவ்வேறு திசைவேகங்களில் செல்கிறது. இரட்டை ஒளிவிலகல் ஏற்படும் படிகத்தின் உள்ளே உள்ள, புள்ளி ஒளி மூலம் ஒன்று சாதாரணக்கதிருக்குக் கோளக அலைமுகப்பையும்,

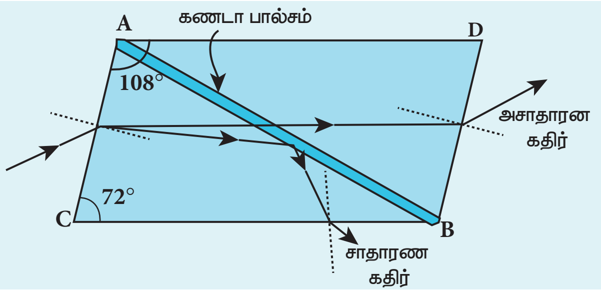
அசாதாரண கதிருக்கு நீள்வட்ட அலைமுகப்பையும் உருவாக்கும். படிகத்தின் உள்ளே ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் இவ்விரண்டு கதிர்களும் ஒரே திசைவேகத்தில் செல்கின்றன. அந்தத் திசைக்கு ஒளியியல் அச்சு என்று பெயர். ஒளியியல் அச்சில், இரண்டு கதிர்களும் ஒரே ஒளிவிலகல் எண்ணைப் பெற்றிருக்கும். மேலும், இந்த அச்சில் இரட்டை ஒளிவிலகலும் ஏற்படாது.

6.12.6 ஒளியியல் செயல்புரியும் படிகங்களின் வகைகள்

கால்சைட், குவார்ட்ஸ், டர்மலைன் மற்றும் பனிக்கட்டி போன்ற படிகங்கள் ஒரே ஒரு ஒளியியல் அச்சைப் பெற்றுள்ளன. எனவே, அவை ஓரச்சுப்படிகங்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

மைக்கா, புஷ்பராகம் (Topaz) செலினைட், அராகோனைட் போன்ற படிகங்கள் இரண்டு ஒளியியல் அச்சுகளைப் பெற்றுள்ளன. எனவே அவை ஈரச்சுப்படிகங்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

6.12.7 நிகோல் பட்டகம்



படம் 6.81 நிகோல் பட்டகம்

நிகோல் (Nicol) பட்டகம், கால்சைட் படிகத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட ஒரு ஒளியியல் கருவியாகும். இது மற்ற ஒளியியல் கருவிகளுடன் இணைந்து முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியை உருவாக்கவும், ஆய்வு செய்து பார்க்கவும் பயன்படுகிறது. நிகோல் பட்டகம் இரட்டை ஒளிவிலகல் நிகழ்வின் அடிப்படையில் செயல்படுகிறது. இதனை 1828 இல் வில்லியம் நிகோல் என்ற அறிஞர் உருவாக்கினார். அகலத்தைப்போன்று மூன்றுமடங்கு நீளம் கொண்ட கால்சைட் படிகத்தினால் பொதுவாக நிகோல் பட்டகங்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. படம் 6.81 இல் கட்டியுள்ளவாறு *ABCD* என்பது கால்சைட் படிகத்தின் முதன்மைப் பிரிவைக் குறிக்கும். படிகத்தின் முகக்கோணங்கள் (Face angles) 72° மற்றும் 108° உள்ளவாறு மூலைவிட்டத்தின் வழியே இரண்டு துண்டுகளாக வெட்டப்படுகிறது. இவ்விரண்டு துண்டுகளும் கனடா பால்சம் என்ற ஒளிபுகும் சிமெண்ட் கொண்டு மீண்டும் ஒன்றுடன் ஒன்று ஒட்டப்படுகின்றன.

சோடியம் ஆவிவிளக்கு போன்ற ஒற்றை நிற ஒளிமூலம் ஒன்றிலிருந்து வரும் தளவிளைவற்ற ஒளி, நிகோல் பட்டகத்தின் முகம் *AC* யில் விழுகிறது எனக்கருதுக. இந்த ஒளி இரட்டை ஒளிவிலகல் அடைந்து சாதாரண மற்றும் அசாதாரண கதிர்களாகப் பிரிகை அடைந்து வெவ்வேறு திசைவேகங்களில் செல்கின்றன. சாதாரண ஒளிக்குப் (ஒற்றை நிற சோடிய ஒளி) படிகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் 1.658, அசாதாரண ஒளிக்கு ஒளிவிலகல் எண் 1.486. இதே அலைநீளம் கொண்ட ஒளிக்குக் கனடா பால்சத்தின் ஒளிவிலகல் எண் 1.523. எனவே, கனடா பால்சம் ஒளியைத் தளவிளைவு அடையச்செய்வதில்லை.

கானடா பால்சத்தினால், சாதாரண ஒளி முழு அக எதிரொளிப்பு அடைந்து, படிகத்தின் மற்றொரு முகம் வழியாக வெளியேறாமல் தடுக்கப்படுகிறது. முழு தளவிளைவு அடைந்த அசாதாரண ஒளி மட்டும் படிகத்தின் வழியாக வெளியேறுகிறது.

<u>நிகோல் பட்டகத்தின் பயன்கள்</u>

(i) இது முழுதளவிளைவு அடைந்த ஒளியை உருவாக்குகிறது. அதாவது தளவிளைவு ஆக்கியாகச் செயல்படுகிறது.

(ii) முழுதளவிளைவு அடைந்த ஒளியைச் சோதித்துப் பார்ப்பதற்கும் இது பயன்படுகிறது. அதாவது, தளவிளைவு ஆக்கியாகச் செயல்படும்.

<u>நிகோல் படிகத்தின் குறைபாடுகள்</u>

(i) அளவில் பெரிய, குறைபாடற்ற கால்சைட் படிகங்கள் கிடைப்பது அரிது. எனவே, நிகோல் படிகத்தின் விலை மிக அதிகம்.

(ii) அசாதாரணக் கதிர் சாய்ந்த நிலையில் படிகத்தின்வழியேசெல்வதால்,படிகத்திலிருந்து வெளியேறும் முழு தளவிளைவு அடைந்த ஒளிக்கதிர் எப்பொழுதும் ஒரு பக்கமாக விலகல் அடைந்திருக்கும்.

(iii) ஒரு குறிப்பிட்ட வரம்பில் மட்டுமே இதனைப் பார்க்க முடியும்.

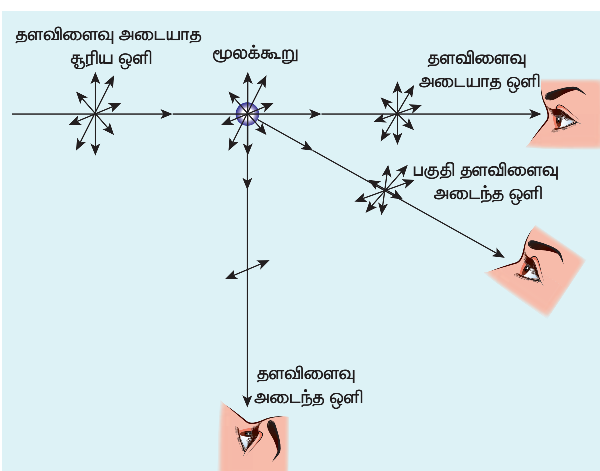
(iv) நிகோல் பட்டகத்திலிருந்து வெளியேறும் ஒளிக்கதிர், சீராக முழுதளவிளைவு அடைந்திருக்காது.

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 81 9/12/2019 2:13:07 PM

6.12.8 ஒளிச் சிதறலின் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்

போலராய்டு ஒன்றினை சுழற்றிக்கொண்டே அதன் வழியாகத் தெளிவான நீலவானத்தைப் பார்க்கும்போது, ஒளிச்செறிவில் மாற்றம் ஏற்படுவதைக் காணலாம். இதற்குக் காரணம், சூரியஒளி வளிமண்டலத்தில் உள்ள மூலக்கூறுகளுடன் மோதும்போது அதன் திசையில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. (ஒளிச்சிதறல் ஏற்படுகிறது). தளவிளைவற்ற சூரிய ஒளி படம் 6.81 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வாயு மூலக்கூறுகளில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் படும் ஒளியின் மின்புலத்துடன் இடைவினை புரிகின்றன. இதன் விளைவாக மூலக்கூறுகளில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் இரண்டு திசைகளில் இயக்கக் கூறுகளைப் பெறும்.

சூரியனுக்குச் செங்குத்தாக 90° கோணத்தில் பார்க்கும் ஒருவரைக் கருதுவோம். இணையாக முடுக்கமடையும் மின்துகள்கள் பார்வையாளருக்கு ஆற்றலை கதிர்வீசாது. ஏனெனில், மின்துகளின் முடுக்கத்தில் செங்குத்துக்கூறுகள் இல்லை. எனவே, இம்மின்துகள்களினால் சிதறல் அடையும் கதிர்வீச்சுகள் படம் 6.82 இன் தளத்திற்குச் செங்குத்தாகத் தளவிளைவு அடைகின்றன. இது ஒளிச்சிதறலின் மூலம் எவ்வாறு தளவிளைவு ஏற்படுகின்றது என்பதை விளக்குகிறது



படம் 6.82 ஒளிச்சிதறலினால் நிகழும் தளவிளைவு

6.13 ஒளியியல் கருவிகள் (Optical Instruments)

நாம் அன்றாட வாழ்வில் பல்வேறு ஒளியியல் கருவிகளைப் பயன்படுத்துகின்றோம். அவற்றுள் நுண்ணோக்கி, தொலைநோக்கி, நிறமாலைமானி மற்றும் மனித விழிகளைப் பற்றி நாம் படிக்க உள்ளோம்.

6.13.1 எளிய நுண்ணோக்கி

ஒரு எளிய நுண்ணோக்கி என்பது, குறைந்த குவியத்தூரம் கொண்ட ஒரு உருப்பெருக்கும் (குவிக்கும்) லென்ஸ் ஆகும். பொருளின் நேரான, உருப்பெருக்கப்பட்ட மாய பிம்பத்தைப்பெறுவதே இதன் அடிப்படை நோக்கமாகும். இங்கு இரண்டு விதமான உருப்பெருக்கங்களைப்பற்றி படிக்க உள்ளோம்.

(1) அண்மைப்புள்ளி புள்ளியில் குவியப்படுத்துதல் – பொருளின் பிம்பம் அருகிலுள்ள ஒரு புள்ளியில் தோன்றும். அதாவது, சாதாரண கண்களுக்கு 25 cm தொலைவில் பிம்பம் தோன்றும். இத்தொலைவிற்கு தெளிவுறு காட்சியின் மீச்சிறுதொலைவு (D) என்று பெயர். இந்த நிலை கண்களுக்கு வசதியாக இருந்தபோதிலும், சற்றே சிரமத்தை ஏற்படுத்தும். இது படம் 6.83 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

(2) இயல்பு நிலை குவியப்படுத்துதல் – பொருளின் பிம்பம் ஈறில்லாத் தொலைவில் தோன்றும். இந்த நிலையில் கண்களுக்கு எவ்வித சிரமமும் இன்றிப் பிம்பத்தை வசதியாகப் பார்க்கமுடியும் இதுபடம் 6.84 (ஆ)வில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

6.13.1.1 அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்தலுக்கான உருப்பெருக்கம்

அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்தல் படம் 6.83 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. லென்சின் குவியத்தூரத்திற்கு f குறைவான தொலைவில் பொருள் உள்ளது. அதன் தொலைவு u ஆகும். பிம்பம், மீச்சிறுதொலைவில் D அதாவது, அண்மைப் புள்ளியில் தோன்றுகிறது. உருப்பெருக்கத்திற்கான சமன்பாடு,

$$m = \frac{v}{u} \tag{6.172}$$

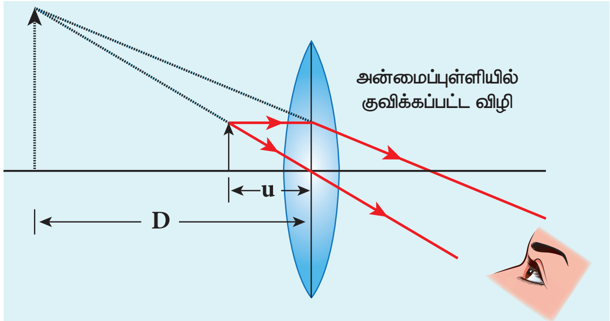
லென்ஸ் சமன்பாட்டினைப் பயன்படுத்தி, $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$, உருப்பெருக்கத்தைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்

$$m = 1 - \frac{v}{f} \tag{6.173}$$

குறியீட்டு மரபினைப் பயன்படுத்தி v யின் மதிப்பை பிரதியிடும்போது, $v = -D$. எனவே,

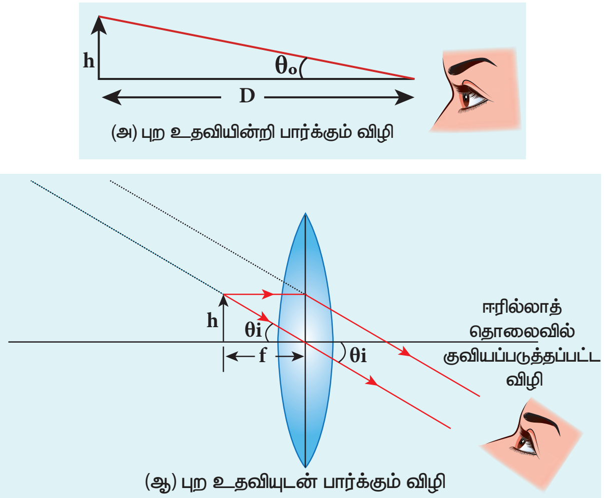
$$m = 1 + \frac{D}{f} \qquad (6.174)$$

மேற்கண்ட சமன்பாடு, அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்தலுக்கான உருப்பெருக்கத்தைத் தருகிறது.



படம் 6.83 அண்மைப்புள்ளி குவியமாக்கல்

6.13.1.2 இயல்புநிலை குவியப்படுத்தலுக்கான உருப்பெருக்கம் (கோண உருப்பெருக்கம்)



படம் 6.84 இயல்புநிலை குவியப்படுத்தல்

இயல்புநிலை குவியப்படுத்துதல் படம் 6.84(ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. பிம்பம் ஈறில்லாத் தொலைவில் உள்ளபோது ஏற்படும் உருப்பெருக்கத்தைத் தற்போது காணலாம். பிம்பத்திற்கும், பொருளுக்கும் உள்ள விகிதம் $\left(m = \frac{h'}{h}\right)$ உருப்பெருக்கத்தைக் கொடுக்கும். ஈறில்லாத் தொலைவில் மற்றும் ஈறில்லா அளவில் ஏற்படும் பிம்பத்திற்கான நடைமுறைத் தொடர்பினை பெற இயலாது. எனவே, நாம் கோண உருப்பெருக்கத்தை இங்குப் பயன்படுத்தலாம். லென்சின் உதவியால் பார்க்கப்படும் பிம்பம் எற்படுத்தியக் கோணத்திற்கும் θ_i லென்சின் உதவியின்றி வெறும் கண்களினால் பார்க்கப்படும் பொருள் ஏற்படுத்தியக் கோணத்திற்கும் θ_0 உள்ள விகிதத்திற்கு, கோண உருப்பெருக்கம் என்று பெயர்.

$$m = \frac{\theta_i}{\theta_0} \qquad (6.175)$$

படம் 6.84 (அ) வில் காட்டியுள்ளவாறு, வெறும் கண்களினால் பார்க்கப்படும் பொருளுக்கு,

$$\tan\theta_0 \approx \theta_0 = \frac{h}{D} \qquad (6.176)$$

படம் 6.84 (ஆ)வில் காட்டியுள்ளவாறு, லென்சின் உதவியால் பார்க்கப்படும் பிம்பத்திற்கு

$$\tan\theta_i \approx \theta_i = \frac{h}{f} \qquad (6.177)$$

கோண உருப்பெருக்கம், $m = \frac{\theta_i}{\theta_0} = \frac{h/f}{h/D}$

$$m = \frac{D}{f} \qquad (6.178)$$

மேற்கண்ட சமன்பாடு, இயல்புநிலை குவியப்படுத்தலுக்கான உருப்பெருக்கத்தைக் கொடுக்கும்.

அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்தலுக்கான உருப்பெருக்கத்தைவிட, இயல்புநிலை குவியப்படுத்தலுக்கான உருப்பெருக்கம் குறைவாகும். அண்மைப் புள்ளியில் குவியப்படுத்தப்பட்ட பிம்பத்தைப் பார்ப்பதைவிட, இயல்புநிலை குவியப்படுத்துவதினால் ஏற்படும் பிம்பத்தைப் பார்ப்பது கண்களுக்கு எளிதாகும். D/f இன் பெரிய மதிப்புகளுக்கு, இரண்டு உருப்பெருக்கங்களுக்கு இடையே உள்ள வேறுபாடு மிகவும் குறைவாகும். இதற்குப் பின்னால் வரும் அனைத்துப் பகுதிகளிலும் இயல்புநிலை குவியப்படுத்தல் மட்டுமே கருத்தில் கொள்ளப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 6.41

தெளிவுறு காட்சியின் மீச்சிறுதொலைவு 25 cm உள்ள மனிதர் ஒருவர் சிறிய எழுத்தில் அச்சடிக்கப்பட்ட புத்தகம் ஒன்றைக் குவியத்தொலைவு 5 cm கொண்ட மெல்லிய குவிலென்சின் உதவியால், அதாவது உருப்பெருக்கக் கண்ணாடியின் உதவியால் படிக்கிறார். (அ) உருப்பெருக்கும் கண்ணாடியின் உதவியால் புத்தகத்தைப் படிக்கும்போது, புத்தகத்தின் பக்கங்களிலிருந்து குவிலென்ஸை எவ்வளவு அருகில் மற்றும் எவ்வளவு தூரத்தில் பிடிக்க வேண்டும்? (ஆ) மேற்கண்ட எளிய நுண்ணோக்கியைப் பயன்படுத்தும்போது ஏற்படும் பெரும மற்றும் சிறும

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 83 9/12/2019 2:13:10 PM

கோண உருப்பெருக்கம் (உருப்பெருக்கும் திறன்) எவ்வளவு?

தீர்வு

$D = 25$ cm; $f = 5$ cm

பொருளின் குறைந்த பட்சத் தொலைவு u; பிம்பத்தின் தொலைவு, $v = -25$ cm (அண்மைப் புள்ளி குவியப்படுத்துதல்)

பொருளின் அதிகபட்சத் தொலைவு u', அதற்கான பிம்பத்தின் தொலைவு, $v' = \infty$ (இயல்புநிலை குவியப்படுத்தல்)

அ. பிம்பத்தின் குறைந்த பட்சத் தொலைவைக் காண

லென்ஸ் விதியைப் பயன்படுத்தலாம். $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

சமன்பாட்டினை மாற்றியமைக்கும்போது,

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

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{-25} - \frac{1}{5} = \frac{1}{25} - \frac{1}{5} = \left(\frac{-1-5}{25}\right) = -\frac{6}{25}$$

$$u = -\frac{25}{6} = -4.167\ cm$$

படிப்பதற்குப் புத்தகத்தை வைக்க வேண்டிய குறைந்தபட்சத் தொலைவு $u = -4.167$ cm

பிம்பத்தின் பெருமத் தொலைவிற்கு லென்ஸ் விதியைப் பயன்படுத்தும்போது, $\frac{1}{v'} - \frac{1}{u'} = \frac{1}{f'}$

சமன்பாட்டினை மாற்றி அமைக்கும்போது,

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

மதிப்புகளைப் பிரதியிட, $\frac{1}{u'} = \frac{1}{\infty} - \frac{1}{5}; u = -5\ cm$

படிப்பதற்குப் புத்தகத்தை வைக்க வேண்டிய அதிக பட்சத் தொலைவு $u' = -5\ cm$

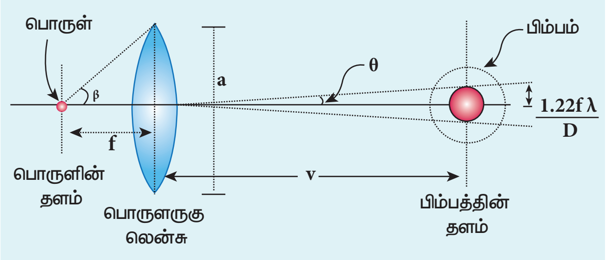
(ஆ) அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்தலில் ஏற்படும் உருப்பெருக்கம், $m = 1 + \frac{D}{f} = 1 + \frac{25}{5} = 6$

இயல்புநிலை குவியப்படுத்தலில் ஏற்படும் உருப்பெருக்கம்

$$m = \frac{D}{f} = \frac{25}{5} = 5$$

6.13.1.3 நுண்ணோக்கியின் பிரிதிறன்

நுண்ணோக்கியின் பிரிதிறனைக் கணக்கிடுவதற்கான விளக்கம், படம் 6.85 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. நுண்ணோக்கியைக் கொண்டு பொருளை உற்றுநோக்குவதன் மூலம் அப்பொருள் தொடர்பான விவரங்களை அறியலாம். நுண்ணோக்கியின் திறன் உருப்பெருக்கத்தை மட்டும் சார்ந்ததல்ல. மிகக் குறைந்த தொலைவில் (d_{min}) அமைந்துள்ள இரண்டு புள்ளிகளை பிரித்துக் காட்டுவதையும் சார்ந்தது. நுண்ணோக்கியின் பிரிதிறன் சிறப்பாக அமைய, புள்ளிகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு (d_{min}) குறைவாக இருக்க வேண்டும்.



படம் 6.85 நுண்ணோக்கியின் பிரிதிறன்

பாடப் பகுதியின் முற்பகுதியில், சமன்பாடு 6.159 இல் மையப் பெருமத்திற்கான ஆரம் தரப்பட்டுள்ளது. அதன்படி

$$r_o = \frac{1.22\lambda v}{a} \qquad (6.179)$$

இச்சமன்பாட்டில் f இருந்த இடத்தில், பிம்பத்தின் தொலைவு v காணப்படுகிறது பிரித்தறிய வேண்டிய இரண்டு புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள சிறுமத்தொலைவு (d_{min}) எனில், உருப்பெருக்கம் m ஐ பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$m = \frac{r_o}{d_{min}} \qquad (6.180)$$

$$d_{min} = \frac{r_o}{m} = \frac{1.22\lambda v}{am} = \frac{1.22\lambda v}{a(v/u)} = \frac{1.22\lambda u}{a} \quad [\therefore m = v/u]$$

$$d_{min} = \frac{1.22\lambda f}{a} \quad [\therefore u \approx f] \qquad (6.181)$$

பொருள் உள்ள பக்கத்தில்,

$$2\tan\beta \approx 2\sin\beta = \frac{a}{f} \therefore \quad [a = 2f\sin\beta] \qquad (6.182)$$

$$d_{\min} = \frac{1.22\lambda}{2\sin\beta} \qquad (6.183)$$

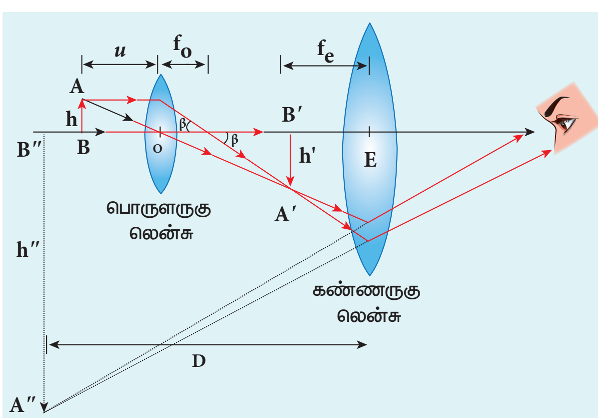
சிறுமத் தொலைவு (d_{min}) த்தின் மதிப்பை மேலும் குறைப்பதற்கு, நுண்ணோக்கியின் பொருளருகு லென்ஸை அதிக ஒளிவிலகல் எண் n கொண்ட எண்ணெய் நிரப்பப்பட்ட கொள்கலனில் மூழ்கவைத்து, ஒளியின் பாதையை அதிகரிக்க வேண்டும்.

$$d_{\min} = \frac{1.22\lambda}{2n\sin\beta} \qquad (6.184)$$

இது போன்ற பொருளருகு லென்ஸ்களுக்கு எண்ணெய்யில் மூழ்கவைக்கப்பட்ட பொருளருகு லென்ஸ் என்று பெயர். $n\sin\beta$ **பதத்திற்கு எண்ணியல் துளை NA என்று பெயர்.**

$$d_{\min} = \frac{1.22\lambda}{2(NA)} \qquad (6.185)$$

6.13.2 கூட்டு நுண்ணோக்கி



படம் 6.86 கூட்டு நுண்ணோக்கி

கூட்டு நுண்ணோக்கியின் அமைப்பு படம் 6.86 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. பொருளுக்கு அருகே உள்ள லென்சுக்குப் பொருளருகு லென்ஸ் என்று பெயர். இந்த லென்ஸ் பொருளின் மெய்யான, தலைகீழாக்கப்பட்ட மற்றும் உருப்பெருக்கப்பட்ட பிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கும். இப்பிம்பம், இரண்டாவது லென்சான கண்ணருகு லென்சுக்கு பொருளாகச் செயல்படுகிறது. கண்ணருகு லென்ஸ் ஓர் எளிய நுண்ணோக்கி போன்று செயல்பட்டு இறுதியாகப் பெரிதாக்கப்பட்ட மாயபிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கிறது. பொருளருகு லென்சினால் தோற்றுவிக்கப்பட்ட தலைகீழான முதல் பிம்பம், கண்ணருகு லென்சுக்கு நெருக்கமாக, ஆனால் அதன் குவியப்பரப்பிற்குள் இருக்கும்படி சரிசெய்யும் போது, இறுதி பிம்பம் கிட்டத்தட்ட ஈறில்லாத் தொலைவில் அல்லது அண்மைப் புள்ளியில் தோன்றும். இறுதிபிம்பம் உண்மையான பொருளைப்பொருத்துத் தலைகீழாகக் கிடைக்கும். கூட்டு நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்கத்திற்கான கோவையைப் பின்வருமாறு நாம் வருவிக்கலாம்.

6.13.2.1 கூட்டு நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்கம்

கதிர் ஒளிப்படத்திலிருந்து, பொருளருகு லென்சின் நேரியல் உருப்பெருக்கம், பின்வருமாறு,

$$m_o = \frac{h'}{h} \qquad (6.186)$$

நாம் அறிந்தபடி, படம் 6.85 இல் இருந்து $\tan\beta = \frac{h}{f_o} = \frac{h'}{L}$. எனவே

$$\frac{h'}{h} = \frac{L}{f_o} \qquad (6.187)$$

$$m_o = \frac{L}{f_o} \qquad (6.188)$$

இங்கு, L என்பது கண்ணருகு லென்சின் முதல் குவியப்புள்ளிக்கும், பொருளருகு லென்சின் இரண்டாம் குவியப்புள்ளிக்கும் இடையே உள்ள தொலைவாகும். இதற்குக் கூட்டு நுண்ணோக்கியின் குழலின் நீளம் (L) என்று பெயர், மேலும் f_o மற்றும் f_e இரண்டும் (L) ஐ விடக் குறைவாகத்தான் இருக்கும்.

இறுதி பிம்பம், அண்மைப் புள்ளியில் அமைந்தால், கண்ணருகு லென்சின் உருப்பெருக்கம் m_e பின்வருமாறு

$$m_e = 1 + \frac{D}{f_e} \qquad (6.189)$$

அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்தலின் மொத்த உருப்பெருக்கம் (m) பின்வருமாறு

$$m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(1 + \frac{D}{f_e}\right) \qquad (6.190)$$

இறுதிபிம்பம் ஈறில்லாத் தொலைவில் அமைந்தால் (இயல்புநிலை குவியப்படுத்துதல்), கண்ணருகு லென்சின் உருப்பெருக்கம் m_e பின்வருமாறு

$$m_e = \frac{D}{f_e} \qquad (6.191)$$

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 85 9/12/2019 2:13:16 PM

இயல்புநிலை குவியப்படுத்துதலில் ஏற்படும் மொத்த உருப்பெருக்கம் m பின்வருமாறு கிடைக்கும்,

$$m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(\frac{D}{f_e}\right) \quad (6.192)$$

எடுத்துக்காட்டு 6.42

நுண்ணோக்கி ஒன்றின் பொளருகு லென்ஸ் மற்றும் கண்ணருகு லென்ஸ் ஆகியவற்றின் குவியத்தூரங்கள் முறையே 5 cm மற்றும் 50 cm ஆகும். நுண்ணோக்கியின் குழலின் நீளம் 30 cm எனில், (i) அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்துதல் மற்றும் (ii) இயல்புநிலை குவியப்படுத்தலில் ஏற்படும் உருப்பெருக்கங்களைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

$$f_0 = 5\ cm = 5\times10^{-2}\ m;\quad f_e = 50\ cm = 50\times10^{-2}\ m;$$

$$L = 30\ cm = 30\times10^{-2}\ m;\ D = 25\ cm = 25\times10^{-2}\ m$$

(i) அண்மைப் புள்ளியில் குவியப்படுத்தலில் ஏற்படும் மொத்த உருப்பெருக்கம், $m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(1+\frac{D}{f_e}\right)$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$m = m_o m_e = \left(\frac{30\times10^{-2}}{5\times10^{-2}}\right)\left(1+\frac{25\times10^{-2}}{50\times10^{-2}}\right)$$

$$= (6)(1.5) = 9$$

(ii) இயல்புநிலை குவியப்படுத்துதலில் ஏற்படும் உருப்பெருக்கம், $m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right)\left(\frac{D}{f_e}\right)$

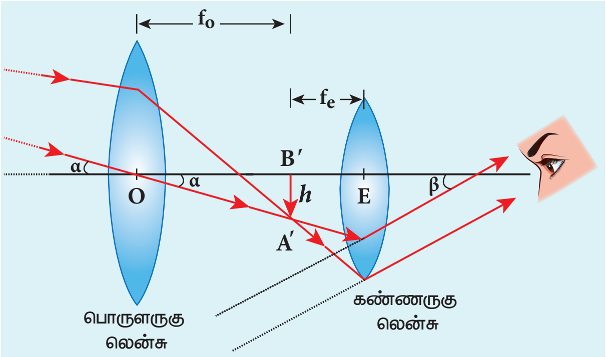
மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$$m = m_o m_e = \left(\frac{30\times10^{-2}}{5\times10^{-2}}\right)\left(\frac{25\times10^{-2}}{50\times10^{-2}}\right)$$

$$= (6)(0.5) = 3$$

6.13.3 வானியல் தொலைநோக்கி (Astronomical telescope)

விண்மீன்கள், கோள்கள், நிலவு போன்ற தொலைவிலுள்ள வான்பொருள்களை உருப்பெருக்கம் செய்து காண்பதற்குப் பயன்படும் தொலைநோக்கியே வானியல் தொலை நோக்கியாகும். வானியியல் தொலைநோக்கியில் தோன்றும் பிம்பம் தலைகீழானதாகும். கண்ணருகு லென்சைவிட அதிக குவியத்தூரமும் பெரிய துளையும் கொண்ட பொருளருகு லென்ஸ் இதில் உள்ளது. இது படம் 6.87 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மிகத் தொலைவிலுள்ள பொருளிலிருந்து வரும் ஒளி, பொருளருகு லென்சின் வழியே நுழைந்து வானியல் தொலைநோக்கிக்குழலின் இரண்டாம் குவியப்புள்ளியில் ஒரு மெய் பிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கும். கண்ணருகு லென்ஸ், இந்த பிம்பத்தை உருப்பெருக்கம் செய்து, பெரிதான தலைகீழான இறுதி பிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கும்.



படம் 6.87 வானியல் தொலை நோக்கி

6.13.3.1 வானியல் தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்கம்

இறுதி பிம்பம் விழியுடன் ஏற்படுத்தும் கோணத்திற்கும் β, பொருள் லென்ஸ் அல்லது விழியுடன் ஏற்படுத்தும் கோணத்திற்கும் α உள்ள விகிதமே வானியல் தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்கம் (m) ஆகும்.

$$m = \frac{\beta}{\alpha} \quad (6.193)$$

படத்திலிருந்து, $m = \frac{h/f_e}{h/f_o}$ (6.194)

$$m = \frac{f_o}{f_e} \quad (6.195)$$

வானியல் தொலைநோக்கியின் தோராய நீளம், $L = f_o + f_e$

எடுத்துக்காட்டு 6.43

ஒரு சிறிய தொலைநோக்கி ஒன்றின் பொருளருகு லென்ஸ் மற்றும் கண்ணருகு லென்ஸ்களின் குவியத்தூரங்கள் முறையே 125 cm மற்றும்

2 cm ஆகும். இந்தத் தொலை நோக்கியின் உருப்பெருக்கத்தைக் கணக்கிடுக. மேலும், பொருளருகு லென்சுக்கும் கண்ணருகு லென்சுக்கும் உள்ள தொலைவு யாது? 1′ தொலைவில் பிரிந்து காணப்படும் இரண்டு விண்மீன்களை, இத்தொலைநோக்கி வழியாகக் காணும்போது அவ்விண்மீன்களுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு யாது?

தீர்வு

$f_o = 125$ cm; $f_e = 2$ cm; $m = ?$; $L = ?$; $\theta_i = ?$

தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்கம் அல்லது உருப்பெருக்கும் திறன், $m = \frac{f_o}{f_e}$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது, $m = \frac{125}{2} = 62.5$

தொலைநோக்கியின் தோராய நீளம், $L = f_o + f_e$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$L = 125+2 = 127$ cm $= 1.27$ m

கோண உருப்பெருக்கத்திற்கான சமன்பாடு,

$m = \frac{\theta_i}{\theta_0}$

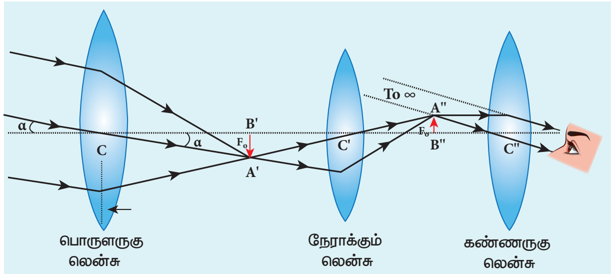
மாற்றியமைக்கும்போது, $\theta_i = m \times \theta_0$

மதிப்புகளைப் பிரதியிடும்போது,

$\theta_i = 62.5 \times 1' = 62.5' = \frac{62.5}{60} = 1.04^\circ$

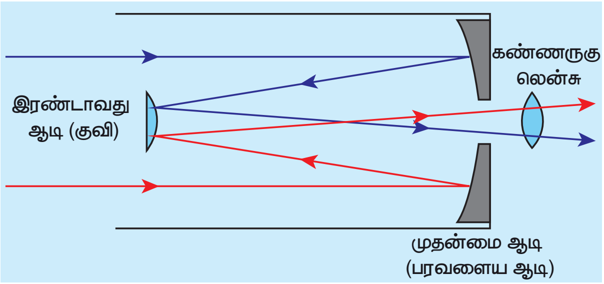
6.13.4 நிலப்பரப்புத் தொலைநோக்கி (Terrestrial telescope)

நிலப்பரப்புத் தொலைநோக்கியில் கூடுதலாக லென்ஸ் ஒன்றைப் பயன்படுத்தி நேராக்கப்பட்ட இறுதிபிம்பம் பெறப்படுகிறது. இது படம் 6.88 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 6.88 நிலப்பரப்புத் தொலைநோக்கி

6.13.5 பிரதிபலிக்கும் தொலைநோக்கி (Reflecting telescope)



படம் 6.89 பிரதிபலிக்கும் தொலைநோக்கி

பெரிய அளவிலான மற்றும் ஒளியியல் குறைபாடுகளற்ற பிம்பங்களைத் தோற்றுவிக்கும் லென்ஸ்களை உருவாக்குவது மிகவும் கடினமானது மற்றும் பொருட்செலவு மிக்கது ஆகும். நவீன தொலைநோக்கிகளில் பொருளருகு லென்ஸ்களுக்கு மாற்றாக குவிஆடிகள் பயன்படுகின்றன.

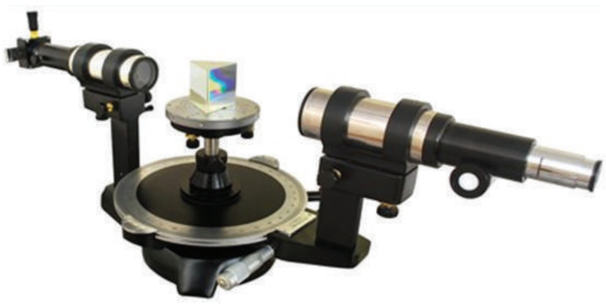
குவிஆடிகள் பொருளருகு லென்ஸாகச் செயல்படும் தொலைநோக்கிக்கு பிரதிபலிக்கும் தொலைநோக்கி என்று பெயர். இது மற்ற தொலைநோக்கிகளைவிட கூடுதல் சிறப்பினைப் பெற்றுள்ளது. அவற்றில் ஒரே ஒரு பரப்பினை மட்டும் மெருகேற்றிப் பளபளப்பாக வைத்துக் கொள்வது போதுமானதாகும். லென்ஸ்கள் அவற்றின் விளிம்புகளில் மட்டுமே தாங்கி நிறுத்தப்படுகின்றன. ஆனால், ஆடிகளைப் பயன்படுத்தும்போது அவற்றின் பின்பக்கம் முழுவதையும் தாங்கிப்பிடிப்பதற்குப் பயன்படுத்தலாம். இருப்பினும், பிரதிபலிக்கும் தொலைநோக்கியில் ஒரு குறைபாடு உள்ளது. அதாவது, பொருளருகு ஆடி தொலைநோக்கிக் குழலின் உள்ளேயே ஒளி குவிக்கப்படுகிறது. கண்ணருகு லென்சினை குழலின் உள்ளே பொருத்தி பிம்பத்தைக் காண்பது சிரமமாகும். இக்குறைபாடுதற்போது நிவர்த்தி செய்யப்பட்டுள்ளது. அதாவது படம் 6.89 இல் காட்டியுள்ளவாறு, இரண்டாவது குவி ஆடி ஒன்றினைப் பயன்படுத்தி குழலின் உள்ளே குவியப்படுத்தப்படும் ஒளியை, குழலின் வெளிப்பக்கமாக கொண்டுவந்து பிம்பத்தைக் காணலாம்,

6.13.6 நிறமாலைமானி (Spectrometer)

பல்வேறு ஒளி மூலங்களிலிருந்து வரும் நிறமாலைகளை ஆராயவும், பொருள்களின் ஒளிவிலகல்எண்களைக் கணக்கிடவும்

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 87 9/12/2019 2:13:21 PM

நிறமாலைமானிகள் பயன்படுத்தின்றன. நிறமாலைமானி ஒன்று படம் 6.90 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அடிப்படையில் நிறமாலைமானி மூன்று பகுதிகளைக் கொண்டுள்ளது. அவை முறையே இணையாக்கி, முப்பட்டக மேடை மற்றும் தொலைநோக்கி ஆகும்.



படம் 6.90 நிறமாலைமானி

(i) இணையாக்கி

இணை ஒளிக்கற்றையை உருவாக்கும் அமைப்பே இணையாக்கி ஆகும். நீண்ட உருளை வடிவ குழலின் உள்முனையில் குவிலென்சும், வெளி முனையில் செங்குத்துப் பிளவும் கொண்ட அமைப்பே இணையாக்கி ஆகும். லென்ஸ் மற்றும் செங்குத்துப் பிளவுக்கு இடையே உள்ள தொலைவினைச் சரிசெய்து பிளவினை லென்சின் குவியத்தில் நிலைநிறுத்தும்படி இணையாக்கி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. பிளவு ஒளிமூலத்தை நோக்கி உள்ளவாறு நிலைநிறுத்தப்பட்டுள்ளது. பிளவின் அகலத்தைத் தேவைக்கு ஏற்றவாறு சரிசெய்து கொள்ளலாம். முப்பட்டகத்தின் அடிபாகத்துடன் இணையாக்கி உறுதியாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

(ii) முப்பட்டக மேடை

முப்பட்டகம், கீற்றணி போன்றவற்றைப் பொருத்துவதற்கு முப்பட்டகமேடை பயன்படுகிறது. மூன்று சரி செய்யும் திருகுகளுடன் அமைந்த இரண்டு இணையான வட்டவடிவத் தட்டுகள் முப்பட்டக மேடையில் உள்ளன. நிறமாலைமானியின் மையத்தின் வழியே செல்லும் செங்குத்து அச்சைப் பொருத்து சுழலும் வகையில் முப்பட்டக மேடை பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இதன் நிலையை வெர்னியர் V_1 மற்றும் V_2 ஆகியவற்றைக் கொண்டு அறியலாம். தேவையான உயரத்திற்கு முப்பட்டக மேடையை உயர்த்தும் வகையில் அது அமைக்கப்பட்டுள்ளது. .

(iii) தொலைநோக்கி

இது வானியல் தொலைநோக்கி வகையைச் சார்ந்ததாகும். குழல் ஒன்றின் ஒரு முனையில் குறுக்குக் கம்பிகளுடன் அமைந்த கண்ணருகு லென்சும், அதன் மறுமுனையில் பொருளருகு லென்சும் ஒரே அச்சில் அமைந்துள்ளன. இணையாக்கியிலிருந்துவரும் இணைகதிர்களைக் கொண்டு கண்ணருகு லென்சுக்கும் பொருளருகு லென்சுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவினைச் சரிசெய்து, தெளிவான பிம்பத்தைக் குறுக்குக் கம்பியில் தோன்ற செய்யலாம். நிறமாலைமானியின் மையம் வழியே செல்லும் செங்குத்து அச்சைப் பொருத்து, சுழலும் வகையில் தொலைநோக்கி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. தொலைநோக்கியுடன் அரைடிகிரியாகப் பிரிக்கப்பட்ட அளவீடுகள் கொண்ட வட்டவடிவ அளவு கோல் ஒன்று தொலைநோக்கியுடன் சேர்ந்து சுழலும் வகையில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. தொலைநோக்கி மற்றும் முப்பட்டகமேடை இரண்டையும் விரும்பும் இடத்தில் நிலைநிறுத்துவதற்காக இரண்டு ஆர திருகு ஆணிகள் உள்ளன. மேலும், நுட்பகமாகச் சரிசெய்வதற்குத் தொடுகோடு திருகு ஆணிகளும் காணப்படுகின்றன.

நிறமாலைமானியில் மேற்கொள்ள வேண்டிய சீரமைப்புகள்:

நிறமாலைமானியைப் பயன்படுத்தி ஆய்வினை மேற்கொள்ளும் முன்பாகப் பின்வரும் சீரமைப்புகளைச் செய்ய வேண்டும்.

(அ) கண்ணருகு லென்சைச் சீரமைத்தல்
தொலைநோக்கியை, ஒளியூட்டப்பட்ட பரப்பினை நோக்கிச் சுழற்றி, குறுக்குக் கம்பியை முன்னும்பின்னும் நகர்த்தித் தெளிவான பிம்பம் கண்களுக்குத் தெரியும் இடத்தில் அதனை நிலைநிறுத்த வேண்டும்.

(ஆ) தொலைநோக்கியைச் சீரமைத்தல்
இணைகதிர்களைப் பெறும் வகையில் தொலைநோக்கியைச் சீரமைக்க, அதனை தொலைவில் உள்ள பொருள் ஒன்றைக் காணும் வகையில் நிலை நிறுத்த வேண்டும். பின்னர், கண்ணருகு லென்சுக்கும் பொருளருகு லென்சுக்கும் உள்ள தொலைவினைச் சரிசெய்து, தெளிவான பிம்பம் கண்ணருகு லென்சின் குறுக்குக் கம்பியில் விழும்படி அமைக்க வேண்டும்.

(இ) இணையாக்கியைச் சீரமைத்தல்
இணையாக்கியின் பிளவினைச் சரி செய்து, ஒளிமூலம் ஒன்றினால் அதனை ஒளியூட்ட வேண்டும். பின்னர், இணையாக்கியின் அச்சுக் கோட்டில் நிற்கும் வகையில் தொலைநோக்கியைச் சுழற்றி நிலைநிறுத்த

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 88 9/12/2019 2:13:21 PM

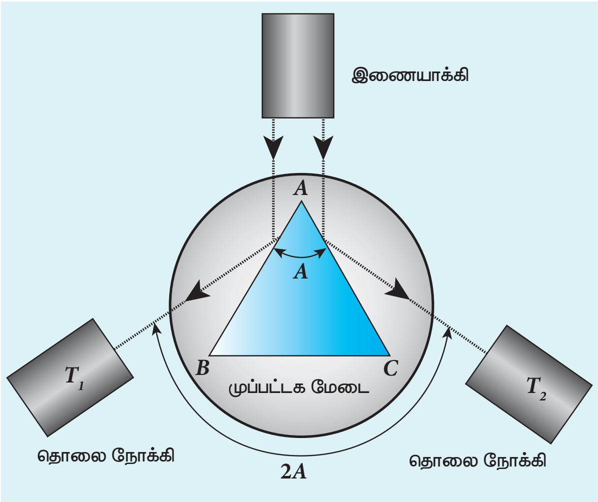
வேண்டும். தொலைநோக்கியின் கண்ணருகு லென்சின் குறுக்குக் கம்பியில் தெளிவான பிம்பம் கிடைக்கும்வரை, இணையாக்கியின் பிளவிற்கும் லென்சுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவைச் சரிசெய்ய வேண்டும். ஏனெனில், தொலைநோக்கி இணைகதிர்களைப் பெறும்வகையில் ஏற்கனவே சரிசெய்யப்பட்டுள்ளது. இணையாக்கியிலிருந்து வரும் கதிர்கள் இணையாக இருந்தால் மட்டுமே, தெளிவான மற்றும் நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட பிம்பம் கிடைக்கும்.

(ஈ) **முப்பட்டக மேடையைச் சீரமைத்தல்** இரசமட்டம் மற்றும் சரிசெய்யும் திருகாணிகளைப் பயன்படுத்தி, முப்பட்டக மேடையின் இணை வட்டத்தகடுகளை சரிசெய்யலாம்.

6.13.6.1 முப்பட்டகம் செய்யப்பட்ட பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் காணல்

நிறமாலைமானியின் தொலைநோக்கி, இணையாக்கி மற்றும் முப்பட்டக மேடை போன்றவற்றின் தொடக்கச் சீரமைப்புகளைச் செய்ய வேண்டும். முப்பட்டகக் கோணம் மற்றும் சிறும திசைமாற்றக் கோணம் ஆகியவற்றைச் கண்டறிந்து முப்பட்டகப் பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கணக்கிடலாம்.

(i) முப்பட்டகக் கோணம் (A)

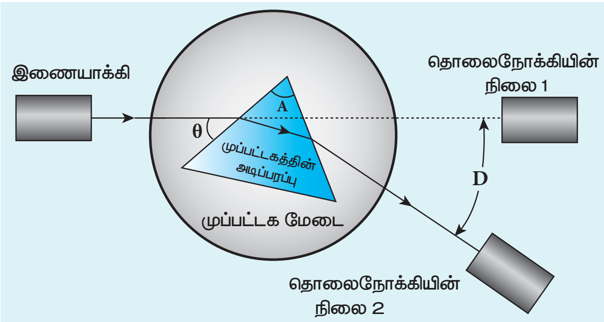


படம் 6.91 முப்பட்டகக் கோணம்

முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகுப்பக்கங்கள் சந்திக்கும் முனைகள், இணையாக்கியைப் பார்க்கும் வகையில் முப்பட்டக மேடைமீது முப்பட்டகம் வைக்கப்படுகிறது. இதுபடம் 6.91 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இணையாக்கியின் பிளவு சோடிய ஆவிவிளக்கினைக் கொண்டு ஒளியூட்டப்படுகிறது. இணையாக்கியிலிருந்து வரும் இணைகதிர்கள் முப்பட்டகத்தின் AB மற்றும் AC பக்கங்களில் விழும்படி முப்பட்டகம் சரிசெய்யப்படுகிறது. AB பக்கத்தில் பட்டு எதிரொளித்த பிளவின் பிம்பம், தொலை நோக்கியின் குறுக்குக்கம்பியுடன் பொருந்தும் வகையில் தொலைநோக்கியைச் சுழற்றி T_1 நிலையில் பொருத்தி வெர்னியர் அளவீடுகளை குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். மீண்டும் தொலைநோக்கியைச் சுழற்றி, முப்பட்டகத்தின் AC பட்டகத்தில் பட்டு எதிரொளித்த பிளவின் பிம்பம் தொலைநோக்கியின் குறுக்குக் கம்பியுடன் பொருந்தும் வகையில் T_2 நிலையில் நிலைநிறுத்த வேண்டும். இதற்கான வெர்னியர் அளவீடுகளைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்.

இவ்விரண்டு அளவீடுகளின் வேறுபாடு, தொலைநோக்கி சுழற்றப்பட்டக் கோணத்தைக் கொடுக்கும். இக்கோணம் முப்பட்டகக் கோணத்தின் இரண்டு மடங்கிற்குச் சமமாகும். இம்மதிப்பில் பாதி முப்பட்டகக் கோணத்தைக் (A) கொடுக்கும்.

(ii) சிறுமதிசைமாற்றக்கோணம் (D)



படம் 6.92 சிறும திசைமாற்றக் கோணம்

இணையாக்கியிலிருந்து வரும் ஒளி முப்பட்டகத்தின் ஓர் ஒளிவிலகு பக்கத்தின் மீது விழுந்து, மறுபக்கத்தின் வழியே ஒளிவிலகல் அடைந்த ஒளியைத் தொலைநோக்கியின் வழியே பார்க்கும் வகையில், படம் 6.92 இல் காட்டியுள்ளவாறு முப்பட்டகத்தை மேடைமீது பொருத்தவேண்டும். தற்போது திசைமாற்றக்கோணத்தின் மதிப்பு குறையும் வகையில் முப்பட்டக மேடையைச் சுழற்ற வேண்டும். ஒரு கட்டத்தில் தொலை நோக்கியின் வழியே பார்க்கும் பிம்பம் ஓர் இடத்தில் நின்று, முப்பட்டக மேடையை ஏற்கெனவே சுழற்றிய திசையிலேயே தொடர்ந்து சுழற்றும்போது பின்வாங்க ஆரம்பிக்கும். .இதன் காரணமாகத் திசைமாற்றக் கோணத்தின் மதிப்பு அதிகரிக்கும். பிம்பம் எந்த இடத்தில் பின்வாங்க ஆரம்பிக்கிறதோ, அந்த இடத்தில்

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 89 9/12/2019 2:13:21 PM

தொலைநோக்கியின் செங்குத்துக் குறுக்குக் கம்பி பொருந்தும்படி தொலைநோக்கியை நிலைநிறுத்த வேண்டும். இது சிறுமதிசைமாற்ற நிலையைக் கொடுக்கும். இந்நிலைக்கான வெர்னியர் அளவீடுகளைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்.

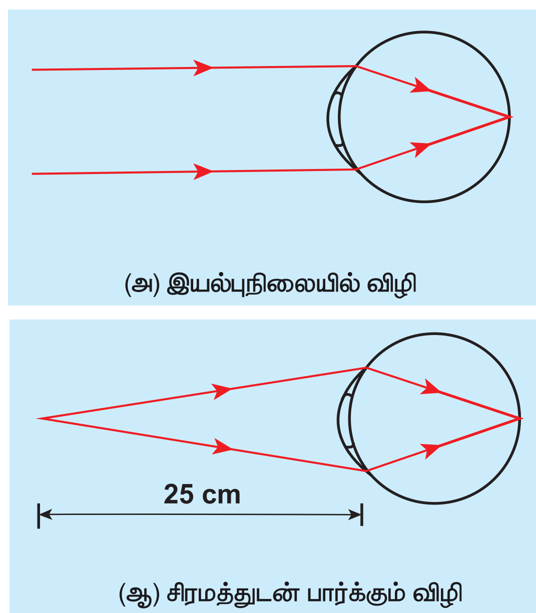
தற்போது முப்பட்டகத்தை நீக்கிவிட்டு, இணையாக்கியிலிருந்து வரும் பிம்பத்தை நேரடியாக தொலைநோக்கியின் வழியே பார்க்கும்வகையில் தொலைநோக்கியைச் சுழற்ற வேண்டும். நேரடி பிம்பத்துடன் செங்குத்துக் குறுக்குக்கம்பி பொருந்தும் வகையில் அமைத்து அதற்கான வெர்னியர் அளவீடுகளைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும் இவ்விரண்டு அளவீடுகளின் வேறுபாடு சிறுமதிசைமாற்றக் கோணத்தைக் (D) கொடுக்கும். முப்பட்டகம் செய்யப்பட்ட பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைப் பின்வரும் சமன்பாட்டினைப் பயன்படுத்திக் கணக்கிடலாம்.

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} \qquad (6.103)$$

வெற்றிட முப்பட்டகம் ஒன்றினுள் திரவத்தை நிரப்பி, மேற்கூறப்பட்ட அதே முறையில் சோதனைகளை நிகழ்த்தி திரவத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் காணலாம். நிறமாலைமானி சோதனைகள் இப்பாடப்புத்தகத்தின் தொகுதி I இல் தரப்பட்டுள்ளன.

6.13.7 மனித விழி (The eye)

மனித உயிர்களுக்குக் கடவுளால் வழங்கப்பட்ட இயற்கை ஒளியியல் கருவி விழிகளாகும். மனித விழியின் அமைப்பு மற்றும் அதன் வேலை செய்யும் முறை போன்றவை பத்தாம் வகுப்பு அறிவியல் பாடப்புத்தகத்தில் அலகு 2. ஒளியியலில் தரப்பட்டுள்ளன. விழிலென்ஸ் சுருங்கி விரியும் தன்மையை பெற்றிருப்பதால் விழிலென்சின் குவியத் தொலைவை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவிற்கு விழியினால் மாற்றியமைக்க இயலும். விழிகள் முழு தளர்வு நிலையில் உள்ளபோது, அவற்றின் குவியத்தொலைவு பெருமமாகும். விழிகளைச் சுருக்கிப் பொருள்களைப் பார்க்கும்போது, அவற்றின் குவியத் தொலைவு சிறுமமாகும். தெளிவாகப் பொருள்களைக் காண, பொருளின் பிம்பம் விழித்திரையின் மீது (retina) சரியாக விழவேண்டும். வயது வந்தவர் ஒருவரின் விழியின் விட்டம் கிட்டத்தட்ட 2.5 cm. அதாவது, இது பிம்பத்தின் தொலைவு. வேறுவகையில் கூற வேண்டுமெனில் இந்த நபருக்கு விழிலென்சுக்கும், விழித்திரைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு 2.5 cm ஆகும். விழியில் சுரக்கும் இரண்டு ஒளிபுகும் திரவங்களான அக்குவஸ் திரவம் மற்றும் விட்ரஸ் திரவம் போன்றவற்றின் ஒளிவிலகல் எண்களைக் கருத்தில் கொள்ளாமல், விழியின் ஒளியியல் செயல்பாட்டைப் பற்றி இங்கு நாம் படிக்கலாம். சாதாரண பார்வை கொண்ட ஒருவரால், ஈறில்லாத் தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருளைப் பெருமக் குவியத் தொலைவுடன் (f_{max}) சிரமமின்றி விழியின் மூலம் காண இயலும். இது படம் 6.93 (அ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதேபோன்று 25 cm தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருளைச் சிறுமக் குவியத் தொலைவுடன் (f_{min}) விழியினைச் சுருக்கிக் காண இயலும். இது படம் 6.93(ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



(அ) இயல்புநிலையில் விழி

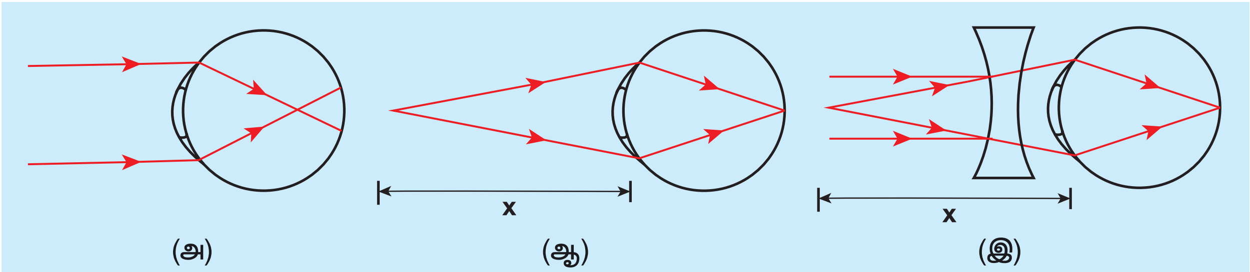
(ஆ) சிரமத்துடன் பார்க்கும் விழி

படம் 6.93 சாதாரண விழியின் குவியமாக்கல்

மனிதவிழியின் பெருமக் குவியத்தொலைவு (f_{max}) மற்றும் சிறுமக்குவியத் தொலைவிற்கான (f_{min}) சமன்பாட்டை பின்வருமாறு வருவிக்கலாம். லென்ஸ் சமன்பாட்டிலிருந்து,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u} \qquad (6.69)$$

பொருள் ஈறில்லாத் தொலைவில் உள்ளபோது, $u = -\infty$, , மற்றும் $v = 2.5$ cm (விழி லென்சுக்கும் விழித்திரைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு). பெருமக் குவியத்தொலைவுடன் (f_{max}) சிரமமின்றி விழியினால் பொருளைக் காணும் நிலையில்



படம் 6.94 கிட்டப்பார்வை குறைபாடுடைய விழி மற்றும் அதனைச் சரிசெய்யும் முறை

$$\frac{1}{f_{max}} = \frac{1}{2.5\ cm} - \frac{1}{-\infty}$$

$$f_{max} = 2.5\ cm$$

பொருள் அண்மைப் புள்ளியில் உள்ளபோது, u = −25 cm, மற்றும் v = 2.5 cm (விழி லென்சுக்கும் விழித்திரைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு). சிறுமக்குவியத் தொலைவுடன் f_{min} விழியினைச் சுருக்கி பொருளைக் காணும் நிலையில்.

$$\frac{1}{f_{min}} = \frac{1}{2.5\ cm} - \frac{1}{-25\ cm}$$

$$f_{min} = 2.27\ cm$$

$f_{max} - f_{min} = 0.23\ cm$ விழிலென்சின் குவியத் தொலைவில் ஏற்படும் இச்சிறிய வேறுபாட்டினால் ஈறில்லாத் தொலைவிலிருந்து அண்மை நிலைப்புள்ளிவரை பொருள்களை நம்மால் காணமுடிகிறது. தற்போது, நாம் பார்வையில் ஏற்படும் சில பொதுவான குறைபாடுகளைப் பற்றிப் படிக்கலாம்.

6.13.7.1 கிட்டப்பார்வை (*myopia*)

கிட்டப்பார்வை குறைபாட்டினால் பாதிக்கப்பட்ட நபரினால் தொலைவில் உள்ள பொருளைத் தெளிவாகக் காண இயலாது, இக்குறைபாட்டிற்கான காரணம் இயல்பு நிலையைவிட விழிலென்சின் தடிமன் அதிகரித்து அதன்காரணமாக விழிலென்சின் குவியத்தொலைவு மிகவும் குறைந்துவிடுவதாகும் அல்லது விழிக் கோளத்தின் விட்டம் இயல்பு நிலையைவிட அதிகமாக இருப்பதாகும். இவ்வகை குறைபாட்டினால் பாதிக்கப்பட்ட நபர்களினால் அவர்களின் கண்களைத் தேவைக்கு அதிகமாக தளர்வடையச் செய்ய இயலாது. லென்ஸ்களைப் பயன்படுத்தி இக்குறைபாட்டினைச் சரிசெய்யமுடியும்.

படம் 6.94 (அ) வில் காட்டியுள்ளவாறு தொலைவில் உள்ள பொருளிலிருந்து வரும் இணைகதிர்கள், விழித்திரையை அடையும் முன்பே குவிக்கப்படுகின்றன. ஆனால் அருகே உள்ள பொருள்களை இவர்களால் நன்கு காண முடியும். படம் 6.94 (ஆ) வில் உள்ளவாறு கிட்டப்பார்வை குறைபாடுடைய நபரால் பார்க்கப்படும் பெருமத் தொலைவு x என்க. சரிசெய்யும் லென்சைக் கொண்டு ஈறில்லாத் தொலைவில் உள்ள பொருளின் மாயபிம்பத்தை x புள்ளியில் ஏற்படுத்தி இக்குறைபாட்டைச் சரிசெய்யலாம். இது படம் 6.94 (இ) யில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

லென்ஸ் சமன்பாட்டினைக் கொண்டு கிட்டப்பார்வை குறைபாட்டைச் சரிசெய்யும் லென்சின் குவியத் தொலைவைக் கணக்கிடலாம்.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u} \qquad (6.69)$$

இங்கு, $u = -\infty$, $v = -x$. இம்மதிப்புகளை லென்ஸ் சமன்பாட்டில் பிரதியிடும்போது,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{-x} - \frac{1}{-\infty}$$

சரி செய்யும் லென்சின் குவியத்தொலைவு,

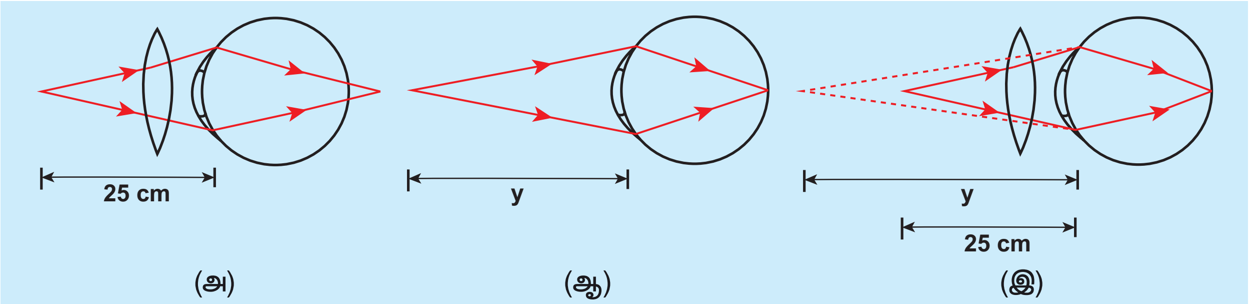
$$f = -x \qquad (6.196)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலுள்ள எதிர்குறி, பயன்படுத்தும் லென்ஸ் ஒரு குழிலென்ஸ் என்பதைக் காட்டுகிறது. அடிப்படையில் குழிலென்ஸ் உதவியின்றி விழித்திரைக்கு முன்பாக குவிந்த இணைகதிர்களை, இந்தக் குழிலென்ஸ் விரிகதிர்களாக மாற்றி விழித்திரையில் குவியமடையச்செய்கிறது. எனவே, கிட்டப்பார்வை குறைபாடு உள்ள நபரினால் குழிலென்ஸ் உதவியுடன் தொலைவில் உள்ள பொருளையும் காணமுடிகிறது.

6.13.7.2 தூரப்பார்வை (*hypermetropia*)

தூரப்பார்வை குறைபாடுடைய நபரினால் விழிக்கு அருகே உள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காண இயலாது. தூரப் பார்வை குறைபாடுடைய நபர்களின் விழிலென்ஸ் இயல்பைவிட மெல்லியதாகக் காணப்படும். இதன் காரணமாக விழிலென்சின் குவியத்தொலைவு மிக அதிகமாக

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 91 9/12/2019 2:13:24 PM



படம் 6.95 தூரப்பார்வை குறைபாடுடைய விழி மற்றும் அதனை நீக்கும் முறை

இருக்கும் அல்லது இயல்பைவிட விழிக்கோளம் சுருங்கி விடுவதினாலும் இக்குறைபாடு ஏற்படும். இக்குறைபாடுடைய நபர்களின் தெளிவுறு காட்சியின் மீச்சிறு தொலைவு (Least Distance for Clear vision) 25 cm விட அதிகமாக இருக்கும். எனவே, இவர்கள், பொருள்களைக் கண்களிலிருந்து தூரமாக வைத்து சிரமத்துடன் பார்க்க வேண்டியுள்ளது. எனவே படிப்பது மற்றும் சிறிய பொருள்களைக் கையில் எடுத்துப் பார்ப்பது போன்ற செயல்களை இவர்களால் எளிதாகச் செய்ய இயலாது. வயது மூப்பு காரணமாக ஏற்படும் இவ்வகை குறைபாட்டிற்கு வெள்ளெழுத்து (Presbyopia) என்று பெயர். ஏனெனில், வயதானவர்களால் விழியைச் சுருக்கி விழிலென்சின் குவியத் தொலைவை குறைக்க இயலாது.

அண்மைப் புள்ளியிலுள்ள பொருளிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் விழித்திரைக்கு பின்புறமாகக் குவியமடைவது படம் 6.95 (அ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆனால், இக்குறைபாடுடைய நபர்களினால் 25 cm க்கும் அதிகமான தொலைவில் உள்ள பொருள்களைக் காண இயலும்.

தூரப்பார்வை குறைபாடுடைய நபரின் விழியிலிருந்துநாம்கருதும்புள்ளியின்குறைந்தபட்சத் தொலைவை y என்க. இத்தொலைவிற்கு அப்பால் உள்ள பொருள்களை குறைபாடுடைய நபரினால் பார்க்க முடியும். இது படம் 6.95 (அ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இக்குறைபாட்டினைச் சரிசெய்ய படம் 6.95 (இ) யில் காட்டியுள்ளவாறு y புள்ளியிலுள்ள பொருளின் மாயபிம்பத்தைச் சரிசெய்யும் லென்சின் உதவியால் விழியிலிருந்து 25 cm தொலைவில் (அண்மைப் புள்ளியில்) தோற்றுவிக்க வேண்டும்.

லென்ஸ் சமன்பாட்டைக் கொண்டு தூரப்பார்வை குறைபாட்டைச் சரிசெய்யும் லென்சின் குவியத் தூரத்தைக் கணக்கிடலாம்.

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{v}-\frac{1}{u} \qquad (6.69)$$

இங்கு, $u = -y$, $v = -25$ cm. இம்மதிப்புகளை லென்ஸ் சமன்பாட்டில் பிரதியிடும்போது,

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{-y}-\frac{1}{-25\,cm}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டைச் சுருக்கினால்,

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{25\,cm}-\frac{1}{y}=\frac{y-25\,cm}{y\times 25\,cm}$$

$$f=\frac{y\times 25\,cm}{y-25\,cm} \qquad (6.197)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டினைக் கொண்டு கணக்கிடப்படும் குவியத்தூரம் எப்போதும் நேர்குறி மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும். ஏனெனில், y எப்போதும் 25 cm ஐ விட அதிகமாக இருக்கும். குவியத்தூரத்தில் உள்ள நேர்குறி, பயன்படுத்தப்படும் சரிசெய்யும் லென்ஸ் குவிலென்ஸ் என்பதைக் காட்டுகிறது. அடிப்படையில் குவிலென்ஸ் உதவியின்றி விழித்திரைக்குப் பின்புறமாகக் குவிந்த கதிர்களை, இந்தக் குவிலென்ஸ் மேலும் குவிகதிர்களாக மாற்றி விழித்திரையில் குவியமடையச் செய்கிறது. எனவே, தூரப்பார்வை குறைபாடுடைய நபரினால் குவிலென்ஸ் உதவியுடன் அருகே உள்ள பொருளையும் தெளிவாகக் காண இயலும்.

6.13.7.3 ஒருதளப்பார்வை (Astigmatism)

விழிலென்சில், வெவ்வேறு வளைவு ஆரங்களைப்பெற்ற தளங்கள் காணப்படுவதால் ஒருதளப்பார்வைக் குறைபாடு ஏற்படுகிறது. ஒருதளப்பார்வை குறைபாடுடைய நபரினால் அனைத்துத் திசைகளிலும் தெளிவாக ஒன்றுபோல் பார்க்க இயலாது. கிட்டப்பார்வை மற்றும் தூரப்பார்வை குறைபாட்டைவிட இக்குறைபாடு சற்றே சிக்கலானதாகும். வெவ்வேறு வளைவு ஆரங்களைக் கொண்ட தளங்களை உடைய லென்ஸ்களைப் பயன்படுத்தி ஒருதளப்பார்வை குறைபாட்டைச் சரிசெய்ய இயலும். வெவ்வேறு

வளைவு ஆரங்களையுடைய தளங்களைக் கொண்ட லென்ஸ்களுக்கு உருளைவடிவ லென்ஸ்கள் என்று பெயர். வயது மூப்பின் காரணமாக ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட பார்வைக் குறைபாடுகள் மனிதர்களுக்கு ஏற்படலாம். கிட்டப்பார்வை மற்றும் தூரப்பார்வை ஆகிய இரண்டு குறைபாடுகளும் கொண்ட மனிதருக்கு, படிப்பதற்கு குவிக்கும் கண்ணாடியையும், தொலைவில் உள்ள பொருள்களைக் காண்பதற்கு விரிக்கும் கண்ணாடியையும் பயன்படுத்தவேண்டும். இவ்வாறு தனித்தனியாக கண்ணாடிகளைப் பயன்படுத்துவது சிரமமாகும். இதனை நீக்குவதற்காக, இரட்டை குவியத்தொலைவு கொண்ட லென்ஸ்களும், தொடர் குவியத்தொலைவு கொண்ட லென்ஸ்களும் (Progressive lens) பயன்படுகின்றன.

எடுத்துக்காட்டு 6.44

கிட்டப்பார்வை குறைபாடுடைய நபர் ஒருவரால் 1.8 m தொலைவிற்குள் உள்ள பொருள்களை மட்டுமே பார்க்கமுடியும். இவரின் குறைபாட்டை நீக்குவதற்குப் பயன்படுத்தப்பட வேண்டிய லென்சின் திறனைக் காண்க.

தீர்வு

கிட்டப்பார்வை குறைபாடுடைய நபரினால் பார்க்க இயலும் பெருமத் தொலைவு, $x = 1.8$ m.

குறைபாட்டைச் சரி செய்யப் பயன்படும் லென்சின் குவியத் தொலைவு f என்க $f = -x$ m $= -1.8$ m.

குழிலென்ஸ் அல்லது விரிக்கும் லென்சினைப் பயன்படுத்தி இக்குறைபாட்டினைச் சரிசெய்யலாம்.

லென்சின் திறன், $P = -\frac{1}{1.8\,m} = -0.56$ டயாப்டர்

எடுத்துக்காட்டு 6.45

தூரப்பார்வை குறைபாடுடைய நபர் ஒருவரினால் தெளிவாகப் பார்க்க இயலும் குறைந்தபட்சத் தொலைவு 75 cm. இக்குறைபாட்டைச் சரிசெய்வதற்குப் பயன்படுத்தப்பட வேண்டிய லென்சின் திறனைக் காண்க.

தீர்வு

தெளிவாகப் பார்க்க இயலும் குறைந்தபட்சத் தொலைவு, $y = 75$ cm.

குறைபாட்டைச் சரிசெய்வதற்குப் பயன்படும் லென்சின் குவியத்தூரம் f என்க,

$$f = \frac{y \times 25\,cm}{y - 25\,cm}$$

$$f = \frac{75\,cm \times 25\,cm}{75\,cm - 25\,cm} = 37.5\,cm$$

இது ஒரு குவிலென்ஸ் அல்லது குவிக்கும் லென்ஸ் ஆகும்.

லென்சின் திறன், $P = \frac{1}{0.375\,m} = 2.67$ டயாப்டர்

பாடச்சுருக்கம்

- கதிர் ஒளியியலில், ஒளி செல்லும் திசையில் பயணிக்கும் ஒரு கதிராக, ஒளி கருதப்படுகிறது.
- ஒளி பளபளப்பாக மெருகூட்டப்பட்ட பக்கங்களினால் எதிரொளிக்கப்படுகிறது. இந்த ஒளியின் எதிரொளிப்பை, எதிரொளிப்பு விதிகளைக் கொண்டு விளக்கலாம்.
- பொதுவாகச் சமதளக் கண்ணாடிகள், இடவல மாற்றத்துடன் கூடிய மாயபிம்பங்களைப், பொருள் உள்ள தூரத்திற்குச் சமமான தொலைவில் கண்ணாடியின் உட்புறம் தோற்றுவிக்கின்றன.
- ஒருவரின் முழு உருவத்தைக் கண்ணாடியில் காண்பதற்கு, அவரின் உயரத்தில் பாதி அளவாவது கண்ணாடியின் உயரம் இருக்க வேண்டும்.
- கோளக ஆடிகள், கண்ணாடிக் கோளத்தின் ஒரு பகுதியாகும்.
- முதன்மை அச்சுக்கு நெருக்கமாகச் செல்லும் கதிர்களுக்கு (Paraxial rays) அண்மை அச்சுக் கதிர்கள் என்று பெயர்.
- அண்மை அச்சுக் கதிர்கள் உள்ள கோளக ஆடியின் f மற்றும் R க்கு இடையே ஒரு தொடர்பு உள்ளது
- ஆடிச் சமன்பாட்டின் அடிப்படையில் கோளக ஆடிகளில் பிம்பங்கள் தோன்றுகின்றன
- கார்ட்டீசியன் குறியீட்டு மரபுகளின் அடிப்படையில் கோளக அடிகளில் தோன்றும் பிம்பங்களை வரையலாம்.
- ஒளியியல் அடர்மிகு ஊடகங்களில், ஒளி குறைந்த திசைவேகத்தில் பயணிக்கிறது

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 93 9/12/2019 2:13:26 PM

- ஒளியியல் அடர்மிகு ஊடகம் ஒன்றின் வழியே ஒளி பயணிக்கும் குறிப்பிட்ட நேரத்தில், வெற்றிடத்தின் வழியே ஒளி பயணிக்கும் தொலைவே ஒளியியல்பாதை (Optical path) ஆகும்.
- ஒளிவிலகல் விதிகளுக்கு (ஸ்னெல் விதி) உட்பட்டு ஒளிவிலகல் நிகழ்வு ஏற்படுகிறது.
- தோற்ற ஆழம், உண்மை ஆழத்தைவிட எப்போதும் குறைவாக இருக்கும்.
- மாறுபடும் ஒளிவிலகல் எண்களைக் கொண்ட காற்று அடுக்குகளினால், வளிமண்டலத்தில் ஒளிவிலகல் நடைபெறுகிறது
- படுகோணம், மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட அதிகமாக உள்ள நிலையில், அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்குறை ஊடகத்திற்கு ஒளி செல்லும்போது, முழு அக எதிரொளிப்பு நடைபெறுகிறது.
- முழு அக எதிரொளிப்பு நடைமுறையில் பல்வேறு இடங்களில் பயன்படுகிறது.
- கண்ணாடிப் பட்டகத்தின் வழியே ஒளி செல்லும்போது, கண்ணாடிப் பட்டகம் ஒளியைப் பக்க இடப்பெயர்ச்சி அடையச் செய்கிறது.
- இரண்டு கோளக ஒளிவிலகு பரப்புகளைக் கொண்டு, மெல்லிய லென்சுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன.
- மெல்லிய லென்ஸ்களினால் தோற்றுவிக்கப்படும் பிம்பங்களை, கார்டீசியன் குறியீட்டு மரபுகள் மற்றும் லென்ஸ் சமன்பாட்டைக் கொண்டு வரையலாம்
- லென்ஸ் ஒன்றின் குவியத்தூரத்தின் தலைகீழியே அதன் திறனாகும்.
- லென்ஸ்களை, ஒன்றை ஒன்று தொடாமல் வைக்கும்போதும், ஒன்றுடன் ஒன்று தொட்டுக்கொண்டுள்ள போதும் வெவ்வேறு நிகர குவியத்தூரங்களைப் பெற்றுள்ளன.
- முப்பட்டகம் தன்மீது விழும் ஒளியில் ஒரு திசை மாற்றத்தை ஏற்படுத்துகிறது.
- முப்பட்டகம் ஒன்றின் திசைமாற்றக் கோணம்; முப்பட்டகக்கோணம், ஒளியின் படுகோணம் மற்றும் முப்பட்டகப் பொருளின் ஒளிவிலகல் எண் போன்றவற்றைச் சார்ந்துள்ளது.
- நிறப்பிரிகை ஊடகம் ஒன்றின் வழியாகச் செல்லும் வெள்ளை ஒளியின் வெவ்வேறு வண்ணங்கள், வெவ்வேறு வேகங்களில் செல்வதால் நிறப்பிரிகை ஏற்படுகிறது.
- வெள்ளை ஒளியின் வண்ணங்களைப் பிரிக்கும் நிறப்பிரிகை ஊடகம் ஒன்றின் திறமையே, பிரிதிறன் எனப்படும்.
- தண்ணீர்த் துளிகள் ஒளியை நிறப்பிரிகை அடையச் செய்வதால் வானவில் தோன்றுகிறது.
- வளிமண்டலத்தில் உள்ள துகள்களினால் ஒளிசிதறல் அடைகிறது.
- ஒளியின் அலைநீளத்தைவிடக் குறைவான அளவுடைய துகள்களினால் ஏற்படும் ஒளிச்சிதறலுக்கு இராலே ஒளிச்சிதறல் என்று பெயர். மேலும், இவ்வொளிச்சிதறல் அளவானது, அலை நீளத்தின் நான்கு மடி மதிப்புக்கு எதிர் விகிதத்தில் இருக்கும்.
- வளிமண்டலத்தில் மிதந்து கொண்டிருக்கும், ஒளியின் அலைநீளத்தைவிட அதிக அளவுகொண்ட (size) தூசுத் துகள்களினால் ஏற்படும் ஒளிச்சிதறல், அலை நீளத்தைச் சார்ந்ததல்ல.
- ஒளியைப்பற்றி நான்கு கொள்கைகள் உள்ளன. ஒவ்வொரு கொள்கையும் ஒளியில் சில இயல்புகளை விளக்குகின்றன.
- ஒளி, அலைப்பண்பு மற்றும் துகள் பண்பு இரண்டையும் பெற்றுள்ளது.
- அலை ஒளியியலில், ஒளி அலை முகப்பு வடிவில் பரவுகிறது எனக் கருதப்படுகிறது.
- ஒளி எவ்வாறு அலைமுகப்பாகப் பரவுகிறது என்பதை ஹைகென்ஸ் (Huygens) தத்துவம் விளக்குகிறது.
- ஹைகென்ஸ் தத்துவம், ஒளி எதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளிவிலகல் விதிகளை நிரூபிக்கிறது.
- குறுக்கீட்டு விளைவில் இரண்டு ஒளி அலைகள் ஒன்று சேர்ந்து வெவ்வேறு புள்ளிகளில் மாறுபடும் ஒளிச்செறிவுகளை ஏற்படுத்துகின்றன.
- ஒரே கட்டத்தில் உள்ள அல்லது மாறாத கட்டவேறுபாட்டைக் கொண்ட ஒற்றைநிற ஒளி அலைகளை ஓரியல் மூலங்கள் தோற்றுவிக்கின்றன.
- ஒளிச்செறிவு பகுப்பு, அலைமுகப்புப்பகுப்பு மற்றும் ஒளிமூலத்தின் மெய் மற்றும் மாய பிம்பங்களினால் ஓரியல் ஒளிமூலங்கள் பெறப்படுகின்றன.
- யங் இரட்டைப்பிளவு ஆய்வில், அலை முகப்புப் பகுப்பு முறையில் ஓரியல் மூலங்கள் பெறப்படுகின்றன.
- பல்வேறு வண்ணங்களின் கூட்டு ஒளியைப் பயன்படுத்தி (வெள்ளை ஒளி) நிகழ்த்தப்படும் குறுக்கீட்டு விளைவில், வண்ண குறுக்கீட்டுப்பட்டைகள் கிடைக்கும்.
- வெள்ளை ஒளியில் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவினால் மெல்லேடுகளில் வண்ணங்கள் தோன்றுகின்றன.

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 94 9/12/2019 2:13:26 PM

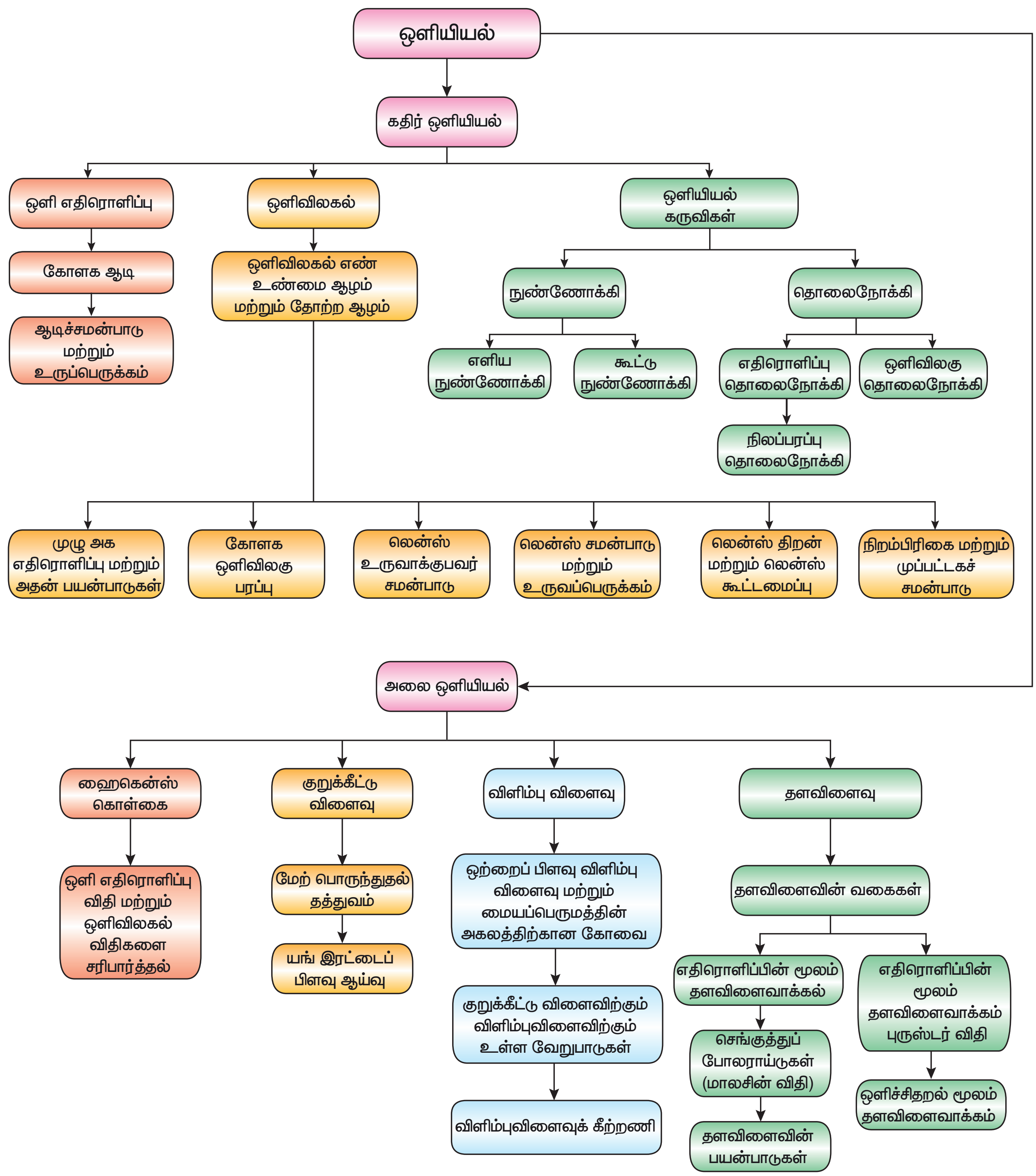
- தடையின் கூர்மையான விளிம்புகளில் வளைந்து செல்லும் ஒளியின் பண்பிற்கு விளிம்புவிளைவு என்று பெயர்.
- விளிம்பு விளைவு இரண்டு வகைப்படும் அவை முறையே ப்ரனெல் விளிம்பு விளைவு மற்றும் ப்ரானோஃபர் விளிம்பு விளைவு ஆகும்.
- ஒற்றைப் பிளவில் விளிம்பு விளைவு ஏற்படுவதற்கு பிளவின் அகலம், ஒளியின் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் இருக்க வேண்டும்.
- ஒளி, கதிர் ஒளியியல் விதிகளுக்கு உட்படும் தொலைவிற்குப் ப்ரனெல் தொலைவு என்று பெயர்.
- ஒளியின் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில், அகலமுடைய பிளவுகளைக் கொண்ட கீற்றணியிலும் விளிம்புவிளைவு ஏற்படும்.
- விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி மற்றும் நிறமாலைமானியைக் கொண்டு ஒற்றை நிற ஒளியின் அலைநீளத்தையும், பலவண்ணக் கூட்டு ஒளியின் அலை நீளங்களையும் கணக்கிடலாம்.
- பிம்பம் ஒன்றின் தரத்தினைத் தீர்மாணிப்பது பிரித்தறிதல் ஆகும். இந்தப் பிரித்தறிதல் விளிம்புவிளைவையும், இராலேயின் (Rayliegh) நிபந்தனையும் சார்ந்துள்ளது.
- விளிம்பு விளைவின் காரணமாக மங்கலாகத் தெரியாமல் தெளிவாகத் தெரியக் கூடிய மிகச்சிறிய தொலைவாகப் பகுத்தறிதல் அளவிடப்படுகிறது
- மின்புல அல்லது காந்தப்புல அதிர்வுகளை ஒரே ஒரு தளத்தில் மட்டும் அனுமதிக்கும் நிகழ்வுக்குத் தளவிளைவு என்று பெயர்.
- தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட உட்கவர்தல், ஒளிஎதிரொளிப்பு, இரட்டை ஒளிவிலகல் மற்றும் ஒளிச்சிதறல் போன்ற நிகழ்வுகளின் மூலம் ஒளியின் தளவிளைவைத் தோற்றுவிக்கலாம்.
- இரண்டு போலராய்டுகள் குறிப்பிட்ட கோணத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும்போது அமைப்பிலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் செறிவை அறிய மாலசின் விதி பயன்படுகிறது.
- புரூஸ்டர் விதி தளவிளைவுக் கோணத்தையும், ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணையும் தொடர்புபடுத்துகிறது.
- ஒளியியல் வினைபுரியும் படிகங்கள், ஓரச்சுப்படிகம் மற்றும் ஈரச்சுப்படிகம் என வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.
- ஒளியியல் வினைபுரியும் படிகத்தில் நுழையும் ஒளி இரட்டை ஒளிவிலகல் அடைகிறது.
- இரட்டை ஒளிவிலகலில் தோன்றும் சாதாரண கதிர்கள் ஒளி விலகல் விதிகளுக்கு உட்படுகின்றன. ஆனால், அசாதாரண கதிர்கள் ஒளிவிலகல் விதிகளுக்கு உட்படாது.
- நிகோல் பட்டகம், கனடா பால்சம் என்ற ஒளிபுகும் சிமெண்ட் உதவியால், சாதாரணக் கதிரையும் அசாதாரணக் கதிரையும் தனித்தனியே பிரிக்கிறது.
- படும் ஒளியின் திசைக்கு செங்குத்தாக, மூலக்கூறுகளினால் சிதறல் அடையும் ஒளி முழு தளவிளைவு அடையும்.
- குவிலென்சின் குவியத்தூரத்திற்கு உள்ளே பொருள் உள்ளபோது, குவிலென்ஸ் எளிய நுண்ணோக்கி போன்று செயல்படும்.
- குவியப்படுத்தும் நிகழ்வு இரண்டு நிலைகளில் ஏற்படும் அவை முறையே அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்துதல் மற்றும் இயல்புநிலைக் குவியப்படுத்துதல் ஆகும்.
- அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்தும் நிகழ்வில், பொருளின் பிம்பம் 25 cm தொலைவில் ஏற்படும். இத்தொலைவு சாதாரண விழியின் தெளிவுக் காட்சியின் மீச்சிறு தொலைவாகும். இயல்புநிலை குவியப்படுத்தும் நிகழ்வில் பிம்பம் ஈரில்லாத் தொலைவில் ஏற்படும்.
- அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்தும் நிகழ்வில் ஏற்படும் உருப்பெருக்கத்தைக் காண, பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கச் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த வேண்டும். இதே போன்று இயல்புநிலை குவியப்படுத்தும் நிகழ்வில் ஏற்படும் உருப்பெருக்கத்தைக் காண, கோண உருப்பெருக்கச் சமன்பாட்டை பயன்படுத்த வேண்டும்.
- எண்ணெய்யில் மூழ்கியுள்ள கண்ணருகு லென்ஸைப் பயன்படுத்தி, நுண்ணோக்கியின் பகுத்தறியும் பண்பை மேம்படுத்தலாம்.

  மேம்படுத்தப்பட்ட உருப்பெருக்கத்தைப் பெற, கூட்டு நுண்ணோக்கிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.
- அதிகக் குவியத்தூரம் கொண்ட மற்றும் குறைந்த குவியத்தூரம் கொண்ட இரண்டு கண்ணருகு லென்சுகள் வானியல் தொலைநோக்கியில் பயன்படுகின்றன.

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 95 9/12/2019 2:13:26 PM

- நிலப்பரப்பு தொலைநோக்கியில் (Terrestrial telescope) நேராக்கப்பட்ட பிம்பத்தைப் பெற கூடுதலாக ஒரு லென்ஸ் பயன்படுத்தப்படுகிறது. எதிரொளிப்பு தொலைநோக்கி, நிறைகள் மற்றும் குறைகள் இரண்டையும் ஒருங்கே பெற்றுள்ளது.
- பின்வரும் மூன்று குறைபாடுகள் விழிகளில் ஏற்படுகின்றன. அவை முறையே (i) கிட்டப்பார்வை (ii) தூரப்பார்வை மற்றும் (iii) ஒருதளப்பார்வை ஆகும்

கருத்து வரைபடம்



I சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக

1. திசையொப்பு பண்பினைப் பெற்ற (Isotropic) ஊடகத்தின் வழியே செல்லும் ஒளியின் வேகம், பின்வருவனவற்றுள் எதனைச் சார்ந்துள்ளது?

U5K6J1

(a) அதன் ஒளிச்செறிவு

(b) அதன் அலைநீளம்

(c) பரவும் தன்மை

(d) ஊடகத்தைப் பொருத்து ஒளிமூலத்தின் இயக்கம்

2. 10 cm நீளமுடைய தண்டு ஒன்று, 10 cm குவியத்தூரம்கொண்ட குழிஆடியின் முதன்மை அச்சில் வைக்கப்பட்டுள்ளாது. தண்டின் ஒரு முனை குழிஆடியின் முனையிலிருந்து 20 cm தொலைவில் இருந்தால், கிடைக்கும் பிம்பத்தின் நீளம் என்ன? (AIPMT முதன்மைத் தேர்வு 2012)

(a) 2.5 cm (b) 5cm

(c) 10 cm (d) 15cm

3. குவியத்தூரம் f கொண்ட குவிஆடியின் முன்பாகப் பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. பெரிதாக்கப்பட்ட மெய் பிம்பம் கிடைக்க வேண்டுமெனில், குவிஆடியிலிருந்து பொருளை வைக்க வேண்டிய பெரும மற்றும் சிறுமத் தொலைவுகள் யாவை?

(IEE Main 2009)]

(a) $2f$ மற்றும் c (b) c மற்றும் ∞

(c) f மற்றும் O

(d) மேற்கண்ட எதுவுமில்லை

4. காற்றிலிருந்து, ஒளிவிலகல்எண் 2 கொண்ட கண்ணாடிப் பட்டகத்தின் மீது ஒளி விழுகிறது எனில், சாத்தியமான பெரும விலகுகோணத்தின் மதிப்பு என்ன?

(a) 30^{o} (b) 45^{o}

(c) 60^{o} (d) 90^{o}

5. காற்றில், ஒளியின் திசைவேகம் மற்றும் அலைநீளம் முறையே V_a மற்றும் λ_a. இதே போன்று தண்ணீரில் V_w மற்றும் λ_w எனில், தண்ணீரின் ஒளிவிலகல்எண் என்ன?

(a) $\dfrac{V_w}{V_a}$ (b) $\dfrac{V_a}{V_w}$

(c) $\dfrac{\lambda_w}{\lambda_a}$ (d) $\dfrac{V_a\lambda_a}{V_w\lambda_w}$

6. பின்வருவனவற்றுள் விண்மீன்கள் மின்னுவதற்கான சரியான காரணம் எது?

(a) ஒளி எதிரொளிப்பு

(b) முழு அக எதிரொளிப்பு

(c) ஒளி விலகல்

(d) தளவிளைவு

7. ஒளிவிலகல் எண் 1.47 கொண்ட இருபுற குவிலென்ஸ் ஒன்று திரவம் ஒன்றில் மூழ்கி, சமதள கண்ணாடித் தகடு போன்று செயல்படுகிறது எனில், திரவத்தின் ஒளிவிலகல்எண் எவ்வாறு இருக்க வேண்டும்?

(a) ஒன்றைவிடக் குறைவு

(b) கண்ணாடியைவிடக் குறைவாக

(c) கண்ணாடியைவிட அதிகமாக

(d) கண்ணாடிக்குச் சமமாக

8. தட்டைக் குவிலென்ஸ் ஒன்றின் வளைவுப்பரப்பின் வளைவு ஆரம் 10 cm. மேலும், அதன் ஒளிவிலகல்எண் 1.5. குவிலென்சின் தட்டைப்பரப்பின் மீது வெள்ளி பூசப்பட்டால் அதன் குவியத்தூரம்

(a) 5 cm (b) 10 cm

(c) 15 cm (d) 20 cm

9. ஒளிவிலகல் எண் 1.5 கொண்ட கண்ணாடிப் பட்டகம் ஒன்றினுள் காற்றுக் குமிழ் ஒன்று உள்ளது. (செங்குத்துப் படுகதிர்நிலைக்கு அருகில்) ஒரு பக்கத்திலிருந்து பார்க்கும்போது, காற்றுக் குமிழ் 5 cm ஆழத்திலும், மற்றொரு பக்கம் வழியாக பார்க்கும்போது 3 cm ஆழத்திலும் உள்ளது எனில், கண்ணாடிப் பட்டகத்தின் தடிமன் என்ன?

(a) 8 cm (b) 10 cm

(c) 12 cm (d) 16 cm

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 97 9/12/2019 2:13:28 PM

10. ஒளிவிலகல் எண் n கொண்ட ஒளிபுகும் ஊடகத்தின் வழியே செல்லும் ஒளிக்கதிர், காற்றிலிருந்து இந்த ஊடகத்தைப் பிரிக்கும் தளத்தின் மீது 45^{o} கோணத்தில் விழுந்து முழுஅக எதிரொளிப்பு அடைகிறது எனில், n இன் மதிப்பு என்ன?

(a) $n = 1.25$ (b) $n = 1.33$

(c) $n = 1.4$ (d) $n = 1.5$

11. பல்வேறு வண்ணங்களில் எழுதப்பட்ட எழுத்துகளின் மீது (ஊதா, பச்சை, மஞ்சள், மற்றும் சிவப்பு) சமதளக் கண்ணாடி ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது . எந்த வண்ணத்தில் எழுதப்பட்ட எழுத்து அதிக உயரத்தில் தெரியும்?

(a) சிவப்பு (b) மஞ்சள்

(c) பச்சை (d) ஊதா

12. கருமைநிறத் தாளின் மீது 1mm இடைவெளியில் இரண்டு வெள்ளை நிறப் புள்ளிகள் காணப்படுகின்றன. தோராயமாக 3 mm விட்டமுடைய விழிலென்ஸ் உள்ள விழியினால்இப்புள்ளிகள்பார்க்கப்படுகின்றன. விழியினால் இப்புள்ளிகளைத் தெளிவாகப் பகுத்துப்பார்க்கக்கூடிய பெருமத் தொலைவு என்ன? [பயன்படும் ஒளியின் அலைநீளம்= 500 nm]

(a) 1 m (b) 5 m (c) 3 m (d) 6m

13. யங் இரட்டைப் பிளவு ஆய்வில், பிளவுகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு இருமடங்காக்கப்படுகிறது. திரையில் தோன்றும் பட்டை அகலம் மாறாமல் இருக்க வேண்டுமெனில், பிளவுகளுக்கும் திரைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு எவ்வளவு இருக்க வேண்டும்?

(a) $2D$ (b) $\frac{D}{2}$

(c) $\sqrt{2}D$ (d) $\frac{D}{\sqrt{2}}$

14. I மற்றும் $4I$ ஒளிச்செறிவுகள் கொண்ட இரண்டு ஒற்றை நிற ஓரியல் ஒளிக்கற்றைகள் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்துகின்றன. தொகுபயன் பிம்பத்தின் சாத்தியமான பெரும மற்றும் சிறும ஒளிச்செறிவுகள் முறையே

[IIT-JEE 1988]

(a) $5I$ and I (b) $5I$ and $3I$

(c) $9I$ and I (d) $9I$ and $3I$

15. 5×10^{-3} cm தடிமன் கொண்ட சோப்புப் படலத்தின் மீது ஒளி விழுகிறது. கண்ணுறு பகுதியில் எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளியின் பெரும அலை நீளம் 5320 $\mathring{A}$ எனில் சோப்புப் படலத்தின் ஒளிவிலகல்எண் என்ன?

(a) 1.22 (b) 1.33

(c) 1.51 (d) 1.83.

16. 1.0×10^{-5} cm அகலம் கொண்ட ஒற்றைப் பிளவினால் ஏற்படும் விளிம்புவிளைவின் முதல் சிறுமம் 30^{o} எனில், பயன்படுத்தப்படும் ஒளியின் அலைநீளம் என்ன?

(a) 400 Å (b) 500 Å

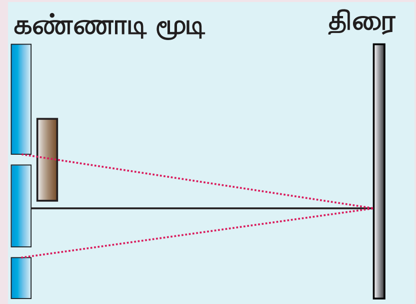
(c) 600 Å (d) 700 Å

17. கண்ணாடித் தட்டு ஒன்றின் மீது 60^{o} கோணத்தில் ஒளிக்கதிர் விழுகிறது. எதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளிவிலகல் அடைந்த ஒளிக்கதிர்கள் இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக அமைந்தால், கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல்எண் எவ்வளவு?

(a) $\sqrt{3}$ (b) $\frac{3}{2}$

(c) $\sqrt{\frac{3}{2}}$ (d) 2

18. படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள யங் இரட்டைப் பிளவு ஆய்வில் ஒரு துளை கண்ணாடி ஒன்றினால் மூடப்படுகிறது எனில், மையப் பெருமம் எங்கு அமையும்?



(a) கீழ்நோக்கி இடம்பெயரும்

(b) மேல்நோக்கி இடம்பெயரும்

(c) அங்கேயே தொடர்ந்து இருக்கும்

(d) கொடுக்கப்பட்ட விவரங்கள் போதுமானதல்ல

19. நிகோல் பட்டகம் வழியாகச் செல்லும் ஒளி

(a) பகுதி தளவிளைவு அடையும்

(b) தளவிளைவு அடையாது

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 98

9/12/2019 2:13:29 PM

(c) முழுவதும் தளவிளைவு அடையும்

(d) நீள்வட்டமாகத் தளவிளைவு அடையும்

20. ஒளியின் குறுக்கீட்டுப் பண்பினை வெளிப்படுத்தும் நிகழ்வு
(a) குறுக்கீட்டு விளைவு
(b) விளிம்பு விளைவு
(c) ஒளிச்சிதறல்
(d) தளவிளைவு

விடைகள்

1) b	2) b	3) d	4) a	5) b
6) c	7) d	8) b	9) c	10) d
11) d	12) b	13) a	14) c	15) b
16) b	17) a	18) b	19) c	20) d

II குறுவினாக்கள்

1. ஒளி எதிரொளிப்பின் விதிகளைக் கூறுக.
2. ஒளி எதிரொளிப்பினால் ஏற்படும் திசைமாற்றக் கோணம் என்றால் என்ன?
3. சமதள ஆடியில் தோன்றும் பிம்பத்தின் பண்புகள் யாவை?
4. கோளக ஆடியில் f மற்றும் R க்கு இடையேயான தொடர்பினை வருவி.
5. கோளக ஆடி ஒன்றிற்கான கார்ட்டீசியன் குறியீட்டு மரபுகளைக் கூறுக.
6. ஒளியியல் பாதை என்றால் என்ன? d தடிமனும் n ஒளிவிலகலும் கொண்ட ஊடகத்தின் ஒளியியல் பாதைக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக
7. ஒளிவிலகல் விதிகளை எழுதுக.
8. ஒளிவிலகளினால் ஏற்படும் திசைமாற்றக் கோணம் என்றால் என்ன?
9. ஒளியின் மீளும் கொள்கை (Principle of reversibility) என்றால் என்ன?
10. ஒப்புமை ஒளிவிலகல் எண் என்றால் என்ன?
11. தோற்ற ஆழத்திற்கான கோவையை வருவி
12. விண்மீன்கள் ஏன் மின்னுகின்றன?
13. மாறுநிலைக்கோணம் மற்றும் முழுஅகஎதிரொளிப்பு என்றால் என்ன?
14. மாறுநிலைக் கோணத்திற்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
15. வைரம் ஜொலிப்பதற்கான காரணத்தை விளக்குக.
16. கானல் நீர் மற்றும் குளிர் மாயத்தோற்றம் (looming) என்றால் என்ன?
17. முழுஅகஎதிரொளிப்பு பண்பின் அடிப்படையில் முப்பட்டகங்கள் எவ்வாறு உருவாக்கப்படுகின்றன என்பதைப்பற்றி குறிப்பு வரைக.
18. ஸ்னெல் சாளரம் என்றால் என்ன?
19. ஒளிஇழை பற்றிச் சிறு குறிப்பு வரைக.
20. அகஉள்நோக்கி (endoscope) செயல்படும் முறையை விவரி.
21. குழிலென்ஸின் முதன்மைக்குவியம் மற்றும் துணைக்குவியம் என்றால் என்ன?
22. லென்ஸ்களுக்குப் பயன்படுத்தப்படும் குறியீட்டு மரபுகள் யாவை?
23. லென்ஸ் உருவாக்குபவர் சமன்பாட்டிலிருந்து லென்ஸ் சமன்பாட்டைப் பெறுக.
24. மெல்லிய லென்ஸ் ஒன்றிற்கான பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கச் சமன்பாட்டைப் பெறுக.
25. லென்சின் திறன் என்றால் என்ன?
26. ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் லென்ஸ்களுக்கான தொகுபயன் குவியத்தூரத்திற்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
27. சிறுமதிசைமாற்றக் கோணம் என்றால் என்ன?
28. நிறப்பிரிகை என்றால் என்ன?
29. வானவில் எவ்வாறு தோன்றுகிறது?
30. ராலேயின் ஒளிச்சிதறல் என்றால் என்ன?
31. வானம் ஏன் நீலநிறமாகக் காட்சியளிக்கிறது?
32. சூரிய உதயம் மற்றும் மறைவின்போது வானம் ஏன் சிவப்பு நிறமாகத் தெரிகிறது?
33. மேகங்கள் ஏன் வெண்மை நிறமாகக் காட்சியளிக்கின்றன?
34. ஒளியின் நுண்துகள் கொள்கையின் முக்கிய அம்சங்கள் யாவை?
35. ஒளியின் அலைக் கொள்கை என்றால் என்ன?
36. ஒளியின் மின்காந்த அலைக்கொள்கை என்றால் என்ன?
37. ஒளியின் குவாண்டக் கொள்கையைப் பற்றி சிறுகுறிப்பு வரைக.
38. அலைமுகப்பு என்றால் என்ன?
39. ஹைகென்ஸ் கொள்கை என்றால் என்ன?
40. ஒளியின் குறுக்கீட்டு விளைவு என்றால் என்ன?

41. அலை ஒன்றின் கட்டம் என்றால் என்ன?
42. கட்ட வேறுபாட்டிற்கும், பாதை வேறுபாட்டிற்கும் உள்ள தொடர்பை வருவி?
43. ஓரியல் மூலங்கள் என்றால் என்ன?
44. ஒளிச்செறிவு பகுப்பு என்றால் என்ன?
45. அலைமுகப்புப் பகுப்பு எவ்வாறு ஓரியல் மூலங்களை உருவாக்குகிறது என்பதை சுருக்கமாக விளக்கு.
46. ஒளிமூலமும் அதன் பிம்பமும் எவ்வாறு ஓரியல் மூலங்களாகச் செயல்படுகின்றன என்பதைச் சுருக்கமாக விவரி.
47. குறுக்கீட்டுப்பட்டை அமைப்பில் தோன்றும் பட்டை அகலத்தை வரையறு.
48. விளிம்பு விளைவு என்றால் என்ன?
49. ப்ரனெல் மற்றும் ப்ரானோஃபர் விளிம்பு விளைவுகளுக்கு இடையே உள்ள வேறுபாடுகள் யாவை?
50. ப்ரானோஃபர் விளிம்பு விளைவில் ஏற்படும் முதல் சிறுமத்திற்கான சிறப்பு நேர்வினை விளக்குக.
51. ப்ரனெல் தொலைவு என்றால் என்ன? அதற்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
52. குறுக்கீட்டு விளைவுக்கும், விளிம்பு விளைவுக்கும் உள்ள வேறுபாடுகள் யாவை?
53. விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி என்றால் என்ன?
54. பிரித்தறிதல் மற்றும் பிரிதிறன் என்றால் என்ன?
55. ராலே நிபந்தனை என்றால் என்ன?
56. தளவிளைவு என்றால் என்ன?
57. தளவிளைவு அடைந்த மற்றும் தளவிளைவு அடையாத ஒளிகளுக்கு இடையேயான வேறுபாடுகள் யாவை?
58. தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட உட்கவர்தல் மூலம் எவ்வாறு தளவிளைவு ஏற்படுகிறது என்பதைப் பற்றி சுருக்கமாக விளக்குக.
59. தளவிளைவு ஆக்கி மற்றும் தளவிளைவு ஆய்வி என்றால் என்ன?
60. முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த, தளவிளைவு அடையாத மற்றும் பகுதி தளவிளைவு அடைந்த ஒளி என்றால் என்ன?
61. மாலசின் விதியைக் கூறி, அதனை வருவி,
62. போலராய்டின் பயன்களைக் கூறுக.
63. புருஸ்டர் விதியைக் கூறுக.
64. தளவிளைவுக் கோணம் என்றால் என்ன? தளவிளைவுக் கோணத்திற்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
65. தட்டடுக்குகளைப்பற்றிச் சிறு குறிப்பு வரைக.
66. இரட்டை ஒளிவிலகல் என்றால் என்ன?
67. ஒளியியல் வினைபுரியும் படிகங்களின் வகைகளை உதாரணத்துடன் கூறுக
68. நிகோல் பட்டகம் சிறுகுறிப்பு வரைக.
69. ஒளிச்சிதறலின் மூலம் எவ்வாறு ஒளி தளவிளைவு அடைகிறது?
70. எளிய நுண்ணோக்கியைப் பற்றி விளக்கி, அண்மைப் புள்ளி குவியப்படுத்துதல் மற்றும் இயல்புநிலை குவியப்படுத்துதல் நிகழ்வில் ஏற்படும் உருப்பெருக்கத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.
71. அண்மைப்புள்ளி மற்றும் இயல்பு நிலை குவியப்படுத்துதல் என்றால் என்ன?
72. எண்ணெய்யில் மூழ்கியுள்ள பொருளருகு லென்ஸ் நுண்ணோக்கியில் ஏன் விரும்பி பயன்படுத்தப்படுகிறது?
73. எதிரொளிப்பு தொலைநோக்கியைப் பயன்படுத்துவதில் உள்ள நிறைகள் மற்றும் குறைகள் யாவை?
74. நிலப்பரப்பு தொலைநோக்கியில் பயன்படுத்தப்படும் நேராக்கும் லென்சின் பயன்பாடு என்ன?
75. இணையாக்கியின் பயன் யாது?
76. நிறமாலைமானியின் பயன்கள் யாவை?
77. கிட்டப்பார்வை என்றால் என்ன? அக்குறைபாட்டை எவ்வாறு சரிசெய்யலாம்?
78. தூரப்பார்வை என்றால் என்ன? இதனைச் சரிசெய்யும் வழிமுறை யாது?
79. வெள்ளெழுத்து என்றால் என்ன?
80. ஒருதளப்பார்வை என்றால் என்ன?

III நெடுவினாக்கள்

1. ஆடிச் சமன்பாட்டினை வருவித்து, பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.
2. ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறியும் ஃபிஸீயு (Fizeau) முறையை விவரி.
3. ஒளியூட்ட ஆரம் (அல்லது) ஸ்நெல் சாளரத்திற்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
4. ஒளி இழை ஒன்றின் ஏற்புக் கோணம் மற்றும் எண்ணியல் துளைக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
5. கண்ணாடிப்பட்டகம் ஒன்றின் வழியாகப் பாயும் ஒளியின் பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சிக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 100 9/12/2019 2:13:29 PM

6. ஒற்றைக் கோளகப்பரப்பில் ஏற்படும் ஒளிவிலகளுக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
7. லென்ஸ் உருவாக்குபவரின் சமன்பாட்டை வருவித்து, அதன் முக்கியத்துவத்தை எழுதுக.
8. மெல்லிய லென்ஸ் ஒன்றிற்கான சமன்பாட்டை வருவித்து, அதிலிருந்து உருப்பெருக்கத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.
9. ஒன்றை ஒன்று தொடாமல் வைக்கப்பட்டுள்ள லென்ஸ் கூட்டமைப்பின் தொகுபயன் குவியத்தூரத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.
10. முப்பட்டகம் ஒன்றின் திசைமாற்றக்கோணத்திற்கான சமன்பாட்டை வருவித்து, அதிலிருந்து முப்பட்டகம் செய்யப்பட்டுள்ள பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் காண்பதற்கான கோவையை வருவி.
11. நிறப்பிரிகை என்றால் என்ன? ஊடகம் ஒன்றின் நிறப்பிரிகைத் திறனுக்கான கோவையைப்பெறுக.
12. ஹைகென்ஸ் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் எதிரொளிப்பு விதிகளை நிரூபி.
13. ஹைகென்ஸ் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் ஒளிவிலகல் விதிகளை நிரூபி.
14. ஒளியின் குறுக்கீட்டு விளைவினால் பெறப்படும் தொகுபயன் ஒளிச் செறிவிற்கான கோவையைப் பெறுக.
15. யங் இரட்டைப் பிளவு ஆய்வு அமைப்பை விளக்கி, பாதை வேறுபாட்டிற்கான கோவையைப் பெறுக.
16. யங் இரட்டைப் பிளவு ஆய்வில் பெறப்படும் பட்டை அகலத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.
17. மெல்லேடுகளில் எதிரொளிப்பு அடைந்த மற்றும் ஒளிவிலகல் அடைந்த கதிர்களினால் ஏற்படும் ஆக்கக் குறுகிகீட்டு விளைவிற்கான சமன்பாடுகளைப் பெறுக.
18. ஒற்றைப் பிளவினால் ஏற்படும் விளிம்பு விளைவினை விவரித்து, n வது சிறுமத்திற்கான நிபந்தனையைப் பெறுக.
19. கீற்றணி ஒன்றில் நடைபெறும் விளிம்புவிளைவை விளக்கி, mவது பெறுமத்திற்கான நிபந்தனையைப் பெறுக.
20. விளம்புவிளைவுக் கீற்றணியைப் பயன்படுத்தி, ஒற்றை நிற ஒளியின் அலை நீளத்தைக் காணும் சோதனையை விவரி.
21. விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியைப் பயன்படுத்திக் கூட்டு ஒளியின் (வெவ்வேறு வண்ணங்களின்) அலைநீளங்களைக் காணும் சோதனையை விவரி.
22. ஒளியியல் கருவி ஒன்றின் பிரிதிறனுக்கான கோவையைப் பெறுக.
23. எளிய நுண்ணோக்கி ஒன்றினை விவரித்து, அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்தல் மற்றும் இயல்புநிலைக் குவியப்படுத்துதலில் ஏற்படும் உருப்பெருக்கங்களுக்கான சமன்பாடுகளைப் பெறுக.
24. கூட்டு நுண்ணோக்கி ஒன்றினை விவரித்து, அதன் உருப்பெருக்கத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.
25. நுண்ணோக்கி ஒன்றின் பிரிதிறனுக்கான கோவையைப் பெறுக.
26. வானியல் தொலைநோக்கி ஒன்றினைப் பற்றி விளக்குக
27. நிறமாலைமானி ஒன்றின் வெவ்வேறு பாகங்களைக் கூறி, நிறமாலைமானியின் தொடக்கச் சீரமைவுகளைப் பற்றி விளக்குக.
28. நிறமாலைமானியைக் கொண்டு, முப்பட்டகப் பொருளின் ஒளிவிலகல்எண்ணைக் காணும் சோதனையை விவரி.

IV கருத்துரு வினாக்கள்

1. தட்டுவடிவ விண்ணலைக் கம்பிகள் (Dish antennas)ஏன் உட்குழிந்து காணப்படுகின்றன?
2. தண்ணீரின் உள்ளே தோன்றும் நீர்க்குமிழிகள் எவ்வகையான லென்ஸ்களை உருவாக்கும்?
3. இரண்டு லென்ஸ்களைக் கொண்டு, சுழிதிறன் கொண்ட லென்ஸ் அமைப்பை உருவாக்க முடியுமா?
4. வானம் நீல நிறமாகவும், மேகங்கள் வெண்மை நிறமாகவும் இருக்க காரணம் என்ன?
5. மூடுபனிஉள்ள இடங்களில் மஞ்சள் நிற ஒளிவிளக்குகளைப் பயன்படுத்துவது விரும்பத்தக்கது ஏன்?
6. இரண்டு தனித்தனியான ஒற்றை நிற ஒளி மூலங்கள் ஓரியல் மூலங்களாகாது ஏன்?
7. யங் இரட்டைப்பிளவு ஆய்வில் பயன்படும் இரட்டைப் பிளவுகளில் ஒளி விளிம்பு விளைவு அடையுமா?

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 101 9/12/2019 2:13:29 PM

8. முப்பட்டகத்தில் தோன்றும் வண்ணங்களுக்கும் சோப்புக்குமிழில் தோன்றும் வண்ணங்களுக்கும் ஏதேனும் வேறுபாடுகள் உள்ளனவா?

9. தொலைவிலுள்ள ஒளிமூலத்திலிருந்து வரும் ஒளியின் பாதையில் , சிறிய வட்டத்தட்டு ஒன்றினை வைத்து அதன் நிழலைப் பார்க்கும்போது, நிழலின் மையம் கருமையாகத் தெரியுமா? அல்லது வெண்மையாகத் தெரியுமா?

10. அடர்மிகு ஊடகம் ஒன்றில் பட்டு ஒளி எதிரொளிப்பு அடையும்போது, அதன் கட்டத்தில் எவ்வகையான மாற்றங்கள் ஏற்படும்?

பயிற்சி கணக்குகள்

1. 20 cm குவியத் தொலைவுடைய குவிலென்ஸ் ஒன்றிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவில் பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. லென்சினால் உருவாக்கப்பட்ட பிம்பம் 4 மடங்கு உருப்பெருக்கம் அடைந்துள்ளது எனில், பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள தொலைவு எவ்வளவு?

[விடை: −15 cm.]

2. உருப்பெருக்கத்திறன் 30 கொண்ட கூட்டுநுண்ணோக்கியின் கண்ணருகு லென்சின் குவியத்தூரம் 5 cm இறுதி பிம்பம் தெளிவுக் காட்சியின் மீச்சிறு தொலைவில் கிடைக்கிறது எனில், பொருளருகு லென்சின் குவியத்தூரம் என்ன?

[விடை: 5 cm]

3. 20 cm குவியத்தூரம் கொண்ட குழிஆடிக்கு முன்பாகப் பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. பொருளின் அளவைப்போன்று மூன்று மடங்கு தொலைவில் பிம்பம் தோன்றுகிறது எனில், குழிஆடியிலிருந்து பொருளை வைக்க சாத்தியமான இரண்டு தொலைவுகளைக் கணக்கிடு.

[விடை: −40/3 cm மற்றும் −80/3 cm]

4. நீர் நிரப்பப்பட்ட தொட்டி ஒன்றின் ஆழம் 80 cm. தொட்டியின் அடிப்பரப்பின் மீது சிறிய மின்விளக்கு ஒன்று வைக்கப்பட்டால், தண்ணீரின் மேற்பரப்பின் வழியாக வெளியேறும் ஒளியின் பரப்பளவைக் கணக்கிடுக. இங்குத் தண்ணீரின் ஒளிவிலகல் எண் 1.33 (மின்விளக்கினை ஒரு புள்ளி ஒளி மூலமாகக் கருதுக)

[விடை: 2.6 m^2]

5. ஒளிவிலகல் எண் 1.5 கொண்ட கண்ணாடியால் செய்யப்பட்ட லென்ஸ் ஒன்றின் திறன் + 5.0 D இந்த லென்ஸ் n ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட திரவம் ஒன்றில் மூழ்கவைக்கப்படும்போது குவியத்தூரம் 100 cm கொண்ட விரிக்கும் லென்சாக மாறுகிறது எனில், திரவத்தின் ஒளிவிலகல் எண் n இன் மதிப்பு என்ன?

[விடை: 5/3]

6. குவிலென்ஸின் குவியத்தொலைவைப் போன்று 4 மடங்கு தொலைவில் அதாவது, D தொலைவில் பொருளும் திரையும் பிரித்துவைக்கப்பட்டுள்ளன. இணை குவிய முறையின்படி (Conjugate foci method) பொருளுக்கும் திரைக்கும் நடுவே இரண்டு நிலைகளில் குவிலென்ஸை வைத்து பிம்பத்தை உருவாக்கலாம். இவ்விரண்டு நிலைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவை f எனக் கொண்டு, குவிலென்சின் குவியத்தூரத்திற்கான சமன்பாட்டை வருவி

[விடை: $\left(f = \frac{D^2 - d^2}{4D}\right)$

7. 1 mm அகலம் கொண்ட ஒற்றைப் பிளவின்மீது தொலைவிலுள்ள ஒளிமூலத்திலிருந்து வரும் 600 nm அலைநீளம் கொண்ட ஒளி விழுந்து விளிம்பு விளைவடைந்து, பிளவிலிருந்து 2 m தொலைவிலுள்ள திரையில் விளிம்பு விளைவுப் பட்டைகளை உருவாக்குகிறது. மையப் பொலிவுப்பட்டையின் இரண்டு பக்கங்களிலும் தோன்றும் முதல் கரும்பட்டைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவைக் காண்க.

[விடை: 2.4 mm]

8. யங் இரட்டைப்பிளவு ஆய்வில் 2 mm தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள இரட்டைப் பிளவுகள் λ_o = 750 nm மற்றும் λ = 900 nm அலைநீளங்களைக் கொண்ட கூட்டு ஒளியினால் ஒளியூட்டப்பட்டு இரட்டைப் பிளவுகளில் இருந்து 2 m தொலைவில் உள்ள திரையில் குறுக்கீட்டுப் பட்டைகள் தோன்றுகின்றன. பொதுவான

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 102 9/12/2019 2:13:29 PM

மையப் பொலிவுப்பட்டையிலிருந்து ஒரு குறுக்கீட்டுப்பட்டை அமைப்பின் பொலிவுப்பட்டையும், மற்றொரு குறுக்கீட்டுப் பட்டை அமைப்பின் பொலிவுப்பட்டையுடன் ஒன்றிணையும் குறைந்தபட்சத் தொலைவைக் கணக்கிடுக.

[விடை: 4.5 mm]

9. யங் இரட்டைப்பிளவு ஆய்வில், 5893 Å அலைநீளம் கொண்ட சோடிய ஒளியினால் இரட்டைப் பிளவுகளை ஒளியூட்டும்போது கண்ணுக்குப் புலப்படும் பகுதியில் 62 பட்டைகள் தெரிகின்றன. சோடிய ஒளிக்குப் பதிலாக 4359 Å அலை நீளம் கொண்ட ஊதா ஒளியினைப் பயன்படுத்தினால், எத்தனை பட்டைகள் திரையில் தெரியும்?

[விடை: 84]

10. ஈறில்லாத் தொலைவில் பிம்பம் தோன்றும் கூட்டு நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்கத்திறன் 100. பொருளருகு லென்சின் குவியத் தொலைவு 0.5 cm மற்றும் குழலின் நீளம் 6.5 cm என இருந்தால், கண்ணருகு லென்சின் குவியத்தூரத்தின் மதிப்பு என்ன?

[விடை: 2 cm]

மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

1. Frances A. Jenkins and Harvey E. White, Fundamentals of Optics, 4th Edition, McGraw Hill Book Company, (2011).
2. David Halliday, Robert Resnick and Jearl Walker,Fundamentals of Physics, 6th Edition,John Wiley & Sons Inc., (2004).
3. H.C. Verma,Concepts of Physics [Part-1], 1st Edition, Bharathi Bhawan Publishers & Distributers Pvt. Ltd., (2008).
4. Roger A. Freedman, Hugh D. Young, Sears and Zemansky's University Physics, 12th Edition, Pearson, (2011).

இணையச் செயல்பாடு

ஒளியியல்

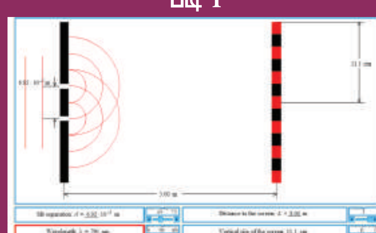
ஓரியல் மூலங்களுக்கு இடைப்பட்ட தூரம், மூலங்களுக்கும் திரைக்கும் இடையேயுள்ள தொலைவு, மற்றும் ஒளியின் அலைநீளம் ஆகியவற்றை மாறுதல் செய்யும் போது பட்டை அகலம் எவ்வாறு மாறுபடுகிறது என்பதனை இந்த செயல்பாட்டின் மூலம் மாணவர்கள் புரிந்து கொள்வார்கள்.

தலைப்பு: யங் இரட்டைப் பிளவு சோதனை

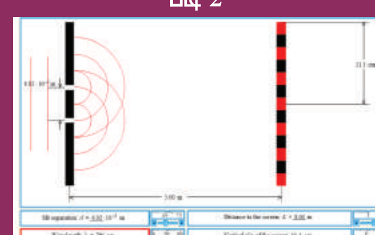
படிகள்:

- 'tutor–homework.com/Physics_Help/double_slit_experiment.html' என்ற பக்கத்திற்கு செல்லுங்கள்.
- ஓரியல் மூலங்களுக்கு இடைப்பட்ட தூரத்தை மாறுதல் செய்து கருமை பட்டைகளும் பொலிவு பட்டைகளும் எவ்வாறு மாற்றமடைகிறது என கவனியுங்கள்.
- மூலங்களுக்கும் திரைக்கும் இடையேயுள்ள தொலைவை குறைக்கும் போது பட்டை அகலத்தில் ஏற்படும் மாற்றத்தை கவனியுங்கள்.
- ஒளியின் அலைநீளத்தை மாறுதல் செய்து பட்டை அகலம் எவ்வாறு மாறுகிறது என்பதை கவனியுங்கள்.
- "Run" என்ற பொத்தானை சொடுக்கும் போது கிடைக்கும் கருமைப் பட்டையும் பொலிவுப் பட்டையும் உற்றுநோக்கு.

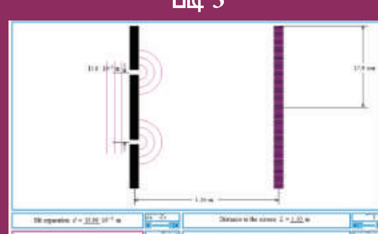
படி 1



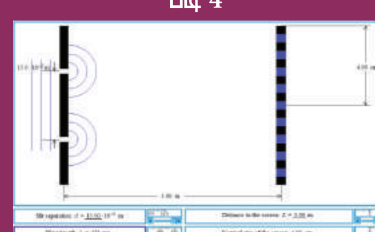
படி 2



படி 3



படி 4



குறிப்பு:

உங்கள் உலாவியில் flash player இல்லையென்றால் அதனை நிறுவவும்.

உரலி:

http://tutor-homework.com/Physics_Help/double_slit_experiment.html

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

B226_12_PHYSICS_TM

UNIT-6(XII-Physics_Vol-2)-Tamil.indd 104 9/12/2019 2:13:30 PM