

# APPOLO STUDY CENTRE

## MONTHLY TEST - 3 PART - I

LIGHT		
8 <sup>th</sup> term 1	Unit-3	ஒளியியல்
9 <sup>th</sup> book	Unit - 6	ஒளி
10 <sup>th</sup> book	Unit 2	ஒளியியல்
11 <sup>th</sup> vol 2	Unit-11	அலைகள்
12 <sup>th</sup> vol 2	Unit- 6	ஒளியியல்

8<sup>TH</sup> அறிவியல்  
தொகுதி 1  
அலகு - 3  
ஒளியியல்

### அறிமுகம்:

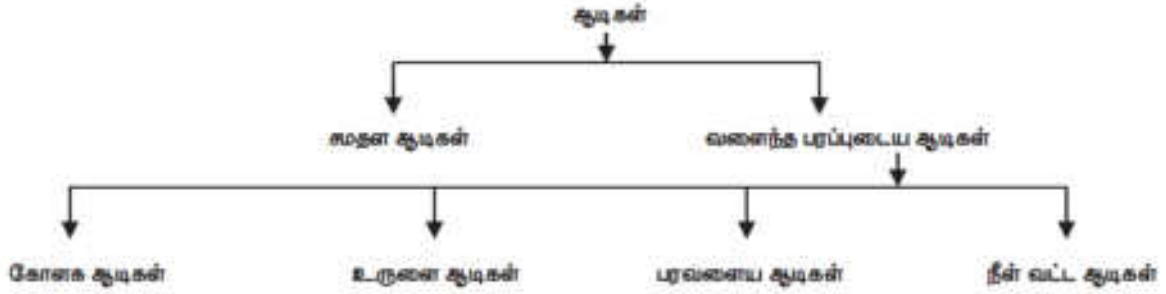
பச்சைப்பசேலெனக் காட்சியளிக்கும் பசுந்தாவரங்களால் போர்த்தப்பட்ட உயர்ந்த மலைகள், வானத்து மேகங்களைத் தொடும் உயர்ந்து நிற்கும் மரங்கள், அழகாகப் பாய்ந்து செல்லும் நீரோடைகள், கடற்கரையை நோக்கி ஆர்ப்பரிக்கும் நீலக்கடல், காலை வேளையில் தங்கச் சிவப்பு நிறத்தால் நிரப்பப்பட்ட வானத்துக் கதிர்கள் இவை அனைத்தும் நமது கண்களுக்கும், மனதிற்கும் மகிழ்ச்சியைத் தரக்கூடியவை ஆனால் ஒளியில்லாமல் இவற்றைக் காணமுடியுமா? முடியாது. காரணம், ஒளி நம்மைச் சுற்றியுள்ள பொருள்களின் மீது பட்டு எதிரொளித்து கண்களை அடைவதால், நம்மால் அவற்றைக் காண முடிகிறது.

ஒளி ஒரு வகை ஆற்றலாகும். ஒளி நேர்க்கோட்டில் செல்லும் சமதள ஆடிகளைப் போன்ற பளபளப்பான பொருள்களில் எவ்வாறு ஒளி எதிரொளிக்கிறது என்பதனை கீழ் வகுப்புகளில் பயின்றீர்கள். கோளக ஆடிகள், பரவளைய ஆடிகள் மற்றும் பிறவகை ஆடிகள் பற்றியும், அன்றாட வாழ்வில் இவற்றின் பயன்களைப் பற்றியும் இப்பாடத்தில் பயில உள்ளீர்கள். மேலும் ஒளி எதிரொளிப்பு விதிகள், ஒளி விலகல் விதிகள் மற்றும் பெரிஸ்கோப், கலைடாஸ்கோப் போன்ற ஒளியியல் கருவிகளையும் அவற்றின் செயல்பாட்டுத் தத்துவங்களையும் படிக்க இருக்கிறீர்கள்.

### ஆடிகளின் வகைகள்:

பல்வேறு நோக்கங்களுக்காக அன்றாடம் நாம் ஆடிகளைப் பயன்படுத்துகிறோம். அலங்காரத்திற்காகவும், வாகனங்களில் பின்புறம் வரும் வாகனங்களைக் காண்பதற்காகவும், தொலைநோக்கி போன்ற அறிவியல் சாதனங்களிலும் ஆடிகளைப் பயன்படுத்துகிறோம். ஒளியை எதிரொளிக்கும் பண்பினைப் பெற்றுள்ள பளபளப்பான ஒளியியல் சாதனமே ஆடி ஆகும். ஆடி என்பது ஒரு புறம் மட்டும் அலுமினியம் அல்லது வெள்ளி முலாம் பூசப்பட்ட கண்ணாடித்துண்டு ஆகும். ஆடிகள், சமதள மற்றும் வளைந்த பரப்புடையவை. கோளக ஆடிகள், உருளை ஆடிகள், பரவளைய ஆடிகள், நீள்வட்ட வடிவ ஆடிகள் ஆகியவை வளைந்த பரப்புடைய ஆடிகளாகும். ஆடியின் வடிவ அமைப்பே அதனால் உருவாகும் பிம்பத்தினைத் தீர்மானிக்கிறது. சமதள ஆடியானது ஒரு பொருளின்

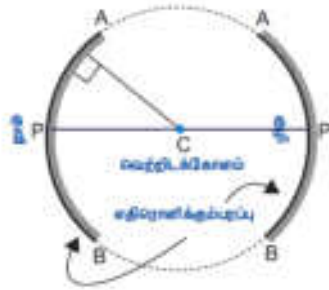
சரியான பிம்பத்தினை உருவாக்குகிறது. அதே வேளையில் வளைந்த பரப்பினை உடைய ஆடிகள் பெரிய மற்றும் சிறிய பிம்பங்களை உருவாக்குகின்றன. சமதள ஆடிகளைப் பற்றி கீழ் வகுப்புகளில் பயின்றாள்ளீர்கள். பரவளைய மற்றும் கோளக ஆடிகளைப் பற்றி இப்பகுதியில் பயில இருக்கிறீர்கள்.



16 ஆம் நூற்றாண்டில் இத்தாலியிலுள்ள வெனிஸ் நகரத்தில் கண்ணாடித் தகட்டின் மீது எதிரொளிக்கும் உலோகத்தை மெல்லிய படலமாகப் பூசும் வழக்கம் நடைமுறையில் இருந்தது. பாதரசம் மற்றும் வெள்ளி உலோகக்கலவையினை இதற்காக பயன்படுத்தினர். கண்ணாடித் தகட்டின் மீது உருகிய அலுமினியம் அல்லது வெள்ளி உலோகத்தினை மெல்லிய படலமாகப் பூசி, அதனை ஆடியாக தற்போது பயன்படுத்தி வருகிறோம்.

### கோளக ஆடிகள்:

வளைந்த ஆடிகளின் ஒரு வடிவமே கோளக ஆடிகளாகும். வளைந்த ஆடிகள் ஒரு கோளத்தின் பகுதியாகக் கருதப்பட்டால் அவை "கோளக ஆடிகள்" என அழைக்கப்படுகின்றன. இது ஒரு கோளத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து வெட்டப்பட்ட சிறுபகுதியினைப் போன்று வடிவத்தைக் கொண்டிருக்கும். ஆடியின் ஒரு பகுதியில் வெள்ளிப்பூச்சு பூசப்பட்டுள்ளது. மற்றொரு பகுதியில் ஒளி எதிரொளிப்பு நிகழ்கிறது.

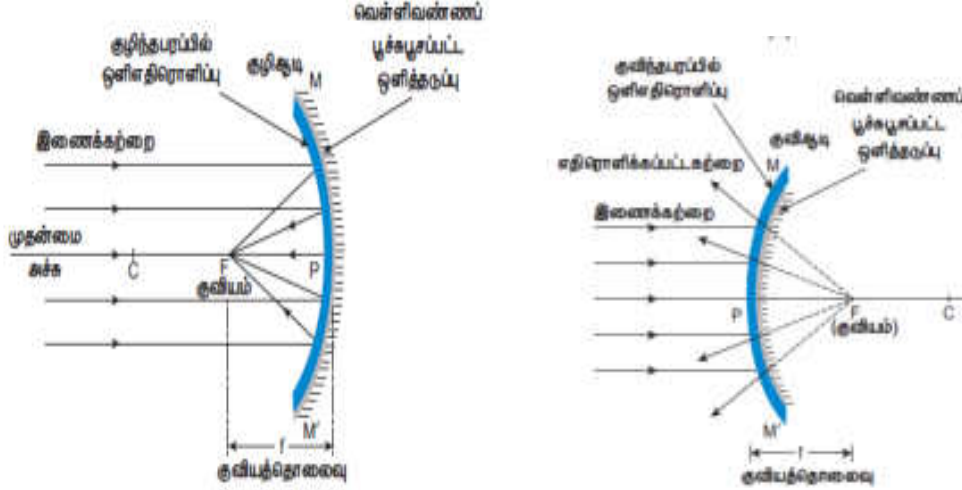


### குழி ஆடி:

கோளக ஆடியின் வளைந்த பரப்பில் ஒளி எதிரொளிப்பானது நிகழ்ந்தால் அது குழி ஆடி என அழைக்கப்படுகிறது. இந்த ஆடியின் அருகில் வைக்கப்பட்ட பொருளினை இது பெரிதாக்கிக் காட்டும். பொதுவாக அலங்காரத்திற்காக பயன்படுத்தப்படும் கண்ணாடி, குழி ஆடிக்கு எடுத்துக்காட்டாகும்.

### குவி ஆடி:

கோளக ஆடியின் குவிந்த பரப்பில் ஒளி எதிரொளிப்பானது நிகழ்ந்தால் அது குவி ஆடி என அழைக்கப்படுகிறது. இவ்வகை ஆடிகள் பொருளின் அளவைவிடச் சிறிய பிம்பத்தினை உருவாக்கும். சாலைகளில் பின்புறம் வரக்கூடிய வாகங்களைக் காண்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் ஆடிகள் குவி ஆடிகள் ஆகும்.



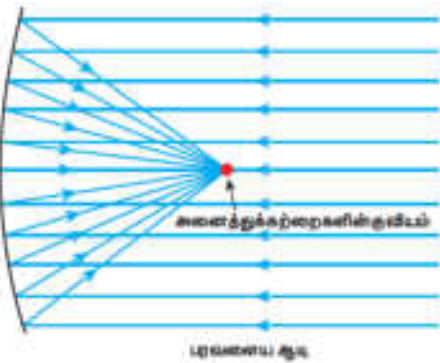
குவி ஆடி பின்புற பார்வைக் கண்ணாடியாக வாகனங்களில் பயன்படுகிறது. “இக்கண்ணாடியில் தோன்றும் பிம்பமானது அதன் உண்மைத் தொலைவை விட அருகில் உள்ளது” என்ற எச்சரிக்கை வாசகம், அதில் எழுதப்பட்டிருக்கும். அதாவது, பின்புறமுள்ள வாகனத்தின் தொலைவு கண்ணாடியில் உள்ளது போல் தூரத்தில் இல்லாமல் அருகில் இருக்கும்.

#### பரவளைய ஆடிகள்:

இது பரவளையத்தைப் போன்ற வளைந்த பரப்புடைய ஆடியாகும். இது குழிந்த எதிரொளிக்கும் பரப்பினைக் கொண்டது. இந்தப் பரப்பானது அதன் மீது விழும் ஒளிக்கற்றையை ஒரு புள்ளியில் குவிக்கும்.

இதேபோல், ஒளிக்கதிர்களை உண்டாக்கும் ஒளிமூலத்தினைப் பரவளைய ஆடியின் குவியப்புள்ளியில் வைத்தால், ஒளிக்கதிர்கள் பரவளையப்பரப்பில் பட்டு எதிரொளிக்கும். எதிரொளிக்கப்பட்ட கதிர்கள் ஆடியின் முதன்மை அச்சிற்கு இணையாக ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் விரிந்து செல்லும். இக்கதிர்கள் பொலிவு குறையாமல் மிக நீண்ட தொலைவிற்குப் பயணிக்கும்.

பரவளைய ஆடிகளைப் பரவளைய எதிரொளிப்பான்கள் எனவும் அழைக்கலாம். இவை ஒளி, வெப்பம், ஒலி மற்றும் ரேடியோ அலைகள் போன்றவற்றை அவற்றின் ஆற்றல் குறையாமல் ஆடியின் குவியப்பரப்பில் வீழ்த்தி சேகரிக்கப் பயன்படுகின்றன. இவை எதிரொளிக்கும் தொலைநோக்கிகள், ரேடியோ தொலைநோக்கிகள் மற்றும் நுண்அலை தொலைபேசிக் கருவிகளிலும் பயன்படுகின்றன. மேலும் சூரியச் சமையற்கலன்கள் மற்றும் சூரிய வெப்பச் சூடேற்றி ஆகியவற்றிலும் பயன்படுகின்றன.



கிரிக்கோ - ரோமன் காலத்திலிருந்தே பரவளைய ஆடி வேலைசெய்யும் தத்துவமானது அறியப்பட்டிருந்தது. கணிதவல்லுநர் டையோகிள்ஸ் எழுதிய “ளிக்கும் ஆடிகள்” என்ற நூலில் இதன் வடிவம் பற்றிய தகவல் இடம் பெற்றுள்ளது. இபின் ஷால் என்று



$$\frac{R}{2} = \frac{20}{2} = 10 \text{ செ.மீ}$$

**கணக்கீடு 2:**

கோளக ஆடி ஒன்றின் குவியத் தொலைவு 7 செ.மீ எனில் ஆடியின் வளைவு ஆரம் என்ன? தீர்வு:

$$\begin{aligned} \text{குவியத் தொலைவு} &= 7 \text{ செ.மீ} \\ \text{வளைவு ஆரம் (R)} &= 2 \times \text{குவியத் தொலைவு} \\ &= 2 \times 7 = 14 \text{ செ.மீ} \end{aligned}$$

**கோளக ஆடிகளில் தோன்றும் பிம்பங்கள்:**

கோளக ஆடிகளில் தோன்றும் பிம்பங்கள் இரண்டு வகைப்படும். அவை

1. மெய் பிம்பம்
2. மாய பிம்பம்

திரையில் பிடிக்க இயலும் பிம்பம் மெய் பிம்பமாகும். திரையில் பிடிக்க இயலாத பிம்பம் மாயபிம்பமாகும்.

குவியாடியில் எப்போதும் நேரான, அளவில் சிறிய மாயபிம்பம் தோன்றும், இதனால் இவ்வகை ஆடிகளால் தோன்றும் பிம்பங்களைத் திரையில் வீழ்த்திப் பிடிக்க இயலாது.

குழி ஆடியின் முன் பொருள் வைக்கப்படும் இடத்தைப் பொறுத்து பிம்பத்தின் தன்மையானது தீர்மானிக்கப்படுகிறது. குழி ஆடியின் அருகில் பொருள் வரும்போது ஆடிமையத்தை அடையும் வரை தோராயமாகப் பொருளின் அளவினை அடையும்வரை பிம்பமானது பெரிதாகிக் கொண்டே செல்லும். பொருளானது ஆடியை விட்டு விலகிச் செல்ல செல்ல பிம்பத்தின் அளவானது சிறியதாக இருக்கும். முதன்மைக் குவியத்தை அடையும் வரை தொடர்ந்து சிறிய பிம்பத்தை உண்டாக்கும். ஈறிலாத் தொலைவில் பொருளானது வைக்கப்பட்டால் பிம்பமானது முக்கிய குவியத்தில் விழும்.

குவி ஆடியினால் தோன்றும் பிம்பத்தின் அளவு மற்றும் தன்மை கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

குழி ஆடிகள் மெய் பிம்பங்களைத் தோற்றுவிக்கும். இவற்றைத் திரையில் பிடிக்க இயலும். ஆடியின் முன்னர் வைக்கப்பட்ட பொருளின் அமைப்பு, அளவு மற்றும் தன்மையினைப் பொறுத்து பிம்பங்களும் மாறுபடுகின்றன. குவி ஆடிகளைப்போல், குழி ஆடிகள் வெவ்வேறு வகையான பிம்பங்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன குழியாடியில் தோன்றும் பிம்பங்களின் தொகுப்பானது கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

**குவி ஆடியில் தோன்றும் பிம்பம்:**

பொருளின் நிலை	பிம்பத்தின் நிலை	பிம்பத்தின் அளவு	பிம்பத்தின் தன்மை
ஈறிலாத் தொலைவில்	F- இல்	புள்ளி அளவு மிகச்சிறியது	நேரான மாய பிம்பம்
ஈறிலாத் தொலைவிற்கும் ஆடி மையத்திற்கும் இடையில்	P- க்கும் F-க்கும் இடையில்	சிறியது	நேரான மாய பிம்பம்

**குழி ஆடியில் தோன்றும் பிம்பம்**

பொருளின் நிலை	பிம்பத்தின் நிலை	பிம்பத்தின் அளவு	பிம்பத்தின் தன்மை
ஈறிலாத் தொலைவில்	F - இல்	மிகவும் சிறியது	தலைகீழான மெய் பிம்பம்
C - க்கு அப்பால்	C - க்கும் F - க்கும் இடையில்	சிறியது	தலைகீழான மெய் பிம்பம்
C - இல்	C - இல்	பொருளின் அளவில் இருக்கும்	தலைகீழான மெய் பிம்பம்
C - க்கும் F -	C - க்கு அப்பால்	பெரியது	தலைகீழான மெய் பிம்பம்

க்கும் இடையில்			
F - இல்	ஈறிலாத் தொலைவில்	மிகப் பெரியது	தலைகீழான மெய் பிம்பம்
F-க்கும் P - க்கும் இடையில்	ஆடிக்குப் பின்னால்	பெரியது	நேரான மாய பிம்பம்

அட்டவணையை நீங்கள் உற்றுநோக்கினால் குழிஆடி எப்போதும் தலைகீழான மெய்ப்பிம்பத்தை உருவாக்குகிறது. ஆனால், குவியத்திற்கும் ஆடிமையத்திற்கும் இடையில் பொருள் வைக்கப்படும் பொழுது மட்டும் நேரான மாயபிம்பத்தை ஏற்படுத்துகிறது என்பதை நீங்கள் காண முடியும்.

### வளைந்த பரப்புடைய ஆடியின் பயன்கள் குழி ஆடிகள்

1. பெரிதான பிம்பத்தை உருவாக்குவதால் அலங்காரக் கண்ணாடியாகவும், முகச் சவரக் கண்ணாடியாகவும் குழி ஆடிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.
2. ஒளியை நீண்ட தொலைவு பரவச் செய்வதால் டார்ச் விளக்குகள், தேடுவிளக்குகள் மற்றும் வாகனங்களின் முகப்பு விளக்குகள் போன்றவற்றில் குழிஆடிகள் பயன்படுகின்றன.
3. குழி ஆடிகள் பரந்த பரப்புக்களிலிருந்து ஒளியினைச் சேகரித்து, ஒரு புள்ளியில் குவியச் செய்கின்றன எனவே, இவ்வகை ஆடிகள் சூரிய சமையங்கலங்களில் பயன்படுகின்றன.
4. நிழலை ஏற்படுத்தாமல், பொருள்களை தெளிவாகக் காண்பிப்பதால் மருத்துவர்கள் கண், காது மற்றும் தொண்டைப்பகுதியினை சோதித்துப் பார்ப்பதற்காக அவர்கள் அணிந்திருக்கும் தலைக் கண்ணாடிகளில் குழி ஆடிகள் பயன்படுகின்றன.
5. எதிரொளிக்கும் தொலைநோக்கிகளிலும் குழி ஆடிகள் பயன்படுகின்றன.

### குவி ஆடிகள்:

1. வாகனங்களின் பின்புறம் வரும் பிற வாகனங்களைப் பாப்பதற்கு குவிஆடிகள் பயன்படுகின்றன. மேலும், குவி ஆடிகள் வெளிப்புறமாக வளைந்திருப்பதால் நேரான பிம்பத்தைத் தருவதோடு, அதிக அளவு பின்புறப் பகுதியையும் காண்பிக்கின்றன.
2. மருத்துவமனை, தங்கும் விடுதிகள், பள்ளிகள் மற்றும் அங்காடிகளில் இவை பயன்படுகின்றன. பெரும்பாலும் கட்டடத்தின் குறுகிய வளைவுகள் உள்ள சுவர்கள் அல்லது கூரைகளில் இந்த ஆடிகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.
3. சாலைகளின் மிகவும் குறுகிய மற்றும் நுட்பமான வளைவுகளில் குவி ஆடிகள் பயன்படுகின்றன.

எல்லாப் பொருள்களாலும் ஒரே மாதிரியான விளைவினை சமதளக்கண்ணாடியில் ஏற்படுத்த முடியாது. ஓர் ஒளிக்கதிரானது பளபளப்பான, மென்மையான ஒளிரும் பரப்பின் மீது படும்போது மட்டுமே, திருப்பி அனுப்பப்படுகிறது. இவ்வாறு பளபளப்பான, மென்மையான பரப்பில் பட்டு ஒளி திரும்பும் நிகழ்வே ஒளி எதிரொளித்தல் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

ஒளி எதிரொளித்தலில் இரு கதிர்கள் ஈடுபடுகின்றன. அவை

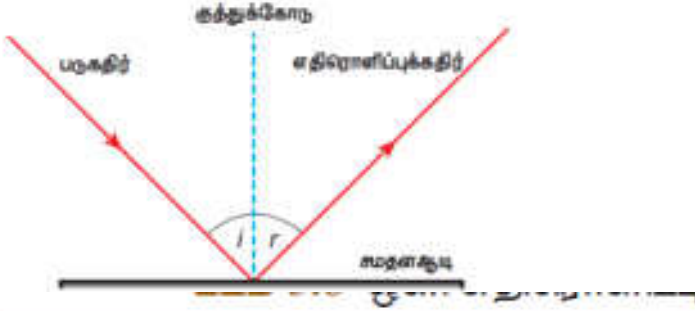
1. படுகதிர் மற்றும்
2. எதிரொளிப்புக் கதிர்

ஒரு ஊடகத்தில் எதிரொளிக்கும் பரப்பின் பளபளப்பான தளத்தின் மீது படும் கதிர் படுகதிர் எனப்படும். ஒளியானது அப்பரப்பின் மீ பட்ட பிறகு, அதே ஊடகத்தில் திரும்ப வரும். இந்த ஒளிக்கதிர் “எதிரொளிப்புக் கதிர்” எனப்படும். எதிரொளிக்கும் பரப்பில், ஒளிக்கதிர் படும் புள்ளியில் கற்பனையாக வரையப்பட்ட செங்குத்துக் கோடு “குத்துக் கோடு” எனப்படும்.



படுகதிர், எதிரொளிப்புக் கதிர் மற்றும் குத்துக்கோடு ஆகியவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொடர்பு எதிரொளிப்பு விதிகளாக கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அவை பின்வருமாறு:

1. படுகதிர், எதிரொளிப்புக்கதிர் மற்றும் படுபுள்ளியில் வரையப்பட்ட குத்துக்கோடு ஆகியவை அனைத்தும் ஒரே தளத்தில் அமைந்துள்ளன.
2. படுகோணமும், எதிரொளிப்புக் கோணமும் எப்போதும் சமமாகவே இருக்கும்.



**வெள்ளியே மிகச்சிறந்த ஒளி எதிரொளிப்புப் பொருளாகும். ஆகவே, கண்ணாடியின் மீது மெல்லிய படலமாக வெள்ளியைப் படிய வைத்து ஆடிகளை உருவாக்குகின்றனர்.**

### 3.6 எதிரொளிப்பின் வகைகள்/ எதிரொளித்தலின் வகைகள்

**அனைத்துப் பொருள்களும் ஒளியை எதிரொளிப்பதில்லை என்பதனை நீங்கள் எதிரொளிப்பதில்லை என்பதனை நீங்கள்**

**எதிரொளிப்பின் வகைகள் / எதிரொளித்தலின் வகைகள்:**

அனைத்துப் பொருள்களும் ஒளியை எதிரொளிப்பதில்லை என்பதனை நீங்கள் பயின்றுள்ளீர்கள். எதிரொளிக்கும் அளவானது எதிரொளிக்கும் பொருளின் பரப்பைச் சார்ந்தது. எதிரொளிக்கும் பரப்பைப் பொறுத்து எதிரொளித்தல் இரு வகைப்படும். அவை: 1. ஒழுங்கான எதிரொளிப்பு 2. ஒழுங்கற்ற எதிரொளிப்பு

**ஒழுங்கான எதிரொளிப்பு:**

வழவழப்பான பரப்பின் மீது ஓர் ஒளிக்கற்றையானது (இணை ஒளிக்கதிர்களின் தொகுப்பு) விழும் போது அது எதிரொளிக்கப்படுகிறது. எதிரொளிப்பிற்குப்பின் ஒளிக்கதிர்கள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக உள்ளன. இந்த எதிரொளிப்பில் ஒவ்வொரு கதிரின் படுகோணமும் எதிரொளிப்புக் கோணமும் சமமாக உள்ளது. எதிரொளித்தல் விதியானது பின்பற்றப்படுவதால் இதில் தெளிவான பிம்பம் கிடைக்கிறது. இவ்வகை எதிரொளிப்பிற்கு “ஒழுங்கான எதிரொளிப்பு” அல்லது “கண்ணாடி எதிரொளிப்பு” என்று பெயர். எடுத்துக்காட்டு: சமதளக்கண்ணாடியில் உருவாகும் எதிரொளிப்பு மற்றும் நிலையான தண்ணீரில் ஏற்படும் எதிரொளிப்பு.

**ஒழுங்கற்ற எதிரொளிப்பு:**

சொரசொரப்பான அல்லது ஒழுங்கற்ற பரப்பின் ஒவ்வொரு பகுதியும் வெவ்வேறு கோணத்தில் அமைந்திருக்கும். ஒளியானது இப்பரப்பில் படும்போது ஒவ்வொரு ஒளிக்கதிரும் வெவ்வேறு கோணத்தில் எதிரொளிக்கிறது. இங்கு ஒவ்வொரு ஒளிக்கதிரின் படுகோணமும், எதிரொளிப்புக் கோணமும் சமமாக இருக்காது. மேலும், ஒளி எதிரொளிப்பு விதிகள் மிகச் சரியாகப் பொருந்தவில்லை. எனவே, இதில் பிம்பமும் தெளிவாகக் கிடைக்கவில்லை. இவ்வகை எதிரொளிப்பிற்கு “ஒழுங்கற்ற எதிரொளிப்பு” அல்லது “பரவலான எதிரொளிப்பு” என்று பெயர். எடுத்துக்காட்டு: சுவரின் மீது ஏற்படும் எதிரொளிப்பு.

மேற்கண்ட செயல்பாடுகளிலிருந்து இரு சமதளக் கண்ணாடிகளுக்கிடையே ஒரு பொருளை வைக்கும் போது அவற்றிற்கிடப்பட்ட கோணம் எண்ணற்ற பிம்பங்களை ஏற்படுத்துகிறது என்பதனை உங்களால் அறியமுடிகிறது. ஏனெனில் ஒரு கண்ணாடியில் தோன்றும் பிம்பமானது, மற்றொரு கண்ணாடிக்குப் பொருளாக உள்ளது. அதாவது, முதல் கண்ணாடியில் தோன்றும் பிம்பம், இரண்டாவது கண்ணாடிக்குப் பொருளாக இருக்கிறது. இதே போல், இரண்டாவது கண்ணாடியில் தோன்றும் பிம்பம் முதல் கண்ணாடிக்குப் பொருளாக இருக்கிறது. ஆகவே, ஒரே ஒரு பொருளானது மூன்று பிம்பங்களாக கண்ணாடியில் தெரிகிறது. இதனைப் பன்முக எதிரொளிப்பு என்கிறோம். இது போன்ற பன்முக எதிரொளிப்பினை ஆடையகங்களிலும், சிகை அலங்கார நிலையங்களிலும் காணலாம்.

இவ்வாறு தோன்றும் பிம்பங்களின் எண்ணிக்கையானது கண்ணாடிகளுக்கிடப்பட்ட கோணத்தின் மதிப்பினைச் சார்ந்தது. இது கண்ணாடிகளுக்கிடப்பட்ட கோணம்  $360^\circ$  எனில், வவரையறுக்கப்பட்ட எண்ணிக்கையில் மொத்த எதிரொளிப்புகள் தோன்றும். சமதளக் கண்ணாடிகளுக்கிடப்பட்டக் கோணம்  $\theta$  (தீட்டா) எனில், தோன்றும் பிம்பங்களின் எண்ணிக்கை

$$= \frac{360^\circ}{\theta} - 1$$

நீங்கள் கண்ணாடிகளுக்கிடப்பட்ட கோணத்தின் மதிப்பைக் குறைக்கும் போது தோன்றும் பிம்பங்களின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கும். ஒன்றுக்கொன்று இணையாகக் கண்ணாடிகளை வைத்தால் முடிவிலா எண்ணிக்கையில் பிம்பங்கள் தோன்றும்.

### கணக்கீடு 3 :

ஒன்றுக்கொன்று  $90^\circ$  கோண சாய்வில் வைக்கப்பட்ட இரண்டு சமதளக் கண்ணாடிகளுக்கு இடையே தோன்றும் பிம்பங்களின் எண்ணிக்கையைக் காண்க.

தீர்வு:

இரண்டு சமதளக் கண்ணாடிகளுக்கு இடைப்பட்ட சாய்வு கோணம் =  $90^\circ$

$$\text{தோன்றும் பிம்பங்களின் எண்ணிக்கை} = \frac{360^\circ}{\theta} - 1 = \frac{360^\circ}{90^\circ} - 1 = 4 - 1 = 3$$

### கலைடாஸ்கோப்:

ஒளியின் பன்முக எதிரொளிப்புத் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் இக்கருவி செயல்படுகிறது. எண்ணற்ற பிம்பங்களை இதன் மூலம் உருவாக்கலாம். ஒன்றுக்கொன்று சாய்வான இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட கண்ணாடிகளைக் கொண்டு இது அமைக்கப்படுகிறது. விலை குறைந்த பொருள்களைக் கொண்டு வடிவமைக்கப்படக்கூடிய இக்கருவி நமக்கு மகிழ்ச்சியைத் தரக்கூடிய வண்ணமயமான பிம்பங்களை உருவாக்கிடக்கூடியது. இக்கருவியானது குழந்தைகளால் விளையாட்டுப் பொருளாக பயன்படுத்தப்படுகிறது.

### பெரிஸ்கோப்:

ஒரு பொருளுக்கு அல்லது நீர்மூழ்கிக் கப்பலுக்கு மேலாகவோ அல்லது அதைச் சுற்றியோ உள்ள பிற பொருள்களையோ அல்லது கப்பல்களையோ பார்ப்பதற்கான கருவியே பெரிஸ்கோப் ஆகும். ஒளி எதிரொளித்தல் விதிகளின் அடிப்படையில் இக்கருவியானது செயல்படுகிறது. இதன் அமைப்பானது நீண்ட வெளிப்பகுதியையும் உட்பகுதியையும் கொண்டது. உட்பகுதியில்  $45^\circ$  கோணச்



சாய்வில் ஒவ்வொரு முனையிலும் கண்ணாடி அல்லது முப்பட்டகமானது பொருத்தப்பட்டுள்ளது நீண்ட தொலைவில் உள்ள பொருளிலிருந்து வரும்

ஒளியானது பெரிஸ்கோப்பின் மேல்முனையில் உள்ள கண்ணாடியில் பட்டு, செங்குத்தாகக் கீழ்நோக்கி எதிரொளிக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு வரும் ஒளியானது பெரிஸ்கோப்பின் கீழ்ப்பகுதியில் உள்ள கண்ணாடியால் மீண்டும் ஒருமுறை எதிரொளிக்கப்பட்டு கிடைமட்டத் திசையில் சென்று பார்ப்பவரின் கண்களை அடைகிறது.

சிக்கலான அமைப்புடைய சிலவகைப் பெரிஸ்கோப்புகளில் உயர் காட்சித்திறனைப் பெறுவதற்காக, கண்ணாடிகளுக்குப் பதிலாக ஒளியிழைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பெரிஸ்கோப்பின் பயன்பாட்டைப் பொறுத்து அதன் உட்பகுதியில் உள்ள கண்ணாடிகளுக்கிடையே உள்ள இடைவெளியானது மாற்றியமைக்கப்படுகிறது.

#### பயன்கள்:

- போரின்போதும், நீர்மூழ்கிக் கப்பல்களை வழிநடத்தவும் பெரிஸ்கோப் பயன்படுகிறது.
- ராணுவத்தில் பதுங்கு குழியிலிருந்து இலக்கினை குறிபார்ப்பதற்கும், சுடுவதற்கும் இது பயன்படுகிறது.
- தடைசெய்யப்பட்ட ராணுவப்பகுதிகளில் உள்ள முக்கியமான இடங்களைப் பெரிஸ்கோப்பினைப் பயன்படுத்திப் புகைப்படம் எடுக்க முடியும்.
- உடல் உள்உறுப்புக்களைப் பார்ப்பதற்கு ஒளியிழை பெரிஸ்கோப்பினை மருத்துவர்கள் பயன்படுத்துகின்றனர்.

#### ஒளிவிலகல்:

காற்றில் வைக்கப்பட்டுள்ள பளபளப்பான பரப்பின் மீது ஒளியானது பட்டு மீண்டும் காற்றிலேயே எதிரொளிக்கிறது. ஒளி ஊடுருவும் பொருளின் மீது ஒளியானது படும்போது முழுவதுமாக எதிரொளிக்கப்படாமல், பகுதியளவு எதிரொளிக்கிறது; பகுதியளவு ஒளியானது உட்கவரப்படுகிறது. பெரும்பகுதி ஒளியானது, ஒளி ஊடுருவும் பொருளின் வழியே கடந்து செல்கிறது. காற்றில் ஒளியின் திசைவேகம்  $3 \times 10^8$  மீவி<sup>-1</sup> ஆனால் இதே அளவு திசைவேகத்தில் ஒளியானது நீர் அல்லது கண்ணாடியில் பயணிக்காது. ஏனென்றால், அடர்த்தி அதிகமான நீர் மற்றும் கண்ணாடியானது ஒளிக்கதிர்களுக்கு ஓர் எதிர்ப்பினை ஏற்படுத்துகின்றன.

எனவே, காற்று போன்ற அடர்வு குறைவான ஊடகத்திலிருந்து, கண்ணாடி போன்ற அடர்வு அதிகமான ஊடகத்திற்கு ஒளிக்கதிர்கள் செல்லும்போது நேர்க்கோட்டுப் பாதையிலிருந்து விலகிச் செல்கின்றன.

ஒளியானது ஓர் ஊடகத்திலிருந்து மற்றொர் ஊடகத்திற்குச் செல்லும் போது ஒளிபடும் புள்ளியில் செங்குத்துக் கோட்டின் அச்சைப் பற்றிய ஒளியின் வளைவு “ஒளிவிலகல்” எனப்படும்.

அடர்வு குறை ஊடகத்திலிருந்து அடர்வுமிகு ஊடகத்திற்கு ஒளியானது செல்லும்போது அதன் செங்குத்துக்கோட்டை நோக்கி விலகலடையும். அடர்வு மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்வு குறை ஊடகத்திற்கு ஒளியானது செல்லும்போது அதன் செங்குத்துக்கோட்டை விட்டு விலகிச் செல்லும். இந்நிகழ்வின் கீழ்க்கண்ட செயல்பாட்டின் மூலம் கண்டுணரலாம்.

இந்த செயல்பாட்டில், ஒளிக்கதிர்கள் நீரிலிருந்து (அடர்வு அதிகமான ஊடக) காற்றிற்குச் (அடர்வு குறைவான ஊடகம்) செல்கின்றன. அடர்வு மிகுந்த ஊடகத்திலிருந்து அடர்வு குறைவான ஊடகத்திற்குச் செல்லும் ஒளியானது அதன் நேர்க்கோட்டுப் பாதையிலிருந்து விலகிச் செல்லும் என்பதனை ஏற்கனவே அறிந்து வைத்துள்ளீர்கள். எனவே, கண்ணாடி முகவையில் உள்ள நீரின் வழியே பென்சிலைப் பார்க்கும் போது அது வளைவாகத் தெரிகிறது.

#### ஒளிவிலகல் எண்:

ஓர் ஊடகத்தில் ஒளிவிலகல் அந்த ஊடகத்தில் செல்லும் ஒளியின் திசைவேகத்தினைச் சார்ந்தது. ஒரு ஊடகத்தில் ஒளியின் திசைவேகம் அதிகமாக இருக்கும்போது, விலகல் குறைவாகவும், ஒளியின் திசைவேகம் குறைவாக இருக்கும்போது, விலகல் அதிகமாகவும் இருக்கும்.

ஓர் ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் அளவானது அந்த ஊடகத்தின் “ஒளிவிலகல் எண்” எனும் பதத்தால் குறிக்கப்படுகிறது. அதாவது, காற்றில் ஒளியின் திசைவேகத்திற்கும், ஒரு குறிப்பிட்ட ஊடகத்தில் ஒளியின் திசைவேகத்திற்கும் இடையே உள்ள தகவு ஆகும். இதனை “தனித்த ஒளிவிலகல் எண்” (absolute refractive index) எனக் குறிப்பிடுகிறோம். மேலும் கிரேக்க எழுத்து “ $\mu$ ” (இதன் உச்சரிப்பு மியூ). மூலம் குறிப்பிடப்படுகிறது.

$$\mu = \frac{\text{காற்றில் ஒளியின் திசைவேகம் (c)}}{\text{ஊடகத்தில் ஒளியின் திசைவேகம் (v)}}$$

இரண்டும் ஒரே மாதிரியான அளவீடுகளின் தகவு என்பதால் ஒளிவிலகல் எண்ணிற்கு அலகு இல்லை. எந்தவொரு ஊடகத்தில் ஒளியின் திசைவேகம் காற்றைவிடக் குறைவாக இருக்கிறதோ, அந்த ஒளி ஊடுருவும் ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் ஒன்றைவிட அதிகமாக இருக்கும்.

ஒரு சில பொருள்களின் ஒளிவிலகல் எண் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

**பொருள்களின் ஒளிவிலகல் எண்**

பொருள்கள்	ஒளிவிலகல் எண்
காற்று	1.0
நீர்	1.33
ஈதர்	1.36
மண்ணெண்ணெய்	1.41
சாதாரணக் கண்ணாடி	1.5
குவார்ட்ஸ்	1.56
வைரம்	2.41

பொதுவாக, ஓர் ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைப் பொறுத்து, மற்றோர் ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல், எண்ணானது தனித்த ஒளிவிலகல் எண்களின் தகவு மூலம் தரப்படுகிறது.

$${}_1\mu^2 = \frac{\text{இரண்டாவது ஊடகத்தின் தனித்த ஒளிவிலகல் எண்}}{\text{முதல் ஊடகத்தின் தனித்த ஒளிவிலகல் எண்}}$$

$${}_1\mu^2 = \frac{C}{V_1} \quad \text{அல்லது} \quad {}_1\mu^2 = \frac{v_1}{v_2}$$

ஆகவே, ஓர் ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைப் பொறுத்து மற்றோர் ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணானது, முதல் ஊடகத்தில் ஒளியின் திசைவேகத்திற்கும் இரண்டாவது ஊடகத்தில் ஒளியின் திசைவேகத்திற்கும் இடையே உள்ள தகவு மூலம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

காற்றில் ஒளியின் திசைவேகம்  $3 \times 10^8$  மீவி<sup>-1</sup> மற்றும் ஊடகத்தில் ஒளியின் திசைவேகம்  $2 \times 10^8$  மீவி<sup>-1</sup> காற்றைப் பொறுத்து ஊடகத்தில் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் காண்க.

தீர்வு:

$$\text{ஒளிவிலகல் எண் } (\mu) = \frac{\text{இரண்டாவது ஊடகத்தின் தனித்த ஒளிவிலகல் எண் (c)}}{\text{முதல் ஊடகத்தின் தனித்த ஒளிவிலகல் எண் (v)}}$$

$$\mu = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^8} = 1.5$$

கணக்கீடு 5 :

நீரின் ஒளிவிலகல் எண்  $4/3$  மற்றும் கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல் எண்  $3/2$ . நீரின் ஒளிவிலகல் எண்ணைப் பொறுத்து கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் காண்க.

தீர்வு:

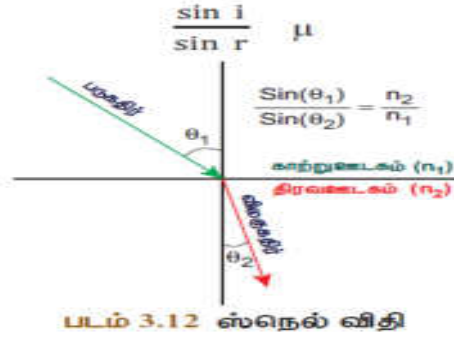
$$\mu_{\text{நீர்}}^{\text{கண்ணாடி}} = \frac{\text{கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல் எண்}}{\text{நீரின் ஒளிவிலகல் எண்}}$$

$$= \frac{\frac{3}{2}}{\frac{4}{3}} = \frac{9}{8} = 1.125$$

### ஒளிவிலகலுக்கான ஸ்நெல் விதி:

ஒளிக்கதிர்கள் ஓர் ஊடகத்திலிருந்து மற்றோர் ஊடகத்திற்குப் பயணிக்கும் போது ஏற்படும் ஒளிவிலகலானது ஒரு விதிகளுக்கு உட்படுகிறது. இவை, ஒளிவிலகலுக்கான ஸ்நெல் விதிகள் எனப்படுகின்றன.

1. படுகதிர், விலகுகதிர் மற்றும் அவை சந்திக்கும் புள்ளியில் வரையப்பட்ட குத்துக்கோடு ஆகியவை அனைத்தும் ஒரே தளத்தில் அமையும்.
2. படுகோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கும் (i) விலகுகோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கும் (r) இடையே உள்ள தகவு, ஒளிவிலகல் எண்ணிற்குச் சமமாகும். இது ஒரு மாறிலி ஆகும்.



மேற்கண்ட செயல்பாடுகளிலிருந்து முதல் முப்பட்டகத்தில் வெண்மை நிற ஒளியானது ஏழு வண்ணங்களாக நிறப்பிரிகை அடைகிறது. அதேவேளையில் இரண்டாவது முப்பட்டகமானது இவற்றை ஒருங்கிணைத்து மீண்டும் வெண்மை நிற ஒளியாக மாற்றுகிறது. வெண்மை நிற ஒளியானது ஏழு வண்ணங்களைக் கொண்டுள்ளது என்பது இதன்மூலம் தெளிவாகிறது. நியூட்டன் தட்டுச் சோதனையை நீங்கள் ஏழாம் வகுப்பில் பயின்றீர்கள் அல்லவா? அதனை நினைவுக்குக் கொண்டு வர முயலுங்கள்.

ஒளி ஊடுருவும் ஊடகத்தின் வழியே வெண்மைநிற ஒளியானது செல்லும்போது ஏழு வண்ணங்களாகப் (அலைநீளம்) பிரிகை அடைகிறது. இதனை “நிறப்பிரிகை” என்றழைக்கிறோம்.

நிறப்பிரிகை ஏன் ஏற்படுகிறது? வெண்மைநிற ஒளியில் உள்ள பல்வேறு வண்ணங்கள் பல்வேறு அலைநீளங்களைக் கொண்டுள்ளன. மேலும், அவை வெவ்வேறு திசைவேகத்தில் செல்லக்கூடியவை. ஒரு ஊடகத்தில் ஒளிவிலகலானது அந்த ஊடகத்தில் ஒளியின் திசைவேகத்தைச் சார்ந்தது என்பது உங்களுக்குத் தெரியும். ஒவ்வொரு வண்ணமும் வெவ்வேறு திசைவேகத்தைக் கொண்டுள்ளதால் வெவ்வேறு வண்ண ஒளிக்கதிர்கள் முப்பட்டகத்திற்குள் வெவ்வேறு திசைகளில் விலகலடைந்து பிரிகை அடைகின்றன. ஒளிவிலகல் அதன் அலைநீளத்திற்கு எதிர்த் தகவில் உள்ளது.

எனவே, சிவப்பு நிற ஒளிக் கதிரானது அதிக அலைநீளத்தையும், குறைந்த விலகலையும் கொண்டுள்ளது. ஆனால் ஊதா நிறக் கதிர் குறைந்த அலைநீளத்தையும், அதிக அளவு விலகலையும் கொண்டுள்ளது.

9<sup>th</sup> அறிவியல்

அலகு - 6

ஒளி

**அறிமுகம்:**

ஒளி என்பது ஆற்றலின் ஒரு வடிவம். அது மின்காந்த அலை வடிவத்தில் பரவுகின்றது. ஒளியின் பண்புகளையும் அதன் பயன்பாடுகளையும் பற்றி ஆராயும் இயற்பியலின் ஒரு பிரிவு ஒளியியல் என்று அழைக்கப்படுகிறது. அன்றாட வாழ்வில் நாம் பல ஒளியியல் கருவிகளைப் பயன்படுத்துகிறோம். அறிவியல் ஆய்வகங்களில் நுண்ணோக்கிகளின் தேவை தவிர்க்க முடியாததாக இருக்கிறது. கல்வி, அறிவியல், பொழுதுபோக்கு ஆகிய தளங்களில் தொலைநோக்கிகள், இருகண் நோக்கிகள் (binoculars) புகைப்படக் கருவிகள், படவீழ்த்திகள் உள்ளிட்ட கருவிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

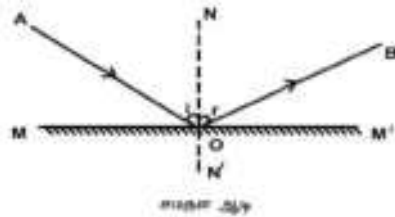
இந்தப் பாடத்தில் சமதள ஆடிகளைப் பற்றியும் கோளக ஆடிகளைப் பற்றியும் (குழியாடி, குவியாடி) நாம் அறிந்து கொள்வோம். மேலும் ஒளியின் சில பண்புகளான எதிரொளிப்பு, ஒளி விலகல் ஆகியவை பற்றியும் அவற்றின் பயன்களைப் பற்றியும் அறிவோம்.

**ஒளி எதிரொளிப்பு:**

ஆடி போன்ற எந்தவொரு பளபளப்பான பரப்பில் பட்டாலும் ஒளியானது எதிரொளிக்கப்படுகிறது. இத்தகைய எதிரொளிப்பு சில விதிகளுக்கு உட்பட்டு நடைபெறுகிறது என்பதை நீங்கள் கீழ் வகுப்புகளில் படித்திருப்பீர்கள். அவற்றைப் பற்றி இங்கு விரிவாகக் காண்போம்.

**எதிரொளிப்பு விதிகள்:**

MM என்ற சமதள ஆடியைக் கருதுவோம். AO என்பது O என்ற புள்ளியில் அந்த ஆடியின் மேல் படும் கதிர். இதுவே (AO) படுகதிர் எனப்படும். ஆடி இக்கதிரை முடி என்ற திசையில் எதிரொளிக்கிறது. OB என்பது எதிரொளிப்புக் கதிர் ஆகும். சமதள ஆடி MM' -க்கு செங்குத்தாக புள்ளி O-வில் ON என்ற கோட்டை வரைக. ON என்பது குத்துக்கோடு எனப்படும்.



குத்துக்கோட்டுடன் படுகதிர் ஏற்படுத்தும் கோணம் ( $i = \angle AON$ ) படுகோணம் எனப்படும். குத்துக்கோட்டுடன் எதிரொளிப்புக் கதிர் ஏற்படுத்தும் கோணம் ( $r = \angle NOB$ ) எதிரொளிப்புக் கோணம் எனப்படும். படுகோணமும் எதிரொளிப்புக் கோணமும் சமம். அதாவது,  $\angle i = \angle r$  என்பதை படத்திலிருந்து அறியலாம். மேலும், படுகதிர், எதிரொளிப்புக் கதிர் மற்றும் குத்துக்கோடு ஆகிய இம்மூன்றும் ஒரே தளத்தில் அமைகின்றன. இவற்றையே எதிரொளிப்பு விதிகள் என்பர். எதிரொளிப்பு விதிகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

- படுகதிர், எதிரொளிப்புக் கதிர் மற்றும் படுபுள்ளிக்கு வரையப்படும் குத்துக்கோடு ஆகிய இம்மூன்றும் ஒரே தளத்தில் அமையும்.
- படுகோணமும் எதிரொளிப்புக் கோணமும் சமம்.

அவசர கால ஊர்திகளின் முன்புறம் MBULANCE என்னும் வார்த்தை வலமிருந்து இடமாக பெரிய எதிரொலித்த எழுத்துக்களில் எழுதப் பட்டிருக்கும்.

**இடவல மாற்றம் (Lateral Inversion):**

தலைகீழ் மாற்றம் பற்றி கேள்விப்பட்டு இருப்பீர்கள். ஆனால், இடவல மாற்றம் என்றால் என்ன? இடவலத்தைக் குறிப்பிடும் Lateral என்ற வார்த்தையானது பக்கம் என்று பொருள்படும் Latus என்ற இலத்தீன் மொழிச் சொல்லிருந்து பெறப்பட்டது. பக்கவாட்டில் ஏற்படும் மாற்றம் இடவல மாற்றம் எனப்படும். இது ஒரு சமதள ஆடியில் ஏற்படுவதுபோல் தோன்றும் இடவல மாற்றமே.

இடவல மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும் சமதள ஆடிகள் ஏன் தலைகீழ் மாற்றத்தை ஏற்படுத்துவதில்லை? இதற்கான பதில் ஆச்சரியமளிப்பதாகத் தோன்றும். உண்மையில் ஆடிகள் இடவல மாற்றத்தையோ தலைகீழ் மாற்றத்தையோ உருவாக்குவது இல்லை. அவை பின்னோக்கிய (உள்ளிருந்து வெளியே) மாற்றத்தையே ஏற்படுத்துகின்றன.

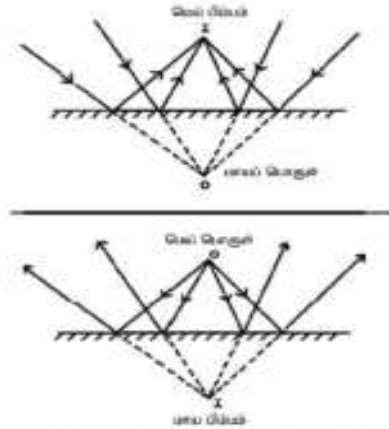
அதில் பொருளின் தலைப் பகுதியிலிருந்து வெளியேறும் கதிர் (அம்புக்குறி) ஆடியின் மேல் பாகத்திலும், பொருளின் பாதத்திலிருந்து வெளியேறும் கதிர் ஆடியின் கீழ் பாகத்திலும் விழுகின்றன.

அதே போல், பொருளின் இடது கையிலிருந்து வெளியேறும் அம்புக்குறி (கதிர்), ஆடியின் இடது பக்கத்திலும் வலது கையிலிருந்து வெளியேறும் கதிர் ஆடியின் வலது பக்கத்திலும் விழுகின்றன. இங்கு எந்த மாற்றமும் (இடவல மாற்றமோ, தலைகீழ் மாற்றமோ) இல்லை. எனவே, இது ஒரு ஒளியியல் மாயத்தோற்றமே ஆகும். நாம் காணும் இடவல மாற்றம் உண்மையில் ஆடியால் ஏற்பட்டது அல்ல. அது நம் புலனுணர்வினால் (Perception) ஏற்படும் ஒரு நிகழ்வு தான்.

### மெய் பிம்பமும் மாய பிம்பமும்:

பொருளிலிருந்து வெளியேறும் கதிர்கள், எதிரொளிப்புக்குப் பின் உண்மையாகவே சந்தித்தால், அதனால் உருவாகும் பிம்பம் மெய் பிம்பம் எனப்படும். மேலும், அது எப்போதும் தலைகீழாகவே இருக்கும். மெய் பிம்பத்தைத் திரையில் வீழ்த்த முடியும்.

பொருளிலிருந்து வெளியேறும் கதிர்கள், எதிரொளிப்புக்குப் பின் ஒன்றையொன்று சந்திக்காமல், பின்னோக்கி நீட்டப்படும் போது சந்தித்தால், அதனால் உருவாகும் பிம்பம் மாய பிம்பம் எனப்படும். மாய பிம்பம் எப்போதுமே நேரான பிம்பமாகவே இருக்கும். மேலும் அதைத் திரையில் வீழ்த்த முடியாது.



படம் 6.3 மெய் பிம்பமும் மாய பிம்பமும்

### வளைவு ஆடிகள்:

எதிரொளிப்பு விதிகளைப் பற்றி நாம் படித்தோம். அவை வளைந்த பரப்புகள் உள்ளிட்ட அனைத்து எதிரொளிக்கும் பரப்புகளுக்கும் பொருந்தும். பரவளைய ஆடிகள் (Parabolic mirrors), கோள ஆடிகள் உள்ளிட்ட வளைவு ஆடிகள் பற்றி ஏற்கனவே முன் வகுப்புகளில் நீங்கள் படித்திருப்பீர்கள். பொதுவாக பயன்படுத்தப்படும் வளைவு ஆடி கோள ஆடி ஆகும். பளபளப்பான கரண்டி ஒன்றின் வளைந்த பரப்பு கூட வளைவு ஆடியே.

### கோள ஆடிகள்:

வளைவு ஆடிகளில் எதிரொளிக்கும் பரப்பு கோளத்தின் ஒரு பகுதியாக இருக்கும். இவ்வாறு, எதிரொளிக்கும் பகுதியானது கோளக் வடிவில் உள்ள ஆடிகள் கோளக் ஆடிகள் எனப்படும்.

சில கோளக் ஆடிகளில் எதிரொளிக்கும் பகுதி உள் பக்கமாக வளைந்திருக்கும். அதாவது, கோளத்தின் மையத்தை நோக்கி அப்பகுதி பார்த்துள்ளபடி இருக்கும். இவை குழியாடிகள் எனப்படும். சில வகை கோளக் ஆடிகளில் எதிரொளிக்கும் பகுதி வெளிப்பக்கமாக வளைந்திருக்கும். இவை குவியாடிகள் எனப்படும்.

### வளைவு ஆடிகளால் ஏற்படும் பிம்பங்கள்:

ஒரு குழியாடியைக் கொண்டு இணையாகச் செல்லும் சூரியக் கதிர்களை ஒரு புள்ளியில் குவிக்க இயலும் என்பதை நாம் அறிவோம். இப்போது குழியாடியின் முன்னே ஓர் ஒளியேற்றப்பட்ட மெழுகுவர்த்தியையும் திரையையும் வைக்கவும். திரையின் நிலையை சரிசெய்து திரையில் பிம்பத்தைப் பிடிக்கவும். திரையை முன்னும் பின்னும் நகர்த்தி பிம்பத்தின் அளவையும் வடிவத்தையும் குறிக்கவும். பிம்பம் தலைகீழாகவும் சிறியதாகவும் உள்ளதைக் காணலாம்.

இப்போது, ஆடியை நோக்கி மெழுகுவர்த்தியை மெதுவாக நகர்த்தவும். என்ன காண்கிறீர்கள்? ஆடியை நோக்கி பொருள் (மெழுகுவர்த்தி) நெருங்கி வர வர பிம்பத்தின் அளவு பெரிதாகின்றது அல்லவா? ஆடியின் மிக அருகே பொருளை வைத்து பிம்பத்தை திரையில் பிடிக்க முயற்சி செய்யவும்.

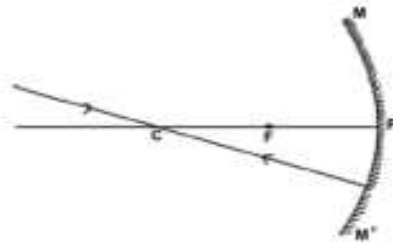
இப்போது பிம்பத்தை திரையில் காண முடிகிறதா? ஆடியின் உள்ள பார்க்கவும். என்ன தெரிகிறது? பெரிதாகக்கப்பட்ட நேரான பிம்பம் ஆடியினுள் தெரிகின்றது. பொருளின் சில குறிப்பிட்ட நிலைகளில் மட்டுமே பிம்பம் திரையில் தெரிகின்றது. மற்ற நிலைகளில் திரையில் பிம்பம் தெரிவதில்லை. சமதள ஆடியின் தன்மையை விட குழியாடியின் தன்மை சிக்கலானது என்பதை நாம் தெளிவாக புரிந்து கொள்ளலாம்.

என்னும் வரைபட முறையைக் கொண்டு பிம்பத்தின் தன்மையை எளிதாகப் புரிந்து கொள்ளலாம். சமதள ஆடியினால் ஏற்படும் பிம்பத்தின் தன்மையை அறிய நாம் இரண்டு கதிர்களைப் பயன்படுத்தினோம் அல்லவா? அதேபோல், குழியாடியினால் உருவாகும் பிம்பங்களின் தன்மையை நிய நான்கு வரையறுக்கப்பட்ட விதிகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

### கோளக் ஆடிகளில் தோன்றும் பிம்பங்களை வரையத் தேவையான விதிகள்:

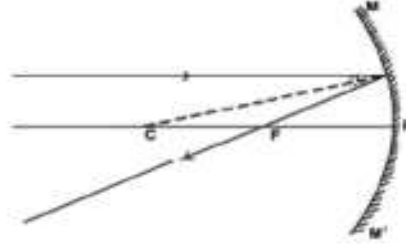
பொருளின் ஒவ்வொரு புள்ளியிலிருந்தும் எண்ணற்ற கதிர்கள் அனைத்துத் திசைகளிலும் செல்கின்றன. குவியாடியில் தோன்றும் பிம்பத்தின் நிலை மற்றும் தன்மையைக் குறிப்பிட கீழ்க்கண்ட விதிகளைப் பின்பற்ற வேண்டும்.

விதி 1: ஆடியின் வளைவு மையம் வழியாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர், எதிரொளிக்கப்பட்ட பின்பு, அதே பாதையில் திரும்பிச் செல்லும்.

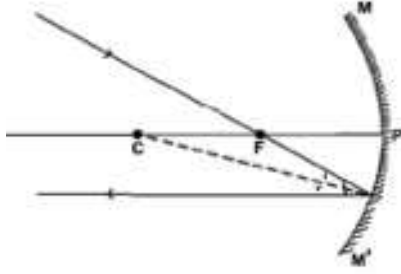


விதி 2 : முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர், எதிரொளிக்கப்பட்ட பின்பு, முக்கியக் குவியம் வழியாகச்செல்லும் அல்லது முக்கிய குவியத்திலிருந்து (குழி ஆடிகளில்) வருவது போல் தோன்றும்.

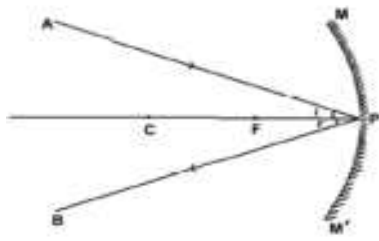




விதி 3 : முக்கியக் குவியம் வழியாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர் எதிரொலித்தபின் முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும்.



விதி 4 : ஆடி மையத்தில் (P) படும் AP என்ற ஒளிக்கதிர் படுகோணத்திற்குச் சமமான கோணத்தில் PB என்ற திசையில் எதிரொளிக்கப்படும்.



**குழி ஆடி:**  
**பிம்பம் உருவாதல்:**

இப்போது நாம் குழியாடி ஒன்றின் முதன்மை அச்சில் வெவ்வேறு இடங்களில் வைக்கப்படும் சிறிய நேரான பொருள் ஒன்றினால் ஏற்படும் பிம்பத்தின் நிலை (இடம்), அளவு மற்றும் தன்மை ஆகியவற்றை எவ்வாறு வரைவது என்பதைக் காண்போம்.

வகை 1: ஈரிலாத் தொலைவில் பொருள் வைக்கப்படும் போது பொருளிலிருந்து குழியாடியை வந்தடையும் ஒளிக்கதிர்கள் இணையானவையாக இருக்கும்.

பிம்பத்தின் நிலை / இடம்: பிம்பம் முக்கியக் குவியத்தில் (F) உருவாகிறது.

பிம்பத்தின் தன்மை: தலைகீழான, மிகவும் சிறிதான மெய் பிம்பம்.

வகை 2 : வளைவு மையத்திற்கு அப்பால் பொருள் வைக்கப்படும் போது

பிம்பத்தின் நிலை / இடம்: முக்கியக் குவியம் F-க்கும் வளைவு மையம் C - க்கும் இடையில்

பிம்பத்தின் தன்மை: பொருளை விடச் சிறியதான, தலைகீழான மெய் பிம்பம்.

வகை 3 : வளைவு மையத்தில் பொருள் வைக்கப்படும் போது

பிம்பத்தின் நிலை / இடம் C -ல் கிடைக்கும்

பிம்பத்தின் தன்மை: பொருளைப் போன்று அதே அளவுள்ள, தலைகீழான மெய் பிம்பம்.

வகை 4 : வளைவு மையம் C – க்கும் முக்கியக் குவியம் F – க்கும் இடையே பொருள் வைக்கப்படும் போது

பிம்பத்தின் நிலை / இடம் : C – க்கு அப்பால்.

பிம்பத்தின் தன்மை: பெரிதாக்கப்பட்ட தலைகீழான மெய் பிம்பம்

வகை 5: முக்கியக் குவியம் F - இல் பொருள் வைக்கப்படும் போது

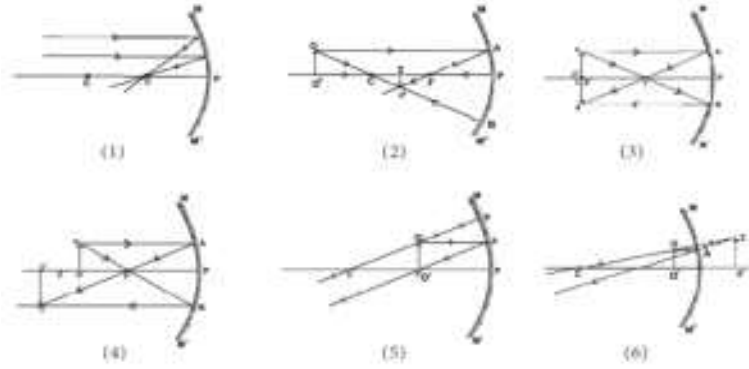
பிம்பத்தின் நிலை / இடம்: கருத்தியல் படி, பிம்பம் ஈரிலாத் தொலைவில் கிடைக்கும்.

பிம்பத்தின் தன்மை: திரையில் எந்த பிம்பமும் தெரியாது. மேலும் மாய பிம்பமும் தெரியாது.

வகை 6 : முக்கியக் குவியம் F – க்கும் ஆடிமையம் P- க்கும் இடையில் பொருள் வைக்கப்படும் போது.

பிம்பத்தின் நிலை / இடம் : ஆடிக்குப் பின்புறம்.

பிம்பத்தின் தன்மை: பெரிதாக்கப்பட்ட, நேரான மாய பிம்பம்



படம் 6.1 குறி ஆடிமையம் உருவாதல் ஏற்படக்கூடியவை கதிர் வரைபடம்.

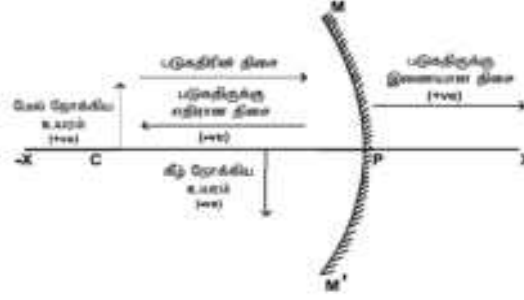
**தொலைவுகளைக் குறிக்கப் பயன்படுத்தப்படும் குறியீட்டு மரபுகள்:**

கதிர் வரைபடங்களின் தூரத்தைக் கணக்கிடுவதற்கு காந்தியின் குறியீட்டு மரபுகள் என்ற குறியீட்டு முறையை நாம் பயன்படுத்துகிறோம். இம்முறைப்படி ஆடியின் மையம் (P) ஆதிப் புள்ளியாகவும் முதன்மை அச்ச X – அச்சாகவும் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது.

**குறியீட்டு மரபுகள் பின்வருமாறு:**

- பொருள் எப்போதும் ஆடிக்கு இடது புறமே வைக்கப்படுகிறது.
- அனைத்துத் தொலைவுகளும் ஆடி மையத்திலிருந்தே (P) அளவிடப்படுகின்றன.
- படு கதிரின் திசையில் உள்ள தொலைவுகள் நேர்க்குறியாகவும் (+), அதற்கு எதிர்த்திசையில் அளக்கப்படும் தொலைவுகள் எதிர்க்குறியாகவும் (-) எடுத்துக் கொள்ளப்படுகின்றன.
- முதன்மை அச்சுக்கு செங்குத்தாகவும் அதற்கு மேல்நோக்கியும் உள்ள தொலைவுகள் நேர்க்குறியாகக் (+) கருதப்படுகின்றன.

- முதன்மை அச்சுக்கு செங்குத்தாகவும் அதற்கு கீழ்நோக்கியும் உள்ள தொலைவுகள் எதிர்க்குறியாகக் (-) கருதப்படும்.



படம் 6.9 கோளக ஆடிக்கான குறியீட்டு மரபுகள்

### ஆடிச் சமன்பாடு:

பொருளின் தொலைவு ( $u$ ), பிம்பத்தின் தொலைவு ( $v$ ) குவிய தொலைவு ( $f$ ) ஆகியவற்றிற்கு இடையேயான தொடர்பு ஆடிச் சமன்பாடு எனப்படும்.

### நேரியல் உருப்பெருக்கம் ( $m$ )

பொருளின் அளவை விட பிம்பத்தின் அளவு எவ்வளவு மடங்கு பெரியதாக உள்ளது என்பதை கோளக ஆடியின் உருப்பெருக்கம் குறிக்கிறது. பிம்பத்தின் அளவிற்கும் ( $h_i$ ), பொருளின் அளவிற்கும் ( $h_o$ ), இடையேயான தகடு உருப்பெருக்கம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. அதாவது  $m = \frac{h_i}{h_o}$  பிம்பத்தின் தொலைவு மற்றும் பொருளின் தொலைவைக் கொண்டும் உருப்பெருக்கத்தைக் கணக்கிடலாம்.

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

இவ்விரண்டு சமன்பாடுகளையும் இணைத்து,

$$\therefore m = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{v}{u}$$

குறிப்பு: உருப்பெருக்கத்தின் மதிப்பில் எதிர்க்குறி (-ve) பிம்பம் மெய் பிம்பம் என்பதையும், நேர்க்குறி (+ve), பிம்பம் மாய பிம்பம் என்பதையும் காட்டுகிறது.

கணக்கீடு 1

20 செ.மீ குவிய தொலைவு கொண்ட குழியாடி ஒன்றிலிருந்து 15 செ.மீ தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள 1 செ.மீ உயரம் கொண்ட ஒரு பொருளின் பிம்பத்தின் அளவு, தன்மை மற்றும் இடம் ஆகியவற்றைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

தீர்வு:

பொருளின் தொலைவு,  $u = -15$  செ.மீ

பிம்பத்தின் தொலைவு  $v = ?$

குவியத் தொலைவு,  $f = -10$  செ.மீ

ஆடிச் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி

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

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{-15} = \frac{1}{-10}$$

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{15} = \frac{-1}{10}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{-1}{10} + \frac{1}{15} = \frac{-3+2}{30} = \frac{-1}{30}$$

பிம்பத்தின் தொலைவு  $v = 30$  செ.மீ

(இங்கு எதிர்க்குறி வந்துள்ளது. எனவே, பிம்பம் ஆடிக்கு இடது பக்கத்தில் உள்ளது)

ஆடிக்கு 30 செ.மீ முன்னே பிம்பம் உருவாகிறது. ஆடிக்கு முன் பிம்பம் ஏற்படுவதால், அது தலைகீழான மெய் பிம்பம் ஆகும்.

பிம்பத்தின் அளவைக்கான உருப்பெருக்கத்தைக் கணக்கிட வேண்டும்.

$$m = \frac{-v}{u} = \frac{-(30)}{(-15)} = -2$$

$m = h_2 / h_1$  என்பதை நாம் அறிவோம்

இங்கு பொருளின் உயரம்  $h_1 = 1$  செ.மீ

$$-2 = h_2/1$$

$$h_2 = -2 \times 1 = -2 \text{ cm}$$

எனவே, பிம்பத்தின் உயரம் = 2 செ.மீ

(இங்கு எதிர்க்குறி வந்துள்ளது. எனவே, பிம்பம் முதன்மை அச்சுக்குக் கீழே ஏற்படுகிறது)

### கணக்கீடு 2:

குழியாடியிலிருந்து 16 செ.மீ தொலைவில் வைக்கப்படும் 2 செ.மீ உயரம் கொண்ட பொருள் ஒன்றின் மெய் பிம்பம் 3 செ.மீ உயரம் உள்ளதாக இருந்தால் பிம்பம் உருவாகும் இடத்தைக் காண்க.

தீர்வு:

பொருளின் உயரம்  $h_1 = 2$  செ.மீ

பிம்பத்தின் உயரம்  $h_2 = -3$  செ.மீ

$$\text{உருப்பெருக்கம் } m = \frac{h_2}{h_1} = \frac{-3}{2} = -1.5$$

$$\text{ஆனால், } m = \frac{-v}{u}$$

இங்கு பொருளின் தொலைவு  $u = -16$  செ.மீ

மதிப்புகளைப் பிரதியிட,

$$-1.5 = -\frac{v}{(-16)}$$

$$-1.5 = \frac{v}{16}$$

$$v = 16 \times (-1.5) = -24 \text{ cm}$$

பிம்பம் ஆடிக்கு இடது பக்கத்தில் 24 செ.மீ தொலைவில் இருக்கும். (எதிர்க்குறி, பிம்பம் ஆடிக்கு இடது பக்கத்தில் உள்ளது என்பதைக் குறிக்கிறது)

### குழியாடியின் பயன்கள்:

மருத்துவர் பயன்படுத்தும் ஆடி: பல் மருத்துவர் / காது, மூக்கு, தொண்டை மருத்துவரின் தலையில் ஒரு பட்டை கட்டப்பட்டு அதில் ஒரு வட்ட வடிவ ஆடி இருப்பதைப் பார்த்திருப்பீர்கள். ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் இணைக்கதிர்கள் அந்த ஆடியின் மீது படும்படி வைக்கப்படும். அந்த ஆடி நம் உடலில் காணப்படும் சிறு பகுதியின் (பல், தொண்டை) மீது அந்த ஒளியைக் குவித்து ஒளியூட்டும்.

ஒப்பனை ஆடி: முகத்தருகே குழியாடி வைக்கப்படும் போது (அதாவது, ஆடி மையத்திற்கும் முக்கியக் குவியத்திற்கும் இடையே), நேரான, பெரிதாக்கப்பட்ட பிம்பம் கிடைக்கும் என்பதை நாம் அறிவோம். இதில், நம் முகம் பெரிதாகத் தெரியும்.

பிற பயன்பாடுகள்: கை மின்விளக்கு, வாகனங்களின் முகப்பு விளக்கு மற்றும் தேடும் விளக்கு ஆகியவற்றில் பயன்படுகிறது.

குழியாடிகள் ஆற்றல் வாய்ந்த ஒளியைப் பாய்ச்ச உதவுகின்றன. குழியாடி எதிரொளிப்பான்கள் அறை சூடேற்றியிலும், பெரிய குழியாடிகள் சூரிய சூடேற்றியிலும் பயன்படுகின்றன?

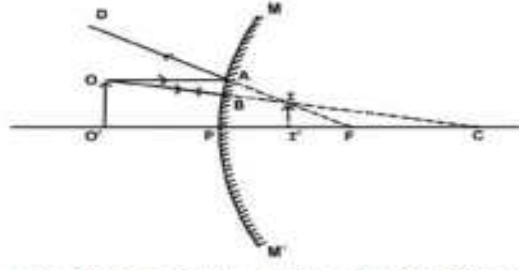
வானில் உள்ள பொருள்கள் ஈரிலாத் தொலைவில் உள்ளன. எனவே, குழியாடி ஏற்படுத்தும் பிம்பம் தலைகீழாகவும் சிறியதாகவும் இருக்கும். இருப்பினும், ஏன் வானியல் தொலைநோக்கிகளில் குழியாடிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன?

**குவி ஆடி:**

**குவியாடியால் ஏற்படும் பிம்பம்:**

கீழே தரப்பட்டுள்ள ஏதேனும் இரு கதிர்களைக் கொண்டு குவியாடியால் ஏற்படும் பிம்பத்தை வரையலாம்.

முதல்கதிர்: முதன்மை அச்சுக்கு இணையான கதிர் (விதி 1). இரண்டாம் கதிர்: வளைவு மையத்தை நோக்கிச் செல்லும் கதிர் (விதி 2).



படம் 6.10 குவியாடியால் ஏற்படும் பிம்பம்

குறிப்பு: குவி ஆடிக்குப் பின் புறமுள்ள கதிர்கள் அனைத்தும் புள்ளிக்கோட்டினால் குறிக்கப்படும்.

முதன்மை அச்சுக்கு இணையான OA என்ற கதிர் AD திசையில் எதிரொளிக்கப்படுகிறது. கதிர் OB மீண்டும் அதே பாதையில் திரும்புகிறது. இவ்விரு கதிர்களும் விரிந்து செல்கின்றன. ஆனால், பின்புறம் நீட்டப்படும் போது அவை புள்ளி I-இல் வெட்டிக்கொள்வது போல் தெரிகின்றது. எனவே, II என்பது OO' ன் பிம்பம் ஆகும். அது நேரான, பொருளை விடச் சிறியதாகவுள்ள மாய பிம்பம் ஆகும்.

**குவியாடியின் பயன்கள்:**

குவியாடிகள் வாகனங்களின் பின்னோக்குக் கண்ணாடியாக பயன்படுகின்றன. அவை பொருளை விடச் சிறியதாக, நேரான, மாய பிம்பத்தையே எப்போதும் உருவாக்குகின்றன. பின்னே வரும் வாகனங்கள் அருகில் நெருங்கி வரும்போது, பிம்பத்தின் அளவும் அதிகரிக்கின்றது. ஆடியை விட்டு வாகனங்கள் விலகும் போது பிம்பம் சிறியதாகின்றது. மேலும், சமதள ஆடியின் பார்வைப்புலத்தை விட குவியாடியின் பார்வைப்புலம் பெரியது. (பார்வைப்புலம் - கண் / ஆடி போன்றதொரு ஒளியியல் கருவியின் மூலம் நம் பார்வையில் புலப்படும் பரப்பு) போக்குவரத்துப் பாதுகாப்புக் கருவியாக சாலைகளில் குவியாடிகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளதை நாம் அறிவோம். மலைப்பாதைகளில் காணப்படும் குறுகிய சாலைகளின் கூர்ந்த வளைவுகளில் முன்னே வரும் வாகனங்களைக் காண இயலாத இடங்களில் இவை பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அங்காடிகளில் ஆளில்லாப் பகுதிகளைக் கண்காணிக்கவும் இவை பயன்படுகின்றன.

வாகனங்களின் பின்னோக்குக் கண்ணாடிகளில் எழுதப்பட்டுள்ள பின்வரும் சொற்றொடரைக் கண்டதுண்டா?

“Objects in the mirror are closer than they appear” (ஆடியில் பிம்பம் தோன்றும்

தொலைவை விட பொருள்கள் மிக அருகில் உள்ளன ஏன்?

கணக்கீடு 3

20 செ.மீ குவிய தொலைவு கொண்ட குவியாடி ஒன்று மகிழுந்து (car) ஒன்றில் பொருத்தப்பட்டு உள்ளது. அதிலிருந்து 6 மீ தொலைவில் இன்னொரு மகிழுந்து உள்ளது எனில்,

- முதல் மகிழுந்தின் ஆடியிலிருந்து பார்க்கும் போது இரண்டாவது மகிழுந்து (அதன் தொலைவு) எங்கு இருக்கும்?
- இரண்டாவது மகிழுந்து 2 மீ அலகமும் 1.6 மீ உயரமும் கொண்டது எனில், அதன் பிம்பத்தின் அளவு என்ன?

குவியத் தொலைவு,  $f = 20$  செ.மீ (குவியாடி)

பொருளின் தொலைவு  $u = -6$  மீ = -600 செ.மீ

பிம்பத்தின் தொலைவு  $v = ?$

தீர்வு:

- பிம்பத்தின் இடத்தை ஆடிச் சமன்பாட்டைக் கொண்டு அறிதல்.

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

$$\frac{1}{20} = \frac{1}{-600} + \frac{1}{v}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{20} - \frac{1}{-600} = \frac{1}{20} + \frac{1}{600} = \frac{30+1}{600} = \frac{31}{600}$$

$$v = \frac{600}{31} = 19.35 \text{ cm}$$

- பிம்பத்தின் அளவு

$$m = \frac{-v}{u} = -\frac{v}{(u)} = -\frac{600}{31} \times \frac{1}{-600} = \frac{1}{31}$$

$$\text{பிம்பத்தின் அகலம்} = \frac{1}{31} \times 200 \text{ செ.மீ} = 6.45 \text{ செ.மீ}$$

$$\text{பிம்பத்தின் உயரம்} = \frac{1}{31} \times 160 \text{ செ.மீ} = 5.16 \text{ செ.மீ}$$

### ஒளியின் திசைவேகம்

17-ஆம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில் கலிலியோ கலிலி (1564 – 1642) என்ற இத்தாலிய அறிவியலறிஞர் ஒளியின் வேகத்தைக் கணக்கிட முயன்றார்.

ஒலே ரோமர் என்ற டேனிய வானியலாளர் (astronomer) 1665-இல் வியாழன் கோளின் பன்னிரண்டு நிலவுகளில் ஒன்றை அவதானித்து அதன் மூலம் ஒளியின் திசைவேகத்தைத் தோராயமாகக் கணக்கிட்டார். இதன் மூலம் அவரது கணக்கீட்டின் படி ஒளியின் வேகம் கிட்டத்தட்ட 2,20,000 கி.மீ / வி என அறியப்பட்டது.

1849-இல் முதன் முதலாக அர்மண்ட் ஃபிஷே என்பவரால் பூமியில் (நிலத்தில்) இதன் வேகம் கணக்கிடப்பட்டது. இன்று வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம் ஏறக்குறைய மிகச்சரியாக 3,00,000 கி.மீ / வி எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

சில உயிரினங்கள் இயல்பாகவே தங்களுக்குள் ஒளிரும் தன்மையைப் பெற்றுள்ளன என்பது உங்களுக்குத் தெரியுமா? இந்தப் பண்பிற்கு உயிரி ஒளிர் தல் என்று பெயர். கடலின் அடி ஆழத்தில் ஒளி குறைந்த பகுதியில் வாழக்கூடிய சில வகையான புழுக்கள், மீன், ராட்சத சிப்பி மீன், நட்சத்திர மீன் போன்ற உயிரினங்கள் மற்ற உயிரினங்களிடமிருந்து தங்களைத் தற்காத்துக் கொள்ள இத்தகைய மின்னுகின்ற அல்லது ஒளிரும் பண்பைப் பெற்றுள்ளன.



### ஒளிவிலகல்:

மேற்குறிப்பிட்ட செயல்பாடு ஒளிவிலகலினால் ஏற்படும் நிகழ்வு ஆகும். ஓர் ஊடகத்திலிருந்து மற்றொரு ஊடகத்திற்கு ஒளி சாய்வாகச் செல்லும் போது அதன் பாதையில் விலகல் ஏற்படுகிறது. இதுவே ஒளிவிலகல் எனப்படுகிறது. ஒளிபுகும் ஓர் ஊடகத்திலிருந்து மாறுபட்ட அடர்த்தியுடைய மற்றொரு ஒளிபுகும் ஊடகத்திற்கு ஒளி செல்லும் போது, அதன் பாதையில் மாறுபாடு ஏற்படுகிறது. இவ்விலகலுக்கு (பாதையின் திசையில் மாறுபாடு) ஒளியின் திசைவேகத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடே காரணமாகும். ஒளியின் திசைவேகம் அத செல்லும் ஊடகத்தின் தன்மையைப் பொறுத்தே அமைகிறது. அடர் குறை ஊடகத்தில் (அதாவது, குறைந்த ஒளியியல் அடர்த்தி) ஒளியின் திசைவேகம் அதிகமாகவும் அடர்மிகு ஊடகத்தில் (அதிக ஒளியியல் அடர்த்தி) திசைவேகம் குறைவாகவும் இருக்கும்.

### சமதள ஒளிபுகும் பரப்பில் ஒளிவிலகல்:

அடர் குறை ஊடகத்திலிருந்து அடர் மிகு ஊடகத்தினுள் ஒரு ஒளிக்கதிர் செல்லும் போது குத்துக்கோட்டை நோக்கி விலகல் அடைகிறது.

அடர் மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர் குறை ஊடகத்திற்கு ஒரு ஒளிக்கதிர் செல்லும் போது குத்துக்கோட்டை விட்டு விலகிச் செல்கிறது.

அடர்மிகு ஊடகத்தின் பரப்பிற்குக் குத்தாக அதன் மீதுபடும் ஒளிக்கதிர் விலகல் அடைவதில்லை

### ஒளிவிலகல் விதிகள்:

எந்நெல் விதிகள் எனப்படும் ஒளி விலகல் விதிகள் கீழே தரப்பட்டுள்ளன.

- படுகதிர், விலகுகதிர், படுபுள்ளியில் இரு ஒளிபுகும் ஊடகங்களுக்கு இடையிலான தளத்திற்கு வரையப்பட்ட குத்துக்கோட்டு ஆகியவை ஒரே தளத்தில் அமைகின்றன.
- கொடுக்கப்பட்ட ஒரு ஊடகங்களுக்கு, குறிப்பிட்ட நிற ஒளியின் படுகோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கும், விலகு கோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கும் இடையே உள்ள தகவு மாறிலி.

i என்பது படுகோணம் r என்பது விலகு கோணம் எனில்,

### ஒளிவிலகல் விதிகள்:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \text{மாறிலி}$$

இம்மாறிலி முதல் ஊடகத்தைப் பொறுத்து இரண்டாவது ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் எனப்படும். இது  $1/\mu_2$  (மியூ) எனப்படும் கிரேக்க எழுத்தால் குறிக்கப்படுகிறது.

குறிப்பு:  $1/\mu_2$  க்கு அல்ல இல்லை. ஏனெனில், அது ஒரு ஒத்த அளவுகளின் தகவு. வெவ்வேறு ஊடகங்களில் செல்லும் ஒளியின் திசைவேகத்தைப் பொறுத்தும் ஒளிவிலகல் எண்ணை நாம் வரையறுக்கலாம்.

$$\mu = \frac{\text{காற்று (அ) வெற்றிடத்தில் ஒளியின் திசைவேகம் (c)}}{\text{ஊடகத்தில் ஒளியின் திசைவேகம் (v)}}$$

பொதுவாகக் கூறினால்,

$$\mu = \frac{\text{ஊடகம் 1ல் ஒளியின் திசைவேகம்}}{\text{ஊடகம் 2ல் ஒளியின் திசைவேகம்}}$$

**கணக்கீடு 4.**

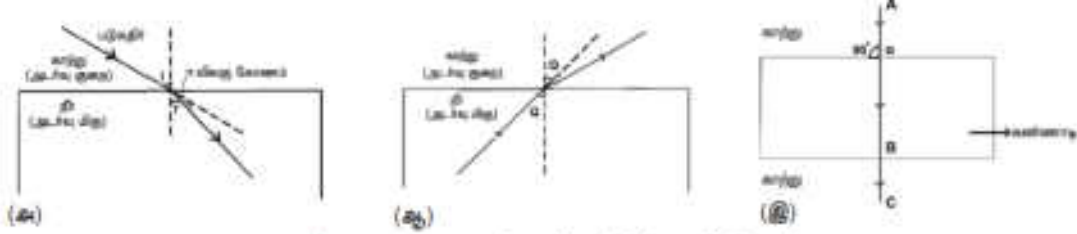
காற்றில் ஒளியின் திசைவேகம்  $3 \times 10^8$  மீ/வி, கண்ணாடியில்  $2 \times 10^8$  மீ/வி எனில் கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல் எண் என்ன? தீர்வு

$${}_a\mu_g = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^8} = \frac{3}{2} = 1.5$$

**கணக்கீடு 5.**

அடர்குறை ஊடகத்திலிருந்து (ஊடகம் 1) அடர்மிகு ஊடகத்திற்கு (ஊடகம் 2) ஒளி செல்கிறது. படுகோணம் மற்றும் விலகு கோணம் முறையே  $45^\circ$ ,  $30^\circ$  எனில் முதல் ஊடகத்தைப் பொறுத்து 2-வது ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கணக்கிடுக. தீர்வு:

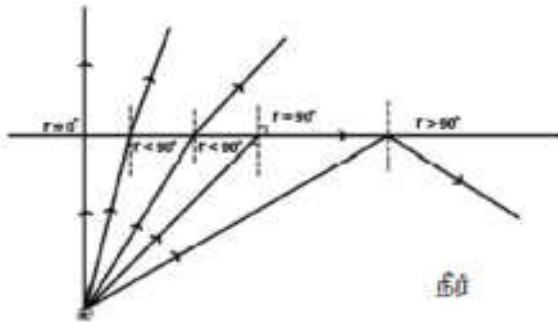
$${}_1\mu_2 = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{1/\sqrt{2}}{1/2} = \sqrt{2} = 1.414$$



**படம் 6.11** சமதள ஒளிபுகும் பரப்பில் ஒளிவிலகல்

**முழு அக எதிரொளிப்பு:**

அடர் மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்குறை ஊடகத்தை நோக்கி ஒளி செல்லும் போது, அது குத்துக்கோட்டை விட்டு விலகிச் செல்கிறது. அடர் மிகு ஊடகத்தில் படு கோணம் அதிகரிக்கும் போது அடர்குறை ஊடகத்தில் அதன் விலகு கோணமும் அதிகரிக்கிறது. குறிப்பிட்ட படுகோணத்திற்கு விலகு கோணத்தின் மதிப்பு  $r = 90^\circ$  என்ற பெருமை மதிப்பை அடைகிறது. இப்படுகோணமே மாறுநிலைக்கோணம் எனப்படும். அதாவது,  $90^\circ$  விலகு கோணத்தை ஏற்படுத்தும் படு கோணம் மாறுநிலைக்கோணம் ( $Q_c$ ) எனப்படும். இந்நிலையில் விலகு கதிர் இரண்டு ஊடகத்தையும் பிரிக்கும் பரப்பை ஒட்டிச் செல்லும்.



**படம் 6.12** மாறுநிலைக்கோணம்

படுகோணத்தின் மதிப்பு மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட அதிகமாக உள்ளபோது, விலகு கதிர் வெளியேறாது; ஏனெனில்  $r = 90^\circ$  எனவே அதே ஊடகத்திலேயே ஒளி முழுவதுமாக எதிரொளிக்கப்படுகிறது. இதுவே முழு அக எதிரொளிப்பு ஆகும்.

### முழு அக எதிரொளிப்புக்கான நிபந்தனைகள்:

முழு அக எதிரொளிப்பு ஏற்படுவதற்கு கீழ்க்கண்ட நிபந்தனைகள் அவசியம்.

- ஒளியானது அடர் மிகு ஊடகத்திலிருந்து (எ.கா - தண்ணீர்) அடர் குறை ஊடகத்திற்குச் (எ.கா - காற்று) செல்ல வேண்டும்.
- அடர்மிகு ஊடகத்தில் படுகோணத்தின் மதிப்பு மாறுநிலைக் கோணத்தை விட அதிகமாக இருக்க வேண்டும்.

### இயற்கையில் முழு அக எதிரொளிப்பு:

கானல் நீர்: சுட்டெரிக்கும் வெளியில் சாலையில் செல்லும் போது தொலைவில் தண்ணீர்த் திட்டுகள் தோன்றுவதைக் காணலாம். இது ஒரு மாயத்தோற்றமே. வெயில் காலங்களில், தரையை ஒட்டிய காற்று சற்று சூடாகவும் மேற்பகுதிகளில் சற்று சூடு குறைவாகவும் இருக்கும். சூடான காற்றின் அடர்த்தி குறைவானது என்பதால் காற்றன் ஒளி விலகல் எண்ணும் குறைவாக இருக்கும். எனவே, ஒளிக்கதிர் காற்றில் ஒளி விலகல் அடைந்து குத்துக்கோட்டை விட்டு விலகலடைகிறது. மேலும், மாறுநிலைக் கோணத்தை விடப் படுகோணம் அதிகமாக இருப்பதால், முழு அக எதிரொளிப்பு அடைகிறது. வைரம் ஜொலிப்பதற்கும் விண்மீன்கள் மின்னுவதற்கும் காரணம் முழு அக எதிரொளிப்பே ஆகும்.

### ஒளியிழைகள்:

ஒளியிழைகள் என்பவை நெருக்கமாக பிணைக்கப்பட்ட பல கண்ணாடி இழைகளினால் (அல்லது குவார்ட்சு இழைகள்) உருவாக்கப்பட்ட இழைக்கற்றைகள் ஆகும். ஒவ்வொரு இழையும் உள்ளகம் (core) மற்றும் பாதுகாப்பு உறை (cladding) ஆகிய இரு பகுதிகளால் ஆனது. வெளியேயுள்ள பாதுகாப்பு உறையின் ஒளிவிலகல் எண்ணைவிட உள்ளகப் பொருளின் ஒளி விலகல் எண் அதிகமாக இருக்கும். ஒளியிழைகள் முழு அக எதிரொளிப்பின் அடிப்படையில் செயல்படுகின்றன. ஒரு முனையில் அனுப்பப்படும் ஒளிச் சைகை நெடுகிலும் பல முழு அக எதிரொளிப்புகளுக்கு உட்பட்டு, இறுதியாக மற்றொரு முனையில் வெளியேறும்.

நீண்ட தொலைவுகளுக்கு ஒலி, ஒளிச் சைகைகளை அனுப்ப ஒளி இழைகள் பயன்படுகின்றன. ஒளி இழைகளின் நெகிழும் தன்மையால் பெரிய அளவிலான அறுவைச் சிகிச்சைக்குப் பதிலாக சிறு கீறல்களின் மூலம், வேண்டிய சிகிச்சைகள் செய்திடவும், உடல் உள் உறுப்புக்களைக் காணவும் அவை மருத்துவர்களுக்கு உதவுகின்றன.

இந்தியாவைச்	சேர்ந்த	நிந்தர்	கபானி	என்ற
இயற்பியலாளர்	இழை	ஒளியியலின்	தந்தை	என
அழைக்கப்படுகிறார்.				

### நினைவில் கொள்க:

- காட்சியை ஏற்படுத்தக் கூடிய ஒரு வகை மின்காந்த ஆற்றல் ஒளி ஆகும்.
- எதிரொளிப்பு விதிகள்: படுகோணமும் எதிரொளிப்புக் கோணமும் சமம் படு கதிர், எதிரொளிப்புக்கதிர், படு புள்ளிக்கு வரையப்பட்ட குத்துக்கோடு ஆகிய மூன்றும் ஒரே தளத்தில் அமைகின்றன.
- எதிரொளிப்பு விதிகள்: படுகோணமும் எதிரொளிப்புக் கோணமும் சமம் படு கதிர், எதிரொளிப்புக்கதிர், படு புள்ளிக் கு வரையப்பட்ட குத்துக்கோடு ஆகிய மூன்றும் ஒரே தளத்தில் அமைகின்றன.
- கோளக ஆடியின் ஆடி மையத்திற்கும் முக்கியக் குவியத்திற்கும் இடைப்பட்ட தூரம் குவியத் தொலைவு எனப்படும் இது வளைவு ஆரத்தில் (R) பாதியளவு இருக்கும்.  $f = \frac{R}{2}$

- கோளக ஆடியொன்றின் ஆகியவற்றிற்கிடையேயான தொடர்பு  $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$
- உருப்பெருக்கம்  $m = \frac{\text{பிம்பத்தின் உயரம் } h_2}{\text{பொருளின் உயரம் } h_1}$
- ஒளிவிலகல் விதிகள்: படு கதிர், விலகு கதிர், இரு ஊடகங்களைப் பிரிக்கும் பரப்பிற்கு வரையப்பட்ட குத்துக்கோடு ஆகிய மூன்றும் ஒரே தளத்தில் அமைகின்றன.
- ஓர் ஒளிபுகும் ஊடகத்திலிருந்து மற்றோர் ஒளிபுகும் ஊடகத்திற்கு ஒளி சாய்வாகச் செல்லும் போது ஏற்படும் பாதை விலகல் ஒளிவிலகல் எனப்படும்.
- மாறுநிலைக் கோணத்தை விட படுகோணம் அதிகமாக உள்ளபோது, விலகுகதிர் ஏற்பட வாய்ப்பில்லை,  $r > 90^\circ$  ஆக இருக்கும் போது ஒளிவிலகல் ஏற்படாது. எனவே, ஒளிக்கதிர் அதே ஊடகத்திலேயே (அடர்மிகு ஊடகம்) முழுதும் எதிரொளிக்கப்படும். இது முழு அக எதிரொளிப்பு எனப்படும்.

=====



## 10<sup>th</sup> அறிவியல்

### அலகு-2 ஒளியியல்

#### அறிமுகம்:

‘ஒளி’ என்பது ஒரு வகை ஆற்றல். இது அலைவடிவில் பரவுகிறது. ஒளி செல்லும் பாதை, ‘ஒளிக்கதிர்’ என்றும் ஒளிக்கதிர்களின் தொகுப்பு ‘ஒளிக்கற்றை’ என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. ஒளியை வெளிவிடும் பொருள்கள் ‘ஒளிமூலங்கள்’ எனப்படுகின்றன. சில ஒளி மூலங்கள் தங்களுடைய சுய ஒளியை வெளியிடுகின்றன. இவை ‘ஒளிரும் பொருள்கள்’ (luminous objects) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. சூரியன் உள்ளிட்ட அனைத்து விண்மீன்களும் ஒளிரும் பொருள்களுக்கு எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும். கண்களின் உதவியால் தான் நம்மால் பொருள்களைக் காண முடிகிறது என்பதை அறிந்திருப்பீர்கள். ஆனால் ஓர் இருள் நிறைந்த அறையில் உள்ள பொருள்களைக் கண்களால் காண முடிவதில்லை. ஏன் என்று விளக்க முடியுமா? ஆம். பொருள்களைக் காண நமக்கு ஒளி தேவை. ஒளி விளக்கில் இருந்து வரும் ஒளிக் கதிர்களை நேரடியாக நம கண்களின் மீது விழச் செய்தால் பொருள்களைக் காண முடியுமா? நிச்சயமாக முடியாது. ஒளிக்கதிர்கள் பொருள்களின் மீது பட்டு அவற்றிலிருந்து எதிரொளிக்கப்பட்ட கதிர்கள் நம் கண்களை அடைந்தால்தான் பொருள்களைக் காண இயலும். ஒளி எதிரொளித்தல் மற்றும் ஒளி விலகல் குறித்து முந்தைய வகுப்புகளில் கற்றிருப்பீர்கள். இப்பாடத்தில் ஒளிச்சிதறல், குவி லென்சு மற்றும் குழி லென்சு உருவாக்கும் பிம்பங்கள், மனிதக் கண், நுண்ணோக்கிகள் மற்றும் தொலைநோக்கிகள் போன்ற ஒளியியல் கருவிகள் குறித்து கற்க உள்ளோம்.

#### ஒளியின் பண்புகள்:

முதலில் ஒளியின் பண்புகள் மற்றும் ஒளிவிலகல் ஆகியவற்றை நினைவு கூர்வோம்.

1. ஒளி என்பது ஒருவகை ஆற்றல்
2. ஒளி எப்போதும் நேர்க்கோட்டில் செல்கிறது.
3. ஒளி பரவுவதற்கு ஊடகம் தேவையில்லை. வெற்றிடத்தின் வழியாகக் கூட ஒளிக்கதிர் செல்லும்.
4. காற்றில் அல்லது வெற்றிடத்தில் ஒளியின் திசைவேகம்  $C = 3 \times 10^8$  மீவி<sup>-1</sup>
5. ஒளியானது அலை வடிவில் செல்வதால் அது அலைநீளம் ( $\lambda$ ) மற்றும் அதிர்வெண் ( $\nu$ ) ஆகிய பண்புகளைப் பெற்றிருக்கும். இவை  $C = \nu\lambda$  என்ற சமன்பாட்டின் மூலம் தொடர்புபடுத்தப்படுகிறது.
6. ஒளியின் வெவ்வேறு நிறங்கள் வெவ்வேறு அலை நீளங்களையும், அதிர்வெண்களையும் பெற்றிருக்கும்.
7. கண்ணுறு ஒளியில் ஊதா நிறம் குறைந்த அலை நீளத்தையும், சிவப்பு நிறம் அதிக அலை நீளத்தையும் கொண்டிருக்கும்.
8. ஒளியானது இரு வேறு ஊடகங்களின் இடைமுகப்பை அடையும் போது, அது பகுதியளவு எதிரொளிக்கும், பகுதியளவு விலகல் அடையும்.

#### ஒளி விலகல்:

ஒளிக்கதிரொன்று ஓர் ஒளி புகும் ஊடகத்தில் இருந்து மற்றோர் ஒளிபுகும் ஊடகத்திற்குச் சாய்வாகச் செல்லும் போது, ஒளிக்கதிர் தன் பாதையில் இருந்து விலகிச் செல்கிறது. ஒளிக்கதிரின் பாதையில் ஏற்படும் இந்த விலகல் ‘ஒளிவிலகல்’ எனப்படுகிறது. ஒளியானது வெவ்வேறு ஊடகத்தில், வெவ்வேறு திசைவேகத்தில் செல்வதால் ஒளிவிலகல் ஏற்படுகிறது. ஒளியின் திசை வேகம், அடர்வு குறைந்த ஊடகத்தில் அதிகமாகவும், அடர்வு மிகுந்த ஊடகத்தில் குறைவாகவும் இருக்கும்.

ஒளிவிலகலானது, இரு ஒளிவிலகல் விதிகளுக்கு உட்பட்டு அமைகிறது.

### ஒளிவிலகலின் முதல் விதி:

ஒளிக்கதிர் ஓர் ஊடகத்திலிருந்து, மற்றோர் ஊடகத்திற்குச் செல்லும்போது, படுகதிர், விலகுகதிர், படுபுள்ளியில் விலகல் அடையும் பரப்புக்குச் செங்குத்தாக வரையப்படும் கோடு ஆகியவை ஒரே தளத்தில் அமைகின்றன.

### இரண்டாம் விதி:

ஒளிக்கதிர் ஓர் ஊடகத்திலிருந்து, மற்றோர் ஊடகத்திற்குச் செல்லும்போது, படுகோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கும், விலக கோணத்தின் சைன்மதிப்பிற்கும் இடையே உள்ள தகவானது அவ்விரு ஊடகங்களின் ஒளிவிலகல் எண்களின் தகவிற்கு சமம். இவ்விதி ‘ஸ்நெல் விதி’ என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$$

- ஒளிவிலகல் எண்ணானது ஓர் ஊடகத்தில் ஒளிக்கதிரின் திசைவேகம் எவ்வாறு இருக்கும் என்பதைத் தெரிவிக்கின்றது. காற்றில் அல்லது வெற்றிடத்தில் ஒளியின் ஒளியின் திசைவேகத்திற்கும். மற்றோர் ஊடகத்தில் ஒளியின் திசைவேகத்திற்கும் இடையே உள்ள தகவு ஒளிவிலகல் எண் ( $\mu$ ) என்றும் வரையறுக்கப்படுகிறது.
- ஒளியின் திசைவேகமானது ஒளிவிலகல் எண் அதிகம் உள்ள ஊடகத்தில் குறைவாகவும், ஒளிவிலகல் எண் குறைவாக உள்ள ஊடகத்தில் அதிகமாகவும் அமையும்.
- ஓர் ஒளிக்கதிரானது அடர்வு மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்வு குறைந்த ஊடகத்திற்குச் செல்லும் போது விலகுகதிர் செங்குத்து கோட்டை விட்டு விலகிச் செல்லும்.
- ஒளிக்கதிர் அடர்வு குறைந்த ஊடகத்திலிருந்து, அடர்வு மிகு ஊடகத்திற்குச் செல்லும் போது செங்குத்து கோட்டை நோக்கி விலகிச் செல்லும்.

### கூட்டொளியில் ஏற்படும் ஒளி விலகல்:

சூரியன் இயற்கையில் அமைந்த ஒளி மூலம் என்று நாம் அறிந்திருக்கிறோம். ஓர் ஒளி மூலமானது ஒரே ஒரு நிறத்தைக் கொண்ட ஒளியை வெளியிடுமானால் அது ‘ஒற்றைநிற ஒளிமூலம்’ எனப்படும். ஆனால் கூட்டொளி மூலங்கள் (Composite Sources) பல்வேறு நிறங்களை உள்ளடக்கிய வெள்ளொளியைத் தருகின்றன. எனவே சூரிய ஒளியானது பல்வேறு நிறங்களை அல்லது அலை நீளங்களைக் கொண்ட கூட்டொளி ஆகும். கூட்டொளி மூலத்திற்கு மற்றோர் எடுத்துக்காட்டு பாதரச ஆவிவிளக்கு ஆகும். வெள்ளொளியை ஒரு கண்ணாடி முப்பட்டகத்தின் வழியாகச் செலுத்தி வெளிவரும் ஒளிக்கதிர்களை உற்று நோக்கும் போது என்ன நிகழ்கிறது?

வெள்ளொளிக் கற்றையானது, கண்ணாடி, நீர் போன்ற ஒளிபுகும் ஊடகத்தில் ஒளிவிலகல் அடையும்போது அதில் உள்ள நிறங்கள் தனித் தனியாகப் பிரிகை அடைகின்றன. இந்நிகழ்வு ‘நிறப்பிரிகை’ எனப்படும்.

நிறங்களின் தொகுப்பானது ‘நிறமாலை’ என்று அழைக்கப்படுகிறது. நிறமாலையானது ஊதா, கருநீலம் (Indigo), நீலம், பச்சை, மஞ்சள், ஆரஞ்சு மற்றும் சிவப்பு ஆகிய நிறங்களைக் கொண்டுள்ளது.

மற்றும் சிவப்பு ஆகிய நிறங்களைக் கொண்டுள்ளது. இந்நிறங்கள் “VIBGYOR” என்று சுருக்கக் குறியீட்டின் மூலம் குறிப்பிடப்படுகிறது. வெள்ளொளியானது, ஒளிபுகும் ஊடகத்தில் செல்லும் போது வெவ்வேறு நிறங்கள் ஏற்படக் காரணம்தான் என்ன? வெள்ளொளியானது ஒளிபுகும் ஊடகத்தில் செல்லும்போது வெவ்வேறு நிறங்கள் வெவ்வேறு கோண அளவுகளில் விலகல் அடைவதால்

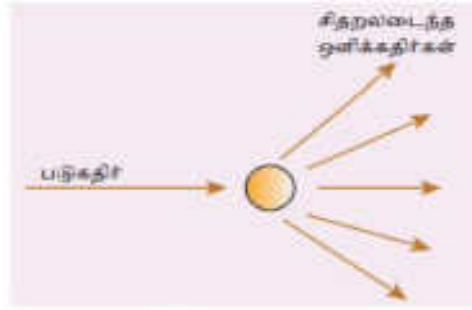


நிறப்பிரிகை ஏற்பட்டு நிறமாலை தோன்றுகிறது. ஊடகத்தில் ஒளிக்கதிரின் விலகு கோணமானது நிறங்களைப் பொறுத்து மாறுபடுகிறது.

கண்ணூறு ஒளியில் சிவப்பு நிறம், மிகக் குறைந்த விலகு கோணத்தையும், ஊதா நிறம் மிக அதிகமான விலகு கோணத்தையும் பெற்றுள்ளன. ஸ்நெல் விதிப்படி, விலகுகோணமானது ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைச் சார்ந்து அமையும். வெவ்வேறு நிறங்களுக்கு ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் வெவ்வேறாக இருக்கும். எனவே, ஒரு ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் ஒளிக்கதிரின் அலைநீளத்தைச் சார்ந்தது என அறியலாம்.

### ஒளிச்சிதறல்:

சூரிய ஒளி, புவியின் வளிமண்டலத்தில் நுழையும் போது, வளிமண்டலத்தில் உள்ள பல்வேறு வாயு அணுக்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகளால் அனைத்து திசைகளிலும் விலகல் அடையச் செய்யப்படுகிறது. இந்நிகழ்வு ‘ஒளிச்சிதறல்’ எனப்படுகிறது. இந்நிகழ்வில் ஒளிக்கற்றையானது ஊடகத்தில் (காற்றில்) உள்ள துகள்களுடன் இடைவினையில் ஈடுபடும் போது, அவை அனைத்துத் திசைகளிலும், திருப்பி விடப்பட்டுச் சிதறல் நிகழ்கிறது. இடைவினையில் ஈடுபடும் துகள் சிதறலை உண்டாக்கும் துகள் (Scatterer) எனப்படுகிறது.



படம் 21 ஒளிச்சிதறல்

### ஒளிச்சிதறலின் வகைகள்:

ஒளிக்கற்றையானது, ஊடகத்தில் உள்ள துகள்களுடன் இடைவினையாற்றும் போது, பல்வேறு வகையான சிதறல்கள் ஏற்படுகின்றன.

ஒளிக்கற்றையின் தொடக்க மற்றும் இறுதி ஆற்றலை அடிப்படையாகக் கொண்டு, ஒளிச்சிதறலை 1. மீட்சிச் சிதறல் மற்றும் 2. மீட்சியற்ற சிதறல் என இருவகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

### மீட்சியற்ற சிதறல்:

சிதறல் அடையும் ஒளிக்கற்றையின் தொடக்க மற்றும் இறுதி ஆற்றல்கள் சமமற்று இருப்பின் அச்சிதறல் மீட்சியற்ற சிதறல் எனப்படும்.

### மீட்சியற்ற சிதறல்:

சிதறலை உண்டாக்கும் துகளின் தன்மை மற்றும் அளவைப் (size) பொறுத்து சிதறலைக் கீழ்க்கண்டவாறு வகைப்படுத்தலாம்.

ராலே ஒளிச்சிதறல், மீ ஒளிச்சிதறல், டிண்டால் ஒளிச்சிதறல், இராமன் ஒளிச்சிதறல்

### ராலே ஒளிச்சிதறல்:

சூரியனிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் வளிமண்டலத்தில் உள்ள வாயு அணுக்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகளால் சிதறலடிக்கப்படுவதே ‘ராலே ஒளிச்சிதறல்’ ஆகும்.

## ராலே சிதறல் விதி:

ஓர் ஒளிக்கதிர் சிதறலடையும் அளவானது, அதன் அலைநீளத்தின் நான்மடிக்கு எதிர்த் தகவல் இருக்கும்.

$$\text{சிதறல் அளவு} \propto \frac{1}{\lambda^4}$$

இவ்விதியின் படி, குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட நிறமானது, அதிக அலைநீளம் கொண்ட நிறத்தை விட அதிகமாக சிதறல் அடைகிறது.

சூரிய ஒளியானது வளிமண்டலத்தின் வழியாகச் செல்லும் போது, குறைந்த அலைநீளம் உடைய நீல நிறமானது, அதிக அலைநீளம் கொண்ட சிவப்பு நிறத்தை விட அதிகமாக சிதறல் அடைகிறது. இதனால் வானம் நீல நிறமாகத் தோன்றுகிறது.

சூரிய உதயம் மற்றும் மறைவின்போது, சூரிய ஒளியானது, நண்பகலில் இருப்பதை விட வளிமண்டலத்தில் அதிகத் தொலைவு செல்ல வேண்டியிருக்கிறது. எனவே நீல நிற ஒளியானது முற்றிலுமாகச் சிதறலடைந்து சென்றுவிடுவதால், குறைவாகச் சிதறல் அடைந்த சிவப்பு நிற ஒளியே நம்மை அடைகிறது. எனவே, சூரிய உதயம் மற்றும் மறைவின் போது சூரியன் சிவப்பாகக் காட்சியளிக்கிறது.

## ‘மீ’ – ஒளிச்சிதறல் (Mie-Scattering):

ஒளிச் சிதறலை ஏற்படுத்தும் துகளின் விட்டமானது, படும் ஒளிக்கதிரின் அலைநீளத்திற்குச் சமமாகவோ அல்லது அலைநீளத்தை விட அதிகமாகவோ இருக்கும் போது மீ-ஒளிச்சிதறல் ஏற்படுகிறது. இச்சிதறல் மீட்சி சிதறல் வகையை சார்ந்தது. மேலும் சிதறல் அளவானது ஒளிக்கதிரின் அலைநீளத்தைச் சார்ந்தது அன்று.

வளிமண்டலத்தின் கீழ் அடுக்குப்பகுதியில் உள்ள தூசு, புகை, நீர்த்துளிகள் மற்றும் சில துகள்களால் மீ – சிதறல் ஏற்படுகிறது.

மேகக்கூட்டங்கள் வெண்மை நிறமாகக் காட்சியளிக்க மீ-சிதறல் காரணமாக அமைகிறது. வெள்ளொளியானது மேகத்தில் உள்ள நீர்த்துளிகளின் மீது படும்போது, அந்நீர்த் துளிகள் அனைத்து நிறங்களையும் சமமாகச் சிதறல் அடையச் செய்கின்றன.

மிக நுண்ணிய துகள்கள் மற்றொரு பொருளில் சம அளவில் விரவி இருப்பதை கூழ்மம் என்கிறோம். எ.கா. பால், புகை, ஐஸ்கிரீஸ் மற்றும் கலங்கலான நீர்

இதனால் சிதறல் அடைந்த அனைத்து நிறங்களும் ஒன்றாகச் சேர்ந்து வெண்மை நிறமாக மாறுகின்றன.

## டிண்டால் ஒளிச்சிதறல்:

சூரிய ஒளிக்கற்றையானது, தூசுகள் நிறைந்த ஓர் அறையின் சாளரத்தின் வழியே நுழையும் போது ஒளிக்கற்றையின் பாதை நமக்குத் தெளிவாகப் புலனாகிறது. அறையில் உள்ள காற்றில் கலந்திருக்கும் தூசுகளால் ஒளிக்கற்றையானது சிதறலடிக்கப்படுவதால் ஒளிக்கற்றையின் பாதை புலனாகிறது. இந்நிகழ்வு டிண்டால் ஒளிச்சிதறலுக்கு எடுத்துக்காட்டு ஆகும்.

ஒரு கூழ்மக் கரைசலில் உள்ள கூழ்மத்துகள்களால், ஒளிக்கதிர்கள் சிதறலடிக்கப்படுகின்ற நிகழ்வு டிண்டால் ஒளிச்சிதறல் அல்லது டிண்டால் விளைவு எனப்படும்.

## இராமன் ஒளிச்சிதறல்:

வாயுக்கள் அல்லது திரவங்கள் அல்லது ஒளி புகும் தன்மை கொண்ட திண்மங்களின் வழியாக ஒற்றை நிற ஒளியானது இணைக் கற்றைகளாகச் செல்லும் போது அவற்றின் ஒரு பகுதி சிதறல் அடைகிறது. சிதறலடைந்த கதிரானது, படுகின்ற கதிரின் அதிர்வெண்ணைத் தவிர சில பகுதி அதிர்வெண்களையும் உள்ளடக்கியதாக இருக்கும். இந்நிகழ்வு ‘இராமன் ஒளிச்சிதறல்’ எனப்படுகிறது.

ஒளிக்கதிரானது, தூய திரவங்கள் மற்றும் ஒளி புகும் தன்மை கொண்ட திண்மங்களில் உள்ள துகள்களுடன் இடைவினை புரிவதன் காரணமாக ஒளிக்கதிரின் அலைநீளம் மற்றும் அதிர்வெண்ணில் மாற்றங்கள் ஏற்படும் நிகழ்வை 'இராமன் ஒளிச்சிதறல்' என வரையறுக்கலாம்.

படுகதிரின் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமமான அதிர்வெண்ணைக் கொண்ட நிறமாலை வரிகள் 'ராலே வரிகள்' என்றும், புதிய அதிர்வெண்களைக் கொண்ட நிறமாலை வரிகள் 'இராமன் வரிகள்' என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

படுகதிரின் அதிர்வெண்ணைவிடக் குறைவான அதிர்வெண் கொண்ட நிறமாலை வரிகளை 'ஸ்டோக் வரிகள்' என்றும், படுகதிரின் அதிர்வெண்ணைவிட அதிகமான அதிர்வெண்ணைக் கொண்ட நிறமாலை வரிகளை 'ஆண்டிஸ்டோக் வரிகள்' என்றும் அழைக்கிறோம்.

இராமன் விளைவைப் பற்றி மேலும் விரிவாக உயர்வகுப்புகளில் கற்கலாம்.

### லென்சுகள்:

இரு பரப்புகளுக்கு இடைப்பட்ட ஒளிபுகும் தன்மை கொண்ட ஊடகம் 'லென்சு' எனப்படும். இப்பரப்புகள் இரண்டும் கோளகப் பரப்புகளாகவோ அல்லது ஒரு கோளகப் பரப்பும், ஒரு சமதளப் பரப்பும் கொண்டதாகவோ அமைந்திருக்கும். பொதுவாக லென்சுகள் 1. குவிலென்சு 2. குழிலென்சு என இரு வகைகளாக வகைப்படுத்தப்படுகின்றன.

#### 1. குவிலென்சு அல்லது இருபுறக் குவிலென்சு:

இவை இருபுறமும் கோளகப் பரப்புகளைக் கொண்டது. இவை மையத்தில் தடித்தும், ஓரங்களில் மெலிந்தும் காணப்படும். இவற்றின் வழியாகச் செல்லும் இணையான ஒளிக்கற்றைகள் ஒரு புள்ளியில் குவிக்கப்படுகின்றன. எனவே இவை 'குவிக்கும் லென்சுகள்' என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

#### 2. குழிலென்சு அல்லது இருபுறக் குழிலென்சு:

இவை இருபுறமும் உள்ள நோக்கிக் குழிந்த கோளகப் பரப்புகளைக் கொண்டது. இவை மையத்தில் மெலிந்தும், ஓரங்களில் தடித்தும் காணப்படும். இவற்றின் வழியாகச் செல்லும் இணையான ஒளிக்கற்றைகள் விரிந்து செல்கின்றன. எனவே இவை 'விரிக்கும் லென்சுகள்' என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

### பிறவகை லென்சுகள்:

**தட்டக் குவிலென்சு:** ஓர் இருபுற குவிலென்சின் ஒரு பரப்பு சமதளப் பரப்பாக அமைந்திருந்தால் அது தட்டக் குவிலென்சு எனப்படும்.

**தட்டக் குழிலென்சு:** ஓர் இருபுற குழிலென்சின் ஒரு பரப்பு சமதளப் பரப்பாக அமைந்திருந்தால் அது தட்டக் குழிலென்சு எனப்படும்.

பல்வேறு வகையான லென்சுகள் காட்டப்பட்டுள்ளன.

### குவிலென்சு மற்றும் குழிலென்சில் நடைபெறும் ஒளிவிலகலால் பிம்பங்கள் தோன்றுதல்:

பொருளொன்று லென்சிற்கு முன்பாக வைக்கப்படும் போது, பொருளிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் லென்சின் மீது விழுந்து பிம்பங்கள் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. லென்சினால் தோற்றுவிக்கப்படும் பிம்பத்தின் நிலை, அளவு மற்றும் தன்மை ஆகியவற்றைப் புரிந்து கொள்ள சில அடிப்படை விதிகள் தெரிந்திருக்க வேண்டும். இவ்விதிகளைப் பின்பற்றியே லென்சுகளால் உருவாக்கப்படும் பிம்பங்கள் குறித்துப் பகுத்தறிய வேண்டும்.



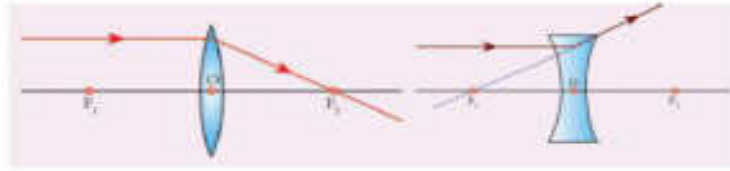
**படம் 2.3** ஒளியியல் மையத்தின் வழியாக ஒளிக்கதிர் செல்லுதல்

**விதி 1:**

ஒளிக்கதிரானது ஒரு குவிலென்சு அல்லது குழிலென்சின் ஒளியியல் மையத்தின் வழியாகச் செல்லும் போது விலகலடையாமல் அதே பாதையில் செல்கிறது.

**விதி 2**

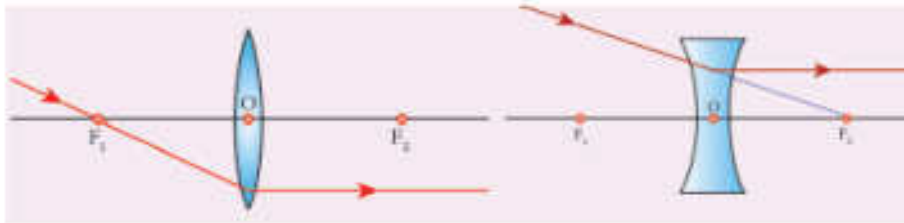
முதன்மை அச்சுக்கு இணையாக வரும் ஒளிக்கதிர்கள், குவிலென்சின் மீது படும்போது முதன்மைக் குவியத்தில் குவிக்கப்படும். குழிலென்சின் மீது படும்போது முதன்மைக் குவியத்திலிருந்து விலகலடைந்து செல்வது போல் தோன்றும்.



**படம் 2.4** ஒளியியல் அச்சுக்கு இணையாக ஒளிக்கதிர் செல்லுதல்

**விதி 3 :**

முதன்மைக்குவியம் வழியாகச் சென்று குவிலென்சின் மீது விழும் ஒளிக்கதிர்களும், முதன்மைக் குவியத்தை நோக்கிச் சென்று குழிலென்சின் மீது விழும் ஒளிக்கதிர்களும் விலகலடைந்த பிறகு முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும்.

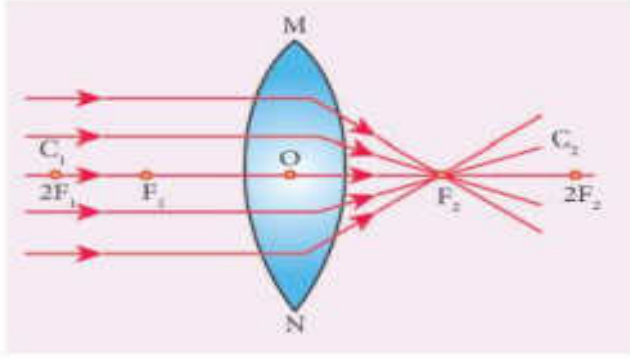


**படம் 2.5** முதன்மைக் குவியத்தின் வழியாக அல்லது முதன்மைக் குவியத்தை நோக்கி ஒளிக்கதிர் செல்லுதல்.

**குவிலென்சின் வழியாக ஒளிவிலகல்:**

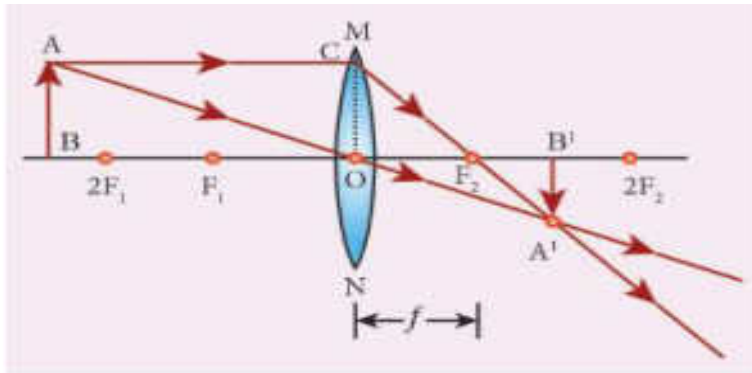
வெவ்வேறு தொலைவுகளில் பொருள் வைக்கப்படும் போது, குவிலென்சினால் உருவாக்கப்படும் பிம்பங்கள் குறித்து விரிவாகக் காண்போம்.

பொருள் ஈறிலாத் தொலைவில் உள்ள போது பொருள் ஈறிலாத் தொலைவில் வைக்கப்படும் போது, முதன்மைக் குவியத்தில் மெய்ப்பிம்பம் உருவாக்கப்படுகிறது. பிம்பத்தின் அளவு பொருளின் அளவைவிடப் பலமடங்கு சிறியதாக இருக்கும்.



பொருள் C க்கு அப்பால் வைக்கப்படும் போது ( $>2F$ )

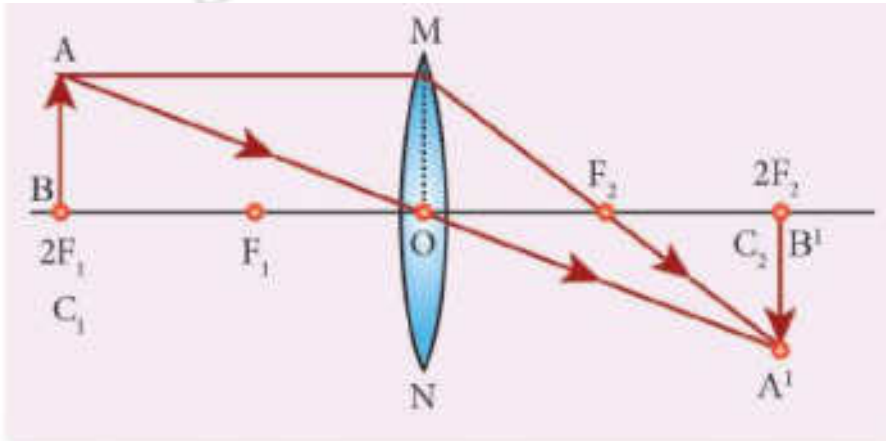
பொருளானது வளைவு மையத்திற்கு அப்பால் வைக்கப்படும் போது, சிறிய தலைகீழான, மெய்ப்பிம்பமானது லென்சின் மறுபுறம் வளைவு மையத்திற்கும், முதன்மைக் குவியத்திற்கும் இடையே தோன்றுகிறது.



**படம் 2.7 பொருள் C க்கு அப்பால் உள்ள பொழுது**

பொருள் C ல் வைக்கப்படும் போது

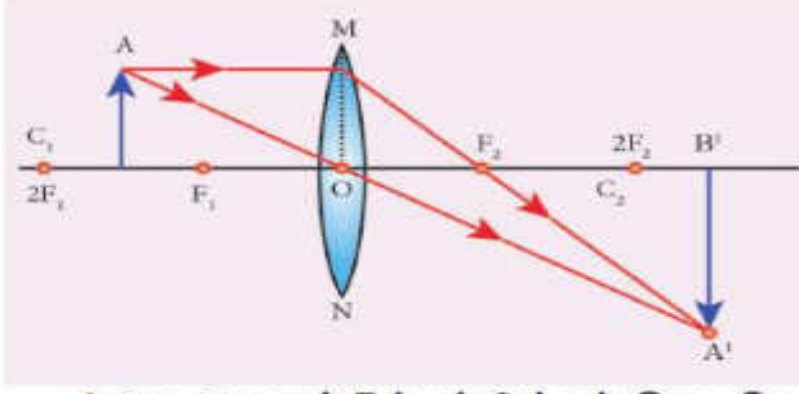
பொருளொன்று குவிலென்சின் வளைவு மையத்தில் வைக்கப்படும் போது, அதே அளவிலான, தலைகீழான, மெய்ப்பிம்பம் லென்சின் மற்றொரு பக்கத்தின் வளைவு மையத்தில் கிடைக்கிறது.



**படம் 2.8 பொருள் C ல் வைக்கப்படும் பொழுது.**

பொருள் F க்கும் C க்கும் இடையே வைக்கப்படும் பொழுது.

பொருளொன்று, குவிலென்சின் வளைவு மையத்திற்கும், முக்கிய குவியத்திற்கும் இடையே வைக்கப்படும் போது அளவில் பெரிய, தலைகீழான, மெய்ப்பிம்பம் லென்சின் மறுபுறத்தில் வளைவு மையத்திற்கு அப்பால் உருவாகிறது.



**படம் 2.9** பொருள் F க்கும் C க்கும் இடையே வைக்கப்படும் பொழுது.

பொருள் முதன்மைக் குவியத்தில் வைக்கப்படும் பொழுது, பொருளொன்று, குவிலென்சின் முதன்மைக் குவியத்தில் வைக்கப்படும் போது, அளவில் பெரிய தலைகீழான, மெய்ப்பிம்பம் ஈறிலாத் தொலைவில் உருவாக்கப்படுகிறது.

பொருள் முதன்மைக் குவியம் F மற்றும் ஒளியியல் மையம் O ஆகியவற்றுக்கு இடையே வைக்கப்படும் போது.

பொருளொன்று, குவிலென்சின் முதன்மைக் குவியத்திற்கும், ஒளியியல் மையத்திற்கும் இடையே வைக்கப்படும் போது, அளவில் பெரிய, நேரான மாயப்பிம்பத்தைப் பொருள் இருக்கும் அதே பக்கத்தில் உருவாக்குகிறது.

**குவிலென்சின் பயன்பாடுகள்:**

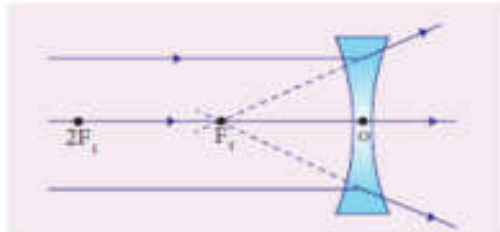
1. இவை ஒளிப்படக் கருவியில் பயன்படுகின்றன.
2. இவை உருப்பெருக்கும் கண்ணாடிகளாகப் பயன்படுகின்றன.
3. இவை நுண்ணோக்கிகள், தொலைநோக்கிகள் மற்றும் நழுவப்பட வீழ்த்திகள் (Slide Projector) போன்றவற்றின் உருவாக்கத்தில் பயன்படுகின்றன.
4. தூரப்பார்வை என்ற பார்வைக் குறைபாட்டைச் சரி செய்யப் பயன்படுகின்றன.

**குவிலென்சின் வழியாக ஒளி விலகல்:**

குவிலென்சின் முன்பாக வாய்ப்புள்ள இரண்டு நிலைகளில் பொருள் வைக்கப்படும் போது உருவாக்கப்படும் பிம்பங்கள் குறித்துக் காண்போம்.

**பொருள் ஈறிலாத் தொலைவில் உள்ள பொழுது**

பொருளொன்று, குழி லென்சன் முன்பாக, ஈறிலாத் தொலைவில் வைக்கப்படும் போது, நேரான, மிகச்சிறிய மாயப்பிம்பம் குழிலென்சன் முதன்மைக் குவியத்தில் உருவாக்கப்படுகிறது.

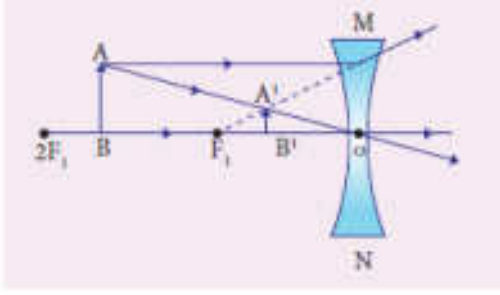


**படம் 2.12** குழிலென்சு-பொருள் ஈறிலாத் தொலைவில் உள்ள பொழுது.

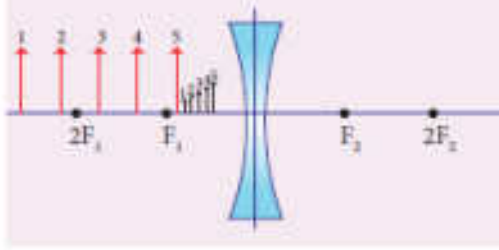
பொருளானது அளவிடக்கூடிய தொலைவில் வைக்கப்படும் போது



பொருளொன்று குழிலென்சிற்ரு முன்பாக, அளவிடக்கூடிய தொலைவில் வைக்கப்படும் போது, குழிலென்சின் ஒளியியல் மையத்திற்கும், முதன்மைக் குவியத்திற்கும் இடையே நேரான, சிறிய மாயப்பிம்பத்தை உருவாக்குகிறது.



லென்சிற்ரும் பொருளுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு குறையும் போது, பிம்பத்திற்கும் லென்சிற்ரும் இடையே உள்ள தொலைவும் குறைகிறது. மேலும் பிம்பத்தின் அளவு அதிகரிக்கிறது.



**குழிலென்சின் பயன்பாடுகள்:**

1. இவை கலிலியோ தொலைநோக்கியில் கண்ணருகு லென்சாகப் பயன்படுகின்றன.
2. இவை வெளியாட்களைத் தெரிந்துகொள்ள வீட்டின் கதவுகளில் ஏற்படுத்தப்படும் உளவுத் துளைகளில் பொருத்தப்படுகின்றன.
3. இவை கிட்டப்பார்வை என்னும் பார்வைக் குறைபாட்டைச் சரி செய்யப் பயன்படுகின்றன.

**லென்சு சமன்பாடு:**

கோளக ஆடிகளின் ஆடிச்சமன்பாட்டைப் போலவே, கோளக லென்சுகளுக்கு லென்சு சமன்பாடு உருவாக்கப்பட்டிருக்கிறது. இச் சமன்பாடு பொருளின் தொலைவு ( $u$ ), பிம்பத்தின் தொலைவு ( $v$ ) மற்றும் குவியத் தொலைவு ( $f$ ) ஆகியவற்றைத் தொடர்பு படுத்துகிறது.

லென்சு சமன்பாடானது,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u} \text{ எனக் குறிக்கப்படுகிறது.}$$

இது குவிலென்சு மற்றும் குழிலென்சு ஆகியவற்றிற்குப் பொதுவானது.

லென்சு தொடர்பான கணக்குகளுக்கு விடைகாண முற்படும் போது, பயன்படுத்தப்படும் அளவுகளுக்கான தகுந்த குறியீட்டினை மிகுந்த கவனத்துடன் கையாள வேண்டும்.

**குறியீட்டு மரபு:**

லென்சுகளின் கதிர் வரைபடங்களில் பல்வேறு தொலைவுகளை அளவிடுவதற்குக் கார்டீசியன் குறியீட்டு மரபு பயன்படுத்தப்படுகிறது. இக்குறியீட்டு மரபின் படி,

1. பொருள் எப்போதும் லென்சிற்ரு இடப்பக்கம் வைக்கப்பட வேண்டும்
2. அனைத்து தொலைவுகளும், ஒளியியல் மையத்திலிருந்தே அளக்கப்பட வேண்டும்.
3. படுகதிரின் திசையில் மேற்கொள்ளப்படும் அளவீடுகளை நேர்குறியாகக் கொள்ள வேண்டும்.

1. படுகதிரின் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் மேற்கொள்ளப்படும் அளவீடுகளை எதிர்குறியாகக் கொள்ள வேண்டும்.
2. முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக மேல்நோக்கி அளக்கப்படும் அளவுகளை நேர்குறியாகக் கொள்ள வேண்டும்.
3. முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாகக் கீழ்நோக்கி அளக்கப்படும் அளவுகளை எதிர்குறியாகக் கொள்ள வேண்டும்.

### லென்சின் உருப்பெருக்கம்:

கோளக ஆடிகளைப் போலவே, கோளக லென்சுகளும் உருப்பெருக்கம் செய்கின்றன. பிம்பத்தின் உயரத்திற்கும், பொருளின் உயரத்திற்கும் இடையே உள்ள தகவு “உருப்பெருக்கம்” எனப்படுகிறது. உருப்பெருக்கம் “m” என்ற எழுத்தால் குறிக்கப்படுகிறது. பொருளின் உயரத்தை h எனவும், பிம்பத்தின் உயரத்தை h' எனவும் கொண்டால்,

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

உருப்பெருக்கமானது, பிம்பத்தின் தொலைவு மற்றும் பொருளின் தொலைவு ஆகியவற்றைக் கொண்டும் தொடர்பு படுத்தப்படுகிறது.

$$m = \frac{\text{பிம்பத்தின் தொலைவு}}{\text{பொருளின் தொலைவு}} = \frac{v}{u}$$

உருப்பெருக்கத்தின் மதிப்பு 1 ஐ விட அதிகமாக இருந்தால், பொருளை விடப் பெரிய பிம்பமும், 1 ஐ விட குறைவாக இருந்தால் பொருளை விடச் சிறிய பிம்பமும் கிடைக்கும்.

### லென்சை உருவாக்குவோர் சமன்பாடு:

அனைத்து லென்சுகளும் ஒளிபுகும் ஊடகங்களால் உருவாக்கப்படுகின்றன. இந்த ஊடகங்கள் வேறுபட்ட ஒளிவிலகல் எண்களைக் கொண்டவை. லென்சை உருவாக்கும் ஒருவர் லென்சின் விளைவு ஆரம் மற்றும் ஒளிவிலகல் எண் குறித்து அறிந்திருக்க வேண்டும். லென்சு சமன்பாடானது, குவியத் தொலைவு, பொருள் மற்றும் பிம்பத்தின் தொலைவு ஆகியவற்றை மட்டுமே தொடர்புபடுத்துவதால், லென்சின் வளைவு ஆரம், ஒளிவிலகல் எண் மற்றும் குவியத்தொலைவு ஆகியவற்றைத் தொடர்புபடுத்தும் சமன்பாடு ஒன்று தேவைப்படுகிறது. இத்தேவையை நிறைவேற்றுவதற்காக “லென்சை உருவாக்குவோர் சமன்பாடு” (Lens Maker's Formula) உருவாக்கப்பட்டது. இச்சமன்பாட்டின் படி,

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

இங்கு  $\mu$  என்பது லென்சு செய்யப் பயன்படுத்தப்பட்ட பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்,  $R_1, R_2$  என்பவை லென்சின் இரு கோளகப் பரப்புகளின் வளைவு ஆரங்கள் f என்பது குவியத் தொலைவு ஆகும்.

லென்சு சமன்பாடு மற்றும் லென்சை உருவாக்குவோர் சமன்பாடு ஆகியவை மெல்லிய லென்சுகளுக்கு மட்டுமே பொருந்தக் கூடியவை. தடிமனான லென்சுகளுக்கு இவ்விரு சமன்பாடுகளும் சிறிய மாற்றங்கள் செய்து பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

### லென்சின் திறன்:

ஒரு ஒளிக்கதிர் லென்சின் மீது படும்போது அக்கதிரானது குவிக்கப்படும் அல்லது விரிக்கப்படும் அளவானது லென்சின் குவியத்தொலைவைப் பொறுத்தது. லென்சு ஒன்று தன் மீது விழும் ஒளிக்கதிர்களைக் குவிக்கும் (குவிலென்சு) அல்லது விரிக்கும் (குழிலென்சு) அளவு லென்சின் திறன் எனப்படுகிறது. எனவே, லென்சின் திறன் என்பது ஒரு லென்சின் குவிக்கும் அல்லது விரிக்கும் திறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது. லென்சின் திறன் என்பது எண்ணளவில் அந்த லென்சின் குவியத் தொலைவின் தலைகீழ் மதிப்பிற்குச் சமம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.



$$P = \frac{1}{f}$$

லென்சின் திறனின் SI அலகு “டையாப்டர்” ஆகும். இது 'D' என்ற எழுத்தால் குறிக்கப்படுகிறது. லென்சின் குவியத் தொலைவு மீட்டர் (m) என்ற அலகாலும்,

**குவிலென்சு மற்றும் குழிலென்சு வேறுபாடுகள்:**

எண்	குவிலென்சு	குழிலென்சு
1.	மையத்தில் தடித்தும் ஓரத்தில் மெலிந்தும் காணப்படும்	மையத்தில் மெலிந்தும் ஓரத்தில் தடித்தும் காணப்படும்
2.	இது குவிக்கும் லென்சு	இது விரிக்கும் லென்சு
3.	பெரும்பாலும் மெய்ப்பிம்பங்களைத் தோற்றுவிக்கும்	மாயப்பிம்பங்களைத் தோற்றுவிக்கும்.
4.	தூரப்பார்வை குறைபாட்டைச் சரிசெய்யப் பயன்படுகிறது	கிட்டப்பார்வை குறைபாட்டைச் சரிசெய்யப் பயன்படுகிறது.

லென்சின் திறனானது டையாப்டர் (D) என்ற அலகாலும் குறிக்கப்படும் போது  $1D = 1 \text{ m}^{-1}$

ஒரு டையாப்டர் என்பது, ஒரு மீட்டர் குவியத் தொலைவு கொண்ட லென்சின் திறன் ஆகும். குறியீட்டு மரபின் படி, குவிலென்சின் திறன் நேர்க்குறியாகவும், குழிலென்சின் திறன் எதிர்க் குறியாகவும் கொள்ளப்படுகிறது.

**மனிதக்கண்:**

மனிதக்கண் மிகவும் மதிப்பு வாய்ந்ததும், நுட்பமானதுமான உணர் உறுப்பாகும். அற்புத உலகைக் காண்பதற்கான வழியாகவும் கண்களே அமைகின்றன.

**கண்ணின் அமைப்பு:**

விழியானது ஏறத்தாழ 23 செ.மீ விட்டம் கொண்ட கோள வடிவ அமைப்புடையது. கண்ணில் உள்ள “ஸ்கிளிரா” என்னும் வலிமையான சவ்வினால் கண்ணின் உள்ளூறுப்புகள் பாதுகாக்கப்படுகின்றன.

**கண்ணில் உள்ள முக்கியமான பகுதிகள்:**

**கார்னியா:** இது விழிக்கோளத்தின் முன் பகுதியில் காணப்படும் மெல்லிய ஒளி புகும் படலம் ஆகும். இதுவே கண்ணில் ஒளவிலகல் நடைபெறும் முக்கியமான பகுதி ஆகும். கார்னியாவை அடையும் ஒளிக்கதிர்கள் ஒளிவிலகல் அடையச் செய்யப்பட்டு விழி லென்சின் மீது குவிக்கப்படுகிறது.

**ஐரிஸ்:** இது கண்ணின் நிறமுடைய பகுதியாகும். இது நீலம், பழுப்பு அல்லது பச்சை நிறத்தில் காணப்படலாம். இது ஒவ்வொரு மனிதருக்கும் தனித்தன்மை வாய்ந்த நிறம் மற்றும் அமைப்பைக் கொண்டிருக்கும். இது ஒளிப்படக் கருவியின் முகப்பைப் போன்று செயல்பட்ட கண்பாவையின் உள்ளே நுழையும் ஒளிக்கதிர்களின் அளவைக் கட்டுப்படுத்துகிறது.

**கண்பாவை:** இது ஐரிஸின் மையப்பகுதியாகும். பொருளிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் கண்பாவையின் வழியாகவே விழித்திரையை அடைகின்றன.

**விழித்திரை (ரெட்டினா):** இது விழிக் கோளத்தில் பின்புற உட்பரப்பு ஆகும். மிக அதிக உணர் நுட்பம் உடைய இப்பகுதியில் பொருளின் தலைகீழான மெய்ப் பிம்பம் உருவாக்கப்படுகிறது.

**சிலியரித் தசைகள்:** விழி லென்சானது சிலியரித் தசைகளால் தாங்கப்பட்டுள்ளது. பொருள்களின் தொலைவிற்கு ஏற்ப, விழிலென்சு தன் குவியத் தூரத்தை மாற்றிக் கொள்ள இத்தசைகள் உதவுகின்றன.

**விழிலென்சு:** இது கண்ணின் மிக முக்கியமான பகுதியாகும். இது இயற்கையில் அமைந்த குவிலென்சாகச் செயல்படுகிறது.

### செயல்படும் விதம்:

கண்ணில் உள்ள ஒளி புகும் படலமான கார்னியா தன் மீது படும் ஒளிக்கதிர்களை, ஐரிஸின் மையப்பகுதியில் உள்ள கண்பாவையை நோக்கித் திருப்புகிறது. இக்கதிர்கள் விழிலென்சை அடைகின்றன. விழிலென்சானது குவி லென்சாகச் செயல்படுவதால், இக்கதிர்கள் குவிக்கப்பட்டு விழித்திரையில் தலைகீழான, மெய்ப்பிம்பம் தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. இம்பிம்பம் பார்வை நரம்புகள் மூலம் மூளைக்கு எடுத்துச் செல்லப்பட்டு இறுதியாக மூளையானது நேரான பிம்பத்தை உணர்கிறது.

### விழி ஏற்பமைவுத் திறன்:

அருகில் உள்ள மற்றும் தொலைவில் உள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காண்பதற்கு ஏற்ப விழி லென்சு தன்னை மாற்றி அமைத்துக் கொள்ளும் தன்மை, “விழி ஏற்பமைவுத் திறன்” எனப்படுகிறது. விழி லென்சு தன்னுடைய குவியத் தொலைவை மாற்றியமைப்பதற்கு சிலியரித் தசைகள் உதவுகிறது.

விழி லென்சானது, நெகிழும் தன்மை கொண்ட, ஜெல்லி போன்ற பொருளால் ஆனது. சிலியரி தசைகள் சுருங்கி, விரிவடையும் போது, லென்சின் வளைவும், குவியத் தொலைவும் மாற்றியமைக்கப்படுகிறது. நாம் தொலைவில் உள்ள பொருள்களைக் காணும் போது, சிலியரித் தசைகள் விரிவடைவதன் மூலம் விழி லென்சின் தடிமன் குறைந்து மெல்லியதாக மாற்றப்படுகிறது. இதனால் விழி லென்சின் குவியதூரம் அதிகரிக்கப்பட்டு பொருள் தெளிவாக புலனாகிறது. மாறாக, நாம் அருகில் உள்ளப் பொருள்களைக் காணும் போது சிலியரித்தசைகள் சுருங்குவதால் விழி லென்சின் தடிமன் அதிகரிக்கிறது. இதனால் விழி லென்சின் குவியதூரம் குறைந்து பொருளின் தெளிவான பிம்பம் விழித்திரையில் வீழ்த்தப்படுகிறது.

### பார்வை நீட்டிப்பு:

இரு அடுத்தடுத்த ஒளித்துடிப்புகளுக்கு இடைப்பட்ட கால இடைவெளி  $\frac{1}{16}$  வினாடியை விடக் குறைவாக இருந்தால், மனிதக் கண்களால் அவற்றைத் தனித்தனியாக வேறுபடுத்தி அறிய இயலாது. இது “பார்வை நீட்டிப்பு” எனப்படும்.

### கண்ணின் அண்மைப்புள்ளி மற்றும் சேய்மைப்புள்ளி:

மனிதக் கண் ஒன்றினால் தன் எதிரில் உள்ளப் பொருள்களைத் தெளிவாகக் காணக்கூடிய மிகச்சிறியத் தொலைவு “தெளிவுறு காட்சியின் மீச்சிறுத் தொலைவு” எனப்படும். இது அண்மைப்புள்ளி என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. இது மனிதக் கண்ணிற்குப் பொதுவாக 25 செ.மீ என்ற அளவில் இருக்கும்.

கண் ஒன்றினால், எவ்வளவுத் தொலைவில் உள்ளப் பொருள்களைத் தெளிவாகக் காண முடிகிறதோ, அப்புள்ளி சேய்மைப்புள்ளி என்று அழைக்கப்படுகிறது. பொதுவாக, சேய்மைப் புள்ளியானது ஈறிலாத் தொலைவில் அமைந்திருக்கும்.

### கண்ணின் குறைபாடுகள்:

இயல்பாக மனித கண்களினால் 25 செ.மீ முதல் ஈறிலாத் தொலைவு வரை உள்ளப் பொருள்களைத் தெளிவாக காணமுடியும். ஆனால் வயது முதிர்வு உள்ளிட்ட பல்வேறு காரணங்களால் சில மனிதர்களின் பார்வையில் குறைபாடு ஏற்படுகிறது. கண்ணில் ஏற்படும் சில பொதுவான குறைபாடுகளைப் பற்றி விவாதிப்போம்.

### கிட்டப் பார்வை (மையோபியா):

மையோபியா என்று அழைக்கப்படும் “கிட்டப்பார்வை” என்னும் குறைபாடானது விழிக்கோளம் சிறிது நீண்டு விடுவதால் ஏற்படுகிறது. இக்குறைபாடு உள்ள மனிதர்களால் அருகில் உள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காண முடியும். ஆனால் தொலைவில் உள்ள பொருள்களை

காணமுடியாது. விழி லென்சின் குவிய தூரம் குறைவதாலும், விழி லென்சிற்கும் விழித் திரைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு அதிகரிப்பதாலும் இக்குறைபாடு ஏற்படுகிறது. இதனால் கண்ணின் சேய்மைப் புள்ளியானது, ஈறிலாத் தொலைவில் அமையாமல், கண்ணின் அண்மைப் புள்ளியை நோக்கி நகர்ந்து விடுகிறது. இதனால் தொலைவில் உள்ள பொருள்களின் பிம்பங்கள் விழித்திரைக்கு முன்பாக உருவாக்கப்படுகின்றன. தகுந்த குவியத் தொலைவு கொண்ட குழிலென்சைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் இக்குறைபாட்டை சரி செய்யலாம். பயன்படுத்தப்பட வேண்டிய குழிலென்சின் குவியத் தொலைவைப் பின்வருமாறு கண்டறியலாம்.

கிட்டப் பார்வை குறைபாடு உடைய ஒரு மனிதரால்  $x$  என்ற தொலைவு வரையுள்ள பொருள்களைக் காண முடிகிறது எனக் கொள்வோம். அவர் ஈறிலாத் தொலைவு வரை உள்ள பொருள்களைக் காண விரும்பினால், பயன்படுத்தப்பட வேண்டிய குழி லென்சின் குவிய தூரம்  $f = -x$   $x$  என்ற தொலைவு வரை தெளிவாகப் பார்க்க முடிகின்ற ஒரு நபர்,  $y$  என்ற தொலைவு வரை காண விரும்பினால், தேவைப்படும் குழிலென்சின் குவிய தூரம்

$$f = \frac{xy}{x - y}$$

### தூரப் பார்வை (ஹெப்பர் மெட்ரோபியா):

தூரப் பார்வை என்று அழைக்கப்படும் ஹெப்பர் மெட்ரோபியர் குறைபாடானது விழிக்கோளம் சுருங்குவதால் ஏற்படுகிறது. இக்குறைபாடு உடைய மனிதர்களால் தொலைவில் உள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காண முடியும். ஆனால் அருகில் உள்ள பொருள்களைக் காண முடியாது. விழிலென்சின் குவியத்தொலைவு அதிகரிப்பதாலும், விழி லென்சுக்கும் விழித் திரைக்கும் இடையே உள்ளத் தொலைவு குறைவதாலும் இக்குறைபாடு ஏற்படுகிறது. இதனால் அண்மைப் புள்ளியானது 25 செ.மீ என்ற தொலைவில் அமையாமல், சேய்மைப் புள்ளியை நோக்கி நகர்ந்து விடுகிறது. எனவே, அருகில் உள்ள பொருள்களின் பிம்பங்கள் விழித்திரைக்கு அப்பால் (பின்புறம்) உருவாக்கப்படுகின்றன. தகுந்த குவியத்தொலைவு கொண்ட குவி லென்சினைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் இக்குறைபாட்டைச் சரி செய்யலாம். பயன்படுத்தப்பட வேண்டிய குவிலென்சின் குவியத் தொலைவை பின்வரும் முறையில் கண்டறியலாம். தூரப் பார்வை குறைபாடு உடைய ஒரு மனிதரால்  $d$  என்ற தொலைவிற்கு அப்பால் உள்ள பொருள்களை மட்டுமே காணமுடிகிறது எனக் கொள்வோம். அவர்  $d$  க்கு குறைவாக உள்ள  $D$  என்ற தொலைவில் அமைந்த பொருள்களையும் காண விரும்பினால், பயன்படுத்தப்பட வேண்டிய குவி லென்சின் குவிய தூரம்.

$$f = \frac{dD}{d - D}$$

### விழி ஏற்பமைவுத் திறன் குறைபாடு

மனிதரில் ஏற்படும் வயது முதிர்வு காரணமாக, சிலியரித் தசைகள் வலுவிழக்கின்றன. மேலும் விழிலென்சு தன் நெகிழ்வுத் தன்மையை இழக்கிறது. இதனால் விழியின் ஏற்பமைவுத் திறனில் குறைபாடு ஏற்படுகிறது.

இக்குறைபாடு உடைய சில வயது முதிர்ந்த பெரியவர்களால் அருகில் உள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காண முடியாது. எனவே இக்குறைபாடு “வயது முதிர்வு தூரப்பார்வை” என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

சில மனிதர்கள் ஒரே நேரத்தில் கிட்டப்பார்வை மற்றும் தூரப்பார்வை ஆகிய பார்வைக் குறைபாடுகளால் பாதிக்கப்படலாம். இக்குறைபாடானது, “இரு குவிய லென்சுகள்” (Bifocal lenses) மூலம் சரி செய்யப்படுகிறது. இந்த லென்சின் மேல்புறம் குழி லென்சும் (கிட்டப்பார்வையை சரி செய்து நீண்ட தொலைவில் உள்ள பொருள்களைக் காணவும்), கீழ் புறம் குவி லென்சும் (தூரப்பார்வை சரி செய்து படிப்பதற்கு ஏற்ற வகையிலும்) கொண்டு அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

### பார்வைச் சிதறல் குறைபாடு (Astigmatism) :

இக்குறைபாடு உடைய கண்களால், இணையான மற்றும் கிடைமட்டக் கோடுகளைத் தெளிவாகக் காண இயலாது. இக்குறைபாடு மரபு ரீதியாகவோ அல்லது கண்ணில் ஏற்படும் பாதிப்புகளினாலோ தோன்றலாம்.

விழிலென்சில் ஏற்படும் கண்புரை, கார்னியாவில் உருவாகும் புண்கள், விழியின் மேற்பரப்புகளில் உண்டாகும் காயங்கள் போன்றவற்றால் விழிலென்சின் ஏற்படும் ஒழுங்கற்ற தன்மையால் இக்குறைபாடு ஏற்படுகிறது. உருளை லென்சுகள் (Cylindrical lenses) மூலம் இக்குறைபாட்டைச் சரி செய்யலாம்.

### நுண்ணோக்கிகள்:

நுண்ணோக்கிகள் என்பவை மிகநுண்ணிய பொருள்களைக் காண உதவும் ஒளியியல் கருவியாகும். இவை எளிய நுண்ணோக்கிகள் மற்றும் கூட்டு நுண்ணோக்கிகள் என்று வகைப்படுத்தப்படுகின்றன.

### எளிய நுண்ணோக்கி:

குறைந்த குவியத் தொலைவு கொண்ட குவி லென்சானது எளிய நுண்ணோக்கியாகச் செயல்படுகிறது. குவிலென்சைக் கண்களுக்கு அருகில் வைத்து, பொருள்களைப் பார்க்கும் போது, பொருள்களின் பெரிதாக்கப்பட்ட மாயப்பிம்பம் தோற்றுவிக்கப்படுகிறது.

AB என்ற பொருளை, கவி லென்சின் முக்கிய குவியத்திற்குள் ( $u < f$ ) வைத்து லென்சின் மறு புறத்தின் வழியாகப் பொருளைக் காண வேண்டும். குவிலென்சின் முக்கிய குவியத்திற்கும், ஒளியியல் மையத்திற்கும் இடையே பொருள் வைக்கப்படும் போது, லென்சானது நேரான, பெரிதாக்கப்பட்ட மாயப் பிம்பத்தை பொருள் இருக்கும் அதே பக்கத்தில் தோற்றுவிக்கிறது. பிம்பத்தின் தொலைவானது, தெளிவுறு காட்சியின் மீச்சிறு தொலைவுக்குச் (D) சமமாக இருக்கும். (குறைபாடற்ற கண்ணிற்கு  $D = 25$  செ.மீ)

### எளிய நுண்ணோக்கியின் பயன்பாடுகள்:

1. இது கடிகாரம் பழுது பார்ப்பவர்கள் மற்றும் ஆபரணங்கள் செய்பவர்களால் பயன்படுத்தப்படுகிறது.
2. சிறிய எழுத்துக்களைப் படிக்க உதவுகிறது.
3. பூக்கள் மற்றும் பூச்சிகளின் பாகங்களை உற்று நோக்கப் பயன்படுகிறது.
4. தடய அறிவியல் துறையில், கைரேகைகளைப் பகுத்தறியப் பயன்படுகிறது.

### கூட்டு நுண்ணோக்கி:

இந்நுண்ணோக்கியும் மிக நுண்ணிய பொருள்களைக் காண உதவுகிறது. இதன் உருப்பெருக்குத்திறன் எளிய நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்குத்திறனை விட அதிகம்.

குவிலென்சின் குவியத் தொலைவினைக் குறைப்பதன் மூலம் நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்குத்திறனை அதிகரிக்கலாம். ஆனால், லென்சுகளை வடிவமைப்பதில் உள்ள இடர்பாடுகளால், குவிய தூரத்தினை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவிற்குமேல் குறைக்க இயலாது. எனவே கூட்டு நுண்ணோக்கியில், உருப்பெருக்கத்தை அதிகரிப்பதற்காக இரண்டு குவிலென்சுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

### அமைப்பு:

கூட்டு நுண்ணோக்கியானது இரண்டு குவி லென்சுகளைக் கொண்டது. இவற்றில் பொருளுக்கு அருகில் உள்ள குறைந்த குவிய தூரம் கொண்ட குவிலென்சானது, “பொருளருகு லென்சு” அல்லது பொருளருகு வில்லை என்றும் உற்று நோக்குபவருடைய கண்ணிற்கு அருகில் உள்ள அதிக விட்டமும், அதிக குவிய தூரமும், கொண்ட குவிலென்சு “கண்ணருகு லென்சு” அல்லது கண்ணருகு வில்லை என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. இந்த இரண்டு லென்சுகளும் முன்னும் பின்னும் நகரக்கூடிய வகையில் அமைக்கப்பட்ட குறுகலான குழாயினுள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

### செயல்படும் விதம்:

பொருள் (AB) யானது, பொருளருகு லென்சின் குவிய தூரத்தை விடச் சற்றுக் கூடுதலான தொலைவில் வைக்கப்படுகிறது. பொருளருகு லென்சின் மறுபுறத்தில் பெரிய, தலைகீழான, மெய்ப்பிம்பம் தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. இந்த பிம்பமானது கண்ணருகு லென்சிற்ுப் பொருளாகச் செயல்படுகிறது. மேலும் இப்பிம்பமானது (A'B') கண்ணருகு லென்சின் முதன்மைக் குவியத்திற்குள் அமையுமாறு கண்ணருகு லென்சு சரிசெய்யப்படுகிறது. கண்ணருகு லென்சு, அளவில் பெரிய நேரான மாயபிம்பத்தைப் (A'B') பொருள் இருக்கும் அதே பக்கத்தில் தோற்றுவிக்கிறது.

கூட்டு நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்குத் திறனானது, எளிய நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்குத் திறனைக் காட்டிலும் 50 முதல் 200 மடங்கு வரை அதிகமாக இருக்கும்.

### நகரும் நுண்ணோக்கி:

இது 0.01 மி.மீ என்ற அளவிலான மிகச்சிறியத் தொலைவுகளை மிகத் துல்லியமாக அளந்தறியக்கூடிய மிகச் சிறந்த கருவிகளில் ஒன்றாகும். இது வெர்னியர் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் செயல்படுகிறது. இதன் மீச்சிற்றளவு 0.01 மி.மீ ஆகும்.

### தொலை நோக்கிகள்:

சமீபத்தில் தோன்றிய சந்திரகிரகணத்தை நீங்கள் பார்த்திருக்கிறீர்களா? வெற்றுக் கண்களால், அந்நிகழ்வைத் தெளிவாக காண இயலாது. வெகுதொலைவில் உள்ள பொருள்களை நாம் தெளிவாகக் காண தொலை நோக்கிகள் உதவுகின்றன.

தொலைவில் உள்ள பொருள்களைக் காண உதவும் ஒளியியல் கருவிகள் தொலைநோக்கிகள் எனப்படுகின்றன. 1608 ஆம் ஆண்டு ஜோகன் லிப்ரேஷே என்பவரால் முதன் முதலில் தொலை நோக்கி உருவாக்கப்பட்டது. விண்மீன்களை உற்று நோக்குவதற்காக கலிலியோ ஒரு தொலைநோக்கியை உருவாக்கினார். அவர் கண் கண்ணாடிகள் செய்யும் கடைக்காரர் ஒருவரின் கடையில் வைக்கப்பட்டிருந்த லென்சின் வழியாகத் தொலைவில் உள்ள காலநிலைக்காட்டியின் பெரிதாக்கப்பட்ட பிம்பத்தைக் கண்டார். இதனை அடிப்படையாகக் கொண்டு தொலைநோக்கியை உருவாக்கினார். இத்தொலைநோக்கி மூலம் வியாழன் கோளையும், சனி கோளைச் சுற்றியுள்ள வளையங்களையும் ஆராய்ந்தார். கெப்ளர் என்ற இயற்பியலாளர் 1611 ஆம் ஆண்டு ஒரு தொலைநோக்கியை உருவாக்கினார். இது அடிப்படையில் தற்கால வானியல் தொலைநோக்கியை ஒத்திருந்தது.

### தொலை நோக்கியின் வகைகள்:

ஒளியியல் பண்புகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு தொலைநோக்கிகள்

1. ஒளி விலகல் தொலை நோக்கிகள்
  2. ஒளி எதிரொளிப்புத் தொலை நோக்கிகள்
- என இருவகைகளாக வகைப்படுத்தப்படுகின்றன.

ஒளிவிலகல் தொலைநோக்கிகளில் “லென்சுகள்” பயன்படுத்தப்படுகின்றன. கலிலியோ தொலை நோக்கி, கெப்ளர் தொலைநோக்கி, நிறமற்ற ஒளி விலக்கிகள் (Achromatic refractors) ஆகியவை ஒளிவிலகல் தொலை நோக்கிகளுக்கு எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும்.

ஒளிஎதிரொளிப்பு தொலைநோக்கிகளில் “கோளக ஆடிகள்” பயன்படுத்தப்படுகின்றன. கிரிகேரியன், நியூட்டன், கேஸ்கிரைன் தொலை நோக்கிகள் போன்றவை ஒளிஎதிரொளிப்பு தொலை நோக்கிகளுக்கு எழுத்துக் காட்டுகள் ஆகும்.

தொலைநோக்கிகளைப் பயன்படுத்தி காணக் கூடிய பொருள்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு தொலை நோக்கிகள்

1. வானியல் தொலை நோக்கிகள்
  2. நிலப்பரப்பு தொலை நோக்கிகள்
- என இரு பெரும் பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன.

### வானியல் தொலை நோக்கிகள் (Astronomical Telescopes):

இவை வான்பொருட்களான கோள்கள், விண்மீன்கள், விண்மீன் திரள்கள், துணைக் கோள்கள் போன்றவற்றைக் காணப் பயன்படுகின்றன.

### நிலப்பரப்பு தொலை நோக்கிகள் (Terrestrial Telescopes):

வானியல் தொலை நோக்கிகளில் கிடைக்கும் இறுதி பிம்பமானது தலை கீழ் பிம்பமாக இருக்கும். எனவே, இத்தொலைநோக்கிகள் புவிப்பரப்பில் உள்ள பொருள்களைக் காண்பதற்கு ஏற்றவை அல்ல என்பதால் நிலப்பரப்பு தொலைநோக்கிகள் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. நேரான இறுதி பிம்பத்தை உருவாக்குவது மட்டுமே வானியல் தொலை நோக்கிகளுக்கும், நிலப்பரப்பு தொலைநோக்கிகளுக்கும் இடையே உள்ள முக்கிய வேறுபாடு ஆகும்.

#### தொலைநோக்கிகளின் நன்மைகள்:

- கோள்கள், விண்மீன்கள், விண்மீன் திரள்கள் குறித்த விரிவான பார்வையைத் தருகிறது.
- தொலைநோக்கியுடன் ஒளிப்படக்கருவியை இணைப்பதன் மூலம் வான் பொருள்களை ஒளிப்படம் எடுக்கலாம்.
- குறைவான செறிவுடைய ஒளியிலும் தொலை நோக்கியைப் பயன்படுத்தலாம்.

#### குறைபாடுகள்:

- தொலைநோக்கிகளைத் தொடர்ந்து பராமரித்தல் வேண்டும்.
- இவற்றை எளிதாக வேறு இடத்திற்கு எடுத்துச் செல்ல முடியாது.

#### நினைவில் கொள்க

- ஒளி என்பது ஒருவகை ஆற்றல். இவை நேர்க்கோட்டில் செல்கின்றன.
- ஒளிக் கதிரானது தன் பாதையிலிருந்து விலகிச் செல்வது ஒளி விலகல் எனப்படும்.
- வெற்றிடத்தில் ஒளியின் திசைவேகத்திற்கும், ஊடகத்தில் ஒளியின் திசைவேகத்திற்கும் இடையே உள்ளத் தகவு ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் 'μ' எனப்படும்.

- லென்சு சமன்பாடு  $\frac{1}{f}, \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$

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

- லென்சின் திறன்  $= \frac{1}{f}$

- அருகில் உள்ள மற்றும் தொலைவில் உள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காண்பதற்கு ஏற்ப விழி லென்சு தன்னை மாற்றியமைத்துக் கொள்ளும் தன்மை விழி ஏற்பமைவுத் திறன் எனப்படுகிறது.

- நுண்ணோக்கிகள் என்பவை மிக நுண்ணிய பொருள்களைக் காண உதவும் ஒளியியல் கருவியாகும்.

- தொலைவில் உள்ள பொருள்களைக் காண உதவும் ஒளியியல் கருவிகள் தொலைநோக்கிகள் எனப்படுகின்றன.

**தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்:**

1. ஒரு ஒளிக்கதிரானது, வெற்றிடத்திலிருந்து ஒளிவிலகல் எண் 1.5 உடைய ஊடகத்திற்குள் செல்லும் போது படுகோணத்தின் மதிப்பு  $30^\circ$  எனில் விலகு கோணம் என்ன?

தீர்வு:

தரப்பட்டவை:  $\mu_1 = 1.0; \mu_2 = 1.5; i = 30^\circ$   
ஸ்நெல் விதிப்படி,

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$$

$$\mu_1 \sin i = \mu_2 \sin r$$

$$(1.0) \cdot \sin 30^\circ = 1.5 \sin r$$

$$1 \times \frac{1}{2} = 1.5 \sin r$$

$$\sin r = \frac{1}{2 \times 1.5} = \frac{1}{3} = (0.333)$$

$$r = \sin^{-1} (0.333)$$

$$r = 19.45^\circ$$

2. ஒரு பொருளிலிருந்து செல்லும் ஒளிக் கற்றையானது 0.3 மீ குவியத் தொலைவு கொண்ட விரிக்கும் லென்சால் குவிக்கப்பட்டு 0.2 மீ என்ற தொலைவில் பிம்பத்தை ஏற்படுத்துகிறது எனில் பொருளின் தொலைவைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$f = -0.3$  மீ,  $v = -0.2$  மீ

லென்சு சமன்பாட்டிலிருந்து

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

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

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{-0.2} - \frac{1}{-0.3} = \frac{-10}{6}$$

$$u = \frac{-6}{10} = -0.6 \text{ மீ}$$

3. கிட்டப்பார்கை குறைபாடு உடைய ஒரு மனிதரால், 4 மீ தொலைவில் உள்ளப் பொருள்களை மட்டுமே காண இயலும். அவர் 20 மீ தொலைவில் உள்ளப் பொருளை அவர் காண விரும்பினால் பயன்படுத்தப்படவேண்டிய குழி லென்சின் குவியத் தொலைவு என்ன?

தீர்வு:

தரப்பட்டவை:  $x = 4$  மீ மற்றும்  $y = 20$  மீ

பார்வைக் குறைபாட்டைச் சரிசெய்ய பயன்படுத்தப்பட வேண்டிய லென்சின் குவியத்தொலைவு

$$f = \frac{xy}{x-y}$$

$$f = \frac{4 \times 20}{4 - 20} = \frac{80}{-16} = -5 \text{ மீ}$$

பார்வைக் குறைபாட்டைக் சரிசெய்ய பயன்படுத்தப்பட வேண்டிய லென்சின் திறன்

$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{5} = -0.2D$$

4. தூரப் பார்வைக் குறைபாட்டால் பாதிக்கப்பட்ட மனிதர் ஒருவரின் அண்மைப் புள்ளியானது 1.5 மீ தொலைவில் உள்ளது. அவருடைய பார்வைக் குறைபாட்டை சரி செய்ய பயன்படுத்தப்பட வேண்டிய குவிலென்சின் குவியத் தொலைவை கணக்கிடு.

**தீர்வு**

தரப்பட்டவை  $d = 1.5$  மீ;  $D = 25$  செ.மீ =  $0.25$  மீ

பார்வை குறைபாட்டைச் சரிசெய்ய பயன்படுத்தப்படவேண்டிய லென்சின் குவியத்தொலைவு

$$f = \frac{d \times D}{d - D} = \frac{1.5 \times 0.25}{1.5 - 0.25} = \frac{0.375}{1.25} = 0.3 \text{ மீ}$$

\*\*\*\*\*





**11<sup>TH</sup>இயற்பியல்**  
**தொகுதி-II**  
**அலகு- 11**  
**அலைகள்**

**அறிமுகம்:**

முந்தைய அலகில் நாம் ஒரு துகளின் அலைவினைப் பற்றி விவாதித்தோம். துகள்களின் தொகுப்பைக் கொண்ட ஊடகத்தைக் (medium) கருதுவோம். ஒரு முனையில் இடர்பாட்டை (disturbance) உருவாக்கினால் அது முன்னேறிச் சென்று மறுமுனையை அடைகிறது. அதாவது முதல் புள்ளி நிறையில் ஏற்படுத்திய இடர்பாடானது அருகில் உள்ள அடுத்த புள்ளி நிறைக்கு அடுத்தடுத்து பரப்பப்படுகிறது. இங்கு கவனிக்க வேண்டியது யாதெனில், மாறுபாடு மட்டுமே பரப்பப்படுகிறது. புள்ளி நிறைகள் அல்ல. இதுபோன்று நாம் வெளிப்படுத்தும் பேச்சானது நமது தொண்டையில் உள்ள குரல் வளையின் அதிர்வினால் தோன்றுகிறது. இதன் காரணமாக சுற்றுப்புற காற்று மூலக்கூறுகள் அதிர்வடைந்து அதனால் பேச்சின் விளைவு (தகவல்கள்) வெளியில் (space) உள்ள ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றொரு புள்ளிக்கு ஊடகத்தின் துகள்களை எடுத்துச் செல்லாமல் பரப்பப்படுகிறது.

எனவே வெளியில் ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றொரு புள்ளிக்கு ஊடகம் மாற்றப்படாமல் ஆற்றல் மற்றும் உந்தத்தை எடுத்துச் செல்லும் நிகழ்வு அலைஎனப்படும்.

கடற்கரைக்கு அருகில் நின்றால் ஒருவர் கடலில் இருந்து கடல் நீர் ஒரே அலை வடிவத்தில் ஏற்ற இறக்கத்துடன் கடற்கரையை அடைவதைக் காண இயலும். எனவே அது கடல் அலைகள் எனப்படும். ஒருரப்பர் பேண்ட் சுண்டப்பட்டால் அது நிலையான அலைகள் எனப்படும் அலை வடிவத்தில் அதிர்வுறும். நாம் மின்காந்த அலையாகிய ஒளியின் மூலமாக அழகிய இயற்கையைக் காண்கிறோம். நாம் இனிமையான மெல்லிசைப் பாடல்களை ஒலி அலைகள் மூலமாகக் கேட்கிறோம். அன்றாட வாழ்வில் கைப்பேசி தகவல் தொடர்பு முதல் லேசர் அறுவைசிகிச்சை வரை அலைகளின் ஏராளமான பயன்பாடுகள் உள்ளன.

நிலையாக உள்ள ஒரு நீர்ப்பரப்பில் நாம் ஒரு கல்லை எரிந்தால், நீரின் மேற்பரப்பில் கல் மோதிய இடத்தில் ஒரு மாறுபாடு உருவாவதைக் காணலாம். இந்த இடர்பாடானது தொடர்ந்து அதிகரிக்கும் ஆரங்கள் கொண்டுள்ள ஒரு மைய வட்டங்களாக வெளிப்புறமாக விரிவடைந்து மேற்பரப்பின் எல்லையில் மோதுவதைக் காணலாம். ஏனென்றால் கல்லின் இயக்க ஆற்றலின் ஒரு பகுதி மேற்பரப்பில் உள்ள நீர் மூலக்கூறுகளுக்கு ஏனென்றால் கல்லின் இயக்க ஆற்றலின் ஒரு பகுதி மேற்பரப்பில் உள்ள நீர் மூலக்கூறுகளுக்கு மாற்றப்படுகிறது. உண்மையில் நீரானது (ஊடகம்) இடர்பாட்டுடன் வெளியே நகராது. இதனை நீரின் மேற்பரப்பில் ஒருகாதிதத் துண்டினை வைப்பதன் மூலம் காண இயலும். இடர்பாடானது (அலை) நீரின் மேற்பரப்பில் செல்லும் போது அந்த துண்டு மேலும் கீழுமாக நகரும். நீரின் மூலக்கூறுகள் அவற்றின் சமநிலையைப் பொருத்து அதிர்வியக்கத்தை மேற்கொள்வதை இது காட்டுகிறது.

**இழுத்துக்கட்டப்பட்ட மெல்லிய கம்பியில் அலைகள் தோன்றுதல்:**

ஒரு நீளமான மெல்லிய கம்பியை எடுத்துக்கொண்டு அதன் ஒரு முனையை சுவற்றில் கட்டுவோம். திடீரென சுண்டினால் கயிற்றில் ஒரு மாறுபாடு உருவாகிறது. இந்த மாறுபாடு திடீரென தோன்றியது மேலும் அது குறைந்த நேரத்திற்கே நீடிக்கும். எனவே இந்த மாறுபாடு அலைத்துடிப்பு எனப்படும். தொடர்ச்சியாக சுண்டப்பட்டால் நிலையான அலைகள் உருவாகிறது. கிட்டாரின் (Guitar) சுண்டப்பட்ட கம்பியின் (Plucked string) மூலம் இது போன்ற அலைகள் உருவாக்கப்படுகிறது.

**இசைக்கவையில் அலைகளின் உருவாக்கம்:**

ஒரு இரப்பர் துண்டில் ஒரு இசைக்கவையை அடித்தால் இசைக்கவையின் புயங்கள் அதன் மையப்புள்ளியைப் பொருத்து அதிர்வுறும். புயம் ஒருமையப் புள்ளியைப் பொறுத்து அதிர்வுறும் என்பதன் அர்த்தம் வெளிப்புறம் மற்றும் உட்புறம் செல்லுதல் ஆகும். புயமானது வெளிப்புறமாக நகரும் போது அதன் அருகில் உள்ள காற்று அடுக்கை அதுதள்ளுகிறது. அதாவது இப்பகுதியில் அதிகமான காற்று மூலக்கூறுகளின் தேக்கம் உள்ளது. எனவே அடர்த்தி மற்றும் அழுத்தமும் கூட மிக

அதிகமாகும் இப்பகுதிகள் இறுக்கப்பட்ட பகுதிகள் அல்லது இறுக்கங்கள் எனப்படும். இறுக்கப்பட்ட காற்று அடுக்கு முன்னோக்கி நகர்ந்து அருகில் உள்ள அடுத்தகாற்று அடுக்கை இறுக்கும். இதே முறையில் ஒரு இறுக்கத்தின் அலை காற்றின் வழியே முன்னேறிச் செல்லுகிறது. புயமானது உட்புறமாக நகரும் போது வலப்புறமாக நகர்த்த ஊடகத்தின் துகள்கள் தற்போது பின்புறமாக காற்றின் மீட்சிப்பண்புகாரணமாக இடதுபுறமாக நகருகிறது. இந்தப் பகுதியில் அடர்த்திமற்றும் அழுத்தம் இரண்டும் குறைவாக உள்ளது. இதுதளர்ச்சி அல்லது நீட்சி எனப்படும்.

#### அலை இயக்கத்தின் பண்புகள்:

- அலைகளின் பரவலுக்கு ஊடகமானது நிலைமம் (inertia) மற்றும் மீட்சிப்பண்பைக் (elastic) கொண்டிருக்கவேண்டும்.
- கொடுக்கப்பட்ட ஊடகத்தில் அலையின் திசைவேகம் மாறிலியாகும். அதே சமயம் ஊடகத்தில் உள்ளதுகள்கள் வெவ்வேறு நிலைகளில் மாறுபட்டதிசை வேகங்களுடன் இயங்கும். அவற்றின் நடுநிலையில் பெரும் திசைவேகமும் விளிம்பு நிலைகளில் திசைவேகம் சுழியாகவும் இருக்கும்.
- அலைகளானது எதிரொளிப்பு, விலகல், குறுக்கீட்டுவிளைவு, விளிம்பு விளைவு மற்றும் தளவிளைவு ஆகியவற்றிற்கு உட்படும்.

#### இயந்திரஅலை இயக்கம் மற்றும் அதன் வகைகள்:

1. **இயந்திரஅலை** – பரவுவதற்கு ஒரு ஊடகம் தேவைப்படும் அலைகள் இயந்திர அலைகள் எனப்படும்.  
எடுத்துக்காட்டு: ஒலி அலைகள், நீரின் மேற்பரப்பில் உருவாகும் சிற்றலைகள் முதலியன.
2. **இயந்திரவியல் அல்லாத அலை** – பரவுவதற்கு எவ்வித ஊடகமும் தேவைப்படாத அலைகள் இயந்திரவியல் அல்லாத அலைகள் எனப்படும்.

மேலும், அலைகளை இரண்டு வகைப்படுத்தலாம்

1. குறுக்கலைகள்
2. நெட்டலைகள்

#### குறுக்கலை இயக்கம் (Transverse wave motion):

குறுக்கலை இயக்கத்தில், ஊடகத்தின் துகள்கள் அதன் நடுநிலையைப் பொருத்து அலைபரவும் திசைக்கு (ஆற்றல் மாற்றப்படும் திசைக்கு) செங்குத்துத் திசையில் அலையுறும் அல்லது அதிர்வடையும். அலைபரவும் திசையானது அதிர்வுறும் தளத்திற்கு (ஊடகத்தின் துகள்கள் அதிர்வுறும் தளத்திற்கு) செங்குத்தாக அமையும்.

எடுத்துக்காட்டு: ஒளி (மின்காந்தஅலைகள்)

அதிர்வுறும் தளத்திற்கு (ஊடகத்தின் துகள்கள் அதிர்வுறும் தளத்திற்கு) செங்குத்தாக அமையும்  
எடுத்துக்காட்டு: ஒளி (மின்காந்தஅலைகள்)

#### நெட்டலை இயக்கம் (Longitudinal wave motion):

நெட்டலை இயக்கத்தில் ஊடகத்தின் துகள்கள் அதன் நடுநிலையைப் பொருத்து அலை பரவும் திசைக்கு இணையான திசையில் (ஆற்றல் மாற்றப்படும் திசையில்) அலையுறும் அல்லது அதிர்வடையும்

எடுத்துக்காட்டு: ஒலி

#### ஆசிரியருடன் ஆலோசனைசெய்க:

- சுனாமி (ஐப்பானியமொழியில் சூ - னா - மீ என உச்சரிக்கப்படுகிறது) என்பது துறைமுக அலைகள் என்ற பொருள்படும். சுனாமி என்பது அதிக வேகத்துடனும் மிகப்பெரும் விசையுடனும் தொடர்ச்சியாக வரும் பெரிய இராட்சச அலைகளாகும். 2004 ஆம் ஆண்டு டிசம்பர் மாதம் 26 ஆம் தேதி இந்தியாவின் தென்பகுதியில் என்னநடந்தது.
- ஈர்ப்பு அலைகள் - LIGO (Laser Interferometer Gravitational wave Observatory) ஆய்வு இயற்பியலுக்கான நோபல் பரிசு 2017

1. பேராசிரியர் ரெய்னர் வெய்ஸ்
  2. பேராசிரியர் பேரிசிபேரிஸ்
  3. பேராசிரியர் கிப் எஸ் தார்னே
- ”LIGO ஆய்வகத்தில் ஈர்ப்புஅலைகளின் ஆய்வுப்பணியில் உறுதியானபங்களிப்பிற்காக” வழங்கப்பட்டது.

### குறுக்கலைகள் மற்றும் நெட்டலைகள் ஒப்பிடுதல்

வ.எண்	குறுக்கலைகள்	நெட்டலைகள்
1.	ஊடகத்தின் துகள்கள் அதிர்வடையும் திசை, அலைகள் பரவும் திசைக்கு செங்குத்தாக உள்ளது.	ஊடகத்தின் துகள்கள் அதிர்வடையும் திசை, அலைகள் பரவும் திசைக்கு இணையாக உள்ளது.
2.	மாறுபாடுகளானது அகடுகள் மற்றும் முகடுகள் வடிவில் உள்ளன	மாறுபாடுகளானது இறுக்கங்கள் மற்றும் தளர்ச்சிகள் வடிவில் உள்ளன.
3.	மீட்சி ஊடகத்தில் குறுக்கலைகள் பரவ இயலும்	அனைத்து: துவகை ஊடகத்திலும் (திடம், திரவம் மற்றும் வாயு) நெட்டலைகள் பரவ இயலும்

### குறிப்பு:

1. ஊடகம் இல்லாதநிலை வெற்றிடம் எனப்படும். மின்காந்த அலைகள் மட்டுமே வெற்றிடத்தின் வழியேபரவும்.
2. ராலே அலைகள் (Rayleigh Waves) என்பவை குறுக்கலை மற்றும் நெட்டலை ஆகிய இரண்டும் சேர்ந்ததாகக் கருதப்படுகிறது.

### அலை இயக்கத்தில் பயன்படும் பதங்கள் மற்றும் வரையறைகள்:

இரு அலைகளும் சைன் வடிவமாக இருந்தால் அவை இரண்டிற்கும் இடையே நிறைய வேறுபாடுகள் உள்ளன. எனவே ஒரு அலையை மற்றொன்றிலிருந்து வேறுபடுத்த நாம் சில அடிப்படைச் சொற்களை (Terminologies) வரையறை செய்யவேண்டும்.

### இழுத்துக்கட்டப்பட்டகம்பியில் ஏற்படும் அலைஒன்றைக் கருதுக.

நாம் உருவாகும் அலைகளின் எண்ணிக்கையில் ஆர்வம் கொண்டால், ஓர் சுட்டு அல்லது மேற்கோள்மட்டத்தை (இடைநிலை அல்லது அமைதி நிலை) கருதுவோம். இங்கு இடைநிலை என்பது காட்டப்பட்டுள்ள கிடைமட்ட கோடாகும். நிழலிட்ட பகுதியின் மேல்மட்டப் புள்ளி முகடு எனவும், நிழலிடப்படாத பகுதியின் கீழ் மட்டப்புள்ளி அகடு எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. இந்த அலையானது O விலிருந்து B பகுதியை மீண்டும் மீண்டும் ஏற்படுத்துகிறது. இந்த சிறிய பகுதியின் நீளத்தை ஒரு அலை நீளம் என வரையறுக்கலாம்.

ஒரு அலை நீளத்தைக் குறிப்பதற்கு கிரேக்க எழுத்து லேம்டா ( $\lambda$ ) வைப் பயன்படுத்துகிறோம். குறுக்கலைக்கு காட்டியவாறு, அடுத்தடுத்த இரு முகடுகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு (அ) அடுத்தடுத்த இரு அகடுகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு ஒரு அலை நீளமாகும். நெட்டலைக்கு அடுத்தடுத்த இரு இறுக்கங்கள் அல்லது தளர்ச்சிகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு ஒரு அலை நீளமாகும். அலை நீளத்தின் SI அலகு மீட்டர்.

அதர்வெண், அதிர்வு நேரம் அகியவற்றை அறிந்துகொள்ளகாட்டிய அலையைக் (3 அலை நீளங்களை உடையது) கருதுவோம். நேரம்  $t = 0$  ல் அலை இடதுபுறமிருந்து A புள்ளியை அடைகிறது. நேரம்  $t = 1s$  இல் Aயைகடக்கும் அலைகளின் எண்ணிக்கை இரண்டு ஆகும். எனவே அதிர்வெண் என்பது 1 வினாடியில் கடக்கும் அலைகளின் எண்ணிக்கை என வரையறுக்கப்படுகிறது. அதன் அலகுஹெர்ட்ஸ், குறியீடுHz.

இந்தஉதாரணத்தில்

$$f = 2 \text{ Hz}$$

இரு அலைகள் A புள்ளியை கடந்து செல்ல ஆகும் நேரம் ஒரு வினாடி (நேரம்) எனில் ஒரு அலை A புள்ளியைகடக்க ஆகும் நேரம் அலை வினாடியாகும். இதுவே ஒரு அலைவு நேரம் (T) ஆகும்.

$$T = \frac{1}{2} = 0.5s$$

அதிர்வெண்ணும் அலை நீளமும் எதிர்தகவில் இருக்கும் என அறியலாம்.

$$T = \frac{1}{f}$$

அலைநேரம் (T) என்பது, ஒருபுள்ளி வழியாக ஒரு அலைகடக்க ஆகும் நேரம் ஆகும்.

குறிப்பு:

1. ஓரலகு நேரத்தில் சுழற்சிகளின் (சுற்றுக்களின்) எண்ணிக்கை கோண அதிர்வெண் எனப்படும்.

$$\text{கோண அதிர்வெண் } \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \text{ (அலகுரேடியன் / வினாடி)}$$

2. ஓரலகு நீளத்தில் சுழற்சிகளின் எண்ணிக்கை அல்லது ஓரலகு நீளத்தில் அலைகளின் எண்ணிக்கை அலை எண் எனப்படும்.

$$\text{அலைஎண் } k = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ (அலகுரேடியன் / மீட்டர்)}$$

திசைவேகம் v, கோண அதிர்வெண்  $\omega$  மற்றும் அலை எண் k ஆகியவற்றிற்கு இடையேயான தொடர்பு

$$\text{திசைவேகம் } v = \lambda f = \frac{\lambda}{2\pi} (2\pi f) = \frac{(2\pi f)}{2\pi / \lambda} = f \lambda$$

### அலையின் வீச்சு (Amplitude of the wave):

அலைகள் அனைத்தும் சம அலைநீளம், சம அதிர்வெண் மற்றும் சம அலைவு நேரம் கொண்டு சம திசைவேகத்தில் செல்கின்றன இந்த அலைகளுக்கிடையேயான ஒரே வேறுபாடு அகடு அல்லது முகடுகளின் உரயங்கள். இதிலிருந்து நாம் உணர்வது அகடு அல்லது முகடின் உயரமும் அலையின் பண்பை நிர்ணயிப்பதில் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. எனவே, வீச்சு என்ற ஒரு இயற்பியல் அளவினை அலைகளுக்கு வரையறுக்க வேண்டியுள்ளது. அலையின் வீச்சை குறிப்பு அச்சைப் பொறுத்து ஊடகத்தின் பெரும் இடப்பெயர்ச்சி என வரையறுக்கலாம் (உதாரணமாக இந்த நேர்வில் x அச்சு) இங்கு அது A எனக் குறிக்கப்படுகிறது.

### வெவ்வேறு ஊடகங்களில் அலையின் திசைவேகம்:

நீண்டதண்டவாளத்தில் சுத்தியலால் அடிக்கும் போது, சற்று தொலைவில் தண்டவாளத்தில் காதுவைத்து கேட்கும்போது இரு ஒலிகள் (ஒரேகணத்தில் அல்ல) கேட்கும். தண்டவாளத்தின் வழியாக (திண்ம ஊடகம்) கேட்கும் ஒலி முன்பாகவும், காற்றின் வழியே கேட்கும் அதே ஒலி சற்று தாமதமாகவும் கேட்கும். எனவே, வெவ்வேறு ஊடகங்களில் ஒலியின் திசைவேகம் ஒன்றல்ல.

இந்தபகுதியில், அலைகளின் திசைவேகத்தை இரு வேறுநிலைகளில் வருவிருப்போம்.

1. நீட்டப்பட்ட கம்பியில் ஏற்படும் குறுக்கலைகளின் திசைவேகம்.
2. மீட்சித்தன்மை கொண்ட ஊடகத்தில் நெட்டலைகளின் திசைவேகம்

### நீட்டப்பட்ட கம்பியில் ஏற்படும் குறுக்கலையின் திசைவேகம்:

கம்பி ஒன்றில் இயங்கும் குறுக்கலையின் திசைவேகத்தை கணக்கிடுவோம். கம்பியின் இடது முனையை மேல் நோக்கி சொடுக்கினால், அந்த துடிப்பு வலது முனை நோக்கி v என்ற திசை வேகத்தில் நகரும் இதற்குப் பொருள் ஓய்வு நிலையில் உள்ள குறிப்பாயத்தில் உள்ள பார்வையாளரைப் பொருத்து நகர்கிறது.

கம்பியில் ஒரு அடிப்படைப் பகுதியைக் கருதுவோம். கம்பியில் A,B என்ற புள்ளிகளை இக்கணத்தில் கருதுவோம்,  $dl$ ,  $dm$  என்பது கம்பியின் சிறுபகுதி நீளம் மற்றும் நிறை என்போம். வரையறையின்படி நீள் நிறை அடர்த்தி ( $\mu$ ) ஆனது பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

$$\mu = \frac{dm}{dl}$$

$$dm = \mu dl$$

அடிப்படை பகுதி AB ஆனது வட்டத்தின் ஒரு பகுதி போல், O வை மையமாக கொண்டு R ஆரத்துடன் வளைந்து கோணம்  $\theta$  வை வளைகோடு மையம் O வில் ஏற்படுத்துகிறது. Oவை வளைகோடு AB ன் நீளம்  $dl$  மற்றும் ஆரம் Rயைப் பயன்படுத்தி பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\theta = \frac{dl}{R}$$

கம்பியின் இழுவிசை தரும் மையநோக்கு முடுக்கம் (எண் மதிப்பு)

$$a_{cp} = \frac{v^2}{R}$$

மையநோக்கு விசை

$$F_{cp} = \frac{(dm)v^2}{R}$$

இந்தக் கம்பியின் சிறுபகுதி (elemental string) உணரும் மையநோக்கு விசையை பிரதியிடுவதன் மூலம் கணக்கிடலாம்.

$$\frac{(dm)v^2}{R} = \frac{\mu v^2 dl}{R}$$

இழுவிசை T ஆனது, கம்பியின் சிறுபகுதி நீளம் AB யின் தொடு கோட்டின் வழியே செயல்படுகிறது. வளைகோடு ABயின் நீளம் மிகச்சிறியது. எனவே இழுவிசை Tயில் ஏற்படும் மாறுபாடு புறக்கணிக்கத்தக்கது.

இழுவிசை Tயை கிடைமட்டக்கூறு  $T \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)$  மற்றும் செங்குத்துக்கூறு  $T \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$  என இரு

கூறுகளாகப் பகுக்கலாம். A, Bயில் கிடைமட்டக் கூறுகள் சமஎண்மதிப்பில் எதிர்திசையில் செயல்படுகின்றன. எனவே, அவை ஒன்றைஒன்று சமன் செய்கின்றன. நீளம்  $Ab$ யை மிகச்சிறியதாக கருதுவதால், செங்குத்துக்கூறுகள் A, Bயில் செங்குத்துதிசையில் வளைவின் மையம் நோக்கி இருப்பதால் அவற்றைக் கூட்டவேண்டும். தொகுபயன் ஆர விசை  $F_r$  ஆனது

$$F_r = 2T \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

கம்பியின் நீளத்துடன் ஒப்பிட, அலையின் வீச்சு மிகச்சிறியது. எனவே, சிறிய கோணத்தின் சைன் மதிப்பைத் தோராயமாக  $\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \approx \frac{\theta}{2}$  எனக் குறிக்கலாம்.

$$F_r = 2T \times \left(\frac{\theta}{2}\right) = T\theta$$

ஆனால்,  $\theta = \frac{dl}{R}$  எனவேநாம் பெறுவது

$$F_r = T \frac{dl}{R}$$

நியூட்டனின் இரண்டாவது விதியை கம்பியின் சிறுபகுதி நீளத்திற்கு ஆர வழியே செயல்படுத்த, சமநிலையில் விசையின் ஆரத்திசை கூறு (radial), மையநோக்கு விசைக்கு சமமாகும்.

$$T \frac{dl}{R} = \mu v^2 \frac{dl}{R}$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

**காட்சிப்பதிவுகள்:**

கம்பியில் ஏற்படும் அலையின் திசைவேகம்

1. இழுவிசையின் இருமடி மூலத்திற்கு நேர்த்தகவிலும்
2. நீள் நிறை அடர்த்தி (Linear mass) யின் இருமடி மூலத்திற்கு எதிர்த்தகவிலும்
3. அலை வடிவத்தைச் சாராமலும் அமையும்

**மீட்சித்தன்மை கொண்ட ஊடகத்தில் நெட்டலையின் திசைவேகம்:**

நீண்ட உருளை வடிவக் குழாயில் குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு A, நிலையான நிறை கொண்ட மீட்சித் தன்மை ஊடகம் (இங்குகாற்றைக் கருதுக) P அழுத்தத்தில் உள்ளது என்க. இந்தக் குழாயில் நெட்டலைகளை ஓர் இசைக்கவையை அதிரவைத்தோ, பிஸ்டன் ஒன்றைக் கொண்டு காற்றை அழுத்தியோ ஏற்படுத்தலாம். உருளையின் அச்சுக்கு இணையாக அலை முன்னேறுவதாகக் கொள்க. ஆரம்பத்தில் ஓய்வில் உள்ள ஊடகத்தின் அடர்த்தி  $\rho$  என்க.  $t = 0$  நேரத்தில் பிஸ்டன் இடது முனையிலிருந்து,  $u$  திசைவேகத்துடன் வலதுமுனை நோக்கி நகர்கிறது.

$v$  என்பது மீட்சி அலையின் திசைவேகம்  $u$  மற்றும் பிஸ்டனின் திசைவேகம் என்க. நேர இடைவெளியில் பிஸ்டன் நகரும் தூரம்  $\Delta d = u \Delta t$  மீட்சித் தன்மை கொண்ட மாறுபாடு நகர்ந்த தொலைவு  $\Delta x = v \Delta t$ .

$\Delta t$  நேர இடைவெளியில்  $v$  திசைவேகத்தை அடைந்த காற்றின் நிறை  $\Delta m$  என்க.

$$\Delta m = \rho A \Delta x = \rho A (v \Delta t)$$

பிஸ்டன்  $u$  என்ற திசை வேகத்தில் இயங்குவதால் ஏற்படும் உந்தம்

$$\Delta p = [\rho A (v \Delta t)] u$$

கணத்தாக்கு என்பது உந்தமாறுபாடு என்பதால், நிகர கணத்தாக்கு

$$I = (\Delta P A) \Delta t$$

$$\text{அல்லது } (\Delta P A) \Delta t = [\rho A (v \Delta t)] u$$

$$\Delta p = \rho v u$$

காற்றின் வழியாக, ஒலி அலை செல்லும்போது, சிறிய பருமன் உடைய காற்றுப்பகுதி, தொடர்ந்து இறுக்கங்களுக்கும், தளர்ச்சிகளுக்கும் உட்படுகிறது.

$$\Delta P = B \frac{\Delta V}{V}$$

இங்கு,  $V$  என்பது காற்றின் தொடக்கபருமன் மற்றும்  $K$  என்பது மீட்சி ஊடகத்தின் பருமக்குணகம் (Bulk modulus).

ஆனால்  $V = \Delta x = A v \Delta t$

மேலும்  $\Delta V = A \Delta d = A u \Delta t$

எனவே

$$\Delta P = B \frac{A u \Delta t}{A v \Delta t} = B \frac{u}{v}$$

ஒப்பிடகிடைப்பது

$$\rho v u = K \frac{u}{v} \text{ அல்லது } v^2 = \frac{K}{\rho}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

பொதுவாக, மீட்சிஊடகத்தில் நெட்டலையின் திசைவேகம்  $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$

இங்கு, E ஊடகத்தின் மீட்சிக்குணகம் (Modulus of elasticity).

நேர்வுகள்: திண்மத்திற்கு

- ஒரு பரிமாண தண்டு (1 dimensional rod):

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

இங்கு, Y என்பது தண்டுச் செய்யப்பட்ட பொருளின் யங்குணகம்,  $\rho$  தண்டின் அடர்த்தி. ஒரு பரிமாண தண்டு யங் குணகத்தை மட்டுமே பெற்றிருக்கும்.

- முப்பரிமாண தண்டு (3 dimensional rod):

திண்மம் ஒன்றின் வழியே நெட்டலையின் வேகம்

$$v = \sqrt{\frac{B + \frac{4}{3}\eta}{\rho}}$$

இங்கு,  $\mu$  விறைப்புக்குணகம், B பருமக் குணகம் மற்றும் தண்டின் அடர்த்தி.

நேர்வுகள்: திரவத்திற்கு:

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

இங்கு K, பருமக் குணகம் மற்றும்  $\rho$  திரவத்தின் அடர்த்தி. பருமக் குணகம் B அல்லது k என்ற எழுத்தால் குறிப்பிடலாம்.

குறுக்கலை, நெட்டலைகளின் திசைவேகம் மீட்சிப் பண்புகளைப் பொருத்தம் (கம்பியின் இழுவிசை T, பருமக்குணகம் B போன்றவை) மற்றும் நிலைமப் பண்புகளையும் (அடர்த்தி அல்லது ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை)

வெவ்வேறுஊடகங்களில் ஒலியின் வேகம்

வ.எண்	ஊடகம்	வேகம் m s <sup>-1</sup>
திண்மம்		
1	இரப்பர்	1600
2	தங்கம்	3240
3	பித்தளை	4700
4	தாமிரம்	5010
5	இரும்பு	5950
6	அலுமினியம்	6420
திரவங்கள் (25°C இல்)		
1	மண்ணெண்ணெய்	1324
2	பாதரசம்	1450
3	நீர்	1493

4	கடல் நீர்	1533
வாயு(0°C இல்)		
1	ஆக்ஸிஜன்	317
2	காற்று	331
3	ஹீலியம்	972
4	ஹைட்ரஜன்	1286
வாயு (20°C இல்)		
1	காற்று	343

#### ஒலி அலையின் பரவல்:

ஒலி அலையானது நெட்டலையாகும். அது பரவும் ஊடகத்தில் இறுக்கங்களும், தளர்ச்சிகளும் ஏற்படும். கீழ்க்கண்ட பாடப்பகுதியில் காற்றில் ஒலியின் திசை வேகத்தை நியூட்டனின் முறையில் அளவிடலாம். பின்னர் அதன் மீதான லாப்லஸ் திருத்தத்தையும் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகத்தை பாதிக்கும் காரணிகளையும் விவாதிக்கலாம்.

#### காற்றில் ஒலியின் திசைவேகத்திற்கான நியூட்டனின் சமன்பாடு:

காற்றில் ஒலி பரவும் போது ஏற்படும் இறுக்கங்களும், தளர்ச்சிகளும் மிக மெதுவாக நடைபெறுகிறது. எனவே இந்த நிகழ்வை வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வாக நியூட்டன் கருதினார். அதாவது இறுக்கத்தினால் (அழுத்தம் அதிகரிக்கிறது, பருமன் குறைகிறது) ஏற்படும் வெப்பம் மற்றும் நெகிழ்வினால் ஏற்படும் வெப்ப இழப்பு (அழுத்தம் குறையும், பருமன் அதிகரிக்கும்) மெதுவாக நிகழ்வதால் வெப்பநிலை மாறாமல் இருப்பதாக நியூட்டன் கருதினார். எனவே காற்று மூலக்கூறுகளை ஒரு நல்லியல்பு வாயுவாக கருதினால், அழுத்த, பருமமாறுபாடுகள் பாயில் விதிக்கு கட்டுப்படுகின்றன. கணிதப்படி,

$$PV = \text{மாநிலி}$$

யைவகைப்படுத்த,

$$PdV + VdP = 0$$

$$\text{அல்லது } P = -V \frac{dP}{dV} = K_1$$

இங்கு  $K_1$  காற்றின் வெப்பநிலை மாறா பருமக்குணகம், பிரதியிட, காற்றில் ஒலியின் திசை வேகம்

$$v_T = \sqrt{\frac{B_T}{\rho}} = \sqrt{\frac{P}{\rho}}$$

$P$  என்பது காற்றின் அழுத்தம், NTP (இயல்பு வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தம்) இல்  $P$  இன் மதிப்பு 76 செ.மீ பாதரச அழுத்தமாகும்.

எனவே,

$$P = h\rho g$$

$$P = 0.76 \times 13.6 \times 10^3 \times 9.8 \text{ N m}^{-2}$$

$$\rho = 1.293 \text{ kg m}^{-3}$$

காற்றில் ஒலியின் வேகம் (NTP)யில்

$$v_T = \sqrt{\frac{(0.76 \times 13.6 \times 10^3 \times 9.8)}{1.293}}$$

$$= 279.80 \text{ m s}^{-1} \approx 280 \text{ ms}^{-1} \text{ (கணக்கீட்டு மதிப்பு)}$$

ஆனால், ஆய்வு மூலமாக 0°C யில் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் 332 ms<sup>-1</sup> என அளக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த மதிப்பு, கணக்கீட்டு மதிப்பை விட 16% அதிகம்.

$$\text{சதவீதப் பிழை} = \frac{(332 - 280)}{332} \times 100\% = 15.6\%. \text{ இது குறைவான பிழை அல்ல}$$



### லாப்லஸ் திருத்தம் (Laplace Correction):

1816 ல் லாப்லஸ், மேலே குறிப்பிட்ட குறைபாட்டை, “ஒலி ஓர் ஊடகத்தில் பரவும் போது துகள்கள் மிக விரைவாக அலைவுறுவதால் இறுக்கங்களும், தளர்ச்சிகளும் மிக வேகமாக ஏற்படும்” எனக் கருத்தில் கொண்டு சரி செய்தார். இறுக்கத்தினால் ஊடகத்திற்கு கொடுக்கப்படும் அதிக வெப்பமும், தளர்ச்சி மூலம் ஏற்படும் குளிர்ச்சி விளைவும் சுற்றுப்புறத்துடன் சமன் செய்யப்படாது. ஏன் எனில் காற்று (ஊடகம்) ஓர் அரிதிற்கடத்தியாகும். வெப்பநிலை மாறாது எனக் கருதமுடியாததால், இது ஒரு வெப்ப பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு ஆகும். வெப்ப பரிமாற்றமில்லா விளைவு எனக் கருதுவதால், வாயுபாய்சன் விதியை பின்பற்றுகிறது (நியூட்டன் கருதியது போல் பாயில் விதி அல்ல). எனவே,

$$PV^\gamma = \text{மாறிலி}$$

$$\text{இங்கு } \gamma = \frac{C_p}{C_v},$$

$C_p$  - அழுத்தம் மாறாமோலார் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்

$C_v$  - பருமன் மாறாமோலார் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்  
வகைப்படுத்த,

$$V^\gamma dP + P(\gamma V^{\gamma-1} dV) = 0$$

$$\text{அல்லது } \gamma P = -V \frac{dP}{dV} = B_A$$

இங்கு  $K_A$  காற்றின் வெப்ப மாற்றீட்டற்ற விளைவில் பருமக் குணகம்.  
பொருத்த காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம்

$$v_A = \sqrt{\frac{B_A}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} = \sqrt{\gamma v_T}$$

காற்றில் முக்கியமாக நைட்ரஜன், ஆக்சிஜன், ஹைட்ரஜன் மற்றும் பிற (இரட்டை அணு மூலக்கூறு வாயு) இருப்பதால்,  $\gamma = 1.4$ . எனவே, காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம்

$$v_A = (\sqrt{1.4})(280 \text{ms}^{-1}) = 331.30 \text{ms}^{-1} \text{ இது ஆய்வு முடிவு மதிப்பிற்கு மிக இறுக்கமாக உள்ளது.}$$

வாயுவில் ஒலியின் திசைவேகத்தை பாதிக்கும் காரணிகள்  
நல்லியல்பு வாயு ஒன்றைக் கருதுக. அதன் சமன்பாடு

$$PV = \mu R T$$

இங்கு  $P$  - அழுத்தம்,  $V$  - பருமன்,  $T$  - வெப்பநிலை,  $\mu$  - மோல்களின் எண்ணிக்கை,  $R$  - பொது வாயு மாறிலி, கொடுக்கப்பட்ட நிறை கொண்ட மூலக்கூறுக்கு கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$\frac{PV}{T} = \text{மாறிலி}$$

நிறை  $m$  யை, மாறிலியாக வைத்தால், வாயுவின் அடர்த்தியானது, பருமனுக்கு எதிர்தகவில் மாறும்

$$\rho \propto \frac{1}{v} V = \frac{m}{\rho}$$

பொருந்தினால், கிடைப்பது

$$\frac{P}{\rho} = cT$$

இங்கு  $c$  ஒரு மாறிலி.

கொடுக்கப்பட்ட காற்றில் ஒலியின் திசைவேகத்தை கீழ்க்காணுமாறு எழுதலாம்.

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} = \sqrt{\gamma c T}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து நாம் அறிவது,

**அழுத்தத்தின் விளைவு:**

ஒரு நிலையான வெப்பநிலையில், அழுத்தம் மாறுபடும்போது, அடர்த்தியும் நேர்விகிதத்தில் மாறுகிறது. அதாவது  $\left(\frac{P}{\rho}\right)$  நிலையாக அமைகிறது. இதன் பொருள் நிலையான

வெப்பநிலையில், ஒலியின் திசைவேகம் அழுத்தத்தை சாராதது. ஒருமலையின் மேலும், கீழும் வெப்பநிலை சமமாக இருந்தால், ஒலியின் திசைவேகம் மாறாமல் இருக்கும். ஆனால் நடைமுறையில் மலையின் மேலும் கீழும் வெப்பநிலை சமமாக இருக்காது. எனவே, ஒலியின் திசைவேகமும் மாறுபட்டிருக்கும்.

$$\therefore v \propto \sqrt{T}$$

**வெப்பநிலையின் விளைவு:**

ஒலியின் திசைவேகம், வெப்பநிலையின் (கெல்வின் மதிப்பு) இருமடி மூலத்திற்கு நேர்தகவில் மாறுகிறது.

$v_0$  என்பது  $0^\circ\text{C}$  அல்லது  $273\text{ K}$  இல் ஒலியின் திசைவேகம்  $v$  என்பது ஏதேனும் ஒரு வெப்பநிலை  $T$  இல் ஒலியின் திசைவேகம் எனவும் கொண்டால்,

$$\frac{v}{v_0} = \sqrt{\frac{T}{273}} = \sqrt{\frac{273+t}{273}}$$

$$v = v_0 \sqrt{1 + \frac{t}{273}} \cong v_0 \left(1 + \frac{t}{546}\right)$$

(ஈருறுப்பு விரிவை பயன்படுத்தி)

$0^\circ\text{C}$  ல் ஒலியின் திசைவேகம்  $v_0 = 331\text{ ms}^{-1}$  என்பதால், ஏதேனும் ஒரு வெப்பநிலை  $t^\circ\text{C}$  யில்  $v = (331 + 0.60t)\text{ ms}^{-1}$

ஒவ்வொரு  $1^\circ\text{C}$  வெப்பநிலை உயர்வுக்கும் ஒலியின் திசைவேகம்  $0.61\text{ ms}^{-1}$  அதிகரிக்கிறது.

குறிப்பு: வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது மூலக்கூறுகள் அக ஆற்றல் அதிகரிப்பால் வேகமாக அதிர்வுறும். எனவே திசைவேகம் அதிகரிக்கிறது.

**அடர்த்தியின் விளைவு:**

சமவெப்பநிலை, அழுத்தத்தில் உள்ள ஒரு வாயுக்களை கருதுக. அவற்றின் அடர்த்தி மட்டும் வெவ்வேறு என்க. அந்த ஒரு வாயுக்களின் வழியே ஒலியின் திசை வேகங்கள் முறையே,

$$v_1 = \sqrt{\frac{\gamma_1 P}{\rho_1}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{\gamma_2 P}{\rho_2}}$$

வகுக்க

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{\frac{\gamma_1 P}{\rho_1}}}{\sqrt{\frac{\gamma_2 P}{\rho_2}}} = \sqrt{\frac{\gamma_1 \rho_2}{\gamma_2 \rho_1}}$$

மதிப்பு சமமான வாயுக்களுக்கு,

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}$$

எனவே, வாயு ஒன்றின் வழியே ஒலியின் திசைவேகம் அடர்த்தியின் இருமடி மூலத்திற்கு எதிர்த்தகவில் அமைகிறது.

### ஈரப்பதத்தின் விளைவு(humidity):

ஈரப்பதம் உள்ள காற்றின் அடர்த்தி உலர்ந்த காற்றின் அடர்த்தியைப் போல் 0.625 மடங்கு ஆகும். அதாவது ஈரப்பதம், காற்றின் அடர்த்தியை குறைத்து விடுகிறது. எனவே, ஈரப்பதம் உள்ள காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் அதிகரிக்கிறது.

$\rho_1$ ,  $v_1$ , மற்றும்  $\rho_2$ ,  $v_2$ , என்பவை முறையே உலர்ந்த காற்று, ஈரப்பதம் உள்ள காற்றின் அடர்த்தி மற்றும் ஒலியின் திசைவேகம் என்க.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{\frac{\gamma_1 P}{\rho_1}}}{\sqrt{\frac{\gamma_2 P}{\rho_2}}} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} \quad (\gamma_1 = \gamma_2 \text{ எனில்})$$

$P$  என்பது வளிமண்டல அழுத்தமாதலால் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{P}{p_1 + 0.625 p_2}$$

இங்கு,  $p_1$ ,  $p_2$ , முறையே உலர்ந்த காற்று மற்றும் நீராவியின் பகுதி அழுத்தங்கள்.

$$v_1 = v_2 \sqrt{\frac{P}{p_1 = 0.625 p_2}}$$

### காற்றின் விளைவு:

காற்று வீசுவதாலும் ஒலியின் திசைவேகம் மாறும். காற்றின் திசையில் ஒலி செல்லும் போது அதன் திசைவேகம் அதிகரிக்கிறது. காற்றிற்கு எதிர்த்திசையில் ஒலியின் திசைவேகம் குறைகிறது.

### ஒலிஅலைகளின் எதிரொலிப்பு:

ஒலிஅலைகள் ஒரு ஊடகத்திலிருந்து மற்றொரு ஊடகத்திற்குச் செல்லும்போது, கீழ்க்கண்ட நிகழ்வுகள் ஏற்படும்.

1. **ஒலியின் எதிரொலிப்பு:** இரண்டாவது ஊடகம் மிகுந்த அடர்த்தியுடையதாக (உறுதியானதாக) இருந்தால், ஒலியானது முழுவதுமாக முதல் ஊடகத்திற்குள்ளேயே (மீண்டுஎழுகிறது) எதிரொலிப்பு அடைகிறது.
2. **ஒலியின் விலகல்:** ஒலி ஒரு ஊடகத்திலிருந்து மற்றொரு ஊடகத்திற்கு செல்லும் போது (இரண்டாவது ஊடகம் முதல் ஊடகத்தை விட அடர்த்தி அதிகமாக உள்ள போது) அதன் ஆற்றல் இரண்டாவது ஊடகத்தால் உட்கவர்ப்படுவதால், ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படுகிறது.

இந்தப் பாடப்பகுதியில் ஒலியின் எதிரொலிப்பை மட்டும் கருதுவோம். ஒலியைப் போல், ஒலியும் எதிரொலிப்பு விதிகளுக்கு உட்படும். அவ்விதிகள்

1. ஒலியின் படுகோணம், எதிரொலிப்பு கோணத்திற்குச் சமம்
2. ஓர் பரப்பால் ஒலி அலை எதிரொலிக்கப்படும் போது படு புள்ளியில் படு அலை, எதிரொலிப்பு அலை மற்றும் குத்துக்கோடு ஆகியவை ஒரே தளத்தில் அமையும்.

ஆடி ஒன்றால் ஒளி எதிரொலிக்கப்படுவது போல், ஒலியும் ஓர் கடினமான, சமதள பரப்பில் எதிரொலிக்கப்படுவது பளிங்கு (Specular) எதிரொலிப்பு எனப்படுகிறது. இது ஒலியின் அலை நீளம், எதிரொலிப்பு பரப்பை விட பரப்பின் மேடு, பள்ளத்தை விட சிறியதாக இருக்கும் போது ஏற்படுகிறது.

#### சமதள பரப்புகளில் ஒலியின் எதிரொலிப்பு:

ஒலி அலைகள், சமதளசுவர் மீது மோதும் போது, (ஒளி அலைகள் போலவே) அந்த சுவற்றிலிருந்து மீண்டெழுகின்றன (bounces off) ஒலிப்பான் ஒன்று சுவற்றிற்கு சாய்வாக ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் வைக்கப்பட்டால், மூலத்திலிருந்து (ஒலிப்பான்) வரும் ஒலி (புள்ளிஒலி மூலம் எனக்கருதுக) யை கோள அலை முகப்பாக கருதலாம். எனவே, சுவரால் எதிரொலிக்கப்படும் அலைமுகப்பும் கோளக அலைமுகப்பாகவே அமையும். அதனுடைய வளைவு மையத்தை (இது சமதளபரப்பின் மறுபுறம் அமைந்திருக்கும்) ஒலி மூலத்தின் பிம்பமாக கருதலாம் (மாய அல்லது கற்பனை ஒலிப்பான்) மேலும் இது தளத்தின் பின்புறம் அமைந்துள்ளது எனவும் கருதலாம்.

#### வளைவு பரப்புகளில் ஒலியின் எதிரொலிப்பு:

ஒலியின் பண்பு எதிரொலிக்கப்பட்ட பரப்பையும் பொருத்தது. குழி, குவி மற்றும் சமதள பரப்புகளால் எதிரொலிக்கப்பட்ட ஒலி அலைகளின் பண்புகள் வெவ்வேறாக உள்ளன. குவி பரப்பால் எதிரொலிக்கப்பட்ட ஒலி விரிந்து செல்வதால், அதன் வலிமை (ஆற்றல்) குறைந்து விடுகிறது.

அதே சமயம் குழி பரப்பால் எதிரொலிக்கப்பட்ட அலை ஒரு புள்ளியில் குவிக்கப்படுவதால் எளிதாக பெருக்கமடையும் (வலிமை, ஆற்றல் அதிகரிக்கிறது). பரவளைய எதிரொலிப்பான்கள் (வளைவு எதிரொலிப்பான்) ஒலி அலைகளை குறிப்பிட்டபுள்ளியில் குவிப்பதற்காக வடிவமைக்கப்படுகின்றன. இவை, அதிக திசை பண்புடைய நுண்ணிய ஒலிப்பான்களை (microphones) வடிவமைக்கப் பயன்படுகின்றன.

எந்த ஒரு பரப்பும் (வழுவழுப்பானது அல்லது சொரசொரப்பானது) ஒலியை உட்கவரும் என நாம் அறிவோம். எடுத்துக்காட்டாக பெரிய அறைகள் அல்லது கலையரங்கங்கள் அல்லது திரையரங்குகள் ஆகியவற்றில் ஏற்படுத்தப்படும் ஒலி அதன் சுவர்கள், மேற்கூரைகள், தரை மற்றும் இருக்கைகளால் பெரிதும் உட்கவரப்படுகிறது. இந்த இழப்பை தடுக்க, வளைவு ஒலிபரப்புகள் (குழி பரப்புகள்) ஒலிப்பான் முன்பாக அமைக்கப்படுகின்றன. இவை ஒலிப்பானிலிருந்து வரும் ஒலியை கேட்போர் கூட்டம் (audience) நோக்கி எதிரொலிக்கின்றன. இந்த முறை எல்லா திசைகளிலும் ஒலிபரவுவதைக் குறைத்து, அரங்கம் முழுவதும் சீராக ஒலிபரவுவதை மேம்படுத்துகிறது. எனவே தான் அரங்கத்தில் எந்தப் பகுதியில் அமர்ந்திருப்பவருக்கும் ஒலியானது எந்தவித தடையுமின்றி சென்றடைகிறது.

#### ஒலி எதிரொலிப்பின் பயன்கள்:

**இதயத்துடிப்புமணி:** இது ஒலியின் பன்மடங்கான எதிரொலிப்பின் தத்துவத்தில் இயங்குகிறது.

இது மூன்று பகுதிகளை கொண்டது.

1. இதயத்தின் மீதுவைக்கும் பகுதி
2. காதில் வைக்கும் பகுதி
3. ரப்பர் குழாய்

1. **இதயத்தின் மீதுவைக்கும் பகுதி:** இது சிறிய தட்டு வடிவிலான ஒத்ததிர்வுச் சவ்வு. இது ஒலியை மிக நுண்ணியமாக உணரும். மேலும் உணர்ந்த ஒலியை பெருக்கும்.

2. **காதில் வைக்கும் பகுதி:** இது உலோகக் குழாய்களால் ஆனது. இது இதயத்திலிருந்து உணர்ந்த ஒலியை கேட்கப் பயன்படுகிறது.

3. **ரப்பர் குழாய்:** இது இதயம் மீது வைக்கும் பகுதியையும் காதில் வைக்கும் பகுதியையும் இணைக்கிறது. இதயம் மீதுவைக்கும் பகுதியின் சவ்வு உணர்ந்த ஒலியைகாதில் வைக்கும் பகுதிக்கு எடுத்துச் செல்கிறது. நுரையீரலின் சத்தம் அல்லது இதயத்தின் துடிப்பு அல்லதுஉடல் உள் உறுப்புகள் ஏற்படுத்தும் ஒலியை உணர்ந்து, அதை காதில் வைக்கும் பகுதிக்கு ரப்பர் குழாயில் ஏற்படும் பன்மடங்கு எதிரொலிப்பு மூலம் எடுத்துச் செல்கிறது.
4. **எதிரொலி:** சுவர் அல்லது மலை அல்லது எந்தவொரு ஒலித்தடை பரப்பினாலும் ஒலி எதிரொலிக்கப்பட்டு, மீண்டும் மீண்டும் கேட்கப்படும் ஒலிஎதிரொலி எனப்படும். 20°C யில் காற்றில் ஒலியின் வேகம் 344 ms<sup>-1</sup>. 344 m தொலைவிலுள்ள சுவற்றினை நோக்கி நாம் சப்தம் செய்தால் அது 1 விநாடியில் சுவற்றை அடையும். சுவற்றில் எதிரொலித்த பிறகு, மேலும் 1 விநாடி கழித்து அந்த ஒலி நம்மை அடையும். எனவே, இரு விநாடிகள் கழித்து எதிரொலியை கேட்போம்.

அறிவியல் அறிஞர்களின் கணக்கீட்டின் படி,நாம் இரு ஒலி அலைகளை, தெளிவாக கேட்கக் கூடியமிக்க குறைந்த நேர இடைவெளி (மனித செவியின் தொடர் கேட்கும்

திறன்) ஒரு விநாடியின்  $\frac{1}{10}$  பகுதி அதாவது 0.1s ஆகும்.

$$\text{திசைவேகம்} = \frac{\text{கடந்த தூரம்}}{\text{எடுத்து கொண்ட நேரம்}} = \frac{2d}{t}$$

$$2d = 344 \times 0.1 = 34.4 \text{ m}$$

$$d = 17.2 \text{ m}$$

20°C-யில் எதிரொலி கேட்க, எதிரொலி (echo) கேட்க, எதிரொலிக்கும் சுவர் (பரப்பு) அமைய வேண்டிய குறைந்த பட்சத் தொலைவு 17.2 m.

**சோனார் (SONAR) :** Sound Navigation and Ranging ஒலி எதிரொலிப்பு மூலம் கடலினுள் தேடுதல் மற்றும் கண்டு பிடித்தல் கருவி.

சோனார் கருவி ஒலியின் எதிரொலிப்பைப் பயன்படுத்தி நீரினுள் உள்ள பொருளின் நிலை அல்லது இயக்கத்தை உணரப் பயன்படுகிறது. இதே முறையில் தான் டால்பின்களும், வவ்வால்களும் இருளில் கூட தாங்கள் செல்ல வேண்டிய வழியை தேர்ந்தெடுக்கின்றன.

**எதிர் முழக்கம் (Reverberation):** மூடிய அறை ஒன்றினுள் ஒலி தொடர்ந்து சுவர்களினால் எதிரொலிக்கப்படும் போது, ஒலி மூலம் ஒலி ஏற்படுத்துவதை நிறுத்திய பிறகும், ஒலி கேட்கப்படும். இவ்வாறு ஓர் அறையில் ஒலி மீதி (Reverberation) இருக்கும் நிகழ்வு எதிர் முழக்கம் எனப்படும். ஒலி மூலம் ஒலி ஏற்படுத்துவதை நிறுத்திய பிறகு ஒலி கேட்கும் நேரம் “எதிர் முழக்க நேரம்”(Reverberation time) எனப்படும். எதிர் முழக்க நேரம் கூடத்தில் ஒலியின் தனியியல்பைப் பாதிக்கும். எனவே, அரங்கங்கள் உகந்த அளவு எதிர் முழக்க நேரம் அமையுமாறு அமைக்கப்படுகிறது.

**குறிப்பு:**

**ஒலி அலைகளின் வகைகள்:** ஒலிஅலையின் அதிர்வெண் அடிப்படையில் ஒலி அலைகளை 3 குழுக்களாகப் பிரிக்கலாம்.

1. கேளா ஒலி (தாழ் அதிர்வெண் அலை Infrasonic) 20 Hz விடகுறைவான அதிர்வெண் உடைய ஒலி அலைகள் மனிதன் கேட்கமுடியாத (கேளா) ஒலி எனப்படும். இந்த அலைகள் நிலநடுக்கத்தின் போது ஏற்படும். பாம்புகள் இந்த அதிர்வெண் உடைய ஒலிகளைகேட்கக்கூடியவை.

2. செவியுணர் ஒலி(Audible Waves):

20 Hz முதல் 20 kHz (20,000 Hz) வரை அதிர்வெண் உடைய ஒலி அலைகள் மனித செவி உணரும் அலைகள் எனப்படும். மேற்கண்ட அதிர்வெண் நெடுக்க ஒலி அலைகளை மனிதனின் செவியால் உணர இயலும்.

### 3. மீயொலி (உயர் அதிர்வெண் ஒலிஅலைUltrasonic)

20 kHzயை விட அதிக அதிர்வெண் உடைய ஒலி அலைகள் மீயொலி எனப்படும். வவ்வால்கள் (Bats) இந்த ஒலியை ஏற்படுத்தவும், கேட்கவும் கூடியவை.

#### சேணலை வேகம் (Supersonic speed)

ஒலியின் திசைவேகத்தை விட அதிக வேகத்தில் இயங்கும் பொருள் சேணலை வேகத்தில் (Supersonic speed) செல்வதாக கருதப்படும்.

#### மாக் எண்

மூலத்தின் திசைவேகத்திற்கும், ஒலியின் திசைவேகத்திற்கும் இடையேயான தகவே மாக் எண் எனப்படும்.

$$\text{மாக் எண்} = \frac{\text{மூலத்தின் திசைவேகம்}}{\text{ஒலியின் திசைவேகம்}}$$

**முன்னேறு அலை அல்லது இயங்கும் அலை:**

அலை ஒன்று ஊடகத்தில் தொடர்ந்து முன்னேறிச் சென்றால் அந்த அலை முன்னேறுஅலை அல்லது இயங்கும் அலைஎன்றுபெயர்.

**முன்னேறுஅலையின் பண்புகள்:**

1. ஊடகத் துகள்கள் அதன் சமநிலைப் புள்ளியை மையமாகக் கொண்டு மாறாத வீச்சில் அதிர்வுறுகின்றன.
2. ஒவ்வொரு துகளின் கட்டமும் 0 முதல்  $2\pi$  வரைமாறுகின்றன.
3. எந்தவொரு துகளும் தொடர்ந்து ஒய்வில் இருப்பதில்லை. அலை முன்னேறும் போது ஒவ்வொரு கடை நிலை புள்ளிகளில் மட்டும் இரு முறை ஒய்வு நிலைக்கு வருகின்றன.
4. முன்னேறு குறுக்கலைகள் முகடுகள் அகடுகளாகவும், முன்னேறு நெட்டலைகள் இறுக்கங்கள், தளர்ச்சிகளாகவும் பரவுகின்றன.
5. துகள்கள் சமநிலைப்புள்ளியை கடக்கும்போது சமஅளவு பெரும் திசைவேகத்தில் செல்கின்றன.
6.  $n\lambda$  தொலைவில் ( $n$  - ஒரு முழு எண்) பிரிக்கப்பட்ட துகள்களின் இடப்பெயர்ச்சி, திசைவேகம், முடுக்கம் சமமாகும்.

**சமதள முன்னேறு அலைக்கான சமன்பாடு:**

$t = 0s$  ல் இழுத்துக் கட்டப்பட்ட கம்பியை சட்டென இழுத்து விடு. கொடுக்கப்பட்ட மாறுபாட்டினால் ஏற்பட்ட துடிப்பு நேர்க்குறி  $x$  திசையில் நிலையான வேகம்  $v$  ல் முன்னேறி செல்கிறது.

அலைத்துடிப்பின் வடிவத்தை கணித முறையில்  $t = 0$  வினாடியில்  $y = y(x, 0) = f(x)$  எனகுறிக்கலாம். அலைத்துடிப்பின் வடிவம் அதன் முன்னேறும் பாதையில் மாறாது எனக் கருதுவோம். சிறிது நேரம்  $t$  க்கு பிறகு, வலப்பக்கம் நகர்த்த துடிப்பை  $x'$  எனக் குறிப்போம்

$$y = (x, t) = f(x') = f(x - vt)$$

இதே போல், அலைத்துடிப்பு நிலையான திசைவேகம்  $v$  யுடன் இடப்பக்கம் இயங்குவதாகக் கருதினால்,  $y = f(x + vt)$

இரு அலைகள்  $y = f(x + vt)$  யும்  $y = f(x - vt)$  யும் கீழ்க்கண்ட ஒரு பரிமாண வகைக்கெழு சமன்பாட்டிற்கு பொருந்தும், அதுவே அலைச் சமன்பாடு எனப்படுகிறது.

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

இங்கு குறியீடு பகுதி வகைக் கெழுவைக் (Partial derivative) குறிக்கிறது. மேற்கண்ட சமன்பாட்டின் அனைத்து தீர்வுகளும் அலைக்கு பொருந்தாது ஏனெனில் எந்த ஒரு ஏற்கக்கூடிய அலையும் நிலையான மதிப்புகளை அனைத்து  $x$  மற்றும்  $t$ க்கு பெற வேண்டும். ஆனால், ஒரு சார்பு ஒரு அலையை குறித்தால், அது மேற்கண்ட வகைக்கெழு சமன்பாட்டிற்கு பொருந்தவேண்டும். ஒரு பரிமாணத்தில் (ஒரு தனிப்பட்ட மாறி),  $x$ -ஐப் பொருத்த மொத்த வகைக்கெழுவும் பகுதிவகைக்கெழுவும் ஒன்றே அதை ஒரு பரிமாணத்தில் (ஒரு தனிப்பட்ட மாறி),  $x$ -ஐப் பொருத்த மொத்த வகைக்கெழுவும் பகுதி வகைக்கெழுவும் ஒன்றே, அதை

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{1}{v^2} \frac{d^2 y}{dt^2}$$

இதை ஒரு பரிமாணத்திற்கு மேலும் (இரண்டு, மூன்று, மேலும்) எழுதலாம். எளிமைக்காக ஒரு பரிமாண அலைச்சமன்பாட்டமட்டும் கருதுவோம்.

**அலை ஒன்றின் வரைபடவடிவம்:**

**கீழ்க்கண்ட இரு வடிவ அலை மாறுபாடுகளை வரைபடமாக காட்டுவோம்.**

1. வெளி (அல்லது இடஞ்சார்ந்த) மாறுபாடு வரைபடம் (space variation graph)
2. காலம் (அல்லது நேரம் சார்ந்த) மாறுபாடு வரைபடம் (time variation graph)

**வெளிமாறுபாடு வரைபடம்:**

சைன் சார்புவரை படம்  $y = A \sin(kx)$  நேரத்தை நிலையாகக் கொண்டு,  $x$ யைப் பொறுத்து இடப்பெயர்ச்சிமாறுபாடு வரையப்பட்டுள்ளது.  $y = A \sin(kx)$  என்ற சைன் சார்பு வரைகோடுகாட்டப்பட்டுள்ளதை கருதுவோம். இங்கு  $k$  ஒரு மாறிலி.  $\lambda$  அலை நீளம் என்பது ஒரே அதிர்வு நிலையில் உள்ள இரு அடுத்தடுத்த புள்ளிகளுக்கிடையேயானத் தொலைவு.  $y = x$  மற்றும்  $y = x + \lambda$  என்ற இரு முனைகளிலும் இடப்பெயர்ச்சி  $y$  ஆனது ஒரே அளவு. அதாவது,

$$y = A \sin(kx) = A \sin(k(x+\lambda)) \\ = A \sin(kx + k\lambda)$$

சைன் சார்பு ஒரு சீரான நேர முறையில் மாறும் (இங்கு நேர  $2\pi$ ) எனவே,

$$y = A \sin(kx + 2\pi) = A \sin(kx)$$

ஒப்பிட,

$$kx + k\lambda = kx + 2\pi$$

இதுகாட்டுகிறது,

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ radm}^{-1}$$

இங்கு  $k$  என்பது அலைஎண். இது  $2\pi$  ரேடியனில் எத்தனை அலைகள் உள்ளன எனக் காணவும் அல்லது எவ்வளவு வேகமாக அலை, வெளியில் அலைவறுகிறது எனக் காணவும் பயன்படுகிறது. அலையின் வெளிச்சார்ந்த முறையான அதிர்வு (Periodicity)

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} m$$

$$t = 0 \text{ s ல் } y(x,0) = y(x = \lambda, 0)$$

ஏதேனும் ஒரு நேரம்  $t$ யில்  $y(x, t) = y(x + \lambda, t)$

**நேர மாறுபாடு வரைபடம் (Time variation graph)**

நிலைமாறாமல் உள்ளபோது, நேரத்தைப் பொருத்து, இடப்பெயர்ச்சியில் ஏற்படும் மாறுபாடு வரைபடமாக வரையப்பட்டுள்ளது.  $y = A \sin(\omega t)$  என்றசைன் சார்பு வரைபடத்தைக் கருதுவோம். இங்கு  $\omega$  கோண அதிர்வெண். இது நேரத்தைப் பொறுத்து எவ்வளவு விரைவாக

அலை அலைவுறுகிறது அல்லது ஒரு வினாடிக்கு எத்தனை சுழற்சிகள் ஏற்படுகிறது என்பதைக் காட்டுகிறது. நேரஞ் சார்ந்த இடைவெளி விரைவதிர்வு (Periodicity)

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$$

கோண அதிர்வெண், அதிர்வெண்ணுடன் கீழ்க்கண்டவாறு தொடர்புபடுத்தப்பட்டுள்ளது.  $\omega = 2\pi f$  இங்கு  $f$  அதிர்வெண் ஊடகத்துகள் ஒரு விநாடியில் ஏற்படுத்தும் அலைவுகளின் எண்ணிக்கை என வரையறுக்கப்படுகிறது. அதிர்வெண்ணின் தலைகீழி அலைவு நேரமாதலால்,

$$T = \frac{1}{f} s$$

T ஊடகத்துகள் ஒரு அலைவை (அதிர்வை) முடிப்பதற்கான நேரம். எனவே, அலையின் வேகத்தை, அலை 1 விநாடியில் கடக்கும் தொலைவு என வரையறுக்கலாம்.

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f \text{ ms}^{-1}$$

**துகள் திசைவேகம் மற்றும் அலைதிசை வேகம்:**

சமதள முன்னேறு அலையில் (சீரிசை) ஊடகத்தின் துகள்கள் அவற்றின் சமநிலைப் புள்ளியை மையமாகக் கொண்டு தனிச்சீரிசையில் அலைவுறுகின்றன. துகள் ஒன்று இயக்கத்திலுள்ள போது, எந்த ஒரு கணத்திலும் அதன் இடப்பெயர்ச்சி மாறும் வீதம் திசைவேகம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. இதுவே துகளின் திசைவேகம்

$$v_p = \frac{dy}{dt} \text{ ms}^{-1}$$

ஆனால்,  $y(x, t) = A \sin(kx - \omega t)$

இதேபோல்,  $\frac{dy}{dt} = \omega A \cos(kx - \omega t)$

இதேபோல் முன்னேறு (இயங்கும்) அலையின் திசைவேகத்தை (இங்குவேகம்) வரையறுக்கலாம். ஒரு முன்னேறு அலையைக் கருதுவோம். இது வலப்பக்கம் நோக்கி இயங்குகிறது என்க. கணிதவடிவில் ஒருசைன் அலையாகக் காட்டலாம். P என்பது அதன் கட்டத்தில் ஓர் புள்ளி என்க.  $y_p$  என்பது சமநிலையிலிருந்து அதன் இடப்பெயர்ச்சி என்க. எந்தவொருகணத்திலும் (t) இடப்பெயர்ச்சியானது

$$y = y(x, t) = A \sin(kx - \omega t)$$

அடுத்த கணம்  $t' = t + \Delta t$ யில் P ன் நிலை  $x' = x + \Delta x$  என்க. இந்தப் புதிய கணகத்தில் (t) இடப்பெயர்ச்சி

$$\begin{aligned} y &= y(x', t') = y(x + \Delta x, t + \Delta t) \\ &= A \sin[k(x + \Delta x) - \omega(t + \Delta t)] \end{aligned}$$

அலையின் வடிவம் மாறாதது அதாவது அலையின் கட்டம் மாறாது (எனவே y இப்பெயர்ச்சி ஒரு மாறிலி) எனவே சமப்படுத்த,

கட்டம் மாறாது (எனவே y இடப்பெயர்ச்சி ஒரு மாறிலி) எனவே சமப்படுத்த,

$$\begin{aligned} y(x', t') &= y(x, t), \\ A \sin[k(x + \Delta x) - \omega(t + \Delta t)] &= A \sin(kx - \omega t) \end{aligned}$$

அல்லது

$$k(x + \Delta x) - \omega(t + \Delta t) = kx - \omega t = \text{மாறிலி}$$

தீர்க்க,

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\omega}{k} = v_p$$

இங்கு  $v_p$  அலையின் திசைவேகம் (wave velocity) அல்லது கட்ட திசைவேகம் (phase velocity) கோண அதிர்வெண், அலை எண்களை அதிர்வெண் மற்றும் அலைநீளம் மூலம் எழுத, இதன் மூலம் கோண அதிர்வெண், அலைஎண் மற்றும் திசை வேகங்களை கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.



திசைவேகங்களை கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$v = \frac{\omega}{k} = \lambda f$$

**மேற்பொருந்துதல் தத்துவம்:**

ஒரு முனையில் கட்டப்பட்ட கம்பியின் ஒரு முனையை சட்டென்று மேல் இழுத்துவிட்டால், அலைத்துடிப்பு ஏற்படும். மேலும் அது கம்பியில் முன்னேறிச் செல்கிறது. மாறாக கம்பியின் இரு முனையையும் இருவர் பிடித்துக்கொண்டு, இருவரும் ஒரே கணத்தில் அம்முனைகளை சட்டென்று மேல் இழுத்துவிட்டால், இரண்டு அலைத் துடிப்புகள் ஒன்றை நோக்கி ஒன்று நகர்ந்து, ஒரு புள்ளியில் சந்தித்து, அப்புள்ளியை கடந்து அதே வடிவில் செல்லும். ஆனால், குறுக்கிடும் புள்ளியில் மட்டும் அவற்றின் பண்பு முழுவதும் மாறுபட்டு, காட்டியவாறு குறுக்கிடும் துடிப்புகள் ஒரே வடிவம் பெற்றுள்ளனவா அல்லது எதிர் வடிவம் பெற்றுள்ளனவா என்பதைப் பொறுத்து அமையும்.

ஒரே வடிவம் கொண்ட துடிப்புகள், குறுக்கிடும் போது தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி, தனிப்பட்ட இடப்பெயர்ச்சிகளின் கூடுதலாக அமைவதால், அங்கு வீச்சு, தனிப்பட்ட இருதுடிப்புகளின் வீச்சுகளை விட அதிகமாக இருக்கும். அதே நேரத்தில் இரு துடிப்புகளின் வீச்சுகள் சமமாக இருந்து, ஆனால் வடிவங்கள் 180 எதிர்கட்டத்தில் குறுக்கிட்டால், வீச்சுகள் ஒன்றையொன்று அழித்துக் கொண்டும், அப்புள்ளியைக் கடந்த பிறகு அதே வடிவத்தை மீண்டும் பெற்று எதிர் எதிராக முன்னேறுகின்றன. அலைகள் மட்டுமே இதுபோன்ற ஆச்சரியப்படும் பண்பை பெற்றுள்ளன. இந்நிகழ்வை நாம் மேற்பொருந்துதல் தத்துவம் என்கிறோம். அலைகள் குறுக்கிடும்போது ஏற்படும் தொகுபயன் பண்புகளை மேற்பொருந்துதல் தத்துவம் விளக்குகிறது.

இதை எத்தனை அலைகளுக்கு வேண்டுமானாலும் விரிவுபடுத்தலாம். அதாவது இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அலைகள் ஒரே நேரத்தில் ஓர் ஊடகத்தில் குறுக்கிட்டால், தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சியானது, தனிப்பட்ட அலைகளின் இடப்பெயர்ச்சிகளின் வெக்டர் கூடுதலாக அமையும். அலைகள் என்பது அலைச்சமன்பாட்டிற்கு பொருந்தி (அலைச் சமன்பாடு என்பது இருபடி பகுதி வகைக்கெழு நேர் சமன்பாடு) அமைந்துள்ளன. அவைநேராக இணையும் போது (அலைகளின் நேர் மேற்பொருந்துதல் என அழைக்கப்படுகிறது) தொகுபயனும் அதே வகைக்கெழு சமன்பாட்டுடன் பொருந்தும்.

கணித முறையில் புரிந்துகொள்ள இரு சார்புகளை, அலைகளின் இடப்பெயர்ச்சிகளைக் கருதுவோம். எடுத்துக்காட்டாக,

$$y_1 = A_1 \sin(kx - \omega t)$$

மற்றும்

$$y_2 = A_2 \cos(kx - \omega t)$$

$y_1, y_2$  இரண்டும் அலை சமன்பாட்டுக்கு ஒத்துள்ளதால், அதன் கூடுதல்,

$$y = y_1 + y_2$$

இதுவும் அலைச்சமன்பாட்டிற்கு பொருந்துகிறது. அதாவது, இடப்பெயர்ச்சிகள் கூடுதலுக்கு உட்படும் தன்மையுடையவை.  $y_1, y_2$  வை ஒரு மாறிலி மூலம் பெருக்கினால் அவற்றின் வீச்சு அந்த மாறிலி மடங்கு அதிகரிக்கும்.

அதாவது  $C_1, C_2$  என்ற மாறிலிகளைக் கொண்டு முறையே இடப்பெயர்ச்சி  $y_1, y_2$  யை பெருக்கினால், தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி

$$y = C_1 y_1 + C_2 y_2$$

இதை எத்தனை அலைகளுக்கு வேண்டுமானாலும் பொதுவாக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக  $n$  அலைகளை கருதினால், மேலும் ஒருபரிமாணத்தைவிட அதிக பரிமாணங்களில் கருதினால், நாம் இடப்பெயர்ச்சியை வெக்டர் வடிவில் எழுதவேண்டும். இதன் அடிப்படையில் தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி,

$$\dot{y} = \sum_{i=1}^n C_i \dot{y}_i$$

மேற்பொருந்துதல் தத்துவம் கீழ்க்கண்டவற்றை விளக்குகிறது.

1. வெளி (அல்லது) வெளி சார்ந்த குறுக்கீட்டு விளைவு (இதுவே எளிமையாக குறுக்கீட்டு விளைவு எனவும் கருதப்படுகிறது)
2. நேரம் அல்லது நேரஞ்சார்ந்த குறுக்கீட்டு விளைவு (விம்மல்கள் எனவும் அழைக்கப்படுகிறது)
3. நிலை அலைகள் தத்துவம்

மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்திற்கு ஒத்துச் செல்லும் அலைகள் (வீச்சு, அலைநீளத்தை விட மிகக்குறைவாக உள்ள அலைகள்) நேர் அலைகள் எனப்படும். அலையின் வீச்சு அதிகமாக இருந்தால், அந்த அலைகள் நேர் தன்மையற்ற அலைகள் எனப்படும். இந்த அலைகள் நேர் மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தை மீறும். எடுத்துக்காட்டு: லேசர், இந்த பாடத்தில் நாம் நேர் அலைகளை மட்டும் பார்ப்போம். கீழ்க்கண்ட துணைத் தலைப்புகளில் ஒன்றன் பின் ஒன்றாக விவாதிப்போம்.

#### அலைகளின் குறுக்கீட்டுவிளைவு:

இரு அலைகள் மேற்பொருத்துவதால் அதன் தொகுப்பு அலையின் வீச்சில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு, குறைவு அல்லது வீச்சு மாறாமல் இருக்கும் விளைவு குறுக்கீட்டு விளைவு எனப்படும்.

ஒரே அதிர்வெண்ணும், நிலையான கட்டவேறுபாடு ழ மற்றும் ஒரே அலை வடிவம் கொண்ட இரு சீரிசை அலைகள் (ஓரியல் மூலங்கள் எனக் கருதலாம்) அவற்றின் வீச்சுகள்  $A_1$ ,  $A_2$  எனில்

$$y_1 = A_1 \sin(kx - \omega t)$$

$$y_2 = A_2 \sin(kx - \omega t + \phi)$$

ஒரே திசையில், ஒரே நேரத்தில் இயங்கினால் அவைகளின் குறுக்கீட்டு விளைவு (அதாவது இரு அலைகளும் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்துதல்) ஏற்படும் கணிதப்படி,

$$y = y_1 + y_2$$

பொருத்த நமக்கு கிடைப்பது,

$$y = A_1 \sin(kx - \omega t) + A_2 \sin(kx - \omega t + \phi)$$

திரிகோணமிதிப்படி

$$\sin(\alpha + \beta) = (\sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta)$$

எனவே

$$y = A_1 \sin(kx - \omega t) + A_2 [\sin(kx - \omega t) \cos \phi + \cos(kx - \omega t) \sin \phi]$$

$$y = \sin(kx - \omega t)(A_1 + A_2 \cos \phi) + A_2 \sin \phi \cos(kx - \omega t)$$

$$A \cos \theta = (A_1 + A_2 \cos \phi)$$

$$\text{மற்றும் } A \sin \theta = A_2 \sin \phi$$

எனக் கொண்டால் சமன்பாடு மாற்றி எழுதலாம்

$$y = A \sin(kx - \omega t) \cos \theta + A \cos(kx - \omega t) \sin \theta$$

$$y = A(\sin(kx - \omega t) \cos \theta + \sin \theta \cos(kx - \omega t))$$

$$y = A \sin(kx - \omega t + \theta)$$

மற்றும் வை இருமடியாக்கி கூட்ட,

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \phi$$

செறிவு என்பது வீச்சின் இருமடி என்பதால் ( $I = A^2$ ) தொகுபயன் செறிவு அப்புள்ளியில் கட்டவேறுபாட்டை பொருத்து அமையும்.

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \phi$$

**ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு:**

ஒரு அலையின் முகடு, மற்றொரு அலையின் முகடுடன் மேற்பொருந்தும் போது, அவற்றின் வீச்சுகள் கூட்டப்பட்டு, ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவு ஏற்பட்டு, அதன் வீச்சு தனிப்பட்ட அலைகளின் வீச்சுகளை விட அதிகமாக இருக்கும்.

ஆக்க குறுக்கீட்டு விளைவு ஒரு புள்ளியில் ஏற்பட்டால் அப்புள்ளியில் செறிவு பெருமமாக இருக்கும். அதாவது

$$\cos \phi = +1 \Rightarrow \phi = 0, 2\pi, 4\pi, \dots = 2n\pi,$$

$$\text{இங்கு } n = 0, 1, 2, \dots$$

இந்தகட்ட வேறுபாட்டில், இரு அலைகள் மேற்பொருந்தினால், ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவு ஏற்படும்.

$$I_{\text{maximum}} = (\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2})^2 = (A_1 + A_2)^2$$

எனவே, தொகுபயன் வீச்சு,

$$A = A_1 + A_2$$

**அழிவுகுறுக்கீட்டுவிளைவு:**

ஒரு அலையின் அகடு, மற்றொரு அலையின் முகடு உடன் சேர்ந்தால் (மேற்பொருந்தினால்) அங்கு அழிவு குறுக்கீட்டு விளைவு ஏற்படும். அழிவு குறுக்கீட்டு விளைவு ஏற்படும் புள்ளியில் செறிவுசிறுமமாக இருக்கும். அதாவது  $\cos \phi = -1 \Rightarrow \phi = \pi, 3\pi, 5\pi, \dots = (2n-1)\pi$ , இங்கு  $n = 0, 1, 2, \dots$ . இந்தக் கட்டவேறுபாட்டுடன் இரு அலைகள் மேற்பொருந்தும் போது அழிவு குறுக்கீட்டு விளைவு ஏற்படும்.

எனவே,

$$I_{\text{சிறுமம்}} = (\sqrt{I_1} - \sqrt{I_2})^2 = (A_1 - A_2)^2$$

**தொகுபயன் வீச்சு:**

$$A = |A_1 - A_2|$$

அழிவு குறுக்கீட்டு விளைவுக்கு ஒரு எளிய காட்சி விளக்கம் செய்துகாட்டலாம்.

S என்ற ஒலிப்பானிலிருந்து (Speaker) ஒலி அலைகள் P என்ற குழாய் மூலம் அனுப்பப்படுகிறது. P ஆனது T வடிவிலான ஒரு சந்தியாக உள்ளது. எனவே ஒலி அலையின் பாதி ஆற்றல் ஒரு திசையிலும் மறுபாதி ஆற்றல் எதிர் திசையிலும் செல்கிறது. இதே போல் ஒலி ஆற்றல் நோக்குநரையும் இருபாதைகளின் வழியே சென்றடைகிறது. ஒலி அலையானது ஒலிப்பானிலிருந்து, நோக்கு நரை ஏதேனும் ஒரு பாதை வழியே சென்றடையும் பாதைநீளம்  $r$  என்க. படத்திலிருந்து கீழ் பாதை நீளம்  $r_1$  நிலையானது மேல்பாதை நீளம் ஆனது, மேலே உள்ள நகரும் குழாய் மூலம் மாற்றக்கூடியது. இந்த இரு பாதை நீளங்களுக்கான வேறுபாடு பாதை வேறுபாடு  $\Delta r$  எனப்படுகிறது.

பாதை வேறுபாடு  $\lambda$ , சுழியாகவோ அல்லது அலை நீளங்களின் ( $\lambda$ ) முழு எண் மடங்குகளாகவோ இருக்கும், எனில்

$$\Delta r = n\lambda$$

$$\text{இங்கு, } n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

$r_1$   $r_2$  பாதைகளில் வரும் இவ்விருஅலைகள் எந்தவொருக் கணத்திலும் நோக்குநரை ஒரே கட்டத்தில் (கட்டவேறுபாடு  $0^\circ$  அல்லது  $2\pi$ ) சந்திக்கும் போது ஆக்கக்குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தும். இந்த நிகழ்வுகளில் (நோக்குநரால்) ஒலியின் செறிவு பெருமமாக உணரப்படும்.

பாதை வேறுபாடு அலை நீளத்தின் ( $\lambda$ ) அரை எண் மதிப்புகளாக அமைந்தால், கணிதப்படி,

$$\Delta r = n \frac{\lambda}{2} \quad \text{இங்கு, } n = 1, 3$$

(n ஒற்றைஎண்)

இந்த நிலையில் காட்டியவாறு,  $r_1$   $r_2$ பாதைகளின் வழியே நோக்குநரை எந்த ஒரு கணத்திலும் அடையும் ஒலி அலைகள் எதிர் கட்டத்தில் (கட்டவேறுபாடு  $\pi$  அல்லது  $180^\circ$ ) அமையும் போது அழிவு குறுக்கீட்டு விளைவு ஏற்படும்.

இந்நிகழ்வுகளில், நோக்குநரால் சிறும செறிவு (அல்லது சுழிசெறிவு அதாவது ஒலியே இருக்காது) உணரப்படும். பாதை வேறுபாடு, கட்ட வேறுபாடுகளுக்கிடையேயான தொடர்பு

$$\text{கட்டவேறுபாடு} = \frac{2\pi}{\lambda} (\text{பாதைவேறுபாடு})$$

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta r \quad \text{அல்லது} \quad \Delta r = \frac{\lambda}{2\pi} \Delta\phi$$

$$DB = 10 \text{ m மற்றும் } OC = \frac{1}{2} (5) = 2.5$$

$$CD = OC - 1 = 2.5 \text{ m} + 1 \text{ m} = 1.5 \text{ m}$$

$$x_1 = \sqrt{(10)^2 + (1.5)^2} = \sqrt{100 + 2.25}$$

$$= \sqrt{102.25} = 10.1 \text{ m}$$

செங்கோண முக்கோணம் EFB ல்

$$DB = 10 \text{ m மற்றும் } OE = \frac{1}{2} (5) = 2.5 \text{ m} = FA$$

$$FB = FA + AB = 2.5 \text{ m} + 1 \text{ m} = 3.5 \text{ m}$$

$$x_2 = \sqrt{(10)^2 + (3.5)^2} = \sqrt{100 + 12.25}$$

$$= \sqrt{112.25} = 10.6 \text{ m}$$

பாதை வேறுபாடு  $\Delta x = x_2 - x_1 = 10.6 \text{ m} - 10.1 \text{ m} = 0.5 \text{ m}$ . இந்த பாதை வேறுபாடு  $\frac{\lambda}{2}$  விற்கு சமமாக வேண்டும்.

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2} = 0.5 \Rightarrow \lambda = 1.0 \text{ m}$$

ஒலி மூலத்தின் அதிர்வெண் காண,

$$v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343}{1} = 343 \text{ Hz}$$

$$= 0.3 \text{ kHz}$$

ஒலிப்பான்கள், மூலத்திலிருந்து எதிர்கட்டத்திலிருந்தால் பாதைவேறுபாடு  $\frac{\lambda}{2}$  மேலும்  $\frac{\lambda}{2}$  பாதை வேறுபாடு உருவாகும் போது, மொத்தபாதை வேறுபாடு  $\lambda$  ஆகும். எனவே அலைகள் ஒரே கட்டத்தில் அமைவதால், B- ல் ஒலியின் செறிவு பெருமமாக இருக்கும்.

**விம்மல்கள் தோன்றும் வீதம்:**

சற்றே வேறுபட்ட அதிர்வெண் கொண்ட இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அலைகள் மேற்பொருந்துவதால், ஒரு புள்ளியில் நேரத்தைப் பொருத்து வீச்சுமாறு படுகின்ற ஒலிகேட்கும் இந்த விளைவே விம்மல்கள் எனப்படும். ஒரு வினாடியில் ஏற்படும் வீச்சு பெருமங்களின் எண்ணிக்கையே விம்மல் அதிர்வெண் எனப்படும். இரண்டு ஒலி மூலங்கள் மட்டுமே இருந்தால், அவற்றின் அதிர்வெண் வேறுபாடே விம்மல் அதிர்வெண் எனப்படும். ஒரு வினாடியில் விம்மல்களின் எண்ணிக்கை  $n = |f_1 - f_2|$

## நிலையான அலைகள் (Stationary Waves)

### நிலை அலைகளுக்கான விளக்கம்

அலை ஒன்று கடினமான ஒன்றின் மீதுமோதும் போது, அது மீண்டெழுந்து வந்து அதே ஊடகத்தில் எதிர்த்திசையில், பழைய அலையுடன் (மோதிய அலை) மேற்பொருந்துவதால் கிடைக்கும் அலை வடிவமே நிலை அலைகள் அல்லது நிலையான அலைகள் எனப்படும்.

ஒரேவீச்சு, ஒரே திசைவேகம் கொண்ட இரு சீரிசை முன்னேறு அலைகள் (கம்பி ஒன்றில் உண்டான) எதிர் எதிர் திசையில் இயங்குகின்றன என்க.

முதல் அலையின் (படுஅலை) இடப்பெயர்ச்சி,

$$y_1 = A \sin(kx - \omega t)$$

(வலதுபக்கம் நரும் அலை)

இரண்டாவது அலையின் (எதிரொலிப்புஅலை) இடப்பெயர்ச்சி

$$y_2 = A \sin(kx + \omega t)$$

(இடது பக்கம் நகரும் அலை)

மேற்பொருந்துதல் தத்துவப்படி, இரு அலைகளும் குறுக்கீடுஅடைந்து, தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி,

$$y = y_1 + y_2$$

சமன்பாடு பொருத்த,

$$y = A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx + \omega t)$$

திரிகோண மிதி விதிகளை பயன்படுத்தியை மாற்றி எழுத

$$y(x, t) = 2A \cos(\omega t) \sin(kx)$$

இதுவே, நிலை அல்லது நிலையான அலைகள் எனப்படும். இது முன்னோக்கியோ அல்லது பின்னோக்கியோ நகராது. ஆனால் முன்னேறு அலை அல்லது இயங்கு அலை முன்னோக்கியோ அல்லது பின்னோக்கியோ நகரும்.

$$y(x, t) = A' \cos(\omega t)$$

இங்கு,  $A' = 2A \sin(kx)$ , இது அதிர்வுறுக்கம்பியின் குறிப்பிட்ட பகுதி  $A'$  வீச்சுடன் தனிச்சீரிசை இயக்கத்திலுள்ளதை குறிக்கிறது.  $\sin(kx)$  பெருமமாக உள்ள நிலையில்,  $A'$  பெரும மதிப்பில் இருக்கும்.

$$\sin(kx) = 1 \Rightarrow kx = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \dots = m\pi$$

இங்கு  $m$  என்பது அரை முழு எண் அல்லது அரைஎண் மதிப்புகள். வீச்சின் பெரும மதிப்பு உள்ள நிலையை எதிர்க்கணு என்கிறோம். அலை எண்ணை அலைநீளத்தை பயன்படுத்தி குறிக்கும் போது  $m$  ஆனது எதிர் கணுவின் நிலையை கீழ்க்கண்டவாறு குறிக்கலாம்.

$$x_m = \left(\frac{2m+1}{2}\right) \frac{\lambda}{2}, \text{ இங்கு } m = 0, 1, 2,$$

$m = 0$  எனில் பெருமத்தின் நிலை

$$x_0 = \frac{\lambda}{4}$$

$m = 1$  எனில், பெருமத்தின் நிலை

$$x_1 = \frac{3\lambda}{4}$$

$m = 2$  எனில் பெருமத்தின் நிலை

$$x_2 = \frac{5\lambda}{4}$$

என்றவாறு அமையும்

அடுத்தடுத்தஎதிர் கணுக்களுக்கிடையேயான தூரத்தைகீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

$$x_m - x_{m-1} = \left(\frac{2m+1}{2}\right) \frac{\lambda}{2} - \left(\frac{(2m+1)+1}{2}\right) \frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{2}$$

A' ன் பெரும மதிப்பு வெளியின் சில புள்ளிகளிலும் சிறும மதிப்பு வெளியின் வேறு சில புள்ளிகளிலும் அமையும்.

$$\sin(kx) = 0 \Rightarrow kx = 0, \pi, 2\pi, 3\pi, \dots = n\pi$$

இங்கு  $n$  ஒரு முழு எண் அல்லது முழு எண் மதிப்புகள். எந்தப் புள்ளிகளில் அதிர்வு இல்லையோ (இயக்கம் இல்லையோ) அப்புள்ளிகள் கணு எனப்படும்.

$n$  ஆவது கணுவின் நிலை

$$x_n = n \frac{\lambda}{2} \text{ இங்கு, } n = 0, 1, 2$$

$n = 0$  எனில் சிறுமம் ஏற்படும் நிலை

$$x_0 = 0$$

$n = 1$  எனில் சிறுமம் ஏற்படும் நிலை

$n = 1$  எனில் சிறுமம் ஏற்படும் நிலை

$$x_1 = \frac{\lambda}{2}$$

$n = 2$  எனில் சிறுமம் ஏற்படும் நிலை

$$x_2 = \lambda$$

என்றவாறு அமையும்.

அடுத்தடுத்த கணுக்களுக்கிடையேயான தொலைவைக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

$$x_n - x_{n-1} = n \frac{\lambda}{2} - (n-1) \frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{2}$$

**நிலைஅலைகளின் பண்புகள்:**

1. இரு திடமான எல்லைகளுக்கிடையே கட்டுப்படுத்தப்பட்ட அலை. எனவே இது ஊடகத்தில் முன்னோக்கியோ பின்னோக்கியோ நகராது. அதாவது அதனுடைய இடத்தில் நிலையாக இருக்கும். எனவே, இது நிலை அல்லது நிலையான அலைகள் எனப்படுகிறது.

**முன்னேறு அலைகளுக்கும், நிலை அலைகளுக்குமிடையேயான ஒப்பீடு:**

வ.எண்	முன்னேறுஅலைகள்	நிலைஅலைகள்
1.	முன்னேறு குறுக்கலையில் முகடும், அகடும் ஏற்படும். முன்னேறு நெட்டலைகளில் இறுக்கமும், தளர்ச்சிகளும் ஏற்படும். இந்த அலைகள் ஓர் ஊடகத்தில் முன்னோக்கியோ அல்லது பின்னோக்கியோ நகர்ந்து கொண்டிருக்கும். அதாவது ஒரு குறிப்பிட்ட திசைவேகத்துடன் ஊடகம் ஒன்றில் முன்னேறிக் கொண்டிருக்கும்.	நிலை குறுக்கலைகளில் முகடும், அகடும் ஏற்படும் நிலை நெட்டலைகளில் இறுக்கமும், தளர்ச்சிகளும் ஏற்படும். இவை அலைகள் ஊடகத்தில் முன்னோக்கியோ பின்னோக்கியோ நகராது. இவை ஊடகத்தில் முன்னேறாத அலைகள்.
2.	அலை செல்லும் திசையில் உள்ள அனைத்து துகள்களும் சமவீச்சுடன் அதிர்வுறும்	கணுவில் உள்ள துகள்கள் தவிர்மற்ற அனைத்து துகள்களும் வெவ்வேறு வீச்சுகளுடன் அதிர்வுறும். வீச்சு கணுவில் சுழி அல்லது சிறுமம். எதிர்கணுவில் பெருமம்.
3	ஆற்றலை தாங்கிச் செல்லும்	ஆற்றலைக் கடத்துவதில்லை

2. பெரும வீச்சு நிலையிலுள்ள புள்ளிகள் எதிர்க்கணு எனவும், சுழிவீச்சு நிலையிலுள்ள புள்ளிகள் கணுஎனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

3. அடுத்தடுத்த இரு கணு அல்லது எதிர்க்கணுக்களுக்கிடையேயான தொலைவு  $\frac{\lambda}{2}$

4. ஒரு கணு, அதற்கு அடுத்த எதிர்க்கணுவிற்கு இடையேயான தொலைவு  $\frac{\lambda}{4}$
5. நிலையான அலைகளின் வழியே கடத்தப்படும் ஆற்றல் சுழியாகும்.

**சுரமானியில் ஏற்படும் நிலைஅலைகள்:**

சுரம் என்பது ஒலியுடன் தொடர்புடையது. அதனால் சுரமானி என்பது ஒலி தொடர்பானவற்றை அளக்கப்பயன்படும் கருவி. கம்பிகளில் ஏற்படும் நிலையான குறுக்கலைகளின் அதிர்வெண், கம்பியின் இழுவிசை, அதிர் நீளம், ஓரலகு கம்பியின் நிறை ஆகியவற்றை காட்சி விளக்கம் செய்து அளக்க பயன்படுத்தும் கருவியாகும்.

எனவே, இக்கருவியை பயன்படுத்தி கீழ்க்கண்ட அளவுகளை அளக்கலாம்.

1. இசைக்கவை அல்லது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண்
2. கம்பியின் இழுவிசை
3. தொங்கவிடப்பட்ட பொருளின் நிறை

**அமைப்பு:**

சுரமானி என்பது ஒரு மீட்டர் நீளமுள்ள ஒரு மரப்பெட்டி அதன் மீது சீரான உலோகக்கம்பி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். கம்பியின் ஒரு முனை ஒரு கொக்கியுடனும், மறுமுனை ஒரு உருளை கம்பி வழியே ஓர் நிறைத்தாங்கியுடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பியின் இழுவிசையை அதிகரிக்க மறுமுனையில் நிறைகள் சேர்க்கப்படுகிறது. இரண்டு நகர்த்தக் கூடிய கூர் முனைகள் கம்பியை கீழே தொட்டவாறு சுரமானியின் பலகை மீது வைக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றிற்கிடையேயானத் தொலைவை மாற்றி அதிர்வுறும் கம்பியின் நீளத்தை மாற்றலாம்.

**செயல்பாடு:**

நிலையான குறுக்கலைகள் கம்பியில் ஏற்படுத்தப்படுகிறது. எனவே கூர்முனை P, Q, வில் கணுக்களும் உருவாகின்றன. அதிர்வுறும் கம்பியின் நீளம்  $l$  என்க.

$$l = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2l$$

அதிர்வுறும் கம்பியின் அதிர்வெண்  $f$  என்க.  $T$  கம்பியின் இழுவிசை,  $\mu$  என்பது ஓரலகு கம்பியின் நிறை எனில்,

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$\rho$  என்பது கம்பிப் பொருளின் அடர்த்தி,  $d$  கம்பியின் விட்டம் எனில் ஓரலகு கம்பியின் நிறை,

$$\mu = \text{பரப்பு} \times \text{அடர்த்தி} = \pi r^2 \rho = \frac{\pi d^2 \rho}{4}$$

$$\text{அதிர்வெண் } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{\frac{\pi d^2 \rho}{4}}}$$

$$\therefore f = \frac{1}{ld} \sqrt{\frac{T}{\pi \rho}}$$

**அடிப்படை அதிர்வெண் மற்றும் மேற்சுரங்கள்:**

திடமான எல்லைகளை  $x = 0$  மற்றும்  $x = L$  ஆக கருதுவோம். கம்பியை மையத்தில் இருந்து ஆட்டி (கிதார் கம்பி) நிலை அலைகள் ஏற்படுத்துக. அந்த நிலை அலைகள் குறிப்பிட்ட அலை நீளத்தை பெற்றிருக்கிறது. எல்லைகளில் வீச்சு குறைந்து மறைவதால், இடப்பெயர்ச்சிகள் கீழ்க்கண்ட நிபந்தனைக்கு உட்பட வேண்டும்.

$$y(x=0,t) = 0 \text{ மற்றும் } y(x=L,t) = 0$$

ஒவ்வொரு கணுவும்  $\frac{\lambda_n}{2}$  இடைத்தொலைவில் அமைவதால் நமக்கு  $n\left(\frac{\lambda_n}{2}\right) = L$  இங்கு  $n$  ஒரு முழு

எண்,  $L$  என்பது எல்லைகளின் இடைத்தொலைவு, என்பது எல்லைக்குட்பட்ட நிபந்தனைகளை பூர்த்தி செய்யும் குறிப்பிட்ட அலை நீளமாகும்.

$$\lambda_n = \left(\frac{2L}{n}\right)$$

எனவே, குறிப்பிட்ட எல்லைக்கு அனைத்து அலை நீளங்களும் ஏற்படாது, குறிப்பிட்ட அலைநீளம் மட்டுமே ஏற்படும்.

$$n = 1, \text{ முதல் நிலை அதிர்வுக்கு, } \lambda_1 = 2L$$

$$n = 2, 2 \text{ ம் நிலை அதிர்வுக்கு,}$$

$$\lambda_2 = \left(\frac{2L}{2}\right) = L$$

$$n = 3, 3 \text{ ம் நிலை அதிர்வுக்கு,}$$

$$\lambda_3 = \left(\frac{2L}{3}\right)$$

இவ்வாறாக மற்ற  $n$  மதிப்புகளுக்கும் அமையும். ஒவ்வொரு நிலை அதிர்வுக்குமான, அதிர்வெண் இயல்நிலை அதிர்வெண் (Natural Frequency) எனப்படும். அதை கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = n\left(\frac{v}{2L}\right)$$

இந்த இயல் அதிர்வெண்ணின், மிகக் குறைந்த மதிப்பு அடிப்படை அதிர்வெண் (Fundamental Frequency) எனப்படும்.

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \left(\frac{v}{2L}\right)$$

இரண்டாவது இயல் அதிர்வெண் முதல் மேற்கரம் எனப்படும்.

$$f_2 = 2\left(\frac{v}{2L}\right) = \frac{1}{L}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

மூன்றாவது இயல் அதிர்வெண் 2வது மேற்கரம் எனப்படும்.

$$f_3 = 3\left(\frac{v}{2L}\right) = 3\left(\frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{\mu}}\right)$$

மேலும் இது போன்று அமையும் எனவே,  $n$ வது இயல் அதிர்வெண்.

$$f_n = nf_1 \text{ இங்கு } n \text{ ஒரு முழு எண்}$$

இயல் அதிர்வெண்கள், அடிப்படை அதிர்வெண்ணின் முழு எண் மடங்குகளாக அமையும் போது, அந்த அதிர்வெண்கள் சீரிசைகள் எனப்படும். எனவே, முதல் சீரிசை என்பது  $f_1 - f_1$  (அடிப்படை அதிர்வெண் முதல் சீரிசை எனப்படும்),

2வது சீரிசை  $f_2 = 2f_1$ , 3வது சீரிசை  $f_3 = 3f_1$  மற்றும் பிற.

**இழுத்துக் கட்டப்பட்ட கம்பியில் ஏற்படும் குறுக்கலைக்கான விதிகள்:**  
**மூன்றுவிதிகள்**

### 1. நீளத்திற்கான விதி:

கொடுக்கப்பட்ட கம்பியின், இழுவிசை  $T$  (நிலையானது) மற்றும் ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை  $\mu$  (நிலையானது) எனில், அதிர்வெண் அதிர்வுறும் கம்பியின் நீளத்திற்கு எதிர்த்தகவில் அமையும்.



**இழுத்துக் கட்டப்பட்ட கம்பியில் ஏற்படும் குறுக்கலைக்கான விதிகள்:**  
மூன்று விதிகள்

**நீளத்திற்கான விதி:**

கொடுக்கப்பட்ட கம்பியின், இழுவிசை  $T$  (நிலையானது) மற்றும் ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை (நிலையானது) எனில், அதிர்வெண் அதிர்வுறும் கம்பியின் நீளத்திற்கு எதிர்த்தகவில் அமையும்.

$$f \propto \frac{1}{l} \Rightarrow f = \frac{C}{l}$$

$\Rightarrow l \times f = C$ , இங்கு  $C$  மாறிலி

**இழுவிசைக்கானவிதி:**

கொடுக்கப்பட்ட அதிர்வுறும் கம்பியின் நீளம்  $l$  (நிலையானது) மற்றும் ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை  $\mu$  (நிலையானது) எனில் அதிர்வெண் இழுவிசை  $T$  இன் இருமடி மூலத்திற்கு நேர்த்தகவில் அமையும்.

$$f \propto \sqrt{T}$$

$\Rightarrow f = A\sqrt{T}$ , இங்கு  $A$  ஒரு மாறிலி

**நிறைக்கானவிதி:**

கொடுக்கப்பட்ட அதிர்வுறும் கம்பியின் நீளம்  $l$  (நிலையானது) மற்றும் இழுவிசை  $T$  (நிலையானது) எனில் அதிர்வெண், ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை  $\mu$  இன் இருமடி மூலத்திற்கு எதிர்த்தகவில் அமையும்.

$$f \propto \frac{1}{\sqrt{\mu}}$$

$\Rightarrow f = \frac{B}{\sqrt{\mu}}$  இங்கு  $B$  ஒரு மாறிலி

**செறிவு (Intensity) மற்றும் உரப்பு (Loudness):**

ஓர் ஒலி மூலம் மற்றும் இரு கேட்பவரை (ஒலியை கேட்பவர்) கருதுக. ஒலி மூலம் ஒலியை உமிழ்கிறது மேலும் ஆற்றலை எடுத்துச் செல்கிறது. யார் அளந்தாலும் ஒலியின் ஆற்றல், அனைவருக்கும் ஒரே அளவாகவே இருக்கும். எனவே, ஒலி ஆற்றல் அப்பகுதியில் உள்ள கேட்பவரைச் சார்ந்தல்ல. ஆனால் இரு கேட்பவர்களை கருதினால் அவர்கள் உணரும் ஒலி மாறுபட்டது. இது காதின் உணர்திறன் போன்ற சில காரணிகளைச் சார்ந்தது. இவற்றை அளவிட செறிவு, உரப்பு என்ற இரு அளவுகளை வரையறுக்கிறோம்.

**ஒலியின் செறிவு:**

ஒலி மூலம் ஒன்றிலிருந்து ஒலி அலைகள் பரவும் போது, ஆற்றலானது சுற்றியுள்ள அனைத்து, (இயலக்கூடிய) வழிகளிலும் எடுத்துச் செல்லப்படும்.

ஓரலகு நேரத்தில் அல்லது ஒரு வினாடியில் உமிழப்படும் அல்லது ஊடுருவும் சராசரி ஒலி ஆற்றலே, ஒலியின் திறன் எனப்படும்.

எனவே, ஒலி முன்னேறும் திசைக்கு செங்குத்தாக ஓரலகு பரப்பின் வழியே ஊடுருவிச் செல்லும் ஒலித்திறனே, ஒலியின் செறிவு (Intensity) என வரையறுக்கப்படுகிறது.

ஒரு குறிப்பிட்ட ஒலி மூலத்திற்கு (நிலையான மூலம்), அதன் ஒலிச் செறிவானது ஒலி மூலத்திலிருந்து தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவில் அமையும்

$$I = \frac{\text{ஒலி மூலத்தின் திறன்}}{4\pi r^2} \Rightarrow I \propto \frac{1}{r^2}$$

இதுவே, ஒலிச் செறிவின் எதிர்விகித இருமடிவிதியாகும்.

### ஒலியின் உரப்பு:

ஒரே செறிவு கொண்ட இரு ஒலி மூலங்கள் ஒரே ஒலி உரப்பு பெற்றிருக்கத் தேவையில்லை. எடுத்துக்காட்டாக பலூன் ஒன்று அமைதியான மூடப்பட்ட அறையில் வெடிக்கும் போது அதன் உரப்பு அதிகமாகவும், அதேபோல சுத்தமான சந்தையில் வெடிக்கும் போது உரப்பு மிகக்குறைவாகவும் இருக்கும். இங்கு செறிவு சமமாக இருப்பினும் உரப்பு அவ்வாறாக இல்லை. ஒலிச் செறிவு அதிகரிக்கும் போது உரப்பும் அதிகரிக்கும். ஒலியின் செறிவைக் காட்டிலும் இங்கு கூடுதலாக உற்றுநோக்குபவரின் நுட்பம் மற்றும் அனுபவம் அகிய காரணிகள் எவ்வளவு அதிக உரப்பு உள்ள ஒலி என்பதை அறிவதில் பங்குவகிக்கிறது. இதுவே ஒலியின் உரப்பு எனப்படுகிறது. கேட்பவரின் உணர்திறனும் இங்கு பங்கு வகிக்கிறது. எனவே, ஒலி உரப்பு, ஒலியின் செறிவு மற்றும் காதின் உணர்திறன் (இது தெளிவாக கேட்பவரைப் பொறுத்த அளவு. மேலும் இது ஒருவருக்கு ஒருவர் மாறுபடும்) ஆகியவற்றைப் பொருத்தது. ஆனால் ஒலிச் செறிவு கேட்பவரைப் பொறுத்தது அல்ல. எனவே, ஒலி உரப்பு என்பது “ஒலியை காது உணரும் திறனின் நிலை அல்லது கேட்பவரின் ஒலி உணரும் திறன்” என வரையறுக்கப்படுகிறது.

### ஒலியின் செறிவு மற்றும் உரப்பு:

நமது காது உணரக்கூடிய ஒலியின் செறிவு இடைவெளி  $10^{-2} \text{ Wm}^{-2}$  லிருந்து  $20 \text{ W m}^{-2}$  வெபர் - பெக்னர் விதிப்படி “உரப்பு மனிதர்களாலன்றி கருவி ஒன்றின் மூலம் அளக்கப்பட்ட செறிவின் (I) மடக்கை மதிப்புக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

$$L \propto \ln I$$

$$L = k \ln I$$

இங்கு k ஒரு மாறிலி. இது அளக்கும் அலகைச் சார்ந்தது. இரண்டு உரப்புகள்  $L_1$  மற்றும்  $L_0$  இதற்கு இடையேயான வேறுபாடு, துல்லியமாக அளிக்கப்பட்ட இரு செறிவுகளுக்கிடையேயான சார்பு உரப்பு ஆகும். கணிதப்படி ஒலிச் செறிவு மட்டங்கள்

$$\Delta L = L_1 - L_0 = k \ln I_1 - k \ln I_0 = k \ln \left[ \frac{I_1}{I_0} \right]$$

k = 1 எனில், ஒலி செறிவு மட்டம் பெல் (bel) என்ற அலகால் அளக்கப்படுகிறது. (அலெக்ஸாண்டர் கிரகாம் பெல் நினைவாக)

k = 1 எனில் பெல்

k = 10 எனில் டெசிபெல்

$$\Delta L = \ln \left[ \frac{I_1}{I_0} \right] \text{ பெல்}$$

இதுநடை முறையில் பெரிய அலகு. எனவே டெசிபெல் (decibel) என்ற சிறிய அலகை பயன்படுத்துகிறோம்.

$$1 \text{ டெசிபெல்} = \frac{1}{10} \text{ பெல்}$$

எனவே, மேற்கண்ட சமன்பாட்டை 10 ஆல் பெருக்கி, 10 ஆல் வகுக்கக் கிடைப்பது.

$$\Delta L = 10 \left( \ln \left[ \frac{I_1}{I_0} \right] \right) \frac{1}{10} \text{ பெல்}$$

$$\Delta L = 10 \ln \left[ \frac{I_1}{I_0} \right] \text{ டெசிபெல் (k = 10)}$$

நடைமுறைப் பயன்பாட்டிற்காக, இயற்கை மடக்கைக்கு பதிலாக 10 அடிமான மடக்கையை பயன்படுத்துகிறோம்.

$$\Delta L = 10 \log_{10} \left[ \frac{I_1}{I_0} \right] \text{ டெசிபெல்}$$

### காற்றுதம்பத்தின் அதிர்வு:

நாதஸ்வரம், மற்றும் பிற இசைக்கருவிகள் காற்றுக் கருவிகள் எனப்படும். இவை காற்றுத் தம்ப அதிர்வுகள் தத்துவத்தில் இயங்குகிறது. காற்று கருவியின் எளிய வடிவம் ஆர்கன் organ - கருவி, இசைப்பேழை) குழாய் ஆகும். எடுத்துக்காட்டாக, புல்லாங்குழல், கிளாடினெட், நாதஸ்வரம். ஆர்கன் குழாய் இரு வகைப்படும்.

### மூடியஆர்கன் குழாய்:

நாதஸ்வரம், மற்றும் பிற இசைக்கருவிகள் காற்றுக் கருவிகள் எனப்படும். இவை காற்றுத் தம்ப அதிர்வுகள் கருவியின் எளிய வடிவம் ஆர்கன் கருவி, இசைப்பேழை) குழாய் ஆகும். எடுத்துக்காட்டாக, புல்லாங்குழல், கிளாரினெட், நாதஸ்வரம்.

ஆர்கன் குழாய் இரு வகைப்படும்.

### மூடியஆர்கன் குழாய்:

கிளாரினெட் படத்தை பாருங்கள். இது ஒரு பக்கம் மூடிய மற்றொரு பக்கம் திறந்த குழாய். திறந்த முனை வழியாகவரும் ஒலி, மூடியபகுதியில் எதிரொலிக்கும் ஒலி உள்ளே வரும் ஒலியுடன்  $180^\circ$  எதிர்கட்டத்தில் இருக்கும். எனவே, மூடியபகுதியில் துகள்களின் இடப்பெயர்ச்சி எப்பொழுதும் சுழி. இடப்பெயர்ச்சி சுழியாவதால் மூடிய பகுதியில் கணுவும். திறந்த பகுதியில் எதிர்க்கணுவும் ஏற்படுகின்றன. அதிர்வுறும் அதிர்வு ஒலியின் எளிய அதிர்வு நிலையை அடிப்படை அதிர்வு நிலை என்போம். மூடியமுனையில் துகள்களின் இயக்கம் இல்லாததால் கணுவும் அடிப்படை அதிர்வு நிலையில் திறந்த முனையில் எதிர்க்கணுவும் உருவாகும். L குழாயின் நீளம், ஏற்படும்

அலைகளின் அலைநீளம்  $\lambda_1$  எனில்,

$$L = \frac{\lambda_1}{4} \text{ or } \lambda_1 = 4L$$

ஒலியின் அதிர்வெண்

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{4L}$$

திறந்த முனையில் காற்றை வலுவாக ஊதுவதால், அடிப்படை அதிர்வெண்ணின் முழு எண் மடங்குகளால் ஆன அதிர்வுகளை ஏற்படுத்தலாம். அந்த அலைகள் மேற்சுரங்கள் எனப்படுகின்றன.

இரண்டாவது நிலை அதிர்வுகளை (முதல் மேற்சுரம்) காட்டுகிறது. இதில் இரு கணுக்களும் இரு எதிர்கணுக்களும் உள்ளது

$$4L = 3\lambda_2$$

$$L = \frac{3\lambda_2}{4} \text{ அல்லது } \lambda_2 = \frac{4L}{3}$$

அதிர்வெண்

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{3v}{4L} = 3f_1$$

இது முதல் மேற்சுரம் ஆகும். இந்த அதிர்வெண் அடிப்படை அதிர்வெண்ணின் மூன்று மடங்கு என்பதால் இது மூன்றாவது சீரிசை எனப்படும்.

மூன்று கணுக்களும், மூன்று எதிர் கணுக்களும் உடைய மூன்றாவது நிலை அதிர்வு

$$4L = 5\lambda_3$$

$$L = \frac{5\lambda_3}{4} \text{ அல்லது } \lambda_3 = \frac{5L}{5}$$

அதிர்வெண்

$$f_3 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{5v}{4L} = 5f_1$$

இது இரண்டாவது மேற்கரம் ஆகும். இந்த அதிர்வெண் அடிப்படை அதிர்வெண்ணைப் போல் ஐந்து மடங்காக உள்ளதால், 5வது சீரிசை எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

எனவே மூடிய ஆர்கன் குழாயில் ஏற்படும் அதிர்வுகள் ஒற்றைப்படை வரிசைசீரிசைகளைக் கொண்டுள்ளது. சீரிசையின் அதிர்வெண்  $f_n = (2n + 1) f_1$  மேற்கரங்களின் அதிர்வெண்களின் தகவு.

$$f_1 : f_2 : f_3 : f_4 : \dots = 1 : 3 : 5 : 7 \dots$$

படத்தில் காட்டப்பட்ட புல்லாங்குழலை காண்க. இது இருபுறமும் திறந்த குழாய் இரு திறந்த முனைகளிலும் எதிர்க்கணுக்கள் உருவாகின்றன. இங்கு ஏற்படும் மிக எளிய அதிர்வு நிலையை காண்போம். இந்நிலையே அடிப்படை அதிர்வு நிலை எனப்படுகிறது. திறந்த முனைகளில் எதிர்க்கணுக்கள் ஏற்படுவதால், குழாயின் உள்ளே மையத்தில் ஒரேயொரு கணு உருவாகிறது. லிருந்து, L என்பது குழாயின் நீளம் என்க ஏற்படும் அலையின் அலைநீளம் காண,

$$L = \frac{\lambda_1}{2} \text{ or } \lambda_1 = 2L$$

ஏற்படும் அதிர்வின், அதிர்வெண்

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2L}$$

இதுவே, அடிப்படை அதிர்வெண்

அடிப்படை அதிர்வெண்ணை விட உயர் அதிர்வெண்களை ஏற்படுத்த திறந்த முனையில் காற்றை வேகமாக ஊதவேண்டும். இத்தகைய அதிர்வெண்கள் மேற்கரங்கள் எனப்படும்

திறந்த ஆர்கன் குழாயில் ஏற்படும் இரண்டாம் நிலை அதிர்வைக் காட்டுகிறது. இது இரு கணுவையும் மூன்று எதிர்க்கணுவையும் உடையது.

$$L = \lambda_2 \text{ or } \lambda_2 = L$$

அதிர்வெண்

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{L} = 2 \times \frac{v}{2L} = 2f_1$$

இதுமூதல் மேற்கரம் எனப்படுகிறது.  $n = 2$  என்பதால் இது இரண்டாவது சீரிசைஎனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

மூன்றாம் நிலை அதிர்வு இதில் 3 கணுவும், 4 எதிர்க்கணுவும் உள்ளது.

$$L = \frac{3}{2} \lambda_3 \text{ அல்லது } \lambda_3 = \frac{2L}{3}$$

அதிர்வெண்

$$f_3 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{3v}{2L} = 3f_1$$

இது3வது மேற்கரம்.  $n = 3$  என்பதால் இது 3வது சீரிசைஎனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

எனவே திறந்த ஆர்கன் குழாய் அனைத்து சீரிசைகளையும் உடையது.  $n$  ஆனது சீரிசையின் அதிர்வெண்  $f_n = nf_1$ . எனப்படுகிறது. எனவே மேற் கரங்கள் அதிர்வெண்களின் தகவு

**ஒத்ததிர்வுகாற்றுத் தம்பக் கருவி:**

ஒத்ததிர்வு காற்று தம்பக் கருவி ஒரு மீட்டர் நீளம் உடையகண்ணாடி அல்லது உலோகக் குழாயால் ஆனது. காற்று தம்பத்தில் ஏற்படும் ஒத்ததிர்வைக் கணக்கிட்டு அதன் மூலம் சாதாரண வெப்பநிலையில் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் காண பயன்படுகிறது. மேலும் காற்றுத் தம்பநீளத்தை மாற்றுவதன் மூலம் ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண் மாறுபடுவதை அளக்கவும் பயன்படுகிறது. ஒரு முனையைத் திறந்ததாகவும் மறுமுனையை மூடியதாக இக்குழாயுடன் ரப்பர் குழாய் மூலம் இணைக்கப்பட்ட நீர் சேமக்கலம் R காண்பித்தவாறு

ஏற்படுத்தப்பட்டுள்ளது. இந்த முழு அமைப்பும் அளவுகோல் பொருத்தப்பட்ட செங்குத்து தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. ரப்பர் குழாயில் பாதிளவு நீர் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. நீர் மட்டத்தை சேமக்கலத்தின் (R) உயரத்தை மாற்றுவதன் மூலம், தேவைக்கு ஏற்பமாற்றிக் கொள்ளலாம். நீரின் மேல் பரப்பு மூடிய பகுதியாகவும் மறுமுனை திறந்த முனையாகவும் செயல்படும். எனவே, இது மூடிய ஆர்கன் குழாயாக செயல்படுகிறது.

அலையின் கணுநீரின் மேற்பரப்பிலும் எதிர்கணு திறந்த முனையிலும் ஏற்படும். திறந்த முனையில் இசைக்கவை ஒன்றை அதிர்வைத்துபிடித்தால் நெட்டலைகள் உருவாகிகாட்டியபடி கீழ்நோக்கி நகரும். நீரின் பரப்பை அடைந்தவுடன் இந்த அலை எதிரொளிக்கப்படும் அலையுடன் மேற்பொருந்துவதால் நிலையான அலைகள் ஏற்படும். அதன் நீளத்தை மாற்றி, காற்றுத் தம்பத்தின் அதிர்வெண், இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணுடன் (இசைக்கவையின் இயல் அதிர்வெண்) ஒத்த தீர்வடையச் செய்யும்போது, அதிக உரப்பு உள்ள ஒலி ஏற்படும். இதன் பொருள் காற்றுத்தம்பத்தின் அதிர்வெண், இசைக்கலவையின் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமமாகி, ஒத்ததிர்வுக்கான நிபந்தனையைப் பெறும். இந்த நிலையானது காற்றுத் தம்பத்தின்

நீளம், ஒலி அலையின் அலை நீளத்தின்  $\left(\frac{1}{4}\right)^{th}$  மடங்காக அமையும் போது ஏற்படும். முதல் ஒத்ததிர்வானது  $L_1$  நீளத்தில் ஏற்படுவதாக கருதுவோம்.

$$\frac{1}{4}\lambda = L_1$$

ஆனால், எதிர்க்கணு துல்லியமாக திறந்த முனையில் ஏற்படுவதில்லை. எனவே, நாம் ஒரு திருத்தத்தை செய்யவேண்டும். இதுவே முனை திருத்தம் எனப்படுகிறது. எதிர்க்கணுவானது திறந்த முனையில் ஒரு சிறிய தூரத்தில் ஏற்படுகிறது என்க. எனவே, முதல் அதிர்வு நிலை, முனைத்திருத்தத்துடன்

$$\frac{1}{4}\lambda = L_1 + e$$

இப்பொழுது காற்றுத் தம்பத்தின் நீளத்தை மாற்றி இரண்டாவது ஒத்த தீர்வு நீளம்  $L_2$ விற்கு முனை திருத்தத்துடன்

$$\frac{1}{4}\lambda = L_2$$

ஒரு சிறிய தூரத்தில் ஏற்படுகிறது என்க. எனவே, முதல் அதிர்வுநிலை, முனைத்திருத்தத்துடன்

$$\frac{1}{4}\lambda = L_1 + e$$

இப்பொழுது காற்றுத் தம்பத்தின் நீளத்தைமாற்றி இரண்டாவது ஒத்த தீர்வு நீளம்  $L_2$ விற்கு முனை திருத்தத்துடன்

$$\frac{3}{4}\lambda = L_2 + e$$

முனைத்திருத்தத்தை புறக்கணிக்க, சமன்பாடுவேறு பாட்டை கண்டால்,

$$\frac{3}{4}\lambda - \frac{1}{4}\lambda = (L_2 + e) - (L_1 + e)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}\lambda = L_2 - L_1 = \Delta L$$

$$\Rightarrow \lambda = 2\Delta L$$

அறை வெப்ப நிலையில் ஒலியின் திசைவேகத்தை கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

$$v = f\lambda = 2f\Delta L$$

முனைத்திருத்தத்தை சமன்பாடுபயன்படுத்திகாண

$$e = \frac{L_2 - 3L_1}{2}$$

## டாப்ளர் விளைவு:

இரயில் நிலைய நடைமேடையில் நின்றுக்கொண்டு, நம்மைக் கடந்து செல்லும் தொடர்வண்டியின் ஊதொலியைக் கேட்பதாகக் கற்பனை செய்வோம். வண்டி நம்மை நெருங்கும்போது ஒலியின் சுருதி (Pitch) அல்லது அதிர்வெண் (Frequency) கூடுவதையும் வண்டி நம்மை விட்டுவிலகிச் செல்கையில், சுருதி குறைவதையும் நம்மால் கேட்கமுடியும். இதுடாப்ளர் விளைவிற்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டாகும்.

ஒலி மூலத்திற்கும் அவ்வொலியைக் கேட்பவருக்கும் இடையே உள்ள சார்பு இயக்கத்தினால் இவ்விளைவு ஏற்படுகிறது. இயக்கத்தினால் ஏற்படும் இத்தகைய அதிர்வெண் மாற்றத்தை ஆஸ்திரிய நாட்டைச் சேர்ந்த கணிதவியலாளரும் இயற்பியலாளருமான யோகாண் கிறிஸ்டியன் டாப்ளர் (1803 – 1853) என்பவர் முதலில் ஆராய்ந்தார்.

ஒலி மூலத்திற்கும் கேட்பவருக்கும் இடையே ஒரு சார்பு இயக்கம் உள்ள போது ஒலி மூலத்தில் இருந்துவரும் ஒலியின் அதிர்வெண்ணும் அதைக் கேட்பவரால் உணரப்படும் ஒலியின் அதிர்வெண்ணும் மாறுபட்டு இருக்கும். இதுவே டாப்ளர் விளைவு எனப்படும்.

டாப்ளர் விளைவு ஒரு அலை நிகழ்வாகும். ஆகவே, ஒலி அலைகளுக்கு மட்டுமின்றி ஒளி அலைகளுக்கும் பிற மின்காந்த அலைகளுக்கும் டாப்ளர் விளைவு ஏற்படுகிறது. ஒலி அலைகளின் டாப்ளர் விளைவில் உள்ள பல்வேறு நேர்வுகள் மற்றும் கேட்பவரால் உணரப்படும் அதிர்வெண்ணிற்கான கோவையை தருவித்தல் பற்றி இப்பகுதியில் நாம் விவாதிக்கலாம்.

## கேட்டுணர் அதிர்வெண்: நிலையான மூலம் மற்றும் இயக்கத்தில் உள்ளகேட்பவர்:

ஊடகத்தைப் (காற்று) பொருந்துவதில் உள்ளபுள்ளிஒலி மூலம் (S)ஒன்றைக் கருதுவோம். ஒலி மூலம் வைக்கப்பட்டுள்ள ஊடகமானது, சீராகவும் ஒய்வில் உள்ளது எனவும் கொள்வோம். ஒலி மூலம் வெளிவிடும் ஒலி அலைகளின் அதிர்வெண்  $f$  மற்றும் அலைநீளம்  $\lambda$  ஆகும்.

ஒலி மூலத்திலிருந்து ஆர வழியே வெளிச்செல்லும் கோளக ஒலி அலைகள்  $v$  என்ற சம திசைவேகத்தில் அனைத்து திசைகளிலும் பரவுகின்றன. ஒலி அலைகளின் இறுக்கங்கள் (அல்லது அலை முகப்புகள்) ஒரு - மையவட்டங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன. அடுத்தடுத்த இரு இறுக்கங்களுக்கு இடையேயான தொலைவு அதன் அலைநீளம்  $\lambda$  ஆகும். மேலும், அலையின் அதிர்வெண் கேட்பவர் நிலையாக உள்ள போது, மூலத்திற்கும் (S) கேட்பவருக்கும் (L) இடையே சார்பியக்கம் இருக்காது.  $u$  மற்றும்  $\lambda$  ஆகியவை மாறாமல் இருப்பதால், கேட்பவரால் உணரப்படும் ஒலியின் அதிர்வெண்ணும் ஒலி மூல அதிர்வெண்ணும் சமமாக இருக்கும்.

நிலையான மூலத்தை நோக்கி கேட்பவர் நேராகநகர்வதாகக் கொள்வோம். கேட்பவரின் வேகம்  $v_L$  எனில், கேட்பவரைப் பொருத்து ஒலியின் சார்பு வேகம்  $v' = v + v_L$  ஆகும். அலைநீளம் மாறாமல் உள்ளதால் (மூலம் நிலையாக இருப்பதால்), கேட்பவர் உணரும் ஒலியின் அதிர்வெண் மாறுகிறது. கேட்டுணர் அதிர்வெண்  $f'$  ஆனதுபின்வரும் சமன்பாட்டால் பெறப்படுகிறது.

$$f' = \left( \frac{v + (-v_L)}{v} \right) f$$

$$f' = \left( \frac{v - v_L}{v} \right) f$$

(மூலத்தைவிட்டுகேட்பவர் விலகிச் செல்லும்போ)

ஆகவே, நிலையான மூலத்தை விட்டு கேட்பவர் விலகிச் செல்கிறார் எனில், மூல அதிர்வெண்ணைவிட கேட்டுணர் அதிர்வெண் குறைவாக இருக்கும்.

**கேட்டுணர் அதிர்வெண்:** நகரும் மூலம் மற்றும் நிலையானகேட்பவர் ஒலி மூலமும் (S) கேட்பவரும் (L) ஒய்வுநிலையில் இருப்பதாகக் கருதுவோம்.

அடுத்தடுத்த இரு இறுக்கங்கள் படத்தில் காட்டப்பட்டு, இரண்டு ஒரு மைய வட்டங்களால் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இரண்டாவது இறுக்கம் சமீபத்தில் வெளியிடப்பட்டு, மூலத்திற்கு அருகில் உள்ளது. இவ்விரு இறுக்கங்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு ஒலியின் அலைநீளம்  $\lambda$  ஆகும். மூலத்தின் அதிர்வெண்  $f$  ஆகையால், இவ்விரு இறுக்கங்கள் வெளியிடப்படும் கால இடைவெளி

$$T = \frac{1}{f} = \frac{\lambda}{v}$$

இப்போது நிலையான கேட்பவரை நோக்கி ஒலி மூலம் நேராக நகர்கிறது ஒலி மூலத்தின் வேகம்  $v_s$  என்கமற்றும் இந்தவேகம் ஒலியின் வேகத்தை  $v$  விடக் குறைவு ஆகும்.

$T$  கால இடைவெளியில், முதல் இயக்கம் செல்லும்  $vT = \lambda$  தொலைவு மற்றும் ஒலிமூலம் நகரும் தொலைவு  $v_s T$  ஆகும். இதன் விளைவாக, இரு இறுக்கங்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு  $\lambda'$  - லிருந்து  $\lambda' = \lambda - v_s T$  என்று குறைகிறது. எனவே, கேட்பவர் உணரும் அலைநீளம்

$$\lambda' = \lambda - v_s T = \lambda - \left( \frac{v_s}{f} \right)$$

கேட்டுணர் அதிர்வெண் ஆனது,

$$= \frac{v}{\left( \frac{\lambda}{f} \right) - \left( \frac{v_s}{f} \right)}$$

ஆகவே நிலையான கேட்பவரை நோக்கி ஒலி மூலம் நகரும்போது, மூல அதிர்வெண்ணை விட கேட்டுணர் அதிர்வெண் அதிகமாக இருக்கும்.

நிலையான கேட்பவரை விட்டு ஒலி மூலம் விலகிச் செல்கிறது எனில்,  $v_s$ -க்கு எதிர்க்குறி இருவதன் மூலம் கேட்டுணர் அதிர்வெண்ணைப் பெறலாம்.

$$f' = \left( \frac{v}{v + v_s} \right) f$$

ஆகவே, நிலையான கேட்பவரை விட்டு ஒலி மூலம் விலகிச் செல்கிறது எனில், மூல அதிர்வெண்ணைவிட கேட்டுணர் அதிர்வெண் குறைவாக இருக்கும்.

**கேட்டுணர் அதிர்வெண் :** ஒலி மூலம் மற்றும் கேட்பவர் இருவருமே இயக்கத்தில் உள்ளபோது ஒலி மூலம் மற்றும் கேட்பவர் இருவருமே இயக்கத்தில் உள்ளபோது, கேட்டுணர் அதிர்வெண்ணிற்கான வாய்ப்பாடு இவ்விரு சமன்பாடுகளையும் ஒன்றிணைப்பதன் மூலம் பெறலாம்.

$$f' = \left( \frac{v + v_L}{v - v_s} \right) f$$

இங்கு நாம் பயன்படுத்தியுள்ள குறியீட்டு மரபில், ஒலி மூலம் அல்லது கேட்பவர் ஒன்றை நோக்கி மற்றொன்று நகரும் போது  $v_s$  மற்றும்  $v_L$  ஆகியவை நேர்க்குறி மதிப்புகளைப் பெறுகின்றன. அவ்வாறே, ஒலி மூலம் அல்லது கேட்பவர் ஒன்றை விட்டு மற்றொன்று விலகிச் செல்லும் போது அவை எதிர்க்குறி மதிப்புகளைப் பெறுகின்றன.

ஒலி மூலத்திற்கும் கேட்பவருக்குமிடையே சார்பியக்கம் காணப்படும் பல்வேறு சூழ்நிலைகளில் கேட்டுணர் அதிர்வெண்ணிற்கான வாய்ப்பாடுகள் தொகுத்து அளிக்கப்பட்டுள்ளன.

ஒலியின் வேகத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடு (ஒலி மூலம் ஒய்விலும் கேட்பவர் நகரும் போது) அல்லது ஒலியின் அலைநீளத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடு (கேட்பவர் ஒய்விலும் ஒலி மூலம் நகரும் போது)

போது) காரணமாகவே அதிர்வெண் மாறுபாடு ஏற்படுகிறது என்பதை கவனிப்பது முக்கியமாகும். ஒலி மூலம் மற்றும் கேட்பவர் என இரண்டும் நகரும் போது, ஒலியின் வேகமாறுபாடு மற்றும் ஒலியின் அலைநீள மாறுபாடு ஆகிய இரண்டின் காரணமாக அதிர்வெண் மாறுபாடு ஏற்படுகிறது.

ஒலியை விட வேகமாக ஒலி மூலம் நகரும் போது (அதாவது சூப்பர்சானிக் வேகத்தில் மூலம் நகரும் போது), கேட்டுணர் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிட உதவும் சமன்பாடுகள் ஆகியவை பயன்படாது. மேலும் ஒலி மூலத்தின் முன்புறம் உள்ள நிலையான கேட்பவரால் ஒலியை கேட்க முடியாது. ஒலி அலைகளானது மூலத்திற்கு பின்புறம் அமைவதே காரணமாகும். இத்தகைய வேகங்களில், புதிதாக உருவாகும் அலைகளும் முன் கணத்தில் உருவான அலைகளும் ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவினால் மிகப்பெரிய வீச்சுடன் கூடிய ஒலியை உருவாக்கின்றன. இதை 'ஒலிமுழக்கம்' (sonic boom) அல்லது அதிர்ச்சி அலை (Shock wave) என்கிறோம்.

### பல்வேறு சூழ்நிலைகளில் கேட்டுணர் அதிர்வெண்

வ.எண்	சூழ்நிலை	கேட்டுணர் அதிர்வெண்
1	நிலையான S- ஐ L நகரும் போது	$f' = \left( \frac{v + v_L}{v} \right) f$
2	நிலையான S- ஐ விட்டு L விலகிச் செல்லும் போது	$f' = \left( \frac{v - v_L}{v} \right) f$
3	நிலையான L- ஐ நோக்கி S நகரும் போது	$f' = \left( \frac{v}{v - v_s} \right) f$
4	நிலையான L- ஐ விட்டு S விலகிச் செல்லும் போது	$f' = \left( \frac{v}{v + v_s} \right) f$
5	S மற்றும் L ஒன்றையொன்று நெருங்கும் போது	$f' = \left( \frac{v + v_L}{v - v_s} \right) f$
6	S மற்றும் L ஒன்றையொன்று விலகிச் செல்லும் போது	$f' = \left( \frac{v - v_L}{v + v_s} \right) f$
7	L- ஐ S துரத்தும் போது	$f' = \left( \frac{v - v_L}{v - v_s} \right) f$
8	S- ஐ L துரத்தும் போது	$f' = \left( \frac{v + v_L}{v + v_s} \right) f$
9	S மற்றும் L ஒன்றையொன்று நெருங்குகின்றன, மேலும் ஒலியின் திசையில் $V_m$ வேகத்துடன் ஊடகம் இயங்கும் போது	$f' = \left( \frac{(v + v_m) + v_L}{(v + v_m) - v_s} \right) f$

ஒலியில் ஏற்படும் டாப்ளர் விளைவு சமச்சீர் தன்மையற்றது. அதே வேளை, ஒலியில் ஏற்படும் டாப்ளர் விளைவு சமச்சீர் தன்மை கொண்டது. நிலையான கேட்பவரை நோக்கி ஒலி மூலம் நகரும் போது ஏற்படும் கேட்டுணர் அதிர்வெண் மற்றும் நிலையான ஒலி மூலத்தை நோக்கி அதே வேகத்தில் கேட்பவர் நகரும் போது ஏற்படும் கேட்டுணர் அதிர்வெண் ஆகியவை சமமாக இருப்பதில்லை. இவ்விரு நிகழ்வுகளில் சார்புவேகம் ஒன்றாக இருந்தபோதிலும், கேட்டுணர் அதிர்வெண் வெவ்வேறாக உள்ளது. ஆகவே ஒலியில் ஏற்படும் டாப்ளர் விளைவு சமச்சீர் தன்மையற்றது என்கிறோம். ஒலி பரவலுக்கு ஊடகம் தேவை என்பது ஊடகத்தைப் பொருத்து அதன் வேகம் அமைகிறது என்பதே காரணம் ஆகும்.

ஒளி மற்றும் பிறமின்காந்தக் கதிர்வீச்சுகளைப் பொருத்தவரை இவ்விரு நேர்வுகளில் கேட்டுணர்



(அல்லதுகண்டுணர்) அதிர்வெண் ஒன்றாகவே இருக்கும். ஆகவேஒளிமற்றும் பிறமின்காந்தக் கதிர்விச்சுகளில் ஏற்படும் டாப்ளர் விளைவு சமச்சீர் தன்மைகொண்டுள்ளது. ஏனெனில் ஒளியின் பரவல் ஊடகத்தைப் பொருத்து அமைவதில்லை.



**12<sup>TH</sup> இயற்பியல்**  
**தொகுதி - 2**  
**அலகு - 6**  
**ஒளியியல்**

**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 ஒளிக்கதிர்கள் 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.

**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.

**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, அதன் மீது 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,

1. படுகதிர், எதிரொளிப்புக் கதிர் மற்றும் எதிரொளிக்கும் பரப்புக்கு செங்குத்துக்கோடு இவை அனைத்தும் ஒரே தளத்தில் அமையும் (அதாவது ஒரே பரப்பில் காணப்படும்)
2. படுகோணம் (i) மற்றும் எதிரொளிப்புக் கோணம் (r) இவை இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று சமம்.

$$i = r$$

ஒளி எதிரொளிப்பு விதி காட்டப்பட்டுள்ளது.

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.

**ஒளி எதிரொளிப்பினால் ஏற்படும் விலகுகோணம்:**

படுகதிர் மற்றும் விலகுகதிர் இவற்றுக்கு இடையே உள்ள கோணத்திற்கு விலகுகோணம் என்று பெயர். இவ்விலகுகோணத்தைப் படம் 6.3(அ) இல் காட்டியுள்ளவாறு எளிய வடிவியல்

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.

$$d = 180 - 2i \text{-----}(6.2)$$

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

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

$$d = 2x \text{-----}(6.3)$$

### 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 BO மேலும் ON என்பது செங்குத்துக் கோடாகும்.

$$\text{படுகோணம் } \angle AON = \text{எதிரொளிப்புக் கோணம் } \angle BON$$

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.

$$\angle AON = \angle DAO \text{ [ஒன்றுவிட்ட கோணங்கள்]}$$

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

$$\text{எனவே முக்கோணவியல் விதிகளின்படி } \angle DAO = \angle OA'D$$

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

$$AD = A'D$$

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

### 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  $\theta$  கோணத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ள இரண்டு சமதள ஆடிகளுக்கு நடுவே வைக்கும்போது தோன்றும் பிம்பங்களின் எண்ணிக்கையை  $n$  பின்வருமாறு அறியலாம்.

சமச்சீரான அல்லது சமச்சீரற்ற நிலையில் பொருள் வைக்கப்பட்டிருந்தால் இரட்டைப்படை எனில்

**சமச்சீரான நிலையில் பொருள்**

- 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,  $n = \left(\frac{360}{\theta}\right)$

**சமதள ஆடியில் தோன்றும் மெய் மற்றும் மாயபிம்பங்கள்:**

சமதள ஆடிக்கு முன்பும் O என்ற புள்ளியில் மெய்யான பொருள் ஒன்றை வைக்கும் போது, அப்பொருள் அனைத்துத் திசைகளிலும் செல்லும் விரிகதிர்களை ஏற்படுத்தும். இவ்விரிகதிர்கள் சமதள ஆடியினால் எதிரொளிக்கப்பட்ட பின்னர், சமதள ஆடிக்குப் பின்பும் உள்ள I என்ற புள்ளியிலிருந்து வருவதுபோன்ற தோற்றத்தை ஏற்படுத்தும். இதுபோன்று, திரையில் தோன்றாத ஆனால் கண்களினால் மட்டும் காணக்கூடிய பிம்பமே, மாயபிம்பமாகும் (virtual image).

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

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

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

**பொருள் மற்றும் பிம்பங்களின் தன்மைக்கான நிபந்தனைகள்**

பொருள் / பிம்பத்தின் தன்மை	நிபந்தனை
மெய் பிம்பம்	உண்மையாகவே கதிர்கள் பிம்பத்தில் குவியும்
மாய பிம்பம்	பிம்பத்திலிருந்து கதிர்கள் விரிவது போன்று தோன்றும்
மெய்ய் பொருள்	உண்மையாகவே கதிர்கள்

	பொருளிலிருந்து விரிவடையும்
மாய பொருள்	கதிர்கள், பொருளில் குவிவதைப் போன்று தோன்றும்

### கோளக ஆடிகள் (Spherical Mirrors):

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.

கோளக ஆடிகள் சார்ந்த சில துறை சொற்களைப்பற்றி நாம் தற்போது அறிந்து கொள்ளலாம்.

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

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

**ஆடி முனை (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 ஒளிக்கதிர்கள் கோளக ஆடிப்பரப்பில்பட்டு எதிரொளித்த பின்னர், குழி ஆடியாக இருப்பின் முதன்மை அச்சின் ஒரு புள்ளியில் குவியும். குவி ஆடியாக இருப்பின் முதன்மை அச்சின் ஒரு புள்ளியிலிருந்து விரிவடைவது போன்று தோன்றும். இப்புள்ளியே கோளக ஆடியின் முதன்மைக் குவியம் அல்லது குவியப்புள்ளி (F) ஆகும்.

முதன்மை அச்சின் ஒரு புள்ளியில் குவியும். குவி ஆடியாக இருப்பின் முதன்மை அச்சின் ஒரு புள்ளியிலிருந்து விரிவடைவது போன்று தோன்றும். இப்புள்ளியே கோளக ஆடியின் முதன்மைக் குவியம் அல்லது குவியப்புள்ளி (F) ஆகும்.

**குவியத்தூரம் (Focal length):** ஆடி முனைக்கும் 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 காட்டப்பட்டுள்ளன.

### 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) காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த அலகில் நாம் அண்மை அச்சக் கதிர்களை மட்டும் முக்கியப்படுத்திப் படிக்க உள்ளோம். ஏனெனில் இவை முக்கிய அச்சக்கு மி அருகிலும், மிகச்சிறிய கோணங்களையே ஏற்படுத்துவதால், இவை கதிர் ஒளியியலில் கோணங்களின் தோராயமாக்கலுக்குத் துணைபுரியும்.

**குவியத்தாரம் (f) மற்றும் வளைவு ஆரம் (R) இவற்றுக்கு இடையேயான தொடர்பு**

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

M புள்ளியிலிருந்து முதன்மை அச்சக்குச் செங்குத்தாக வரையப்பட்ட கோடு MP எனில், வடிவியல் படி,

கோணம்  $\angle MCP = i$  மற்றும்  $\angle MFP = 2i$   
முக்கோணங்கள்  $\Delta MCP$  மற்றும்  $\Delta MFP$  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 சுரக்கும் போது

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

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

$$2f = R \text{ அல்லது } f = \frac{R}{2}$$

f மற்றும் R க்கு இடையேயான தொடர்பினைத் தருகின்றது.

**கோளக ஆடிகளில் தோன்றும் பிம்பங்கள்:**

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

**கோளக ஆடிகளில் தோன்றும் பிம்பங்கள்:**

பின்வரும் கதிர்களில் எவையேனும் இரண்டினைப் பயன்படுத்தலாம்.

1. முதன்மை அச்சக்கு இணையாக வரும் கதிர், எதிரொளிப்புக்குப் பின்பு முதன்மை குவியத்தின் வழியே வெளியேறும் அல்லது வெளியேறுவது போன்று தோன்றும்.
2. முதன்மைக் குவியம் வழியே செல்லும் அல்லது செல்வது போன்று தோன்றும் கதிர், எதிரொளிப்புக்குப் பின்பு, முதன்மை அச்சக்கு இணையாக வெளியேறும்.
3. வளைவு மையம் வழியாகச் செல்லும் கதிர், எதிரொளிப்புக்குப் பின்பு வளைவு மையம் வழியாகவே செங்குத்துப்படுகதிர் நிலையைப் போன்றே, வெளியேறும்.
4. ஆடி முனையில் விழும் கதிர், முதன்மை அச்சை, செங்குத்துக் கோடாகக் கொண்டு, எதிரொளிப்பு விதியின் அடிப்படையில் வெளியேறும்.

**கார்ட்டீசியன் குறியீட்டு மரபு:**

பிம்பங்களை வரையும் போது, 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 இருக்க வேண்டுமெனில் அவை ஒரு குறியீட்டு மரபைப் பின்பற்ற வேண்டும். இங்கு நாம் கார்டீசியன் குறியீட்டு மரபைப் பின்பற்றப்போகிறோம். இம்முறை உலகளாவப் பின்பற்றப்படும் ஒரு குறியீட்டு மரபு முறையாகும். கார்டீசியன் குறியீட்டு காட்டப்பட்டுள்ளது. இக்குறியீட்டு மரபு பின்வருமாறு.

1. படும் ஒளியினை, இடப்பக்கத்திலிருந்து வலப்பக்கம் வருவது போன்று எடுக்க வேண்டும் (அதாவது பொருள் ஆடிக்கு இடப்பக்கமாக இருக்க வேண்டும்)
2. அனைத்துத் தொலைவுகளும் ஆடிமுனையிலிருந்துதான் அளக்கப்பட வேண்டும். (ஆடிமுனையினைத் தொடக்கப் புள்ளியாகக் கருத வேண்டும்)
3. ஆடி முனைக்கு வலப்புறமாக, முதன்மை அச்சுக்கு இணையாக அளக்கப்படும் தூரத்தை நேர்குறி தூரமாகக் கருத வேண்டும்.
4. ஆடிமுனைக்கு இடப்புறமாக, முதன்மை அச்சுக்கு இணையாக அளக்கப்படும் தூரத்தை, மேல்நோக்கிய உயரங்களை, நேர்குறி உயரங்களாகக் கருதவேண்டும்.
5. முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக, கீழ்நோக்கிய உயரங்களை எதிர்குறி உயரங்களாகக் கருதவேண்டும்.

#### 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 C க்கு அப்பால் வைக்கப்பட்டுள்ளது என்க. இப்பொருளினால் ஏற்படும் பொருளின் B புள்ளியிலிருந்து புறப்படும் மூன்று அண்மை அச்சுக் கதிர்களைக் கருதுக. முதல் அண்மை அச்சுக்கதிர் BD முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகச் சென்று ஆடிமுனை P க்கு அருகே உள்ள D என்ற புள்ளியில் விழுகிறது. எதிரொளிப்புக்குப் பின்பு இக்கதிர் முதன்மைக் குவியம் F வழியாகச் செல்கிறது. இரண்டாவது அண்மை அச்சுக்கதிர் BP, ஆடி முனை P யில் பட்டு PB' வழியே எதிரொளிக்கிறது. மூன்றாவது அண்மை அச்சுக்கதிர் BC, வளைவு மையம் C வழியே சென்று ஆடியின் E புள்ளியில் எதிரொளித்து வளைவுமையம் C வழியாகவே வெளியேறும். இம்முன்று எதிரொளிப்புக் கதிர்களும் B' என்ற புள்ளியில் ஒன்றை ஒன்று வெட்டும். முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாகக் வரையப்படும் A'B' என்பது பொருள் AB ன் மெய் மற்றும் தலைகீழான பிம்பமாகும்.

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

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

மற்ற ஒத்த முக்கோண இணை  $\Delta DPF$  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,

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

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

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

$$\frac{PA'}{PA} = \frac{PA' - PF}{PF}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டின் வெவ்வேறு தூரங்களுக்குக் கார்ட்சியன் குறியீட்டு மரபைப் பின்பற்றும்போது  
 $PA = -u$ ,  $PA' = -v$ ,  $PF = -f$   
 கார்ட்சியன் குறியீட்டு மரபின் அடிப்படையில் மூன்று தூரங்களும் எதிர் குறி மதிப்பைப் பெற்றுள்ளன. ஏனெனில், இவை அனைத்தும் ஆடி முனைக்கு இடப்புறமாக அளக்கப்பட்டவைகளாகும். எனவே, மாற்றமடையும்.

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

மேலும் இதனைச் சுருக்கும் போது,

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

இருபுறமும்  $v$  ஆல் வகுக்கும் போது,

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

முறைப்படுத்தப்பட்ட பின்னர்,

மேற்கண்ட சமன்பாடே ஆடிச்சமன்பாடாகும். உகந்ததாக தோன்றினாலும், இச்சமன்பாடு அனைத்துச் சூழ்நிலைகளுக்கும், எவ்விதமான கோளக ஆடிகளுக்கும் பொருத்தமானதாகும். ஏனெனில், சமன்பாடு  $u, v$  மற்றும்  $f$  க்கு முறையான குறியீட்டு மரபை நாம் பயன்படுத்தி உள்ளோம்.

**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.

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

$$m = \frac{h'}{h}$$

இங்கு பயன்படுத்துக.

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

பொருத்தமான குறியீடுகளைப் பயன்படுத்தும் போது,

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

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

மேலும் இதனைச் சுருக்கும் போது,

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

ஆடிச் சமன்பாட்டினைப் பயன்படுத்தி, உருப்பெருக்கச் சமன்பாட்டினைப் பின்வருமாறும் எழுதலாம்.

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



## ஒளியின் வேகம் (Speed of light):

ஒளி வெற்றிடத்தின் வழியே பெரும வேகத்தில் செல்கிறது. வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம்  $c$  என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. அதன் மதிப்பு  $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$  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.

### ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிவதற்கான ஃபிஸீயுமுறை (Fizeau's Method)

ஆய்வுக்கருவிகள்: காற்றில் ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிவதற்கான ஆய்வுக் கருவி காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒளிமூலம் (S) இலிருந்து வரும் ஒளியானது முதலில் பாதி வெள்ளி பூசப்பட்ட கண்ணாடித் தகட்டின் மீது (G) விழுகிறது. இக்கண்ணாடித் தகடு, ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் ஒளியைப் பொருத்து  $45^\circ$  கோணத்தில் சாய்ந்துள்ளது. (N) பற்களும். சம அகலமுடைய (E) வெட்டுகளும் கொண்ட சுழலும் பற்சக்கரத்தின் வழியே ஒளிக்கதிர் செலுத்தப்படுகிறது. பற்சக்கரத்தின் சுழற்சி வேகம் புற இயந்திர அமைப்பின் மூலம் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது. பற்சக்கரத்தின் ஒரு வெட்டு வழியே செல்லும் ஒளி பற்சக்கரத்திலிருந்து மிக நீண்ட தொலைவில் (d) வைக்கப்பட்டுள்ள சதமள ஆடி (M) ஒன்றினால் எதிரொளிக்கப்படுகிறது. பற்சக்கரம் சுழலவில்லையெனில், எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளி அதே வெட்டு வழியே மீண்டும் சென்று, பாதி வெள்ளி பூசப்பட்ட ஆடியின் வழியாகச் பயணித்து உற்று நோக்குபவரின் கண்களை அடைகிறது.

**வேலை செய்யும் முறை:** சுழலும் பற்சக்கரத்தின் கோணவேகம் சுழியிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்கு ( $\omega$ ) அதிகரிக்கப்படுகிறது. அதாவது, ஒரு வெட்டு வழியாகச் சென்ற ஒளிக்கதிர் ஆடியினால் எதிரொளிக்கப்பட்ட பின்பு, அடுத்த பல்லினால் (tooth) முழுவதும் தடுக்கப்படும் வரை பற்சக்கரத்தின் வேகம் அதிகரிக்கப்படுகிறது. பகுதி வெள்ளி பூசப்பட்ட ஆடியின் வழியே பார்க்கும்போது, ஒளி முழுவதும் மறைவதிலிருந்து இதனை உறுதி செய்யலாம்.

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

$$v = \frac{2d}{t}$$

தொலைவு ( $d$ ) யினை ஆய்வு அமைப்பிலிருந்து அறிந்து கொள்ளலாம். எடுத்துக்கொண்ட நேரம் ( $t$ ) யினை பற்சக்கரத்தின் கோண வேகம் ( $\omega$ ) விலிருந்து கணக்கிடலாம்.

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

ஒளி முதன் முதலில் மறையும் நேரத்தில், பற்சக்கரத்தின் கோணவேகம் ( $\omega$ ) பின்வருமாறு

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

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

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

$\theta$  வின் மதிப்பை பிரதியிடும் போது,

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

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை  $t$  க்கு எழுதும்போது

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

பிரதியிட

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

சமன்பாட்டைச் சீரமைத்த பின்னர்,

$$v = \frac{2dN\omega}{\pi}$$

அடுத்து உள்ள பல்லினால் ஒளி மறைக்கப்படும்போது தோன்றும் குறைந்தபட்ச ஒளிச்செறிவினைக் காண்பதில் .:பிஸீயுவிற்கு சில இடர்பாடுகள் தோன்றின. எனினும் இவர் கண்டறிந்த ஒளியின் வேகம். உண்மையான ஒளியின் வேகத்திற்கு மிக நெருக்கமாக இருந்தது. இதற்குப்பின் .:பிஸீயுவின் அதே ஆய்வு அமைப்பின் அடிப்படையில் மற்றும் சில நுட்பமான கருவிகளைப் பயன்படுத்தி காற்றில் ஒளியின் வேகம்  $v = 2.99792 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$  எனக் கண்டறியப்பட்டது.

பற்சக்கரத்தின் வேகத்தைச் சுழியிலிருந்து  $\omega$  வரை அதிகரிக்கும் போது ஒளி மறைந்து விடுகிறது. பற்சக்கரத்தின் வேகத்தை மேலும் அதிகரித்துக் கொண்டே சென்று  $2\omega$  மதிப்பை அடையும்போது எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளி அடுத்த வெட்டு வழியாகச் சென்று உற்றுப்பார்ப்ப வரை அடைகிறது. எனவே,  $\omega$  வின் ஒற்றைப்படை மதிப்புகளுக்கெல்லாம் ஒளி மறைவதும். (பற்களினால் தடுக்கப்படும்), இரட்டைப் படை மதிப்புகளுக்கெல்லாம் ஒளி தெரிவதும் (வெட்டு வழியாக அனுமதிக்கப்படும்) மாறி மாறி நடைபெறும்.

**வெவ்வேறு ஊடகங்களின் வழியே ஒளியின் வேகம்:**

ப்போகால்ட் (Foucault) (1891 - 1868) மற்றும் மைக்கல்கள் (Michelson) (1852 - 1931) போன்றவர்கள் கண்ணாடி மற்றும் நீர் போன்ற வெவ்வேறு ஒளிபும் 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 எனக்கண்டறிந்தனர். வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம்  $c = 3 \times 10^9 \text{ m s}^{-1}$  எனக் கண்டறிந்தனர். வெற்றிடம் மற்றும் காற்று இரண்டிலும் ஒளியின் வேகம் கிட்டத்தட்ட சமமதிப்பினையே பெற்றிருக்கும் என்பதை நாம் நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

**ஒளிவிலகல் எண்:**

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

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

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

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

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

உயர்ந்த ஒளிவிலகல் எண்ணைப் பெற்றுள்ள ஊடகத்தின் ஒளி அடர்த்தி அதிகம். அவ்ஊடகத்தின் வழியே ஒளி மெதுவாகச் செல்லும் இதேபோன்று குறைந்த ஒளிவிலகல் எண்ணைப் பெற்றுள்ள ஊடகத்தின் ஒளி அடர்த்தி குறைவு. அவ்ஊடகத்தின் வழியே ஒளி வேகமாகச் செல்லும் (குறிப்பு : ஒளி அடர்த்தியை, ஊடகப் பொருளின் நிறை அடர்த்தியுடன் சேர்த்துக் குழப்பிக் கொள்ளக்கூடாது.

இவை இரண்டும் (வெவ்வேறானவை) வெவ்வேறு ஒளிபுகும் ஊடகங்களின் ஒளிவிலகல் எண்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

**வெவ்வேறு ஊடகங்களின் ஒளிவிலகல் எண்கள்**

ஊடகம்	ஒளிவிலகல் எண்
வெற்றிடம்	1.00
காற்று	1.0003
கார்பன் டை ஆக்சைடு	1.0005
பனிக்கட்டி	1.31
தூய நீர்	1.33
எத்தில் ஆல்கஹால்	1.36
குவார்ட்ஸ்	1.46
தாவர எண்ணெய்	1.47
ஆலிவ் எண்ணெய்	1.48
ஆக்ரிலிக்	13.49
மேசை உப்பு	1.51
கண்ணாடி	1.52
நீலக்கல்	1.77
சீர்கான்	1.92
கனசீர்கோனியா	2.16
வைரம்	2.42
காலியம் பாஸ்பேட்	3.50

**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,

$$v = \frac{d}{t} \text{ சமன்பாட்டை } (t) \text{ க்கு மாற்றியமைக்கும் போது, } t = \frac{d}{v}$$

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

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

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

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

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

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

$$d' = nd$$

ஒரு ஊடகத்திற்கு  $n$  எப்போதும் 1 ஐ விட அதிகமாகும். எனவே, ஊடகத்தின் ஒளிப்பாதை  $d'$  எப்போதும்  $d$  ஐ விட அதிகமாக இருக்கும். ஊடகத்தின் ஒளிப்பாதை காட்டப்பட்டுள்ளது.

### ஒளி விலகல் (Refraction):

ஒளியானது, ஓர் ஊடகத்திலிருந்து மற்றோர் ஊடகத்திற்கு அவ்விரு ஊடகங்களைப்பிரிக்கும் எல்லை 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:

1. படுகதிர், விலகுகதிர், விலகுகதளம் மற்றும் விலகுகதளத்திற்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக்கோடு இவை அனைத்தும் ஒரே தளத்தில் அமையும்.
2. முதல் ஊடகத்தின் படுகோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கும் ( $\sin i$ ), இரண்டாவது ஊடகத்தின் விலகுகோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கும் ( $\sin r$ ) உள்ள விகிதம், இரண்டாவது ஊடகத்தின்

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

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

மேற்கண்ட சமன்பாடு விகிதவடிவில் உள்ளது. இதனை பெருக்கல் வடிவில் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

இரு ஊடகங்களைப் பிரிக்கும் எல்லையில் ஏற்படும் ஒளிவிலகல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

### ஒளிவிலகலினால் ஏற்படும் விலகுகோணம்:

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

$$d = i - r$$

மாறாக, ஒளிக்கதிர் அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து, அடர்குறை ஊடகத்திற்குள் செல்லும் போது, செங்குத்துக்கோட்டைவிட்டு விலகிச் செல்லும். இத்தகைய நிகழ்வுக்கான விலகுகோணம்

### ஒளி விலகலின் பண்புகள்:

1. ஒரு அடர்குறை ஊடகத்தில் இருந்து, அடர்மிகு ஊடகத்திற்குள் செல்லும் போது அது அடர்மிகு ஊடகத்தில் உள்ள செங்குத்துக்கோட்டை நோக்கி வளையும்.
2. ஒளி அடர்மிகு ஊடகத்தில் இருந்து, அடர்குறை ஊடகத்திற்குள் செல்லும் போது அது அடர்குறை ஊடகத்தில் உள்ள செங்குத்துக்கோட்டைவிட்டு விலகிச் செல்லும்.
3. 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 Simultaneous refraction) என்று பெயர். இது பகுதி வெள்ளி பூசப்பட்ட கண்ணாடியில் இது போன்ற ஒரே நேர எதிரொளிப்பு மற்றும் விலகு பரப்புகள் காணப்படும்.

## 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.

பரப்புகளின் மீது தகுந்த பூச்சை ஏற்படுத்துவதன் மூலம் ஒரே நேர ஒளிவிலகல் மற்றும் 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 நிற்கும் போது 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 அது இருவழிக் கண்ணாடியாகும்.

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.

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

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

### நேர்மாறு விதி

$$n_{12} = \frac{1}{n_{21}} \text{ அல்லது } \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{n_2/n_1}$$

சங்கிலி விதி

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

### தோற்ற ஆழம்

பொதுவாக நீர் நிரப்பப்பட்ட தொட்டியினுள் பார்க்கும்போது, தொட்டியின் அடிப்பரப்பு சற்று மேலே தெரிவதுபோலத் தோன்றும். செங்குத்து நிலையில் பார்க்கும்போது தெரியும் தோற்ற ஆழத்திற்கான சமன்பாட்டை நாம் வருவிக்கலாம்.

தொட்டியின் அடியில் உள்ள (O) என்ற பொருளிலிருந்து வரும் ஒளி அடர்மிகு ஊடக இருந்து (நீர்) அடர் குறை ஊடகத்திற்கு (காற்று) வந்து நமது கண்களை அடைகிறது. இவ்வொளிக்கதிர் அடர்குறை ஊடகத்தில் படுகதிர் படும்புள்ளியில் (B) வரையப்பட்டுள்ள செங்குத்துக் கோட்டினைவிட விலகிச் செல்லும். 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. இவ்வொளி விலகலுக்கான ஸ்னெல் விதியின் பெருக்கல் வடிவம்

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

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

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

முக்கோணங்கள்  $\Delta DOB$  மற்றும்  $\Delta DIB$  யில்

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

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

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

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

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

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை d' க்கு மாற்றி அமைக்கும் போது,

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

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

$$d' = \frac{d}{n}$$

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

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

வெவ்வேறு ஒளிவிலகல் எண்களைக் கொண்டுள்ள வளிமண்டலத்தின் வெவ்வேறு அடுக்குகளின் வழியே ஒளி செல்லும் போது தொடர் ஒளிவிலகல் ஏற்படுவதினால் அதன்பாதை தொடர்ந்து விலகலடையும் உதாரணமாகச் சூரிய உதயத்தின் பொது நாம் காணும் சூரியன், உண்மையில் சூரியன் உதிப்பதற்குச் சிறிது நேரத்திற்கு 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 சுற்று தட்டையாகத் தெரிகிறது. (முட்டை வடிவில்). படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள விண்மீன்களின் நிலைகளுக்குக் காரணமும் இதே நிகழ்வுதான். உண்மையில் விண்மீன்கள் மின்னுவதில்லை, அவை மின்னுவதுபோன்று தோன்றுகின்றன. இதற்குக் காரணம் வெவ்வேறு ஒளிவிலகல் எண்களைப் பெற்றுள்ள வளிமண்டல அடுக்குகளின் இயக்கமேயாகும் இரவு வானில் தெளிவாக இதனை நாம் காணலாம்.

**மாறுநிலைக்கோணம் மற்றும் முழு அக எதிரொளிப்பு:**

ஒளிக்கதிரொன்று அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்குறை ஊடகத்திற்குச் செல்லும்போது, அதன் பாதையிலிருந்து 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. ஒரு கட்டத்தில் இதன் மதிப்பு  $90^\circ$  ஐ அடையும் அல்லது விலகு கதிர் இரண்டு ஊடகங்களையும் பிரிக்கும் எல்லையினைத் தழுவிச் செல்லும்.

அடர்மிகு ஊடகத்தில் எந்தப் படுகோணமதிப்பிற்கு, விலகுகதிர் ஊடகங்களைப்பிரிக்கும் எல்லையைத் தழுவிச் செல்கிறதோ, 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 என்று பெயர்.

மாறுநிலை படுகோணத்திற்கு, என்னெல் விதியின் பெருக்கல் வடிவம் பின்வரும் வடிவில் அமையும்

$$n_1 \sin i_c = n_2 \sin 90^\circ$$

$$n_1 \sin i_c = n_2$$

$$\sin i_c = \frac{n_2}{n_1}$$

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 ( $n_1 = n$ )

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

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  $i_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{13}\right) = 4.8^\circ$

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

**வெவ்வேறு பொருள்களின் ஒளிவிலகல் எண் மற்றும் மாறுநிலைக் கோணம்**

பொருள்கள்	ஒளி விலகல் எண்	மாறுநிலைக் கோணம்
பனிக்கட்டி	1.310	49.8°
தண்ணீர்	1.333	48.6°
உருகிய குவார்ட்ஸ் (SiO <sub>2</sub> )	1.458	43.3°
க்ரவுண் கண்ணாடி	1.541	40.5°
ஃப்ளிண்ட் கண்ணாடி	1.890	31.9°
கால்சைட் (CaCO <sub>2</sub> )	1.658	37.0°
வைரம்	2.417	24.4°
ஸ்ட்ரோண்டியம் டைட்டனைட் (SrTiO <sub>3</sub> )	2.417	24.4°
ரூட்டைல்	2.621	22.4°

### முழு அக எதிரொளிப்பின் விளைவுகள்: வைரத்தின் ஜொலிஜொலிப்பு:

வைரம் ஜொலிப்பதற்குக் காரணம், அதன் உள்ளே நடைபெறும் முழு அக எதிரொளிப்பே ஆகும். வைரத்தின் ஒளிவிலகல் எண் கிட்டத்தட்ட 2.417 ஆகும். இம்மதிப்பு சாதாரண கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல் எண் மதிப்பான கிட்டத்தட்ட 1.5 ஐ விட மிகவும் அதிகம். வைரத்தின் மாறுநிலைக்கோணம் ஏறத்தாழ 24.4°. இது கண்ணாடியின் மாறுநிலை கோணத்தை விட மிகவும் குறைவு. திறமை வாய்ந்த வைரவேலை செய்பவர் படுகோணத்தின் இந்த நீண்ட நெடுக்கத்தை (24.4° இல் இருந்த 90° வரை) நன்கு பயன்படுத்திக்கொள்வார். வைரத்தின் உள்ளே நுழைந்த ஒளி வெளியேறுவதற்கு முன்பாக வைரத்தின் உட்புறமுள்ள வெட்டுமுகங்களில் பலமுறை முழு அக எதிரொளிப்பு அடைகிறது. அவ்வாறு முழு அக எதிரொளிப்பு அடைவதால் வைரம் நன்கு ஜொலிக்கிறது.

### முழு அக எதிரொளிப்பு ஏற்படுவதற்கான இரண்டு நிபந்தனைகள்

1. ஒளி அடர்மிகு ஊடகத்தில் இருந்து, அடர்குறை ஊடகத்திற்குச் செல்ல வேண்டும்.
2. அடர்மிகு ஊடகத்தில் படுகோணத்தின் மதிப்பு, மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட, அதிகமாக இருக்க வேண்டும் ( $I > i_c$ )

### கானல் நீர் மற்றும் குளிர் மாயத்தோற்றம் (Mirrage and looming):

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 ஒர் மாயத்தோற்றத்தை ஏற்படுத்தும். காற்று அடுக்குகளின் அசையும் தன்மையினால் நீர் நிலையில் இருந்து எதிரொளிப்பது போன்று தெரியும் அல்லது பொருளுக்கு அடியில் ஈரப்பரப்பு உள்ளது போன்று தெரியும். இந்நிகழ்விற்குக் கானல்நீர் என்று பெயர்.

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 திரையிலிருந்து சற்று உயரத்தில் தோன்றும். இந்நிகழ்வுக்கு குளிர் மாயத் தோற்றம் (looming) என்று பெயர்.

### முழு அக எதிரொளிப்பைப் பயன்படுத்தி முப்பட்டகங்களை உருவாக்குதல்:

முழு அக எதிரொளிப்பைப் பயன்படுத்தி ஒளியை 90° அல்லது 180° எதிரொளிக்கும் படி முப்பட்டகங்களை வடிவமைக்கலாம். முதல் இரண்டு நிகழ்வுகளில் முப்பட்டகப்பொருளின் மாறுநிலைக் கோணத்தின் மதிப்பு  $i_c$  யானது 45° விடக்குறைவு. இருந்து க்ரவுன் கண்ணாடி மற்றும் அடர்த்தி மிக்க .பளிண்ட் கண்ணாடி இரண்டிற்கும் இது பொருந்தும் என்பதை அறியலாம்.

முப்பட்டகங்களைக் கொண்டு, பிம்பத்தின் அளவினை மாற்றாமல் பிம்பங்களைத் தலைகீழாக மாற்றலாம். காட்டப்பட்டுள்ளது.

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 காட்டப்பட்டுள்ளது.



மாறாக வெளிப்புறத்திலிருந்து வரும் ஒளியைத் தண்ணீருக்குள் இருந்து பார்க்கும் போது, நமது பார்வை மாறுநிலைக் கோணத்திற்குச் (ஊ) சமமான ஒரு கோணத்திற்குள் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. இவ்வாறு ஓர் குறிப்பிட்ட ஆரமுடைய ஒளியூட்டப்பட்ட வட்டப்பரப்பிற்கு ஸ்னெல் சாளரம் என்று பெயர். ஸ்னெல் சாளரம் காட்டப்பட்டுள்ளது. நீர்வாழ் விலங்குகளின் பார்வைக்கோணம் காட்டப்பட்டுள்ளது.

நீர்வாழ் விலங்குகளின் பார்வைக்கோணம், மாறுநிலைக் கோணத்தின் இருமடங்கிற்குச் ( $2i_c$ ) சமமான கோணத்திற்குள் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. தண்ணீரின் மாறுநிலைக்கோணம்  $48.6^\circ$  எனவே மேல்நோக்கிப் பார்க்கும் மொத்த கூம்புவடிவ பார்வைக் கோணம்  $97.2^\circ$  ஆகும். வட்டப்பரப்பின் ஆரம் (R), நீர் வாழ்விலங்கு எவ்வளவு ஆழத்திலிருந்து (d) மேலே பார்க்கிறது என்பதைப் பொருத்தது. ஸ்னெல் சாளரத்தின் ஆரத்தைப் பயன்படுத்திக் கண்டறிய முடியும்.

ஒளியானது d ஆழத்திலுள்ள, A என்ற புள்ளியிலிருந்து பார்க்கப்படுகிறது. இரண்டு ஊடகங்களையும் பிரிக்கும் தளத்தில் B புள்ளியில் ஏற்படும் ஒளிவிலகலுக்கு ஸ்னெல் விதியின் பெருக்கல் விடிவினைப் பயன்படுத்தும் போது

$$\begin{aligned} n_1 \sin i_c &= n_2 \sin 90^\circ \\ n_1 \sin i_c &= n_2 \quad \because \sin 90^\circ = 1 \\ \sin i_c &= \frac{n_2}{n_1} \end{aligned}$$

செங்கோண முக்கோணம்  $\Delta ABC$  யிலிருந்து,

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

சமன்பாடுகள் ஒப்பிடும் போது,

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

இரண்டு பக்கமும் வர்க்கப்படுத்தி, மாற்றி அமைக்கும் போது,

$$\text{மேலும் சுருக்கும் போது, } \frac{R^2}{R^2 + d^2} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

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

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

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

மீண்டும் வர்க்கப்படுத்தி, மாற்றியமைக்கும் போது

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

ஒளியூட்டப்பட்ட பரப்பின் ஆரம்

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

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

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

### ஒளி இழை (Optical fiber)

முழு அக 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 இருக்க வேண்டும்.

ஒளிவடிவில் உள்ள செய்தியை, ஒளி இழையின் உள்ளகம் மற்றும் உறைப்பூச்சும் சந்திக்கும் பரப்பின் உட்புறமாக ஒரு குறிப்பிட்டப் படுகோணத்தில், அதாவது, மாறுநிலைக்கோணத்தைவிட அதிக படுகோணத்தில் செலுத்தும்போது, ஒளி இழையின் 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. ஒளி இழை மடக்கப்பட்ட நிலையிலும் உள்ளகமும் வெளிப்பூச்சும் சந்திக்கும் பரப்பின் மீது விழும் ஒளியின் படுகோணம் எப்போதும் மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட அதிகமாகவே இருக்கும். ஒவ்வொரு எதிரொளிப்பின் போதும் முழு அக எதிரொளிப்பு நடைபெறுவதை உறுதிப்படுத்துகிறது.

### ஒளி இழையின் ஏற்புக்கோணம் (Acceptance angle in optical fibre)

ஒளி இழையின் உட்பகுதியில், உள்ளகம் வெளிப்பூச்சு சந்திக்கும் பரப்பில் விழும் ஒளிக்கதிரின் படுகோணம், மாறுநிலைக்கோணத்தில் இருக்க வேண்டுமெனில், ஒளி இழையின் முனையில் ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோணத்தில் ஒளிக்கதிரை செலுத்த வேண்டும். இப்படுகோணத்திற்கு ஒளி இழைப்பி ஏற்புக்கோணம் என்று பெயர். ஏற்புக்கோணம் உள்ளகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்  $n_1$  வெளிப்பூச்சிகள் ஒளிவிலகல் எண்  $n_2$  மற்றும் வெளிப்புற ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்  $n_3$  ஆகியவற்றைச் சார்ந்துள்ளது. வெளிப்புற ஊடகம், உள்ளகம் சந்திக்கும் பரப்பில் A புள்ளியில் ஒளி ஏற்புக் கோணத்தில் யை  $i_a$  விழுகிறது எனக் கருதுக.

A புள்ளியில் ஏற்படும் ஒளிவிலகலுக்கான ஸ்னெல் விதியின் பெருக்கல் வடிவம் பின்வருமாறு.

$$n_3 \sin i_a = n_1 \sin r_a$$

ஒளி இழையின் உட்புறம் முழு அக 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 பயன்படுத்தும் போது

$$n_1 \sin i_c = n_2 \sin 90^\circ$$

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

$$\sin i_c = \frac{n_2}{n_1}$$

செங்கோண முக்கோணம்  $\Delta ABC$  யிலிருந்து

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

பின்வருமாறு மாற்றமடைகிறது

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

திரிகோணமிதி சார்புகளைப் பயன்படுத்தி

$$\cos r_a = \frac{n_2}{n_1}$$

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

$\cos r_a$  வின் மதிப்பை பிரதியிட

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

இதனைச் பிரதியிட

$$n_3 \sin i_a = n_1 \sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2}} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

மேலும் இதனைச் சுருக்கும் போது,

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

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

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

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

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

$$NA = n_3 \sin i_a = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

வெளிப்புற ஊடகம் காற்று எனில்  $n_3 = 1$  எனவே, எண்ணியல் துளை பின்வருமாறு மாற்றமடையும்

$$NA = \sin i_a = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

உள்ளோக்கு உடற்குழாய் (endoscope) என்பது, ஒளி இழைகளின் கட்டு ஆகும். நோயாளியின் உடலுக்குள் இதனைச் செலுத்தி உட்புற உறுப்புகளை மருத்துவர்கள் ஆய்வு செய்வார்கள். உள்ளோக்கு உடற்குழாய் முழு அக 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.

### கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் (Glass slab) வழியே ஒளி விலகல்:

கண்ணாடிப்பட்டகம் என்பது, கனசதுரக்கண்ணாடி ஆகும். இதன்வழியே ஒளி செல்லும் போது 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 விலகிச் செல்லும். 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 படுகதிர் மற்றும் விலகுகதிரின் பாதைகளுக்கு நடுவே செங்குத்துக்கோடு வரைய வேண்டும்.

கண்ணாடிப்பட்டகம் ஒன்றைக் கருதுக. அதன் தடிமன் ( $t$ ), ஒளிவிலகல் எண் ( $n$ ) ஆகும். இப்பட்டகம் காற்று ஊடகத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒளியின் பாதையை ABCD எனக் கருதுக. பகோணம் ( $i$ ) மற்றும் விலகுகோணம் ( $r$ ) இரண்டும் செங்குத்துக்கோடுகள்  $N_1$  மற்றும்  $N_2$  ஐ பொருத்துக் கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் B மற்றும் C புள்ளிகளில் கணக்கிடப்படுகின்றன. ஊ புள்ளியில் விலகுகதிர் மற்றும் திசைமாறா படுகதிர் இவற்றிற்கிடையே வரையப்பட்ட செங்குத்துக்கோடு (CE) பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி (L) ஐ கொடுக்கும்.

செங்கோண முக்கோணம்  $\triangle BCE$  - யில்

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

செங்கோண முக்கோணம்  $\triangle BCF$  -யில்

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

இரண்டையும் ஒப்பிடும் போது

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

சமன்பாட்டினை மாற்றி அமைக்கும்போது,

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

பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி, கண்ணாடிப்பட்டகத்தின் தடிமனைச் சார்ந்துள்ளது, தடிமன் அதிகமெனில் பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சியும் அதிகமாகும். மேலும் பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி படுகோணத்தையும் சார்ந்துள்ளது. அதிக படுகோண மதிப்பிற்கு பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி அதிகம்.

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

இது வரை 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, இருபரப்பு கொண்ட லென்ஸ்களைப் பற்றி புரிந்துகொள்ள துணைபுரியும். லென்ஸின் இரண்டு பரப்புகளில் ஏதேனும் ஒருபரப்பு அல்லது இரண்டு பரப்புகளுமே கோளகப்பரப்பாக இருக்கலாம்.

கோளகப் பரப்பில் ஏற்படும் ஒளிவிலகலைப் பற்றி படிக்கும்போது, பின்வரும் அனுமானங்களை நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

1. படும் ஒளிக்கதிர் ஒற்றை நிறம் கொண்டதாகக் கருத வேண்டும்.
2. படும் ஒளிக்கதிர், முதன்மை அச்சுக்கு மிக நெருக்கமாகக் செல்வதாகக் கருத வேண்டும் (அண்மை அச்சுக்கதிர்)

கோளக ஆடிகளுக்கு பயன்படுத்தப்படும் குறியீட்டு மரபுகளை இவற்றிற்கும் பயன்படுத்தலாம்.

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

$n_1$  மற்றும்  $n_2$  ஒளிவிலகல் எண்கொண்ட இரண்டு ஒளிபுகும் ஊடகங்கள் கோளகப்பரப்பு ஒன்றினால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. கோளகப்பரப்பின் வளைவு மையத்தை C என்க. O என்ற புள்ளிப்பொருளொன்று  $n_1$  ஒளிவிலகல் கொண்ட ஊடகத்தில் உள்ளது எனக்கருதுக. OC கோடு, கோளகப்பரப்பை பரப்புமுனை யில் வெட்டுகிறது. ஒளிக்கதிர்களை அண்மை அச்சுக்கதிர்களாகக் கருதுவதால்

படம்புள்ளிக்கும், முதன்மை அச்சுக்கும் செங்குத்துக்கோடு பரப்பு முனை P-க்கு நெருக்கமாக அல்லது P வழியே செல்கிறது.

புள்ளி விலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர் ஒளிவிலகு பரப்பின் மீது N என்ற புள்ளியில் விழுகிறது. இப்படுபுள்ளிக்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக்கோடு வளைவு யையை 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,

ஸ்னெல் விதியின் பெருக்கல் வடிவம் பின்வருமாறு,

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

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

$$n_1 i = n_2 r$$

கோணங்கள்,

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

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

இந்தக் கோணங்களும் மிகச்சிறியவைகளாகும், எனவே, கோணங்களின் டேன் மதிப்புக்கு பதிலாக, கோணங்களையே எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

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

முக்கோணம்  $\triangle ONC$ , யிலிருந்து

$$i = \alpha + \beta$$

முக்கோணம்,  $\triangle INC$ , யிலிருந்து,

$$\beta = r + \gamma \text{ அல்லது } r = \beta - \gamma$$

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

சமன்பாட்டினை மாற்றி அமைக்கும் போது,

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

இருந்து  $\alpha$ ,  $\beta$  மற்றும்  $\gamma$  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 சுருக்கும் போது

$$\frac{n_1}{PO} + \frac{n_2}{PI} = \frac{n_2 - n_1}{PC}$$

மரபினைப் பின்பற்றும் போது  $PO = -u$ ,  $PI = +v$  மற்றும் எனவே, சமன்பாடு பின்வருமாறு எழுதலாம்,

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

சமன்பாட்டினை மாற்றி அமைத்து, இறுதியாக நாம் பெறுவது

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

பொருளின் தொலைவு, பிம்பத்தின் தொலைவு, இரண்டு ஊடகங்களின் ஒளிவிலகல் எண்கள் மற்றும் வளைபரப்பின் வளைவு ஆரம் போன்றவற்றை ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்புபடுத்துகிறது. இச்சமன்பாடு எந்த ஒரு வளைப்பரப்பிற்கும் அல்லது கோளகப்பரப்பிற்கும் பொருந்தும். முதல் ஊடகம் காற்று எனில்

$n_1 = 1$ . மேலும், இண்டாவது ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்  $n_2$  வை  $n$  எனவும் கொண்டால், மேற்கண்ட சமன்பாடு பின்வருமாறு சுருங்கும்.

$$\frac{n}{v} - \frac{1}{u} = \left( \frac{n-1}{R} \right)$$

**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. பரப்பின் மறுபுறம் தோன்றும் பிம்பம்  $I'$  ஆகும்.  $O'$  என்ற முதல் ஊடகத்திலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர் இரண்டாவது ஊடகத்திலுள்ள  $C$  புள்ளியை நோக்கி வருகிறது என்க. இக்கதிர் பிம்பத்தின் உயரத்திற்கும், பொருளின் உயரத்திற்கும் இடையே உள்ள விகிதத்திற்குப் பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கம் ( $m$ ) அல்லது குறுக்குவெட்டு உருப்பெருக்கம் என்று பெயர்.

$$m = \frac{I'}{OO'}$$

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

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

வடிவியலில்

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

எனவே,

$$m = \frac{I'}{OO'} = \frac{PI - PC}{PC + PO}$$

மேற்காணும் சமன்பாட்டிற்கு குறியீட்டு மரபைப் பின்பற்றும்போது,

$$I' = -h_2, \quad OO' = h_1, \quad PI = +v$$

$$PC = +R, \quad PO = -u$$

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,

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

இரண்டு ஊடகங்களினன் 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 சுருக்கும் போது,  $\frac{n_2 u - n_1 v}{vu} = \frac{(n_2 - n_1)}{R}$

சமன்பாட்டிலிருந்து  $R$  ஐ வெளியே எடுக்கும்போது

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

மாற்றியமைத்த பின்பு

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

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

பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கத்திற்கான கோவை கிடைக்கும்

$$m = \frac{h_2}{h_1} = \frac{n_1 v}{n_2 u}$$

### 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  $C$  ஈரில்லாத் தொலைவில் காணப்படும். மேலும் வளைவு ஆரம்  $R$  இன் மதிப்பும் ஈரில்லாததாகும். ( $R = \infty$ ) குவியத்தூரத்தைத் தவிர, கோளகக் கண்ணாடிகளுக்கு நாம் பயன்படுத்திய அனைத்துக் கலைச் சொற்களும் மெல்லிய லென்ஸ்களுக்கும் பொருந்தும்.

#### முதன்மை மற்றும் இரண்டாம் குவியப்புள்ளிகள்:

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

**முதன்மைக் குவியம் ( $f_1$ ):** லென்ஸிலிருந்து வெளிவரும் கதிர்கள் முதன்மை அச்சுக்கு இணையாக வருவதற்கு, பொருளை லென்ஸின் மறுபுறம் எப்புள்ளியில் வைக்கவேண்டுமோ அப்புள்ளியே முதன்மைக் குவியமாகும். குவிக்கும் லென்ஸ்களுக்கு (குவிலென்ஸ்) அப்பொருள், மெய்ப்பொருளாகும். விரிக்கும் லென்ஸ்களுக்கு (குழிலென்ஸ்) அப்பொருள், மாயப்பொருளாகும். தொலைவு  $PF_1$  முதன்மை குவியத் தொலைவு  $f_1$  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. குவிக்கும் லென்ஸ்களால் (குவிலென்ஸ்) இவ்வாறு உருவாகும் பிம்பம் மெய்பிம்பமாகும். விரிக்கும் லென்ஸ்களால் (குழிலென்ஸ்) இவ்வாறு கிடைக்கும் பிம்பம் மாயிம்பமாகும்.

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

#### லென்ஸ்களின் குவியத்தூரத்திற்கான குறியீட்டு மரபு:

மெல்லிய லென்ஸ்களுக்கான குறியீட்டு, மரபு, குவியத்தூரத்திற்கு மட்டும் மாறுபடும்

1. லென்ஸ் முனையிலிருந்து (Pole of the lens) குவியத்தூரத்தை அளக்கும் திசையைப் பொருத்துக் குவியத்தூரத்திற்குக் குறியீடு வழங்கக்கூடாது. ஏனெனில், லென்ஸ்களுக்கு இரண்டு குவியத்தூரங்கள் உள்ளன. ஒன்று இடப்பக்கமாகவும் மற்றொன்று வலப்பக்கமாகவும் உள்ளது. (லென்ஸின் ஒருபக்கம் முதன்மை குவியத்தூரமும், மறுபக்கம் இரண்டாம் குவியத்தூரமும் உள்ளன)

2. குவிக்கும் மெல்லிய லென்ஸ்களுக்கு (மெல்லிய குவிலென்ஸ்) குவியத்தூரம் நேர்குறி எனவும், விரிக்கும் மெல்லிய லென்ஸ்களுக்கு (குழிலென்ஸ்) குவியத்தூரம் எதிர்குறி எனவும் எடுக்க வேண்டும்.

மற்ற மரபுக் குறியீடுகளான பொருளின் தொலைவு, பிம்பத்தின் தொலைவு, வளைவு ஆரம், பொருளின் உயரம் பிம்பத்தின் உயரம் போன்றவற்றை கோளக ஆடிகளுக்குப் பயன்படுத்தியது போன்றே மெல்லிய லென்ஸ்களுக்கும் பயன்படுத்த வேண்டும்.

**லென்ஸ் உருவாக்குபவரின் சமன்பாடு மற்றும் லென்ஸ் சமன்பாடு:**

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 2 இன் வளைவு ஆரங்கள் என்க. மேலும்  $P$  என்பது லென்ஸ் முனையாகும். முதன்மை அச்சில் உள்ள  $O$  என்ற புள்ளிப்பொருளைக் கருதுக. அப்பொருளிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர் கோளகப்பரப்பு (1) இல் பட்டு விலகலடைந்து  $I'$  என்ற பிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்க வேண்டும். ஆனால் இது நடைபெறுவதற்கு முன்பு ஒளிக்கதிர் கோளகப்பரப்பு விலகல் அடைந்து விடுகிறது. எனவே இறுதி பிம்பம்  $I$  கிடைக்கிறது.

கோளகப்பரப்பினால் ஏற்படும் ஒளிவிலகலுக்கான பொதுவான சமன்பாடு

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

ஒளிவிலகல் பரப்பு ஒளிக்கதிர்  $n_1$  இலிருந்து  $n_2$  க்கு செல்கிறது.

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

ஒளிவிலகல் பரப்பு ஒளிக்கதிர்  $n_2$  ஊடகத்தில் இருந்து  $n_1$  ஊடகத்திற்குச் செல்கிறது.

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

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 அமைக்கும் போது,

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

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

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

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

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

லென்ஸின் ஒளிவிலகல் எண்  $n_2$  மேலும், லென்ஸ் காற்று ஊடகத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது.

அதாவது  $n_2 = n$  மற்றும்  $n_1 = 1$ . எனவே, சமன்பாடு பின்வருமாறு மாற்றமடையும்.

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



மேற்கண்ட சமன்பாட்டிற்கு லென்ஸ் உருவாக்குபவரின் சமன்பாடு என்று பெயர். ஏனெனில், இச்சமன்பாட்டினை அடிப்படையாகக் கொண்டு நாம் விரும்பும் குவியத்தூரத்திற்கு எவ்வளவு வளைவு ஆரம் கொண்ட கோளகப்பரப்பு தேவை என்பதையும், எந்தக் குறிப்பிட்ட ஒளிவிலகல் எண்கொண்ட பொருளைப் பயன்படுத்த வேண்டும் என்பதையும் இச்சமன்பாட்டிலிருந்து லென்ஸ் உருவாக்குபவர் அறிந்துகொள்கிறார். இச்சமன்பாடு குழிலென்ஸ்களுக்கும் பொருந்தும் சமன்பாடுகள் இரண்டையும் ஒப்பிட்டுப் பின்வரும் சமன்பாட்டினை எழுதலாம்.

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

இச்சமன்பாட்டிற்கு லென்ஸ் சமன்பாடு என்று பெயர். இது பொருளின் தூரம், பிம்பத்தின் தூரம் மற்றும் குவியத்தூரம் மூன்றையும் தொடர்புபடுத்துகிறது. இச்சமன்பாடு குழிலென்ஸ்களுக்கும் பொருந்தும்.

### மெல்லிய லென்ஸின் பக்கவாட்டு உருப்பெருக்கம் (Lateral magnification in thin lens):

$h_1$  உயரம் கொண்ட  $OO'$  என்ற பொருள் முதன்மை அச்சுக்குச் செங்கத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ளது எனக்கருதுக. லென்ஸ் முனை வழியே செல்லும்  $OP$  கதிர் எவ்வித விலகலும் அடையாமல் நேர்க்கோட்டுப்பாதையில் செல்கிறது. முதன்மை அச்சுக்கு இணையாக வரும் கதிர், இரண்டாவது குவியம் வழியாகச் செல்கிறது. இவ்விரண்டு கதிர்களும் சந்திக்கும் புள்ளியில்  $h_2$  உயரமுள்ள தலைகீழான மெய்பிம்பம்  $II'$  கிடைக்கிறது.

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

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

$$\frac{II'}{OO'} = \frac{PI}{PO}$$

குறியீட்டு மரபினைப் பயன்படுத்தும் போது,

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

இதனைச் சமன்பாடு பிரதியிட்டால் உருப்பெருக்கம்,

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

சமன்பாட்டினை மாற்றியமைத்த பின்னர்,

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

உருப்பெருக்கம் மெய்பிம்பங்களுக்கு எதிர் குறியாகவும், மாய பிம்பங்களுக்கு நேர்குறியாகவும் இருக்கும்.

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

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

### 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. 1. லென்ஸை விட 2. லென்ஸின் வளைக்கும் திறன் அதிகம். 3.

லென்ஸின் வளைக்கும் திறன் அதிகம் என்பதால் அதன் குவியத்தூரம் குறைவாகும். இதுபோன்றே (அ) லென்ஸின் வளைக்கும் திறன் குறைவு என்பதால் அதன் குவியத்தூரம் அதிகமாகும்.

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.

$$P = \frac{1}{f}$$

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

திறனின் சமன்பாட்டை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

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

இச்சமன்பாட்டிலிருந்து அதிக ஒளிவிலகல் என்கொண்ட லென்ஸின் திறனும் அதிகம் எனப்படுகின்றன. 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.

**ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக் கொண்டுள்ள இரண்டு லென்ஸ்களின் கூட்டமைப்பின் குவியத்தூரம்:**

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

பொருளின் தொலைவு  $PO = u$  மற்றும் முதல் லென்ஸ்க்கான (1) பிம்பத்தின் தொலைவு  $P'2 = v'$  இரண்டாவது லென்ஸ்க்கான (2) பிம்பத்தின் தொலைவு  $PI = v$ .  
முதல் லென்ஸுக்கு (1) லென்ஸ் விதியை எழுதும் போது

$$\frac{1}{v'} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1}$$

இரண்டையும் கூட்டும் போது,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

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

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

இரண்டையும் ஒப்பிடும் போது,

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை, எத்தனை லென்ஸ்கள் கொண்ட கூட்டமைப்பிற்கும் நாம் விரிவுபடுத்தி எழுதலாம்.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3} + \frac{1}{f_4} + \dots$$

இச்சமன்பாட்டை லென்ஸ்களின் திறன்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு எழுதும்போது,

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + \dots$$

இங்கு, P என்பது லென்ஸ் கூட்டமைப்புகளின், நிகர திறனாகும். 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, இரண்டாவது லென்ஸ்க்குப் பொருளாகச் செயல்படும். இவ்வாறே, அடுத்தடுத்த லென்ஸ்க்குக்கும் மேற்கண்ட செயல் நடைபெறும். எனவே லென்ஸ் கூட்டமைப்பின் மொத்த உருப்பெருக்கத்திறன்  $m$ , தனித்தனி லென்ஸ்களின் உருப்பெருக்குத் திறன்களின் பெருக்கல் பலனுக்குச் சமமாகும். எனவே இதனை பின்வருமாறு எழுதலாம்  $m = m_1 \times m_2 \times m_3$  (நிருபணம் தவிர்க்கப்பட்டுள்ளது)

**ஒன்றை ஒன்று தொடாத லென்ஸ் கூட்டமைப்பின் குவியத்தாரம்:**

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

O என்ற புள்ளிபொருளைக் கருதுக. இது லென்ஸின் முதன்மை அச்சின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது. OA என்பது படுகதிர். இது லென்ஸின் ஒளியியல் மையத்திலிருந்து  $h$  உயரத்தில் உள்ள A என்ற புள்ளியில் விழுகிறது. இக்கதிர் O 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.

முக்கோணம்  $\triangle OAI$  இல், விலகு கோணத்தைப்  $\delta$  பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\delta = \alpha + \beta$$

PO மற்றும் PI, இவற்றுடன் ஒப்பிடும் போது உயரம்  $h$  சிறியதாகும். இதன் காரணமாக,  $\alpha, \beta$  மற்றும்  $\delta$  இவற்றின் கோணங்களுக்கும் சிறியதாகும். எனவே,

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

$$\text{எனவே, } \delta = \frac{PA}{PO} + \frac{PA}{PI}$$

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

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

சமன்பாட்டினைச் சீரமைத்த பின்னர்

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

உயரத்திற்கும், குவியத்தூரத்திற்கும் உள்ள விகிதமே, விலகுகோணம் என்று மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து அறிந்துகொள்ளலாம். தற்போது காட்டியுள்ளவாறு,  $f_1$  மற்றும்  $f_2$  குவியத்தூரங்களைக் கொண்ட இரண்டு லென்ஸ்கள், பொது அச்சில்  $d$  தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள அமைப்பைக் கருதுவோம்.

இணைக்கதிரொன்று இவ்வமைப்பின் மீதுபடும்போது, இரண்டு லென்ஸ்களும் முறையே  $\delta_1$  மற்றும்  $\delta_2$  என்ற விலகல்களை ஏற்படுத்துகின்றன. இவற்றின் தொகுப்பன் விலகல்

$$\delta = \delta_1 + \delta_2$$

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

பின்வருமாறு மாற்றமடையும்,

$$\frac{h_1}{f} = \frac{h_1}{f_1} + \frac{h_2}{f_2}$$

வடிவியல் விதிகளிலிருந்து,

$$h_2 - h_1 = P_2G - P_1G = CG$$

$$h_2 - h_1 = BG \tan \delta_1 \approx BG_1$$

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

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

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை, பிரதியிடும் போது,

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

மேலும் இச்சமன்பாட்டினைச் சுருக்கும் போது,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{d}{f_1 f_2}$$

மேற்கண்ட சமன்பாடு குவியத்தூரத்திற்கு இணையான சமன்பாட்டினைப் பெற பயன்படுகிறது. லென்ஸ் கூட்டமைப்பிற்கு இணையான லென்ஸின் நிலையினைக் கண்டறிய பின்வரும் வடிவியல் விதிகளைப் பயன்படுத்தும் போது

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

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

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

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

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

மேற்கண்ட இரண்டாவது லென்ஸில் இருந்து லென்ஸ் கூட்டமைப்பிற்கு இணையான, ஒற்றை லென்ஸின் நிலையைக் கொடுக்கிறது.

முதல் லென்ஸில் இருந்து, லென்ஸ் கூட்டமைப்பிற்கு இணையான ஒற்றை லென்ஸின் நிலை பின்வருமாறு

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

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

இணையான படுகதிர்கள் அல்லது ஈரில்லாத் தொலைவில் பொருள் உள்ளபோது போன்ற சிறப்பு நேர்வுகளுக்கு மட்டுமே மேற்கண்ட சமன்பாடுகள் ஆகியவை பொருந்தும். பொருள் ஒரு குறிப்பிட்டத்தொலைவில் உள்ளபோது இச்சமன்பாடுகளைப் பயன்படுத்த முடியாது. பொருள் குறிப்பிட்ட தொலைவில் இருக்கும் நிகழ்வுகளில், இரண்டு லென்ஸ்களின் (லென்ஸ் கூட்டமைப்பின்) லென்ஸ் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்திப் பிம்பத்தின் நிலையைக் கணக்கிட வேண்டும்.

### முப்பட்டகம் (Prism):

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 விலகு முகங்கள் என்று பெயர். இரண்டு விலகு முகங்களுக்கு இடைப்பட்ட கோணத்திற்கு முப்பட்டகத்தின் கோணம் அல்லது ஒளிவிலகு கோணம் (அல்லது) முப்பட்டகத்தின் உச்சிக்கோணம் என்று பெயர்.

### முப்பட்டகம் ஏற்படுத்தும் திசைமாற்றக் கோணம்:

முப்பட்டகத்தின் முதல் முகம் AB - இல் விழும் கதிருக்கான படுகோணம் மற்றும் விலகு கோணங்கள் 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 திசைமாற்றக் கோணம் ( $d$ ) என்று பெயர். படும்புள்ளி மற்றும் வெளியேறும் புள்ளி R இவற்றிற்கு வரையப்படும் செங்குத்துக் கோடுகள் முறையே QN மற்றும் RN ஆகும். இவை N என்ற புள்ளியில் சந்திக்கின்றன. படுகதிர் மற்றும் வெளியேறுகதிர் இரண்டும் M என்ற புள்ளியில் சந்திக்கின்றன.

AB பரப்பின் திசைமாற்றக் கோணம்  $d_1$  பின்வருமாறு

$$\angle RQM = d_1 = i_1 - r_1$$

AC பரப்பின் திசைமாற்றக் கோணம்  $d_2$  பின்வருமாறு

$$\angle QRM = d_2 = i_2 - r_2$$

முப்பட்டகம் வழியே செல்லும் கதிரின் மொத்த திசைமாற்றக் கோணம்  $d$  பின்வருமாறு

$$d = d_1 + d_2$$

$d_1$  மற்றும்  $d_2$  மதிப்புகளை பிரதியிடும் போது,

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

சமன்பாட்டினை மாற்றி அமைத்தபின்னர்,

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

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

$$\angle A + \angle QNR = 180^\circ$$

முக்கோணம்  $\Delta QNR$ , இல்

$$r_1 + r_2 + \angle QNR = 180^\circ$$

ஒப்பிடும் போது,

$$r_1 + r_2 = A$$

முப்பட்டகத்தின் திசைமாற்றக்கோணத்தைக் காண, மேற்கண்ட சமன்பாட்டைச் பிரதியிடும் போது,

$$d = i_1 + i_2 - A$$

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

1. படுகோணம்
2. முப்பட்டகக் கோணம்
3. முப்பட்டகம் செய்யப் பயன்படுத்தப்பட்ட பொருள்
4. ஒளியின் அலைநீளம்

**சிறும திசைமாற்றக் கோணம்:**

படுகோணம் மற்றும் திசைமாற்றக்கோணம் படுகோணம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க திசைமாற்றக் கோணம் குறைந்து கொண்டே சென்று ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோண மதிப்பிற்கு சிறுமநிலையை அடைகிறது. படுகோணமதிப்பினை மேலும் அதிகரிக்கும் போது, திசைமாற்றக்கோணம் அதிகரிக்கத் தொடங்குகிறது.

திசைமாற்றக்கோணத்தின் சிறும மதிப்பிற்கு, சிறுமத்திசை மாற்றக் கோணம் (D) என்று பெயர். சிறும திசைமாற்றக் கோணத்தில்

1. படுகோணமும், வெளியேறு கோணமும் சமம். ( $i_1 = i_2$ )
2. முதல் முகத்தின் விலகு கோணமும், இரண்டாவது முகத்தின் படுகோணமும் சமம், ( $r_1 = r_2$ )
3. முப்பட்டகத்தைப் பொருத்துப் படுகதிர் மற்றும் வெளியேறு கதிர் இரண்டும் சமச்சீரானவை.
4. முப்பட்டகத்திற்கு உள்ளே விலகுகதிர் முப்பட்டகத்தின் அடிப்பரப்புக்கு இணையாகச் செல்லும்.

**சிறும திசைமாற்றக் கோணநிலை காட்டப்பட்டுள்ளது.**

**முப்பட்டகப் பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்**

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

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

இந்நிலையில் சமன்பாடு பின்வருமாறு மாற்றடையும்,

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

மேலும், சமன்பாடு பின்வருமாறு மாற்றமடையும்,

(i) மற்றும் (r) மதிப்புகளை என்னெல் விதியில் பிரதியிடும் போது

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

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

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

### முப்பட்டகத்தின் வழியாகச் செல்லும் வெள்ளை ஒளியின் நிறப்பிரிகை:

முப்பட்டகத்தின் வழியே செல்லும் ஒற்றை நிற ஒளியின் திசைமாற்றக் கோணத்தைப் பற்றி இதுவரை பயின்றோம். வெள்ளை ஒளி முப்பட்டகத்தின் வழியாகச் செல்லும் போது எவ்வாறு நிறப்பிரிகை ஏற்படுகின்றது என்பதைப்பற்றித் தற்போது படிக்க உள்ளோம். வெள்ளை ஒளியில் உள்ள வண்ணங்கள் தனித்தனியாகப் பிரியும் நிகழ்வுக்கு நிறப்பிரிகை என்று பெயர். இவ்வண்ணங்களின் தொகுப்புக்கு நிறமாலை என்று பெயர். முப்பட்டகத்தின் ஒரு முகத்தில் பட்டு விலகலடைந்த குறுகிய வெள்ளை இணை ஒளிக்கற்றைகளை வெள்ளைத்திரையில் பார்க்கும் போது, 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.

ஊதா வண்ணம் அதிக திசைமாற்றத்தையும், சிவப்புவண்ணம் குறைந்த திசைமாற்றத்தையும் அடையும்.

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.

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. 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.

### வெவ்வேறு அலைநீளங்களுக்கான ஒளிவிலகல் எண்கள்

வண்ணம்	அலை நீளம்	கிரௌன் கண்ணாடி	ஃபிளிண்ட் 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

### நிறப்பிரிகை திறன் (அல்லது)

#### பிரிதிறன்:

வெள்ளை ஒளிக்கற்றை ஒன்றைக் கருதுக. இவ்வொளிக்கற்றை முப்பட்டகத்தின் வழியாகச் செல்லும்போது, வெள்ளை ஒளியிலுள்ள வண்ணங்கள் நிறப்பிரிகை அடையும்.  $\delta_v, \delta_R$  என்பவை, முறையே ஊதா மற்றும் சிவப்பு அலைநீளங்களுக்கான திசைமாற்றக் கோணங்கள் என்க.

முப்பட்டகப் பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணிற்கான சமன்பாடு 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  $10^\circ$  என்ற சிறிய அளவில் உள்ள முப்பட்டகங்களுக்கு சிறுகோண முப்பட்டகங்கள் என்று பெயர். இவ்வகையான முப்பட்டகங்களின் வழியே ஒளிக்கதிர் செல்லும்போது ஏற்படும் திசைமாற்றக் கோணமும் சிறியதாகும். A என்பதை முப்பட்டகக் கோணமாகவும்,  $\delta$  என்பதை திசைமாற்றக் கோணமாகவும் கொண்டால், முப்பட்டகச்சமன்பாடு பின்வரும் வடிவைப் பெறும்.

முப்பட்டகச் சமன்பாடு பின்வரும் வடிவைப்பெறும்

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

A மற்றும் சிறிய  $\delta_m$  கோணங்கள். எனவே,

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

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

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

மேலும் சுருக்கும் போது  $\frac{\delta}{A} = n - 1$

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

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

ஊதா வண்ணத்திற்கு,  $\delta_v = (n_v - 1)A$

சிவப்பு வண்ணத்திற்கு,  $\delta_r = (n_r - 1)A$

ஊதா வண்ணத்தின் திசைமாற்றக் கோணம்  $\delta_v$  சிவப்பு வண்ணத்தின் திசைமாற்றக் கோணத்தைவிட  $\delta_r$  அதிகமாக உள்ளதால், ஊதா வண்ணத்தின் ஒளிவிலகல் எண் ( $n_v$ ), சிவப்பு வண்ணத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைவிட ( $n_r$ ) அதிகமாக இருக்கும்.

ஊதா வண்ணத்தின் திசைமாற்றக்கோணம் சிவப்பு வண்ணத்தின் திசைமாற்றக் கோணத்தைவிட அதிகமாக உள்ளதால், ஊதா வண்ணத்தின் ஒளிவிலகல் எண் சிவப்பு வண்ணத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைவிட அதிகமாக இருக்கும்.

$\delta_v$  யிலிருந்து  $\delta_r$  ஐ கழிக்கும் போது, பின்வரும் சமன்பாடு கிடைக்கும்.

$$\delta_v - \delta_r = (n_v - n_r)A$$

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 கோண நிறப்பிரிகை பின்வருவனவற்றைச் சார்ந்துள்ளது.

1. முப்பட்டகக் கோணம் மற்றும்
2. முப்பட்டகம் செய்யப்பட்ட பொருளின் தன்மை

சராசரி கதிர் ஒன்றின் திசை மாற்றக் கோணத்தை  $\delta$  என்றும், இதற்கான ஒளிவிலகல் எண்ணை  $n$  எனவும் கொண்டால்,

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

நிறங்களைப் பிரிக்கும் முப்பட்டகப் பொருளின் திறமைக்கு முப்பட்டகத்தின் நிறப்பிரிகைதிறன் ( $\omega$ ) என்று பெயர். இரண்டு எல்லை வண்ணங்களுக்கான கோண நிறப்பிரிகைக்கும் சராசரி வண்ணம் ஒன்றின் திசைமாற்றக்கோணத்திற்கும் உள்ள தகவு நிறப்பிரிகைதிறன் அல்லது பிரிதிறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

முப்பட்டகத்தின் நிறப்பிரிகைதிறன் ( $\omega$ ),

$$\omega = \frac{\text{கோண நிறப்பிரிகை}}{\text{சராசரி திசைமாற்றக் கோணம்}} = \frac{\delta_v - \delta_R}{\delta}$$

( $\delta_v - \delta_R$ ) மற்றும் ( $\delta$ ), வின் மதிப்புகளைப் பிரதியிடும் போது

$$\omega = \frac{(n_v - n_R)}{(n-1)}$$

நிறப்பிரிகைதிறன், பரிமாணமற்ற ஓர் எண்ணாகும். இதற்கு அலகு இல்லை. இது எப்போதும் நேர்குறி மதிப்பையே பெற்றிருக்கும். பிரிதிறன் முப்பட்டகப் பொருளின் தன்மையை மட்டும் சார்ந்திருக்கும். முப்பட்டகக் கோணத்தைப் பொருத்தல்ல.

#### சூரிய ஒளிச் சிதறல்:

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

இராலே ஒளிச்சிதறலின் செறிவு, அலைநீளத்தின் நான்குமடி மதிப்புக்கு எதிர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$I \propto \frac{1}{\lambda^4}$$

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

நிறப்பிரிகைக்கான சிறந்த ஓர் எடுத்துக்காட்டு 'வானவில்லாகும்' மழைக்காலங்களில் நீர்த்துளிகளினால் சூரியஒளி அடைவதால் வானவில் ஏற்படுகிறது. மழைபொழியும் பொழுதோ அல்லது நின்றபின்னோ அல்லது பின்புறமாகச் சூரியன் உள்ள நிலையில் நீருற்று ஒன்றைப் பார்க்கும் பொழுதோ, வானவில்லை நாம் பார்க்க முடியும். காற்றில் மிதந்து கொண்டிருக்கும் நீர்த்துளிகளின் மீது விழும் சூரிய ஒளி, நிறப்பிரிகை அடைந்து அதன் ஏழு வண்ணங்களாகப் பிரிகை அடையும். எனவே காற்றில் மிதந்துகொண்டிருக்கும் நீர்த்துளிகள், கண்ணாடி முப்பட்டகம் போன்று செயல்படுகின்றன. நீர்த்துளியினுள் நுழைந்த ஒளிக்கதிர் அதிலிருந்து வெளியேறுவதற்கு முன்பு, ஒரு முழு அக எதிரொளிப்பு அடைவதால் முதன்மை வானவில் உருவாகும்.

முதன்மை வானவில்லில் ஊதாவிலிருந்து சிவப்பு வரை உள்ள வண்ணங்களைப் பார்ப்பதற்கான பார்வைக் கோணம்  $40^\circ$  முதல்  $42^\circ$  வரையிருக்கும். முதன்மை வானவில்லின் வெளிப்புறமாகத் துணை வானவில் தோன்றுகின்றது. நீர்த்துளியினுள் நுழைந்த சூரியஒளி அதிலிருந்து வெளியேறுவதற்கு முன்னர், இரண்டு முழு அக எதிரொளிப்புகளை அடைவதால் 'துணைவானவில்' தோன்றும். சிவப்பு வண்ணத்திலிருந்து ஊதா வண்ணம் வரை பார்ப்பதற்கான பார்வைக்கோணம்,  $52^\circ$  முதல்  $54^\circ$  வரையிலிருக்கும்.

மேலும், நமது கண்களின் உணர்வு நுட்பம் ஊதா வண்ணத்தைவிட, நீலவண்ணத்திற்கு அதிகம். இத்தகைய காரணங்களினால்தான் வானம் நீலநிறமாகக் காட்சியளிக்கிறது. சூரிய உதயம் மற்றும் மறையும் நேரங்களில் சூரிய ஒளி 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 உதிக்கும் போதும், மறையும் போதும் வானம் சிவப்பு நிறமாகக் காட்சி அளிக்கின்றது.

வளிமண்டலத்திலுள்ள தூசு, மற்றும் நீர்த்துகளின் அளவு ( $a$ ), ஒளியின் அலைநீளத்தை விட ( $\lambda$ ) மிக அதிகமாக உள்ளபோது, அதாவது ( $a \gg \lambda$ ), இத்தகைய பெரிய துகள்களினால் ஒளி சிதறலடையும்போது, சிதறலடைந்த ஒளியின் செறிவு அனைத்து அலைநீளங்களுக்கும் சமமாக இருக்கும். மிக அதிக அளவு தூசு மற்றும் நீர்த்துகளைப் பெற்றுள்ள மேகங்களில் இத்தகைய ஒளிச்சிதறல் ஏற்படும். எனவே, மேகங்களில் அலைநீளத்தைப் பொருத்து, ஒளிச்சிதறல் ஏற்படாமல் அனைத்து வண்ணங்களும் சம அளவில் சிதறலடைகின்றன. இதன் காரணமாகத்தான் மேகம் வெண்மைநிறமாகக் காட்சியளிக்கிறது.

அனைத்து வண்ணங்களும் சமஅளவில் சிதறலடைகின்றன. இதன் காரணமாகத்தான் மேகம் வெண்மை நிறமாகக் காட்சியளிக்கிறது. ஆனால், மழைமேகங்கள் கருமையாக இருப்பதற்குக் காரணம், அதிலுள்ள நீர்த்துகள் ஒன்றிணைந்து மழை மேகத்தினை ஒளிபுகாப்பொருளாக மாற்றிவிடுவதேயாகும்.

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

ஒளிபுகாப் பொருளாக மாற்றி விடுவதேயாகும்.

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

### ஒளியைப் பற்றிய 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.

### நுண்துகள் கொள்கை (Corpuscular theory):

ஒளியைப்பற்றிய நுண்துகள் கொள்கையை சர் ஐசக் நியூட்டன் (1672) கொடுத்தார். இதற்கு முன்பே, டெஸ்கார்டஸ் (ஒளி எதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளிவிலகலை விளக்குவதற்காக இக்கொள்கை பிரிந்துரைக்கப்பட்டது. இக்கொள்கையின்படி ஒளி மிகச்சிறிய, நிறையற்ற (புறக்கணித்தக்க சிறிய நிறை) மற்றும் முழு மீட்சியுறும் துகள்களாக உமிழப்படுகின்றது. இவற்றுக்கு நுண்துகள்கள் (Corpuscles) என்று பெயர்.

நுண்துகள்கள் மிகச் சிறியவை. எனவே, ஒளிமூலம் நீண்ட காலத்திற்கு ஒளியை உமிழ்ந்தாலும், அதன் நிறையில் குறிப்பிடத்தக்க மாற்றம் ஏதும் ஏற்படாது. நுண்துகள்கள் மிக வேகமாகச் செல்வதால், அவை புவியூர்ப்பு விசையினால் எவ்விதபாதிப்பையும் அடையாது. மேலும், ஒரே ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட சீரான ஊடகத்தில் நுண்துகள்களின் பாதை ஒரு நேர்கோடாகும். இந்த நுண்துகள்களின் இயக்க ஆற்றலே ஒளியின் ஆற்றலாகும். இந்த நுண்துகள்கள் விழித்திரையின் மீது மோதுவதால் பார்வை ஏற்படுகின்றது. வெவ்வேறு அளவுகள் கொண்ட நுண்துகள்கள் வெவ்வேறு வண்ணங்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. நுண்துகள்கள் இரண்டு ஊடகங்களைப் பிரிக்கும் தளத்தினை அடையும் போது, அவை ஈர்க்கப்படலாம் அல்லது விளக்கப்படலாம். ஊடகத்தினால் நுண்துகள்கள் விலக்கப்பட்டால் ஒளி எதிரொளிப்பும், ஈர்க்கப்பட்டால் ஒளிவிலகலும் ஏற்படுகிறது.

ஒளியானது அடர்குறைஊடகத்தில் வேகமாகவும், அடர்மிகு ஊடகத்தில் மெதுவாகவும் செல்வதற்கான காரணத்தை இக்கொள்கையால் விளக்கமுடிவில்லை. மேலும், குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு மற்றும் தளவிளைவு போன்ற நிகழ்வுகளையும் இக்கொள்கையால் விளக்க முடியவில்லை.

### அலைக் கொள்கை (Wave Theory):

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

### 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 நிரூபித்துக்காட்ட முடிந்தது. ஒளியின் அனைத்து நிகழ்வுகளையும் இக்கொள்கை வெற்றிகரமாக நிரூபித்தது.

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

### குவாண்டம் கொள்கை :

ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன் (1905), மேக்ஸ் பிளாங்க் (1900)-கின் கருத்துகளை உறுதிப்படுத்தும் விதமாக, ஒளிமின் விளைவை விளக்கினார். ஒளிமின் விளைவின்படி, ஒளியானது ∴போட்டான் வடிவில் பருப்பொருளின் மீது மோதி, பருப்பொருளிலிருந்து எலக்ட்ரான்களை உமிழ்ச் செய்கிறது. ∴போட்டான் என்பது தனித்தனி ஆற்றல் சிப்பங்களாகும். ஒவ்வொரு ∴போட்டானும் பெற்றுள்ள ஆற்றல் E ஆகும். அதாவது,

$$E = hv$$

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

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

### ஒளியின் அலைப்பண்பு (Wave nature of Light):

ஒளி குறுக்கலை வடிவில் உள்ள மின்காந்த அலையாகும். குறுக்கீட்டு விளைவு மற்றும் விளிம்பு விளைவு தொடர்பான சோதனைகளில் இருந்து ஒளியின் அலைப்பண்பு நிரூபிக்கப்பட்டது. அனைத்து மின்காந்த அலைகளைப் போன்றே ஒளியும் வெற்றிடத்தின் வழியே பரவும். ஒளியின் குறுக்கலைப்பண்பை விளக்கும் நிகழ்வு தளவிளைவாகும்.

### 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.

### 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 விளக்க முடியும். ஒளி அலைவடிவில் பரவினாலும் ஒளிபரவும் திசை ஒளிக்கதிரைக் கொண்டுதான் குறிப்பிடப்படுகிறது.

ஒய்வுநிலையில் உள்ள தண்ணீர்ப்பரப்பின் மீது கல் ஒன்றினைப் 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) அலைவறும். ஒரு மையப்புள்ளியிலிருந்து சமதொலைவில் உள்ள சிற்றலையின் அனைத்துத் துகள்களும் ஒரே கட்டத்தில் அதிர்வடையும் அலைமுகப்பைப் கொண்டிருக்கும் 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.

ஒரு புள்ளியில் உற்றுநோக்கப்படும் அலைமுகப்பின் வடிவம் ஒளி மூலத்தின் வடிவத்தையும், ஒளிமூலம் அமைந்துள்ள தொலைவையும் சார்ந்துள்ளது. வரம்புக்குட்பட்ட தொலைவில் அமைந்துள்ள ஒரு புள்ளி ஒளி மூலம் எப்பொழுதும் கோளக அலைமுகப்பையே தருகிறது. வரம்புக்குட்பட்ட தொலைவில் அமைந்துள்ள நீட்டப்பட்ட (அல்லது) கோட்டு ஒளி மூலம், உருளை வடிவ அலைமுகப்பைத் தருகிறது. ஈரில்லாத் தொலைவில் அமைந்துள்ள எந்த ஓர் ஒளி மூலத்தினாலும் தோன்றும் சமதள அலைமுகப்புகள் காட்டப்பட்டுள்ளன.

### ஹைகென்ஸ் தத்துவம் (Huygen's Principle):

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

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  $ct$  ஆரமாகக்கொண்டு வட்டங்கள் வரைய வேண்டும். 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. ஒளி மூலம் மிக நீண்ட தூரத்தில் (ஈரில்லாத் தொலைவில்) இருந்தால் சமதள அலைமுகப்பாக இருக்கும்.

அலைபரவுவதை விளக்கும் ஹைகென்ஸ் கட்டமைப்பில் ஒரு குறைபாடு உள்ளது. மேற்கண்ட கட்டமைப்பில் தோன்றும் பின்அலை எவ்வாறு மறைகின்றது என்பதை இக்கொள்கை விளக்கவில்லை. மின்காந்த அலைக்கொள்கையின் அடிப்படையில் இப்பின்அலைகளின் பரவல் இயல்பாகவே

ஒதுக்கித்தள்ளப்படுகின்றன. இருந்தபோதிலும், ஹைகென்ஸ் கட்டமைப்பு அலைமுகப்பு ஒன்றின் பரவலை வரைபட வடிவில் நன்கு விளக்குகிறது.

அலைமுகப்பு ஒன்றின் பரவலை வரைபட வடிவில் நன்கு விளக்குகிறது.

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

XY என்ற சமதளக் கண்ணாடியின் எதிரொளிப்புப் பரப்பின் மீது காட்டியுள்ளவாறு இணை ஒளிக்கற்றைகள் விழுகின்றன எனக் கருதுக. படும் சமதள அலைமுகப்பு AB மற்றும் எதிரொளிப்பு அலைமுகப்பு A'B' இவ்விரண்டு அலைமுகப்புகளும் ஒரே ஊடகத்தில் உள்ளன. இந்த அலைமுகப்புகள் படுகதிர்கள் 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. எதிரொளிப்பு இடே ஊடகத்தில் நடைபெறுவதால் எதிரொளிப்புக்கு முன்பும் மற்றும் எதிரொளிப்புக்குப் பின்பும் ஒளியின் திசைவேகத்தில் எவ்வித மாற்றமும் ஏற்படாது. எனவே, ஒளிக்கதிர் A விலிருந்து A' வர எடுத்துக்கொள்ளும் நேரமும் B யிலிருந்து B' வர எடுத்துக்கொள்ளும் நேரமும் சமம். இதன் காரணமாகத் தொலைவுகள் AA' மற்றும் BB' இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று சமம் (AA' = BB')

(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  $\triangle ABB'$  மற்றும்  $\triangle B'A'A$  இரண்டிலும் செங்கோணங்கள்  $\angle B$  மற்றும்  $\angle A'$  சமம். ( $\angle B$  மற்றும்  $\angle A' = 90^\circ$ ); 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,

$$i = r$$

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

### ஹைகென்ஸ் கொள்கையின் அடிப்படையில் ஒளிவிலகல் விதிகளை நிரூபித்தல் (Proof for laws of refraction using Huygens Principle) :

ஒளிபுகும் தன்மை கொண்ட கண்ணாடி போன்ற ஒலு பரப்பின் மீது, காட்டியுள்ளவாறு இணை ஒளிக்கற்றைகள் விழுகின்றன எனக் கருதுக. படும் சமதள அலைமுகப்பு AB அடர் குறை ஊடகம் (1) லும், ஒளிவிலக 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 கடந்த 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) ஒளிவிலகு ஏற்படுவதால், ஒளிவிலகலுக்கு முன்பு ஒளியின் திசைவேகம்  $v_1$  மற்றும் ஒளி விலகலுக்குப் பின்பு ஒளியின் திசைவேகம்  $v_2$  ஆகும். இங்கு  $v_1 > v_2$  ஆனது  $v_2$  ஐ விட அதிகம். ( $v_1 > v_2$ ). ஆனால், ஒளிக்கதிர்கள்  $B$  யிலிருந்து  $B'$  புள்ளிக்குச் செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும் நேரமும்,  $A$  யிலிருந்து  $A'$  புள்ளிக்குச் செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும் நேரமும் சமம்.

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

படுகதிர்கள், விலகுகதிர்கள், ஒளிவிலகு பரப்பு  $XY$  மற்றும் செங்குத்துக்கோடுகள் அனைத்தும் ஒரே தளத்தில் அமைகின்றன.

2. படுகோணம்,

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

விலகுகோணம்,

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

செங்கோண முக்கோணங்கள்  $\Delta ABB'$  மற்றும்  $\Delta B'A'A$  இரண்டிலமிருந்து,

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

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

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

பெருக்கல் வடிவில்

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

எனவே, ஒளிவிலகல் விதிகள் நிரூபிக்கப்பட்டன.

இதே முறையில், அலைமுகப்பு அடர்மிகு ஊடகத்தில் இருந்து, அடர்குறை ஊடகத்திற்கு வரும் போதும் ஒளிவிலகல் விதிகளை நிரூபிக்க முடியும்.

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

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

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

### குறுக்கீட்டு விளைவு: (Interference)

இரண்டு ஒளி அலைகள் கூடுவதால் அல்லது அவ்வொளி அலைகள் ஒன்றின் மீது மற்றொன்று மேற்பொருந்துவதால், சில புள்ளிகளில் ஒளிச்செறிவு அதிகரிக்கும், வேறுசில புள்ளிகளில் ஒளிச்செறிவு குறையும் நிகழ்வுக்கு ஒளியின் குறுக்கீட்டு விளைவு என்று பெயர். மேற்பொருந்தல் என்பது ஒளி அலைகளின் கூடுதலைக் குறிக்கிறது. 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 ஒளி அலைகளைக் கருதுக. அவை P என்ற புள்ளியில் சந்திக்கின்றன.

t நேரத்தில்  $S_1$  ஒளிமூலத்தில் இருந்து P புள்ளியை அடையும் அலை,

$$y_1 = a_1 \sin \omega t$$

t நேரத்தில்  $S_2$  ஒளி மூலத்தில் இருந்து P புள்ளியை அடையும் அலை,

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

இவ்விரண்டு அலைகளும், வெவ்வேறு வீச்சுகளையும் ( $a_1$  மற்றும்  $a_2$ ) ஒரே கோண அதிர்வெண்ணையும்  $\omega$  மற்றும்  $\phi$  என்ற கட்டவேறுபாட்டையும் பெற்றுள்ளன. இவ்விரண்டு அலைகளினால் ஏற்பட்ட தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி,

$$y = y_1 + y_2 = a_1 \sin \omega t + a_2 \sin(\omega t + \phi)$$

முக்கோணவியல் முற்றொருமைகளைப் பயன்படுத்தி இச்சமன்பாட்டைத் தீர்வு செய்யும்போது, பின்வரும் சமன்பாடு கிடைக்கும்,

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

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

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

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

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

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

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

ஒளிச்செறிவு, வீச்சின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$I \propto A^2$$

இப்பொழுது, பின்வருமாறு மாற்றமடையும்.

$$I \propto I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \phi$$

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

தொகுபயன் பெரும ஒளிச்செறிவு,

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

கட்டவேறுபாடு  $\phi = \pm\pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi, \dots$ , என்பது ஒளியின் சிறுமச் செறிவிற்கான நிபந்தனையாகும். இதற்கு அழிவுக்குறுக்கீட்டு விளைவு என்று பெயர்.

தொகுபயன் சிறும ஒளிச்செறிவு,

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

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

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

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

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

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

$$\phi = 0, \pm 2\pi, 4\pi, \dots, \text{ எனில் } I_{\max} = 4I_0$$

$$\phi = \pm \pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi, \dots, \text{ எனில் } I_{\min} = 0$$

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

### கட்டவேறுபாடு மற்றும் பாதைவேறுபாடு (phase difference and Path difference):

அதிர்வு ஒன்றின் கோணநிலைக்குக் கட்டம் (Phase) என்று பெயர். அலை பரவும் போது, அலையில் உள்ள அதிர்வின் கட்டநிலைக்கும், அலை கடந்து சென்ற பாதைக்குமிடையே ஒரு தொடர்பு உள்ளது. அலை ஒன்றின் கட்டநிலையை, அவ்வலை கடந்து சென்ற பாதையின் அடிப்படையில் விவரிக்க இயலும். இதேபோன்று அலை கடந்து சென்ற பாதையை, அவ்வலையின் கட்டநிலையின் அடிப்படையிலும் விவரிக்கலாம். அலை ஒன்றின் பாதை ஓர் அலைநீளம்  $\lambda$  விற்குச் சமமான கட்டம்  $2\pi$  ஆகும்.  $\phi$  கட்டவேறுபாட்டிற்குச் சமமான பாதை வேறுபாடு ( $\delta$ ) பின்வருமாறு.

$$\delta = \frac{\lambda}{2\pi} \times \phi \quad \text{அல்லது} \quad \phi = \frac{2\pi}{\lambda} \times \delta$$

### ஓரியல் மூலங்கள் (Coherent sources):

இரண்டு அலை மூலங்கள் ஓரியல் மூலங்களாக இருக்கவேண்டுமெனில், அவை இரண்டும் ஒரே கட்டவேறுபாட்டைக் கொண்ட அல்லது கட்டவேறுபாடு அற்ற அலைகளை உருவாக்க வேண்டும். மேலம் இவ்விரண்டு அலைமூலங்களும் ஒரே அதிர்வெண் அல்லது அலைநீளம் (ஒற்றை நிறம்) கொண்ட அலைகளை உருவாக்க வேண்டும். அவ்வலைகள் ஒரே வீச்சுக்கொண்ட அலைவடிவம் கொண்டதாய் இருப்பதும் விரும்பத்தக்கது.

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

இரண்டு தனித்தனி ஒற்றை நிற ஒளி மூலங்கள் ஓரியல் மூலங்கள் ஆகாது. ஏனெனில், அவை ஒரே அதிர்வெண் மற்றும் ஒரே வீச்சு கொண்ட அலைகளை உருவாக்கலாம் ஆனால், அவ்வொளி மூலங்களினால் ஒரே கட்டத்தில் உள்ள அலைகளை உருவாக்க முடியாது. 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

1. ஒளிச்செறிவு அல்லது வீச்சுப்பிரிப்பு
2. அலைமுகப்புப் பிரிப்பு
3. ஒளிமூலம் மற்றும் பிம்பங்கள்

1. ஒளிச்செறிவு அல்லது வீச்சுப் பிரிப்பு:

பகுதி வெள்ளிபூசப்பட்ட கண்ணாடி (கற்றைப் பிரிப்பான்) வழியே ஒளியைச் செலுத்தும் போது, ஒரே நேரத்தில் ஒளி எதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளிவிலகல் இரண்டும் ஏற்படும். ஒரே ஒளிமூலத்திலிருந்து இரண்டு ஒளிக்கற்றைகளைப் பெறுவதால், பிரிக்கப்பட்ட இவ்விரண்டு ஒளிக்கற்றைகளும் ஓரியல் ஒளிக்கற்றைகளாகச் செயல்படும். இவ்விரண்டு ஓரியல் ஒளிக்கற்றைகளும் ஒரே கட்டத்தில் அல்லது மாறாத கட்டவேறுபாட்டில் உள்ளன.

2. அலைமுகப்புப் பிரிவு: ஓரியல் ஒளி மூலங்களைப் 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



இரண்டு புள்ளிகளைத் தேர்வு செய்தால் அவ்விரண்டு புள்ளிகளும் ஒரியல் ஒளிமூலங்களாகச் செயல்படும்.

3. ஒளிமூலம் மற்றும் பிம்பங்கள்: இம்முறையில் ஒளிமூலமும் அதன் பிம்பமும் ஒரியல் ஒளிமூலத்தொகுப்பாகச் செயல்படுகின்றன. ஏனெனில், ஒளி மூலமும் அதன் பிம்பமும் ஒத்த கட்டத்தில் உள்ள அல்லது ஒரே கட்டவேறுபாட்டையுடைய ஒளி அலைகளைக் தோற்றுவிக்கும். ப்ரனெல் (Fresnel's) இரட்டை முப்பட்டகத்தில், இரண்டு மாயஒளி மூலங்கள் ஒரியல் மூலங்களாகச் செயல்படுகின்றன. மேலும் லாயிட் (Lloyd's) கண்ணாடியில் ஒரு ஒளி மூலமும் அதன் மாய பிம்பமும் இரண்டு ஒரியல் மூலங்களாகச் செயல்படுகின்றன.

4.

#### இரட்டைப் பிளவு, ஒரியல் மூலங்களாகச் செயல்படல்:

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

ஒளிமூலங்களிலிருந்து வரும் ஒளி அலைகள் ஒரே ஊடகத்தில் பயணம் செய்து, வெவ்வேறு புள்ளிகளில் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்துகின்றன. அலைகளின் முகடு தொடர்ச்சியான கருமை கோடுகளினாலும் அகடு தொடர்ச்சியற்ற கோட்டினாலும் காட்டப்பட்டுள்ளன.

ஓர் அலையின் அகடும், மற்றோர் அலையின் அகடும் அல்லது ஓர் அலையின் முகடும் மற்றோர் அலையின் முகடும் சந்திக்கும் புள்ளிகளில் உள்ள அலைகள் ஒத்தகட்டத்தில் உள்ளன. எனவே, பெரும் இடப்பெயர்ச்சி ஏற்பட்டு அப்புள்ளிகள் பெரும் 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 பெரும் மற்றும் சிறும ஒளிச்செறிவுகள் தோன்றும். இவ்வாறு திரையில் தோன்றும் பொலிவு மற்றும் கரும்பட்டைகள் குறுக்கீட்டுப் பட்டைகள் என அழைக்கப்படுகின்றன.

#### யங் இரட்டைப்பிளவு ஆய்வு:

தாமஸ் யங் என்ற பிரிட்டிஷ் இயற்பியல் அறிஞர் ஒளிபுகாத் திரையில்  $S_1$  மற்றும்  $S_2$  என்ற இரண்டு துளைகளை ஏற்படுத்தி அவை  $S$  என்ற ஒளி மூலத்திலிருந்து சமதொலைவில் இருக்கும் படி அமைத்தார். ஒவ்வொரு துளையின் அகலமும்  $0.03 \text{ mm}$  இவ்விரண்டு துளைகளும்  $0.3 \text{ mm}$  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 ஒரியல் மூலங்களாக  $S_1$  மற்றும்  $S_2$  பிளவுகள் செயல்பட்டுக் குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தும்.

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

$S_1, S_2$  விலிருந்து திரையின் மையப்புள்ளி  $O$  வை அடையும் ஒளி அலைகள், சமதொலைவைக் கடந்துவந்துள்ளதால் அவை ஒத்தகட்டத்தில் இருக்கும். இவ்விரண்டு அலைகளும் ஆக்கக்குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தி, மையப்புள்ளி  $O$  வில் பொலிவுப்பட்டையை உருவாக்கும். இதற்கு மையப் பொலிவுப்பட்டை என்று பெயர். ஏதேனும் ஒரு பிளவை முடிவிட்டால் குறுக்கீட்டுப்பட்டைகள் மறைந்து

திரை சீராக ஒளியூட்டப்பட்டிருக்கும். இதிலிருந்து, திரையில் தோன்றும் பொலிவு மற்றும் கரும் பட்டைகள் ஒளியின் குறுக்கீட்டு விளைவினால் ஏற்பட்டவை என்பதை அறியலாம்.

**பாதை வேறுபாட்டிற்கான சமன்பாடு:**

ஒரியல் மூலங்களாகச் செயல்படும்  $S_1$  மற்றும்  $S_2$  பிளவுகளுக்கிடையே உள்ள தொலைவு  $d$  என்க. இவை  $\lambda$  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.

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

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

$$\delta = S_2P - MP = S_2M$$

$C$  புள்ளியிலிருந்து,  $P$  புள்ளி அமைந்துள்ள கோணநிலையை  $\theta$  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  $\Delta S_1S_2M$  இல், பாதைவேறுபாடு  $S_2M = d \sin \theta$  கோணம்  $\theta$  சிறியது. எனவே,  $\sin \theta \approx \tan \theta \approx \theta$

$$\delta = d \sin \theta$$

செங்கோண முக்கோணம்  $\Delta OCP$ ,  $\tan \theta = \frac{y}{D}$

$$\text{பாதை வேறுபாடு, } \delta = \frac{dy}{D}$$

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

**பொலிவுப்பட்டை அல்லது பெருமத்திற்கான நிபந்தனை:**

ஆக்ககுறுக்கீட்டு விளைவு அல்லது புள்ளியில் பொலிவுப்பட்டை தோன்ற நிபந்தனை பின்வருமாறு,

$$\text{பாதை வேறுபாடு, } \delta = n\lambda$$

இங்கு,  $n = 0, 1, 2, \dots$

$$\therefore \frac{dy}{D} = n\lambda$$

$$y = n \frac{\lambda D}{d} \text{ அல்லது } y_n = n \frac{\lambda D}{d}$$

$P$  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 கரும்பட்டை தோன்றுவதற்கான நிபந்தனை பின்வருமாறு,

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

இங்கு,  $n = 1, 2, 3 \dots$

$$\therefore \frac{dy}{D} = (2n-1) \frac{\lambda}{2}$$

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

P புள்ளியில் கரும்பட்டைத் தோன்ற இதுவே நிபந்தனையாகும். இங்கு  $y_n$  என்பது, O விலிருந்து வது கரும்பட்டையின் தொலைவைக் குறிக்கிறது. பொலிவு மற்றும் கரும்பட்டைகள் தோன்றும் விதத்தைப் காட்டுகின்றது.

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

### பட்டை அகலத்திற்கான கோவை:

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.

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

$$\beta = \frac{\lambda D}{d}$$

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

மையப்பொலிவுப் பட்டையின் இருபுறமும் சம அகலமுடைய பொலிவு மற்றும் கரும்பட்டைகள் சம இடைவெளியில் தோன்றும் என்று அறியலாம்.

### தெளிவான மற்றும் அகலமான குறுக்கீட்டுப் பட்டைகளைப் பெறுவதற்கான நிபந்தனைகள்:

1. ஒளி மூலத்திற்கும் திரைக்கும் இடையேயுள்ள தொலைவு மிக அதிகமாக இருக்க வேண்டும்.
2. பயன்படுத்தப்படும் ஒளியின் அலைநீளம் மிக அதிகமாக இருக்க வேண்டும்.
3. இரண்டு ஓரியல் மூலங்களுக்கு (இங்கே  $S_1$  மற்றும்  $S_2$ )க்கு இடையேயுள்ள தொலைவு மிகக் குறைவாக இருக்க வேண்டும்.

### 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.

நீரின் மீது படர்ந்திருக்கும் எண்ணெய் 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.

### மெல்லேடுகளில் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு (Interference in thin films)

ஒளிவிலகல் எண்  $\mu$  (குறுக்கீட்டுப் பட்டையின் வரிசை  $n$  உடன் சேர்த்து குழப்பிக்கொள்ளக்கூடாது) மற்றும் தடிமன்  $d$  கொண்ட மெல்லேடு ஒன்றைக் கருதுவோம். இம்மெல்லேட்டின் மீது இணை ஒளிக்கற்றை ஒன்று  $i$  என்ற படுகோணத்தில் விழுகிறது. இந்த ஒளிஅலை மெல்லேட்டின் மேற்பரப்பில் இரண்டாகப் பிரிந்து, ஒன்று ஒளி எதிரொளிப்பும் மற்றொன்று ஒளி விலகலும் அடைகிறது. ஒளிவிலகல் அடைந்த பகுதி மெல்லேட்டின் உள்ளே சென்று மெல்லேட்டின் அடிப்பரப்பில் மேலும் இரண்டுபகுதிகளாகப் பிரிகிறது. ஒரு பகுதி மெல்லேட்டினை உருவி வெளியேறுகிறது. மற்றொரு பகுதி மெல்லேட்டின் உள்ளேயே எதிரொளிப்படைகிறது. மெல்லேட்டினால் எதிரொளிப்பு மற்றும் ஒளிவிலகல் அடைந்த அலைகள், மெல்லேட்டின் உட்புறம் பல முறை எதிரொளிப்பு அடைகிறது. இம்மெல்லேட்டினால் எதிரொளிப்பு மற்றும் ஊடுருவல் அடைந்த ஒளி அலைகள் தனித்தனியே குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்துகின்றன.

### மெல்லேட்டின் வழியே உருவிச்சென்ற அலையினால் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு:

ஊடுருவிச் சென்ற ஒளி அலைகள் குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தித் தொகுபயன் ஒளிச்செறிவைக் கொடுக்கும்.  $B$  மற்றும்  $D$  புள்ளிகளிலிருந்து ஊடுருவிச்சென்ற ஒளி அலைகளின் பாதை வேறுபாட்டைக் கருதுவோம். ஒளி அலைகள் 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  $BC + CD = 2d$

$\mu$  ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட ஊடகத்தின் உள்ளே இக்கூடுதல் பாதை உள்ளதால், ஒளியியல் பாதை வேறுபாடு  $\delta = 2\mu d$

ஊடுருவிச் சென்ற அலைகளினால் ஏற்படும் ஆக்கக்குறுக்கீட்டு விளைவிற்கான நிபந்தனை,

$$2\mu d = n\lambda$$

இதேபோன்று, ஊடுருவிச் சென்ற அலைகளினால் ஏற்படும் அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கான நிபந்தனை,

$$2\mu d = (2n - 1)\frac{\lambda}{2}$$

### எதிரொளிப்பு அடைந்த அலைகளினால் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு:

கொள்கைரீதியாக மற்றும் சோதனைகளின் மூலமாகவும் அடர்குறை ஊடகத்தின் வழியாகச் சென்று, அடர்மிகு ஊடகப்பரப்பினால் எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளி அலைகள்  $\pi$  என்ற கட்டவேறுபாட்டை அடையும் என நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே, இதற்கு கூடுதல் பாதைவேறுபாடு  $\lambda/2$  வைக்கருத வேண்டும்.

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  $\mu$  ஒளிவிலகல் எண்கொண்ட ஊடகத்தினுள் உள்ளதால், ஒளியின் பாதை வேறுபாடு  $\delta = 2\mu d$  ஆகும்.

எதிரொளிப்பு அலைகளினால் ஏற்படும் அக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கான நிபந்தனை,

$$2\mu d + \frac{\lambda}{2} = n\lambda \quad (\text{அல்லது}) \quad 2\mu d = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$$

அடர்குறை ஊடகத்தில் சென்ற ஒளி அலை, A புள்ளியில் அடர்மிகு மெல்லேட்டுப் பரப்பினால் எதிரொளிப்பு அடைந்ததால்  $\pi$  கட்டவேறுபாட்டை அடைகிறது. எனவே, இக்கூடுதல் பாதை வேறுபாடு  $\lambda/2$  இங்கு ஏற்படுகின்றது.

எதிரொளிப்பு அலைகளினால் ஏற்படும் அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கான நிபந்தனை

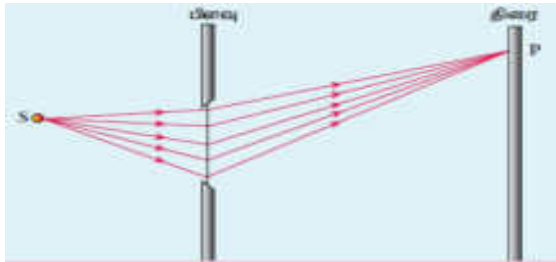
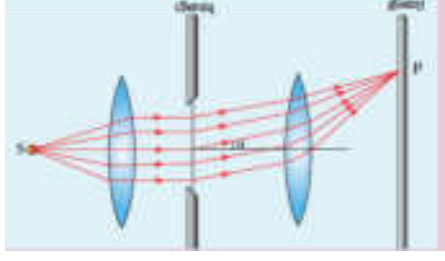
$$2\mu d + \frac{\lambda}{2} = (2n+1)\frac{\lambda}{2} \quad (\text{அல்லது}) \quad 2\mu d = n\lambda$$

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 என்ற  $2\mu d$  பதம்  $2\mu d \cos r$  என மாற்றமடையும்.

### விளிம்பு விளைவு (Diffraction):

ஒலி அலை, ஒளி அலை, நீரலை போன்ற அனைத்து அலைகளுக்கும் பொதுவான பண்பு விளிம்பு விளைவாகும். தடையின் விளிம்பில் வளைந்துசென்று, தடையின் வடிவியல் ரீதியான நிழலுக்குள் அலை செல்லும் நிகழ்வுக்கு விளிம்பு விளைவு என்று பெயர். 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. ஒளியின் அலைநீளம் இத்தடைகளின் அளவுடன்

ப்ரெனல் மற்றும் ப்ரானோ.பர் விளிம்பு விளைவுகளுக்கு இடையேயான வேறுபாடுகள்:

வ.எண்	ப்ரெனல் விளிம்பு விளைவு	ப்ரானோ.பர் விளிம்பு விளைவு
1.	கோளக அல்லது உருளை வடிவ அலை முகப்பு விளிம்பு விளைவிற்கு உட்படுகின்றது.	சுமதள அலை முகப்பு விளிம்பு விளைவிற்கு உட்படுகின்றது.
2.	ஒளி அலைகளைக் கொடுக்கும் ஒளிமூலம், வரம்புக்குட்பட்ட தொலைவில் இருக்கும்	ஒளி அலைகளைக் கொடுக்கும் ஒளிமூலம், ஈரில்லாத 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
		

ஒப்பிடத்தக்க அளவில் உள்ளதால் விளிம்பு விளைவு ஏற்படுகின்றது. ஒளியிலும் விளிம்பு விளைவு ஏற்பட, தடையின் அளவு ஒளியின் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் இருக்க வேண்டும்.

### ப்ரனெல் மற்றும் ப்ரானோ.:பர் (Fresnel and Fraunhofer) விளிம்பு விளைவுகள்:

விளிம்பு விளைவடையும் அலைமுகப்பின் வடிவத்தைப் பொருத்து ப்ரனெல் மற்றும் ப்ரானோ.:பர் விளிம்பு விளைவு என இருவகைப்படுத்தலாம். ப்ரனெல் மற்றும் ப்ரானோ.:பர் விளிம்பு விளைவுகளுக்கிடையேயான வேறுபாடுகள் காட்டப்பட்டுள்ளது.

உற்று நோக்கல் மற்றும் ஆய்வு செய்ய ப்ரானோ.:பர் விளிம்பு விளைவு எளியதாக இருப்பதால் ப்ரானோ.:பர் விளிம்பு விளைவுப் பற்றி நாம் மேலும் படிக்கலாம்.

### ஒற்றைப் பிளவில் ஏற்படும் விளிம்பு விளைவு (Diffraction at single slit):

AB அகலம் கொண்ட ஒற்றைப் பிளவு ஒன்றின் மீது செங்குத்தாக விழும் இணை ஒளிக்கற்றையைக் கருதுவோம்.

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  $\theta$  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 மையப்பெரும் பரவி காணப்படுகிறது. திரையில் உள்ள புள்ளி P வெவ்வேறு சிறுமங்களை அடைவதற்கான நிபந்தனைகளைக் நாம் காணவேண்டும். பிளவை இரட்டைப்படை எண்ணிக்கையுடைய சிறுசிறு பகுதிகளாகப் பிரித்துக் கொண்டால் அப்பகுதியிலிருந்து வரும் ஒளி அலைகளின் பாதை வேறுபாடுகள் ஒன்றினைந்து, P புள்ளியில் அழிவுக் குறுக்கீட்டுவிளைவை ஏற்படுத்தி, சிறும ஒளிச் செறிவை 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.

வெவ்வேறு ஒத்த புள்ளிகளிலிருந்து 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,  $\frac{a}{2} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin \theta = \lambda \quad (\text{முதல் சிறுமம்})$$

### 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,  $\frac{a}{4} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin \theta = 2\lambda \quad (\text{இரண்டாவது சிறுமம்})$$

**புள்ளியில் மூன்றாவது சிறுமம் ஏற்படுவதற்கான நிபந்தனை:**

முன்னர் கூறியவாறே, பிளவை ஆறு சம பிரிவுகளாகப் பிரித்துக்கொள்ள வேண்டும். P புள்ளியில் மூன்றாவது சிறுமம் ஏற்படுவதற்கான நிபந்தனை,  $\frac{a}{6} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$

$$a \sin \theta = 3\lambda \quad (\text{மூன்றாவது சிறுமம்})$$

இங்கு  $\sin \theta$  என்பது விளிம்பு விளைவின் கோண பரவலைக் கொடுக்கிறது. தோராயமாக்கலின் அடிப்படையில் திரையின் மையத்திலிருந்து y தொலைவில் அமைந்துள்ள பெரும் அல்லது சிறுமத்தின் நிலையை  $\sin \theta$  விற்கு பதிலாக  $\tan \theta$  கொண்டும் விவரிக்கலாம். (ஏனெனில்  $\theta$  மிகவும் சிறியது) எனவே  $\sin \theta = \tan \theta = \frac{y}{D}$

இங்கு, y என்பது திரையின் மையத்திலிருந்து பெரும் 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 ஒத்த புள்ளியிலிருந்து வரும் ஒளி அலை அழிக்கும் நிலையில் n வது சிறுமம் ஏற்பட நிபந்தனை,

$$\frac{a}{2n} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$$

$$a \sin \theta = n\lambda \quad (n \text{ வது சிறுமம்})$$

**பெருமங்களுக்கான நிபந்தனை:**

பெரும் ஒளிச்செறிவு ஏற்பட, பிளவை ஒற்றைப்படை எண்ணிக்கையுடைய சமபகுதிகளாகப் பிரித்துக்கொள்ள வேண்டும். இவ்வாறு பிரிப்பதனால் ஏதாவது ஒரு ஒத்த புள்ளியிலிருந்து வரும் ஒளி அலை அழிக்கப்படாமல் இருக்கும். எனவே, P புள்ளி பெரும் ஒளிச்செறிவில் காணப்படும்.

$$\frac{a}{3} \sin \theta = \frac{\lambda}{2} \quad (\text{அல்லது}) \quad a \sin \theta = \frac{3\lambda}{2}$$

இரண்டாம் பெருமத்திற்கான நிபந்தனை,

$$\frac{a}{5} \sin \theta = \frac{\lambda}{2} \quad (\text{அல்லது}) \quad a \sin \theta = \frac{5\lambda}{2}$$

மூன்றாம் பெருமத்திற்கான நிபந்தனை,

$$\frac{a}{7} \sin \theta = \frac{\lambda}{2} \quad (\text{அல்லது}) \quad a \sin \theta = \frac{7\lambda}{2}$$

இதேபோன்று, n வது பெருமத்திற்கான நிபந்தனை

$$a \sin \theta = (2n + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (\text{வது பெருமம்})$$

இங்கு  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ , என்பது பெருமங்களின் வரிசையாகும்.

மைய வரிசை பெருமத்திற்கு, சுழி வரிசை பெருமம் என்று பெயர். அடுத்தடுத்த சிறுமங்களுக்கு கிட்டத்தட்ட நடுவே பெரும ஒளிச்செறிவு காணப்படும்.

**முதல் சிறுமத்தைப் பற்றிய விளக்கம்**

முதல் சிறுமத்திற்கான நிபந்தனையைக் கருதுக. இங்கு  $n = 1$

$$a \sin \theta = \lambda$$

முதல் சிறுமத்தின் கோண பரவல்,  $\sin \theta = \frac{\lambda}{a}$

இதற்கான சிறப்பு நேர்வுகள் பின்வருமாறு:

1.  $a < \lambda$  எனும் போது, விளிம்பு விளைவு சாத்தியமல்ல. ஏனெனில்  $\sin \theta$  எப்போதும் ஒன்றைவிட அதிக மதிப்பைப் பெறாது.
2.  $a \geq \lambda$  எனும் போது, விளிம்பு விளைவு சாத்தியமாகும்.  
 $a \geq \lambda$ , எனினும் போது, விளிம்பு விளைவு சாத்தியமாகும்.  
 $a = \lambda$  எனில்  $\sin \theta = 1$  அதாவது  $\theta = 90^\circ$  இதன் பொருள் முதல் சிறுமம்  $90^\circ$  இல் ஏற்படுகிறது என்பதாகும். எனவே, வடிவியல் ரீதியான நிழல் பகுதி முழுவதும் மையப்பெருமம் பரவி, விளிம்பு விளைவுக் கதிரை  $90^\circ$  வளைக்கிறது.  
 $a \gg \lambda$ , விற்கு  $\sin \theta \ll 1$  அதாவது, முதல் சிறுமம் பிளவின் அலகத்திற்குள்ளாகவே அமையும். எனவே, விளிம்பு விளைவைக் காண இயலாது.
3.  $a > \lambda$  மற்றும் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் அமையும் போது அதாவது  $a = 2\lambda$  எனும் போது,  $\sin \theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{\lambda}{2\lambda} = \frac{1}{2}$ . எனவே  $\theta = 30^\circ$  மேற்கண்ட மூன்று நேர்வுகளும் விளிம்பு விளைவினைத் தெளிவாகக் காணும் வழிமுறையாகும்.

4.

**ப்ரெனல் தொலைவு:**

ஒளியின் நேர்கோட்டுப் பரவல், கதிர் ஒளியியலில் சாத்தியமாகும் தொலைவிற்கு ப்ரெனல் தொலைவு என்று பெயர். விளிம்பு விளைவு நிகழ்வில் ஒளி அலை வளைந்து செல்லும் இந்த ஒளியின் வளையும் பண்பு அதன் நேர்கோட்டு பரவலுக்கு முற்றிலும் எதிரானதாகும். ஆனால் இந்த விளைவு மையப்பெருமத்தை கடக்கும் வரை எந்த முக்கியத்துவத்தையும் பெறாது. அதாவது Z தொலைவைக் கடக்கும் வரை எந்த முக்கியத்துவத்தையும் பெறாது. எனவே, ப்ரெனல் தொலைவு என்பது எந்த தொலைவு வரை ஒளி, கதிர் ஒளியியலுக்கு கட்டுப்படுகிறதோ அல்லது கதிர் ஒளியியலுக்கு கட்டுப்படாமல் அலை ஒளியியலுக்கு கட்டுப்படத்தொடங்குகிறதோ அந்தத் தொலைவே ப்ரெனல் தொலைவு எனப்படும்.

முதல் சிறுமத்திற்கான விளிம்பு விளைவுச் சமன்பாடு

ப்ரெனல் தொலைவின் வரையறையிலிருந்து,

$$\sin 2\theta = \frac{a}{z}; 2\theta = \frac{a}{z}$$

இரண்டு சமன்பாடுகளையும் ஒப்பிடும் போது,

$$\frac{\lambda}{a} = \frac{a}{2z}$$

எனவே, ப்ரெனல் தொலைவு z



$$z = \frac{a^2}{2\lambda}$$

**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 கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

**கீற்றணியில் ஏற்படும் விளிம்பு விளைவு:**

விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியில் சம அகலமுடைய, அதிக எண்ணிக்கையில் அமைந்த பிளவுகள் காணப்படுகின்றன. பிளவுகளின் அகலம் விளிம்பு விளைவடையும் ஒளியின் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் அமைந்திருக்கும். ஒளிபுகும் பொருளின் மீது வைர ஊசியினைக் கொண்டு ஒளிபுகாக் கோடுகள் வரையப்பட்டிருக்கும். வணிகரீதியில் செயல்படும் நவீன விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியில் ஒரு சென்டிமீட்டரில் 6000 ஒளிபுகாக் கோடுகள் வரையப்பட்டிருக்கும். 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 கீற்றணி மூலம் ( $e = a + b$ ) என்று பெயர். அடுத்தடுத்த பிளவுகளில் உள்ள, கீற்றணி மூலத்திற்குச் சமமான தொலைவில் அமைந்துள்ள புள்ளிகளுக்கு ஒத்த புள்ளிகள் என்று பெயர்.

**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 ஒரியல் 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

சமதள விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி AB ஐக் கருதுக. இக்கீற்றணியில், சம அகலம்  $a$  கொண்ட அடுத்தடுத்த பிளவுகளும். சம அகலம்  $b$  கொண்ட ஒளிபுகாக் கோடுகளும் அமைந்துள்ளன.  $\lambda$  அலைநீளமுடைய ஒற்றைநிறச் சமதள அலைமுகப்பு ஒன்று கீற்றணியின் மீது செங்குத்தாக விழுகின்றது எனக் கருதுக. கீற்றணியின் மீது விழும் ஒளியின் அலைநீளம், பிளவின் அகலத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் உள்ளதால், கீற்றணியால் அவ்வொளி விளிம்பு விளைவு அடையும். குவிலென்ஸ் ஒன்றை பயன்படுத்தி விளிம்புவிளைவடைந்த அலைகளை திரையின் மீது குவித்தால், விளிம்பு விளைவுப்பட்டை அமைப்பு கிடைக்கும். கீற்றணியின் மையத்திலிருந்து திரைக்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக் கோட்டுடன் கோணத்தில் அமைந்துள்ள என்ற புள்ளியைக் கருதுக. ஒரு ஜோடி ஒத்த புள்ளிகளிலிருந்து சென்ற விளிம்பு விளைவடைந்த அலைகளுக்கிடையேயான பாதை வேறுபாடு

$$\delta = (a + b) \sin \theta$$

அனைத்து ஜோடி ஒத்தபுள்ளிகளுக்கும் இப்பாதை வேறுபாடு சமமாகும். P புள்ளி பொலிவுடன் இருக்க,

$\delta = m \lambda$  இங்கு  $m = 0, 1, 2, 3$   
 மேற்கண்ட இரண்டு சமன்பாடுகளையும் ஒப்பிடும்போது,  
 $(a + b) \sin \theta = m \lambda$

இங்கு  $m$  என்பது விளிம்பு விளைவு வரிசையாகும்.

**சுழி வரிசைப் பெருமத்திற்கான நிபந்தனை,  $m = 0$**

$(a + b) \sin \theta = 0$  எனில், விளிம்பு விளைவுக் கோணம்  $\theta = 0$ .  $\sin \theta = 0$  மற்றும்  $m = 0$  இதற்கு சுழி வரிசைப் பெருமம் அல்லது மையப்பெருமம் என்று பெயர்.

**முதல் வரிசைப் பெருமத்திற்கான நிபந்தனை  $m = 1$**

$(a + b) \sin \theta_1 = \lambda$  எனில், விளிம்பு விளைவுடைந்த ஒளி படும் ஒளியின் திசையுடன்  $\theta_1$  கோணத்தை ஏற்படுத்தும். மேலும், முதல்வரிசைப் பெருமம் கிடைக்கும்.

**இரண்டாம் வரிசைப் பெருமத்திற்கான நிபந்தனை:**

$(a + b) \sin \theta_2 = 2\lambda$  எனில், விளிம்பு விளைவுடைந்த ஒளி படும் ஒளியின் திசையுடன்  $\theta_2$  கோணத்தை ஏற்படுத்தும். மேலும், இரண்டாம் வரிசை பெருமம் கிடைக்கும்.

**உயர் வரிசைப் பெருமம் கிடைக்க நிபந்தனை:**

மையப் பெருமத்தின் இரண்டு பக்கங்களிலும் வெவ்வேறு கோண நிலைகளில் உயர்வரிசைப் பெருமங்கள் கிடைக்கும்.

இவ்வாறாக எடுத்துக்கொண்டால்,

$$N = \frac{1}{a+b}$$

கீற்றணியில் ஓரலகு அகலத்திற்கு வரையப்பட்ட கீற்றணி மூலங்கள் அல்லது ஒளிபுகாக் கோடுகளின் எண்ணிக்கையை  $N$  கொடுக்கும். பொதுவாக, கீற்றணியிலேயே  $N$  இன் மதிப்பு எழுதப்பட்டிருக்கும். எனவே,

$$\frac{1}{N} \sin \theta = m \lambda \quad \text{அல்லது} \quad \sin \theta = Nm \lambda$$

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.

**ஒற்றைநிற ஒளியின் அலைநீளத்தைக் காண்பதற்கான சோதனை:**

விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி மற்றும் நிறமாலைமானியைக் கொண்டு நிறமாலைவரியின் அலைநீளத்தைத் துல்லியமாகக் கண்டறியலாம். நிறமாலைமானியின் தொடக்க சீரமைப்புகளை சரிசெய்ய வேண்டும். அலைநீளம் காணவேண்டிய ஒற்றை நிற ஒளியினால் இணையாக்கியின் பிளவினை ஒளியூட்ட வேண்டும். தொலைநோக்கியினை இணையாக்கிக்கு நேராக அமைத்துப் பிளவின் நேரடி பிம்பத்தினைக் காண வேண்டும் 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 சுழற்ற வேண்டும். தொலைநோக்கி அமைந்துள்ள நிலைக்கான அளவீடுகளைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும்.

இதேபோன்று மற்றொரு பக்கமாக தொலைநோக்கியைச் சுற்றி முதல்வரிசை விளிம்பு விளைவு பிம்பம் செங்குத்துக் குறுக்குக்கம்பியுடன் ஒன்றிணையும் வகையில் அமைத்து அளவீடுகளைக் குறித்துக்

கொள்ள வேண்டும். இரண்டு நிலைகளுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடு 2θ வைக் கொடுக்கும். இதன் மதிப்பில் பாதி, முதல்வரிசை பெருமத்திற்கான விளிம்பு விளைவுக் கோணத்தைக் கொடுக்கும் (θ) ஒளியின் அலைநீளம் பின்வரும் சமன்பாட்டினால் கணக்கிடப்படுகிறது.

$$\lambda = \frac{\sin \theta}{Nm}$$

இங்கு N என்பது ஒரு மீட்டர் நீளத்தில் வரையப்பட்ட கோடுகளின் எண்ணிக்கையாகும். மேலும் m என்பது விளிம்பு விளைவு பிம்பத்தின் வரிசையாகும்.

#### 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 அதிகரிக்கும் போது, பாதை வேறுபாடு (a + b) sin θ ஊதா முதல் சிவப்பு வரை உள்ள அனைத்து வண்ணங்களின் பெரும விளிம்பு விளைவு நிபந்தனைகளின் வழியே கடந்துசெல்லும். இது மையப்பொலிவின் இரண்டுபக்கங்களிலும் ஊதா முதல் சிவப்பு வரையுள்ள நிறமாலை அமைப்பை உருவாக்கும். வெவ்வேறு வரிசைகளைக் கொண்ட விளிம்புவிளைவுக் கோணங்களைக் கண்டறிந்து, வண்ணங்களின் அலைநீளங்களைப் பின்வரும் சமன்பாட்டினைப் பயன்படுத்திக் கணக்கிடலாம்.

$$\lambda = \frac{\sin \theta}{Nm}$$

இங்கு N என்பது கீற்றணியில் ஒரு மீட்டர் நீளத்தில் வரையப்பட்ட கோடுகளின் எண்ணிக்கையையும், m என்பது விளிம்பு விளைவு பிம்பத்தின் வரிசையையும் குறிக்கும்.

#### பிரித்தறிதல் (Resolution)

நுண்ணோக்கி மற்றும் தொலைநோக்கி போன்ற ஒளியியல் கருவிகளில் தோன்றும் பிம்பங்களில் ஏற்படும் விளிம்பு விளைவு விரும்பத்தகாத ஒன்றாகும். ஒற்றைப்பிளவில் மையப்பொலிவு ஏற்படுத்தும் அரைக்கோண (அல்லது முதல் சிறுமத்தின் நிலை) பின்வரும் சமன்பாட்டினால் வழங்கப்படுகிறது.

$$\alpha \sin \theta = \lambda$$

ஒற்றைப்பிளவு போன்றே, வட்டவடிவத்துளை ஒன்று (லென்ஸ் அல்லது கருவிழி போன்றவை) புள்ளிப்பொருளின் பிம்பத்தை ஏற்படுத்தும் போது, அப்பிம்பம் புள்ளிப் பொருள் போன்று தோன்றாமல் மையத்தைவிட்டு விலகிச்செல்லும் போது ஒரு மைய வளையங்களும் மங்கலாகத் தெரியும். இவற்றுக்கு அயிரிஸ் தட்டுகள் (Airy's discs) என்று பெயர். மையப் பெரும வட்டத்தின் அரைக் கோணப்பரவல் பின்வரும் சமன்பாட்டினால் வழங்கப்படுகிறது.

$$\alpha \sin \theta = 1.22 \lambda$$

எண் மதிப்பு வட்டத்துளை ஏற்படுத்திய மையப் பெருமத்தினால் ஏற்படுகிறது. இதனை விளக்குவதற்கு உயர் கணிதம் தேவைப்படுவதால் இதனைப் பற்றி உயர்வகுப்புகளில் படிக்கலாம்.

சிறிய கோணங்களுக்கு,  $\sin \theta \approx \theta$

$$\alpha \theta = 1.22 \lambda$$

சமன்பாட்டினை மேலும் மாற்றியமைக்கும் போது,

$$\theta = \frac{1.22 \lambda}{\alpha} \text{ மற்றும் } \frac{r_0}{f} = \frac{1.22 \lambda}{\alpha}$$

$$r_0 = \frac{1.22 \lambda f}{\alpha}$$

அருகருகே அமைந்துள்ள புள்ளி ஒளிமூலங்களினால் ஏற்படும் பிம்பங்களின் விளிம்பு விளைவு அமைப்புகள் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்தி, காட்டியுள்ளவாறு மங்கலான பிம்பத்தைத் திரையில் தோற்றுவிக்கும். இரண்டு ஒளி மூலங்களின் பிம்பங்களைச் சிறப்பாகச் பெறுவதற்கு, இரண்டு புள்ளி

ஒளிமூலங்களும் நன்கு பிரித்தறியப்பட்டிருக்க வேண்டும். அதாவது, இரண்டு புள்ளி ஒளிமூலங்களின் பிம்பங்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்தா வண்ணம் பிரிக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும். இராலேயின் (Rayleigh's) நிபந்தனையின்படி இரண்டு புள்ளி ஒளிமூலங்கள் நன்கு பிரித்தறியப்பட வேண்டுமெனில், இவ்விரண்டு 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 பொருளின் பிரித்தறியப்பட்ட பிம்பங்கள் என அழைக்கப்படும். இராலேயின் நிபந்தனையைப் 'பிரித்தறிதலின் எல்லை' என்றும் அழைக்கலாம்.

இராலேயின் நிபந்தனையின்படி, இரண்டு புள்ளி ஒளி மூலங்கள் பிரித்தறியப்பட வேண்டுமெனில், அவற்றின் பிம்பங்களுக்கிடையேயான தொலைவு குறைந்தபட்சம்  $r_0$  தொலைவு இருக்க வேண்டும். கோணப் பிரித்தறிதலின் அலகு ரேடியன் (rad). மேலும், இது பின்வரும் சமன்பாட்டில் வழங்கப்படுகிறது.

$$\theta = \frac{1.22\lambda}{\alpha}$$

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. இடம்சார் பிரித்தறிதலைக் கணக்கிடப் பயன்படுகிறது.

பிரித்தறிதலின் தலைகீழ்க்குப் பிரித்திறன் என்று பெயர். இதிலிருந்து கருவிகள் சிறிய பிரித்தறிதல் பெரிய பிரித்திறனைக் கொடுக்கும் என அறியலாம். பிம்பங்களைத் தோற்றுவிப்பதன் மூலம், மிகச்சிறிய அல்லது அருகருகே உள்ள பொருள்களைப் பிரித்துப் பார்க்கும் அல்லது வேறுபடுத்திப் பார்க்கும் திறமைக்கு ஒளியியல் கருவியின் பிரித்திறன் என்று பெயர். பொதுவாகப் பிரித்தறிதல் என்ற சொல் உருவாகும் பிம்பத்தின் தரத்தையும், பிரித்திறன் என்பது ஒளியியல் கருவியின் பிரித்தறியும் திறமையையும் குறிக்கும்.

### 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 புரிந்து கொள்வதற்கு எளிமையாக இருக்க, மின்புலம் மட்டுமே எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டுள்ளது.

### முழுவதும் தளவிளைவடைந்த ஒளி (Plane Polarized Light)

குறுக்கலை ஒன்று: அலைபரவும் திசைக்குச் செங்குத்தாக உள்ள தளத்தில், அனைத்து திசைகளிலும் அதிர்வுகளைப் பெற்றிருப்பதைக் காட்டுகிறது. இவ்வாறு அனைத்துத் திசைகளிலும் அதிர்வுகளைப் பெற்றுள்ள ஒளி அலைகள் தளவிளைவுற்ற ஒளி என்று பெயர். தளவிளைவுற்ற ஒளியின் அனைத்த 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. ஆகியவை முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியைக் காட்டுகின்றன.

தளவிளைவுற்ற மற்றும் முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளி அலைகள் மின்புல வெக்டர்களைக் கொண்டுள்ள தளத்திற்கு, அதிர்வுறுத்தளம் (ABCD) என்று பெயர். ஒளிக்கற்றையைக் கொண்டுள்ள, அதிர்வுத்தளத்திற்குச் செங்குத்தாக உள்ள தளத்திற்கு தளவிளைவுத்தளம் (EFGH) என்று பெயர்.

தளவிளைவு அடைந்த மற்றும் தளவிளைவு அடையாத ஒளிக்கற்றைகளின் சில பண்புகள் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

### தளவிளைவு ஆக்கும் நுட்பங்கள் (Polarisation techniques):

தளவிளைவற்ற ஒளியை, பல்வேறு நுட்பங்களைப் பயன்படுத்தித் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியாக மாற்றலாம். இங்கு, பின்வரும் நான்கு முறைகளைப் பற்றி மட்டும் படிக்கலாம்.

1. தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட உட்கவர்தல் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்
2. எதிரொளிப்பின் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்
3. இரட்டை ஒளிவிலகலின் மூலம், தளவிளைவு ஆக்கம்
4. ஒளிச்சிதறல் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்

### 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 (dichroism) என்றும் அழைக்கலாம். 1932 இல் அமெரிக்க அறிவியல் அறிஞர் எட்வின் லாண்ட் (Edwin

தளவிளைவு அடைந்த மற்றும் தளவிளைவு அடையாத ஒளிக்கற்றைகளின் சில பண்புகள்:

வ.எண்	தளவிளைவு	தளவிளைவு அடையாத ஒளி
1.	ஒளிக்கதிர் பரவும் 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	முரபான ஒளி மூலங்களிலிருந்து இவ்வகையான ஒளி கிடைக்கிறது.

(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) படிக்கங்கள், ஒளியைத் தளவிளைவு ஆக்கும் பண்பினைப் பெற்றுள்ளன எனக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இரண்டு ஒளிபுகும் பிளாஸ்டிக் தகடுகளுக்கு நடுவே அதிக எண்ணிக்கையால் இப்படிக்கங்களின் அச்சுகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக உள்ளவாறு அமைத்து, அதனைப் போலராய்டாகப் பயன்படுத்தலாம். தற்காலத்தில் பாலிவினைல் ஆல்கஹால் (Polyvinyl alcohol) மெல்லேடுகளைப் பயன்படுத்திப் போலராய்டுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இவை, அதிக ஒளிகடத்தும் தன்மை கொண்ட நிறமற்ற படிக்கங்களாகும். மேலும் சிறந்த முறையில் ஒளியை, தளவிளைவு அடையச் செய்யும். போலராய்டுகள் பல்வேறு வகைகளில் பயன்படுகின்றன. அவற்றில் ஒரு பயன்பாடு காட்டப்பட்டுள்ளது.

தளவிளைவு ஆக்கி மற்றும் தளவிளைவு ஆய்வி (Polariser and Analyser)

தளவிளைவு அற்ற ஒளிக்கற்றை ஒன்றைக் கருதுவோம். ஒளிபரவும் திசைக்குச் செங்குத்தாக உள்ள அனைத்துத் திசைகளிலும் தளவிளைவற்ற ஒளிக்கற்றை அதிர்வுகளைப் பெற்றிருக்கும். இது ஒளிக்கற்றை அதிர்வுகளைப் பெற்றிருக்கும். இக்கற்றை  $P_1$  என்ற போலராய்டு வழியே செல்லும் போது 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  $90^\circ$  ஐ அடையும் போது ஒளிச்செறிவு முற்றிலும் மறைந்துவிடுகிறது. மீண்டும் போலராய்டைச் சுழற்றும்போது மீண்டும் ஒளி தோன்ற ஆரம்பித்து படிப்படியாக ஒளிச்செறிவு அதிகரித்து  $180^\circ$  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  $P_1$ ) 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.

தளவிளைவு அற்ற ஒளியின் செறிவு ( $I$ ) எனில், முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியின் செறிவு  $\left(\frac{I}{2}\right)$  வாக இருக்கும். மற்றொரு பங்கு ஒளிச்செறிவானது, தளவிளைவு ஆக்கியால் தடுக்கப்படுகிறது.

#### முழுவதும் மற்றும் பகுதி தளவிளைவு அடைந்த ஒளி:

தளவிளைவு ஆய்வி சுழியிலிருந்து  $90^\circ$  வரை ஒவ்வொரு முறை சுழற்றும் போதும், ஒளிச்செறிவு சுழிக்கும் பெருமத்திற்கும் இடையில் மாற்றமடைந்தால், அவ்வொளியை முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளி என அழைக்கலாம். இதற்குக் காரணம் ஓர் அச்சில் அதிர்வுகள் அனுமதிக்கப்படுகின்றன. இவ்வச்சுக்குச் செங்குத்தாக உள்ள அச்சில் அதிர்வுகள் முற்றிலும் தடுக்கப்படுகின்றன. வேறு வகையில் கூறுவோமாயின், தளவிளைவு ஆய்விவின் ஒவ்வொரு  $90^\circ$  சுழற்சிக்கும் ஒளிச்செறிவு பெருமத்திற்கும் சிறுமத்திற்கும் இடையில் மாற்றமடைந்தால் அந்த ஒளியைப் பகுதி தளவிளைவு அடைந்த ஒளி என அழைக்கலாம். இதற்குக் காரணம் குறிப்பிட்ட அச்சில் ஒளி முற்றிலும் தடுக்கப்படாததே ஆகும். எனவே, குறைந்த செறிவு தோன்றுகிறது.

#### மாலஸ் (Malus') விதி

தளவிளைவு ஆய்வியை படுகதிரின் திசைக்கு செங்குத்தான திசையில் ஒரு குறிப்பிட்டக் கோணத்திற்கு சுழற்றி, முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியைப் தளவிளைவு ஆய்வி வழியாகப் பார்க்கும் போது, 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 ( $\theta$ ) இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். இதற்கு மாலஸ் விதி என்று பெயர். 1809 இல் பிரஞ்சு அறிஞர் E.N. மாலஸ் இதனைக்கண்டறிந்தார்.

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

மாலஸ் விதியின் நிரூபணம் பின்வருமாறு, தளவிளைவு ஆக்கி மற்றும் தளவிளைவு ஆய்வியின் தளங்கள் காட்டியுள்ளவாறு ஒன்றுக்கொன்று  $\theta$  கோணத்தில் சாய்ந்துள்ளன எனக்கருதுக. தளவிளைவு ஆக்கியிலிருந்து வெளியேறும் ஒளியின் மின்புல வெக்டரின் செறிவை ( $I_0$ ) எனவும், அதன் வீச்சை ( $x$ ) எனவும் கொள்க. படும் ஒளியின் வீச்சு ( $y$ ) இரண்டு கூறுகளைப் பெற்றுள்ளது அவை  $x \cos \theta$  மற்றும்  $x \sin \theta$  ஆகும். இவை முறையே தளவிளைவு ஆய்வியின் பரவுதளத்திற்கு (Plane of transmission) இணையாகவும், செங்குத்தாகவும் உள்ளன.

ஈ  $\cos \theta$  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

$$I = ka^2 \cos^2 \theta$$

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

இங்கு,  $I_0 = Ka^2$  என்பது, தளவிளைவு ஆய்வியின் வழியாக வெளியேறும் ஒளியின் பெரும் ஒளிச்செறிவாகும்.

சிறப்பு நேர்வுகள் பின்வருமாறு:

நேர்வு (i)  $\theta = 0^\circ$  அல்லது  $180^\circ$  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.

**போலாராய்டுகளின் பயன்கள்:**

1. போலாராய்டுகள், கண் கூசுவதைத் தடுக்கும் கண்ணாடிகளாகவும், புகைப்படக்கருவிகளில் ஒளிவடிப்பானாகவும் மேலும் வெயில் காப்புக் கண்ணாடிகளிலும் பரவலாக பயன்படுகின்றன.
2. முப்பரிமாண திரைப்படக்காட்சிகளை அதாவது ஹாலோகிராபியை உருவாக்க போலாராய்டுகள் பயன்படுகின்றன.
3. பழைய எண்ணெய் ஓவியங்களில் நிறங்களை வேறுபடுத்தி அறிய போலாராய்டுகள் பயன்படுகின்றன.
4. போலாராய்டுகள் ஒளித் தகைவு பகுப்பாய்வில் (Optical stress analysis) பயன்படுகின்றன.
5. ஜன்னல் கண்ணாடிகளில் போலாராய்டுகளைப் பயன்படுத்தி, அறையின் உள்ளே வரும் ஒளியின் செறிவைக் கட்டுப்படுத்தலாம்.
6. தளவிளைவடைந்த லேசர் கற்றை, ஊசி முனை போன்று செயல்பட்டு, குறுந்தகடுகளைப் (CDs) படிக்க அல்லது அவற்றில் செய்திகளைப் பதிவு செய்ய பயன்படுகின்றன.
7. திரவ படிக்கத் திரையில் (LCD) பயன்படும், தளவிளைவு அடைந்த ஒளியை உருவாக்க போலாராய்டுகள் பயன்படுகின்றன.

**எதிரொளிப்பின் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்:**

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. படம் ஒளியின் ஒரு பகுதி எதிரொளித்து  $BC$  வழியாகவும், மற்றொரு பகுதி  $BD$  வழியாக ஒளிவிலகலும் அடைகிறது. தளவிளைவு ஆய்வி ஒன்றைப் பயன்படுத்தி

எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளியை அய்வு செய்யும்போது, அந்த ஒளி, பகுதி தளவிளைவு அடைந்துள்ளது என அறியப்பட்டது. படும் ஒளிக் கற்றையை ஒரு குறிப்பிட்டக் கோணத்தில் விழ்ச்செய்யும்போது (கண்ணாடிக்கு  $57.5^\circ$ ) எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளி முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்திருக்கும். எந்தக் குறிப்பிட்ட படுகோண மதிப்பிற்கு எதிரொளிப்பு அடைந்த கதிர் முற்றிலும் தளவிளைவு அடைந்ததோ, அந்தப் படுகோணமே தளவிளைவுக் கோணமாகும்.

**புருஸ்டர் விதி:**

1808 இல் மாலஸ் என்ற அறிஞர், ஒளிபுகும் ஊடகத்தின் பரப்பில்பட்டு எதிரொளிப்பு அடைந்த சாதாரண ஒளிக்கதிர், பகுதி தளவிளைவு அடைகிறது என கண்டறிந்தார். மேலும், ஒளியின் தளவிளைவு அடைகிறது படுகோணத்தைச் சார்ந்தது. ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோணமதிப்பிற்கு, எதிரொளிப்பு அடைந்த ஒளி முழுவதும் தளவிளைவு அடையுமட. 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 ஒளிவிலகலு கோணம் எனவும் கருதினால்,

$$i_p + 90^\circ + r_p = 180^\circ$$

$$r_p = 90^\circ - i_p$$

என்னெல் விதியிலிருந்து ஒளிபுகும் ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்

$$\frac{\sin i_p}{\sin r_p} = n$$

இங்கு  $n$  என்பது ஒளவிலகல் எண்ணாகும்.

இருந்து  $r_p$  யின் மதிப்பைப் பிரதியிடும் போது பின்வரும் சமன்பாடு கிடைக்கும்.

$$\frac{\sin i_p}{\sin(90^\circ - i_p)} = \frac{\sin i_p}{\cos i_p} = n$$

$$\tan i_p = n$$

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.

எதிரொளிப்பின் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கல் நிகழ்வின் அடிப்படையில் தட்டடுக்குகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. அதிக எண்ணிக்கையில் கண்ணாடித் தகடுகள் குழாய் ஒன்றின் உள்ளே ஒன்றின் மீது மற்றொன்று சாய்த்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. இக்கண்ணாடித்தகடுகள் குழாயின் அச்சுக்கு  $33.7^\circ$  கோணத்தில் ( $90^\circ - 56.3^\circ$ ) உள்ளன. குழாயின் அச்சுக்கு இணையாக வரும் தளவிளைவு அற்ற ஒளிக்கற்றை தட்டடுக்கின் மீது விழ்ச்செய்யப்படுகிறது. எனவே, படுகோணம் மீது விழ்ச்செய்யப்படுகிறது. எனவே, படுகோணம்  $56.3^\circ$  ஆகும். இப்படுகோணம் கண்ணாடியின் தளவிளைவுக் கோணமாகும். படுதளத்திற்குச் செங்குத்தான அதிர்வுகள் ஒவ்வொரு கண்ணாடிப் பரப்பினாலும் எதிரொளிக்கப்படும், இணையான அதிர்வுகள் பரப்பின் வழியே உருவியும் செல்கின்றன. பரப்புகளின் எண்ணிக்கை அதிகமாக இருந்தால் எதிரொளிப்பு அடைந்து முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த ஒளியின் செறிவும் அதிகரிக்கும். தட்டடுக்கு தளவிளைவு ஆக்கியாகவும், தளவிளைவு ஆய்வியாகவும் பயன்படுகின்றது.

**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. குவார்ட்ஸ், மைக்கா போன்ற மற்ற பொருள்களிலும் இப்பண்பு காணப்படுகிறது.

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. இம்பிம்பம் ஒளிவிலகல் விதிகளுக்கு உட்படும் ஒளிவிலகல் கதிரினால் ஏற்படுகிறது. மற்றொரு பிம்பம் அசாதாரண பிம்பமாகும் E. இப்பிம்பம் ஒளிவிலகல் விதிகளுக்கு உட்படாத ஒளிவிலகல் கதிரினால் ஏற்படுகிறது. இந்த அசாதாரண ஒளிக்கதிர் முழுவதும் தளவிளைவு அடைந்த கதிர் எனக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இரட்டை ஒளிவிலகல் ஏற்படும் 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.

#### ஒளியியல் செயல்புரியும் படிகங்களின் வகைகள்:

கால்சைட், குவார்ட்ஸ், டர்மலைன் மற்றும் பனிக்கட்டி போன்ற படிகங்கள் ஒரே ஒரு ஒளியியல் அச்சைப் பெற்றுள்ளன. எனவே, அவை ஈரச்சுப்படிகங்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

மைக்கா, புஷ்பராகம் (Topaz) செலினைட், அராகோனைட் போன்ற படிகங்கள் இரண்டு ஒளியியல் அச்சுகளைப் பெற்றுள்ளன. எனவே அவை ஈரச்சுப்படிகங்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

#### 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. ABCD என்பது கால்சைட் படிகத்தின் முதன்மைப் பிரிவைக் குறிக்கும்.

படிகத்தின் முகக்கோணங்கள் (Face angles)  $72^\circ$  மற்றும்  $108^\circ$  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 சோடியம் 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 அடையச் செய்வதில்லை.

கனடா பால்சத்தினால், சாதாரண ஒளி முழு அக எதிரொளிப்பு அடைந்து, படிகத்தின் மற்றொரு முகம் வழியாக வெளியேறாமல் தடுக்கப்படுகிறது. முழு தளவிளைவு அடைந்த அசாதாரண ஒளி மட்டும் படிகத்தின் வழியாக வெளியேறுகிறது.

### நிகோல் பட்டத்தின் பயன்கள்:

1. இது முழுதளவிளைவு அடைந்த ஒளியை உருவாக்குகிறது. அதாவது தளவிளைவு ஆக்கியாகச் செயல்படுகிறது.
2. முழு தளவிளைவு அடைந்த ஒளியைச் சேர்த்துப் பார்ப்பதற்கும் இது பயன்படுகிறது. அதாவது, தளவிளைவு ஆக்கியாகச் செயல்படும்.

### நிகோல் படிக்கத்தின் குறைபாடுகள்:

1. அளவில் பெரிய, குறைபாடற்ற கால்சைட் படிக்கங்கள் கிடைப்பது அரிது. எனவே, நிகோல் படிக்கத்தின் விலை மிக அதிகம்.
2. அசாதாரணக் கதிர் சாய்ந்த நிலையில் படிக்கத்தின் வழியே செல்வதால், படிக்கத்திலிருந்து வெளியேறும் முழு தளவிளைவு அடைந்த ஒளிக்கதிர் எப்பொழுதும் ஒரு பக்கமாக விலகல் அடைந்திருக்கும்.
3. ஒரு குறிப்பிட்ட வரம்பில் மட்டுமே இதனைப் பார்க்கமுடியும்.
4. நிகோல் பட்டகத்திலிருந்து வெளியேறும் ஒளிக்கதிர், சீராக முழுதளவிளைவு அடைந்திருக்காது

### ஒளிச் சிதறலின் மூலம் தளவிளைவு ஆக்கம்:

போலராய்டு ஒன்றினை சுழற்றிக்கொண்டே அதன் வழியாகத் தெளிவான நீலவானத்தைப் பார்க்கும் போது, ஒளிச்செறிவில் மாற்றம் ஏற்படுவதைக் காணலாம். இதற்குக் காரணம், சூரியஒளி வளிமண்டலத்தில் உள்ள மூலக்கூறுகளுடன் மோதும்போது அதன் திசையில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. (ஒளிச்சிதறல் ஏற்படுகிறது) தளவிளைவற்ற சூரிய ஒளி காட்டப்பட்டுள்ளது. வாயு மூலக்கூறுகளில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் இரண்டு திசைகளில் இயக்கக் கூறுகளைப் பெறும்.

சூரியனுக்குச் செங்குத்தாக  $90^\circ$  கோணத்தில் பார்க்கும் ஒருவரைக் கருதுவோம். இணையாக முடுக்கமடையும் மின்துகள்கள் பார்வையாளருக்கு ஆற்றலை கதிர்வீசாது. ஏனெனில், மின்துகளின் முடுக்கத்தில் செங்குத்துக்கூறுகள் இல்லை. எனவே, இம்மின்துகள்களினால் சிதறல் அடையும் கதிர்வீச்சுகள் தளத்திற்குச் செங்குத்தாகத் தளவிளைவு அடைகின்றன. இது ஒளிச்சிதறலின் மூலம் எவ்வாறு தளவிளைவு ஏற்படுகின்றது என்பதை விளக்குகிறது.

### ஒளியியல் கருவிகள் (Optical Instruments)

நாம் அன்றாட வாழ்வில் பல்வேறு ஒளியியல் கருவிகளைப் பயன்படுத்துகின்றோம். அவற்றுள் நுண்ணோக்கி, தொலைநோக்கி, நிறமாலைமானி மற்றும் மனித விழிகளைப் பற்றி நாம் படிக்க உள்ளோம்.

#### எளிய நுண்ணோக்கி:

ஒரு எளிய நுண்ணோக்கி என்பது, குறைந்த குவியத்தூரம் கொண்ட ஒரு உருப்பெருக்கும் (குவிக்கும்) லென்ஸ் ஆகும். பொருளின் நேரான, உருப்பெருக்கப்பட்ட மாய பிம்பத்தைப் பெறுவதே இதன் அடிப்படை நோக்கமாகும். இங்கு இரண்டு விதமான உருப்பெருக்கங்களைப் பற்றி 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.
2. இயல்பு நிலை குவியப்படுத்துதல் - பொருளின் பிம்பம் ஈரில்லாத் தொலைவில் தோன்றும். இந்த நிலையில் கண்களுக்கு எவ்வித சிரமமும் இன்றிப் பிம்பத்தை வசதியாகப் பார்க்க முடியும் காட்டப்பட்டுள்ளது.

**அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்தலுக்கான உருப்பெருக்கம்:**

அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்தல் காட்டப்பட்டுள்ளது. லென்சின் குவியத்தூரத்திற்கு  $f$  குறைவான தொலைவில் பொருள் உள்ளது. அதன் தொலைவு  $u$  ஆகும். பிம்பம், மீச்சிறு தொலைவில்  $D$  அதாவது, அண்மைப் புள்ளியில் தோன்றுகிறது. உருப்பெருக்கத்திற்கான சமன்பாடு,

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

லென்ஸ் சமன்பாட்டினைப் பயன்படுத்தி,  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ , உருப்பெருக்கத்தைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

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

குறியீட்டு மரபினைப் பயன்படுத்தி  $v$  யின் மதிப்பை பிரதியிடும் போது  $v = -D$ . எனவே,

மேற்கண்ட சமன்பாடு, அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்தலுக்கான உருப்பெருக்கத்தைத் தருகிறது.

இயல்புநிலை குவியப்படுத்துதல் காட்டப்பட்டுள்ளது. பிம்பம் ஈரில்லாத் தொலைவில் உள்ளபோது ஏற்படும் உருப்பெருக்கத்தைத் தற்போது காணலாம். பிம்பத்திற்கும், பொருளுக்கும் உள்ள விகிதம்  $\left(m = \frac{h'}{h}\right)$  உருப்பெருக்கத்தைக் கொடுக்கும். ஈரில்லாத் தொலைவில் மற்றும் ஈரில்லா அளவில் ஏற்படும் பிம்பத்திற்கான நடைமுறைத் தொடர்பினை பெற இயலாது. எனவே, நாம் கோண உருப்பெருக்கத்தை இங்குப் பயன்படுத்தலாம். லென்சின் உதவியால் பார்க்கப்படும் பிம்பம் ஏற்படுத்தியக் கோணத்திற்கும்  $\theta_i$  லென்சின் உதவியின்றி வெறும் கண்களினால் பார்க்கப்படும் பொருள் ஏற்படுத்தியக் கோணத்திற்கும்  $\theta_o$  உள்ள விகிதத்திற்கு, கோண உருப்பெருக்கம் என்று பெயர்.

$$m = \frac{\theta_i}{\theta_o}$$

கண்களினால் பார்க்கப்படும் பொருளுக்கு,

$$\tan \theta_o \approx \theta_o = \frac{h}{D}$$

லென்சின் உதவியால் பார்க்கப்படும் பிம்பத்திற்கு

$$\tan \theta_i \approx \theta_i = \frac{h}{f}$$

கோண உருப்பெருக்கம்,  $m = \frac{\theta_i}{\theta_o} = \frac{h/f}{h/D}$

$$m = \frac{D}{f}$$

மேற்கண்ட சமன்பாடு, இயல்புநிலை குவியப்படுத்தலுக்கான உருப்பெருக்கத்தைக் கொடுக்கும். அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்தலுக்கான உருப்பெருக்கத்தைவிட, இயல்புநிலை குவியப்படுத்தலுக்கான உருப்பெருக்கம் குறைவாகும். அண்மைப் புள்ளியில் குவியப்படுத்தப்பட்ட பிம்பத்தைப் பார்ப்பதைவிட, இயல்புநிலை குவியப்படுத்துவதினால் ஏற்படும் பிம்பத்தைப் பார்ப்பதும் கண்களுக்கு எளிதாகும்.  $D/f$  இன் பெரிய மதிப்புகளுக்கு, இரண்டு உருப்பெருக்கங்களுக்கு இடையே உள்ள வேறுபாடு மிகவும் குறைவாகும். இதற்குப் பின்னால் வரும் அனைத்துப் பகுதிகளிலும் இயல்புநிலை குவியப்படுத்தல் மட்டுமே கருத்தில் கொள்ளப்படுகிறது.

**நுண்ணோக்கியின் பிரிதிறன்:**

நுண்ணோக்கியின் பிரதிபலனைக் கணக்கிடுவதற்கான விளக்கம், 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 பிரித்திறன் சிறப்பாக அமைய, புள்ளிகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு ( $d_{min}$ ) குறைவாக இருக்க வேண்டும்.

பாடப் பகுதியின் முற்பகுதியில், மையப் பெருமத்திற்கான ஆரம் தரப்பட்டுள்ளது. அதன்படி

$$r_o = \frac{1.22\lambda v}{a}$$

இச்சமன்பாட்டில்  $f$  இருந்த இடத்தில், பிம்பத்தின் தொலைவு  $v$  காணப்படுகிறது. பிரித்தறிய வேண்டிய இரண்டு புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள சிறுமத்தொலைவு ( $d_{min}$ ) எனில், உருப்பெருக்கம்  $m$  ஐ பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$m = \frac{r_o}{d_{min}}$$

$$d_{min} = \frac{r_o}{m} = \frac{1.22\lambda v}{am} = \frac{1.22\lambda v}{a(v/u)} = \frac{1.22\lambda u}{a} \quad [ \because m = v/u ]$$

$$d_{min} = \frac{1.22\lambda f}{a} \quad [ \because u \approx f ]$$

பொருள் உள்ள பக்கத்தில்,

$$2 \tan \beta \approx 2 \sin \beta = \frac{a}{f} \quad \therefore [a = 2f \sin \beta]$$

$$d_{min} = \frac{1.22\lambda}{2 \sin \beta}$$

சிறுமத் தொலைவு ( $d_{min}$ ) த்தின் மதிப்பை மேலும் குறைப்பதற்கு, நுண்ணோக்கியின் பொருளருகு லென்ஸை அதிக ஒளிவிலகல் எண்  $n$  கொண்ட எண்ணெய் நிரப்பப்பட்ட கொள்கலனில் மூழ்கவைத்து, ஒளியின் பாதையை அதிகரிக்க வேண்டும்.

$$d_{min} = \frac{1.22\lambda}{2n \sin \beta}$$

இது போன்ற பொருளருகு லென்ஸ்களுக்கு எண்ணெய்யில் மூழ்கவைக்கப்பட்ட பொருளருகு லென்ஸ் என்று பெயர்.  $n \sin \beta$  பதத்திற்கு எண்ணியல் துளை NA என்று பெயர்.

$$d_{min} = \frac{1.22\lambda}{2(NA)}$$

**கூட்டு நுண்ணோக்கி:**

கூட்டு நுண்ணோக்கியின் அமைப்பு 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 ஈரில்லாத் தொலைவில் அல்லது அண்மைப் புள்ளியில் தோன்றும். இறுதிபிம்பம் உண்மையான பொருளைப்பொருத்துத் தலைகீழாகக் கிடைக்கும். கூட்டு நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்கத்திற்கான கோவையைப் பின்வருமாறு நாம் வருவிக்கலாம்.

**கூட்டு நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்கம்:**

கதிர் ஒளிப்படத்திலிருந்து, பொருளருகு லென்சின் நேரியல் உருப்பெருக்கம், பின்வருமாறு, தொலைவில் அல்லது அண்மைப் புள்ளியில் தோன்றும். இறுதிபிம்பம் உண்மையான பொருளைப்பொருத்துத் தலைகீழாகக் கிடைக்கும். கூட்டு நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்கத்திற்கான கோவையைப் பின்வருமாறு நாம் வருவிக்கலாம்.

**கூட்டு நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்கம்:**

கதிர் ஒளிப்படத்திலிருந்து, பொருளருகு லென்சின் நேரியல் உருப்பெருக்கம், பின்வருமாறு, லென்சின் நேரியல் உருப்பெருக்கம், பின்வருமாறு,

$$m_o = \frac{h'}{h}$$

நாம் அறிந்தபடி, இருந்து  $\tan \beta = \frac{h}{f_o} = \frac{h'}{L}$ . எனவே

$$\frac{h'}{h} = \frac{L}{f_o}$$

$$m_o = \frac{L}{f_o}$$

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, அண்மைப்புள்ளியில் அமைந்தால், கண்ணருகு லென்சின் உருப்பெருக்கம்  $m_e$  பின்வருமாறு

$$m_e = 1 + \frac{D}{f_e}$$

அண்மைப்புள்ளி குவியப்படுத்தலின் மொத்த உருப்பெருக்கம் ( $m$ ) பின்வருமாறு

$$m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right) \left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$$

இறுதிபிம்பம் ஈரில்லாத் தொலைவில் அமைந்தால் (இயல்புநிலை குவியப்படுத்துதல்), கண்ணருகு லென்சின் உருப்பெருக்கம்  $m_e$  பின்வருமாறு

$$m_e = \frac{D}{f_e}$$

இயல்புநிலை குவியப்படுத்துதலில் ஏற்படும் மொத்த உருப்பெருக்கம்  $m$  பின்வருமாறு கிடைக்கும்.

$$m = m_o m_e = \left(\frac{L}{f_o}\right) \left(\frac{D}{f_e}\right)$$

**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 குவியத்தாரமும் பெரிய துளையும் கொண்ட பொருளருகு லென்ஸ் இதில் உள்ளது. 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.

**வானியல் தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்கம்:**

இறுதி பிம்பம் விழியுடன் ஏற்படுத்தும் கோணத்திற்கும்  $\beta$  பொருள் லென்ஸ் அல்லது விழியுடன் ஏற்படுத்தும் கோணத்திற்கும்  $\alpha$  உள்ள விகிதமே வானியல் தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்கம் ( $m$ ) ஆகும்.

$$m = \frac{\beta}{\alpha}$$

படத்திலிருந்து,  $m = \frac{h/f_e}{h/f_o}$

$$m = \frac{f_o}{f_e}$$

வானியல் தொலைநோக்கியின் தோராய நீளம்,  $L = f_o + f_e$

### நிலப்பரப்புத் தொலைநோக்கி (Terrestrial Telescope)

நிலப்பரப்புத் தொலைநோக்கியில் கூடுதலாக லென்ஸ் ஒன்றைப் பயன்படுத்தி நோக்கப்பட்ட இறுதிபிம்பம் பெறப்படுகிறது.

### பிரதிபலிக்கும் தொலைநோக்கி (Reflecting telescope)

பெரிய அளவிலான மற்றும் ஒளியியல் குறைபாடுகளற்ற பிம்பங்களைத் தோற்றுவிக்கும் லென்ஸ்களை உருவாக்குவது மிகவும் கடினமானது மற்றும் பொருட்செலவு மிக்கது ஆகும். நவீன தொலைநோக்கிகளில் பொருளருகு லென்ஸ்களுக்கு மாற்றாக குவி ஆடிகள் 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 பயன்படுத்தும் போது 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. இக்குறைபாடு தற்போது நிவர்த்தி செய்யப்பட்டுள்ளது. இரண்டாவது குவி ஆடி ஒன்றினைப் பயன்படுத்தி குழலின் உள்ளே குவியப்படுத்தப்படும் ஒளியை, குழலின் வெளிப்பக்கமாக கொண்டுவந்து பிம்பத்தைக் காணலாம்.

### நிறமாலைமானி (Spectrometer):

பல்வேறு ஒளி மூலங்களிலிருந்து வரும் நிறமாலைகளை ஆராயவும், பொருள்களின் ஒளிவிலகல் எண்களைக் கணக்கிடவும் நிறமாலைமானிகள் பயன்படுத்துகின்றன. நிறமாலைமானி ஒன்று காட்டப்பட்டுள்ளது. அடிப்படையில் நிறமாலைமானி மூன்று பகுதிகளைக் கொண்டுள்ளது. அவையே இணையாக்கி, முப்பட்டக மேடை மற்றும் தொலைநோக்கி ஆகும்.

#### 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 அகலத்தைக் தேவைக்கு ஏற்றவாறு சரிசெய்து கொள்ளலாம். முப்பட்டகத்தின் அடிபாகத்துடன் இணையாக்கி உறுதியாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

#### முப்பட்டக மேடை:

முப்பட்டகம், கீற்றணி போன்றவற்றைப் பொருத்துவதற்கு முப்பட்டக மேடை பயன்படுகிறது. மூன்று சரிசெய்யும் 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.

### தொலைநோக்கி:

இது வானியல் தொலைநோக்கி வகையைச் சார்ந்ததாகும். குழல் ஒன்றின் ஒரு முனையில் குறுக்குக் கம்பிகளுடன் அமைந்த கண்ணருகு லென்சும், அதன் மறுமுனையில் பொருளருகு லென்சும் ஒரே அச்சில் அமைந்துள்ளன. இணையாக்கியிலிருந்து வரும் இணைகதிர்களைக் கொண்டு கண்ணருகு லென்சுக்கும் பொருளருகு லென்சுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவினைச் சரிசெய்து, தெளிவான பிம்பத்தைக் குறுக்குக் கம்பியில் தோன்ற செய்யலாம். நிறமலைமானியின் 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 முப்பட்டக மேடை இரண்டையும் விரும்பும் இடத்தில் நிலைநிறுத்துவதற்காக இரண்டு ஆரதிருகு ஆணிகள் உள்ளன. மேலும், நுட்பகமாகச் சரிசெய்வதற்குத் தொடுகொடு திருகு ஆணிகளும் காணப்படுகின்றன.

### நிறமலைமானியில் மேற்கொள்ள வேண்டிய சீரமைப்புகள்:

நிறமலைமானியைப் பயன்படுத்தி ஆய்வினை மேற்கொள்ளும் முன்பாகப் பின்வரும் சீரமைப்புகளைச் செய்ய வேண்டும்.

#### கண்ணருகு லென்சைச் சீரமைத்தல்:

தொலைநோக்கியை, ஒளியூட்டப்பட்ட பரப்பினை நோக்கிச் சுழற்றி, குறுக்குக் கம்பியை முன்னும்பின்னும் நகர்த்தித் தெளிவான பிம்பம் கண்களுக்குத் தெரியும் இடத்தில் அதனை நிலைநிறுத்த வேண்டும்.

#### 1. 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.

#### 2. இணையாக்கியைச் சீரமைத்தல்

இணையாக்கியின் பிளவினைச் சரி செய்து, ஒளிமூலம் ஒன்றினால் அதனை ஒளியூட்ட வேண்டும். பின்னர், இணையாக்கியின் அச்சக் கோட்டில் நிற்கும் வகையில் தொலைநோக்கியைச் சுழற்றி நிலைநிறுத்த வேண்டும். தொலைநோக்கியின் கண்ணருகு லென்சின் குறுக்குக் கம்பியில் தெளிவான பிம்பம் கிடைக்கும் வரை, 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.

#### 3. முப்பட்டக மேடையைச் சீரமைத்தல் இராமட்டம் மற்றும் சரிசெய்யும் திருகாணிகளைப் பயன்படுத்தி, முப்பட்டக மேடையின் இணை வட்டத்தகடுகளை சரிசெய்யலாம்.

### முப்பட்டகம் செய்யப்பட்ட பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் காணல்:

நிறமலைமானியின் தொலைநோக்கி, இணையாக்கி மற்றும் முப்பட்டக மேடை போன்றவற்றின் தொடக்கச் சீரமைப்புகளைச் செய்ய வேண்டும். முப்பட்டகக் கோணம் மற்றும் சிறும திசைமாற்றக் கோணம் ஆகியவற்றைச் கண்டறிந்து முப்பட்டகப் பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கணக்கிடலாம்.

முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகுப்பக்கங்கள் சந்திக்கும் முனைகள், இணையாக்கியைப் பார்க்கும் வகையில் முப்பட்டக மேடை மீது முப்பட்டகம் வைக்கப்படுகிறது. இணையாக்கியின் பிளவு சோடிய ஆவி விளக்கினைக் கொண்டு ஒளியூட்டப்படுகிறது. இணையாக்கியிலிருந்து வரும் இணைகதிர்கள் முப்பட்டகத்தின் AB மற்றும் AC பக்கங்களில் விழும்படி முப்பட்டகம் சரிசெய்யப்படுகிறது. AB

பக்கத்தில் பட்டு எதிரொளித்த பிளவின் பிம்பம், தொலை நோக்கியின் குறுக்குக்கம்பியுடன் பொருந்தும் வகையில் தொலை நோக்கியைச் 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.

இணையாக்கியிலிருந்து வரும் ஒளி முப்பட்டகத்தின் ஓர் ஒளிவிலகு பக்கத்தின் மீது விழுந்து, மறுபக்கத்தின் வழியே ஒளிவிலகல் அடைந்த ஒளியைத் தொலைநோக்கியின் வழியே பார்க்கும் வகையில், முப்பட்டகத்தை மேடைமீது பொருத்த வேண்டும். 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 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 பார்க்கும் வகையில் 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.

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

வெற்றிட முப்பட்டகம் ஒன்றினுள் திரவத்தை நிரப்பி, மேற்கூறப்பட்ட அதே முறையில் சோதனைகளை நிகழ்த்தி திரவத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் காணலாம். நிறமலைமணி சோதனைகள் தரப்பட்டுள்ளன.

### மனித விழி (The eye):

மனித உயிர்களுக்குக் கடவுளால் வழங்கப்பட்ட இயற்கை ஒளியியல் கருவி விழிகளாகும். மனித விழியின் அமைப்பு மற்றும் அதன் வேலை செய்யும் முறை போன்றவை. ஒளியியலில் தரப்பட்டுள்ளன. விழிலென்ஸ் சுருங்கி விரியும் தன்மையை பெற்றிருப்பதால் விழிலென்ஸின் குவியத் தொலைவை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவிற்கு விழியினால் மாற்றியமைக்க இயலும். விழிகள் முழு தளர்வு நிலையில் உள்ளபோது, அவற்றின் குவியத்தொலைவு பெருமமாகும். விழிகளைச் சுருக்கிப் பொருள்களைப் பார்க்கும் போது, 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 கொள்ளலாமல், விழியின் ஒளியியல் செயல்பாட்டைப் பற்றி இங்கு நாம் படிக்கலாம். சாதாரண பார்வை கொண்ட ஒருவரால், ஈரில்லாத் தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருளைப் பெருமக் குவியத் தொலைவுடன்  $f_{max}$  சிரமமின்றி



விழியின் மூலம் காண இயலும். இதேபோன்று 25 cm தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருளைச் சிறுமக் குவியத் தொலைவுடன் ( $f_{\min}$ ) விழியினைச் சுருக்கிக் காண இயலும்.

மனிதவிழியின் பெருமக் குவியத்தொலைவு  $f_{\max}$  மற்றும் சிறுமக்குவியத் தொலைவிற்கான  $f_{\min}$  சமன்பாட்டை பின்வருமாறு வருவிக்கலாம். லென்ஸ் சமன்பாட்டிலிருந்து,

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

பொருள் ஈரில்லாத் தொலைவில் உள்ளபோது,  $u = -\infty$  மற்றும்  $v = 2.5 \text{ cm}$  (விழி லென்சுக்கும் விழித்திரைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு). பெருமக் குவியத்தொலைவுடன் ( $f_{\max}$ ) சிரமமின்றி விழியினால் பொருளைக் காணும் நிலையில்

$$\frac{1}{f_{\min}} = \frac{1}{2.5 \text{ cm}} - \frac{1}{-\infty}$$

$$f_{\max} = 2.5 \text{ cm}$$

பொருள் அண்மைப் புள்ளியில் உள்ளபோது,  $u = -25 \text{ cm}$ , மற்றும்  $v = 2.5 \text{ cm}$  (விழி லென்சுக்கும் விழித்திரைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு). சிறுமக்குவியத் தொலைவுடன்  $f_{\min}$  விழியினைச் சுருக்கி பொருளைக் காணும் நிலையில்,

$$\frac{1}{f_{\min}} = \frac{1}{2.5 \text{ cm}} - \frac{1}{-25 \text{ cm}}$$

$$f_{\min} = 2.27 \text{ cm}$$

$f_{\max} - f_{\min} = 0.23 \text{ cm}$  விழிலென்சின் குவியத் தொலைவில் ஏற்படும் இச்சிறிய வேறுபாட்டினால் ஈரில்லாத் தொலைவிலிருந்து அண்மை நிலைப்புள்ளிவரை பொருள்களை நம்மால் காண முடிகிறது. தற்போது, நாம் பார்வையில் ஏற்படும் சில பொதுவான குறைபாடுகளைப் பற்றிப் படிக்கலாம்.

### கிட்டப்பார்வை (myopia)

கிட்டப்பார்வை குறைபாட்டினால் பாதிக்கப்பட்ட நபரினால் தொலைவில் உள்ள பொருளைத் தெளிவாகக் காண இயலாது, இக்குறைபாட்டிற்கான காரணம் இயல்பு நிலையைவிட விழிலென்சின் தடிமன் அதிகரித்து அதன் காரணமாக 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.

தொலைவில் உள்ள பொருளிலிருந்து வரும் இணைகதிர்கள், விழித்திரையை அடையும் முன்பே குவிக்கப்படுகின்றன. ஆனால் அருகே உள்ள பொருள்களை இவர்களால் நன்கு காண முடியும். கிட்டப்பார்வை குறைபாடுடைய நபரால் பார்க்கப்படும் பெருமத் தொலைவு  $x$  என்க. சரிசெய்யும் லென்சைக் கொண்டு ஈரில்லாத் தொலைவில் உள்ள பொருளின் மாயயிம்பத்தை  $x$  புள்ளியில் ஏற்படுத்தி இக்குறைபாட்டைச் சரிசெய்யலாம்.

லென்ஸ் சமன்பாட்டினைக் கொண்டு கிட்டப்பார்வை குறைபாட்டைச் சரிசெய்யும் லென்சின் குவியத் தொலைவைக் கணக்கிடலாம்.

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

இங்கு,  $u = -\infty$ ,  $v = -x$  இம்மதிப்புகளை லென்ஸ் சமன்பாட்டில் பிரதியிடும் போது,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{-x} - \frac{1}{-\infty}$$

சரி செய்யும் லென்சின் குவியத் தொலைவு,

$$f = -x$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலுள்ள எதிர்குறி, பயன்படுத்தும் லென்ஸ் ஒரு குழிலென்ஸ் என்பதைக் காட்டுகிறது. அடிப்படையில் குழிலென்ஸ் என்பதைக் காட்டுகிறது. அடிப்படையில் குழிலென்ஸ்

உதவியின்றி விழித்திரைக்கு முன்பாக குவிந்த இணைகதிர்களை, இந்தக் குழிலென்ஸ் விரிகதிர்களாக மாற்றி விழித்திரையில் குவியமடையச் செய்கிறது. எனவே, இங்கு, இம்மதிப்புகளை லென்ஸ் சமன்பாட்டில் பிரதியிடும் போது,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{-x} - \frac{1}{-\infty}$$

சரி செய்யும் லென்சின் குவியத்தொலைவு,

$$f = -x$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலுள்ள எதிர்குறி, பயன்படுத்தும் லென்ஸ் ஒரு குழிலென்ஸ் என்பதைக் காட்டுகிறது. அடிப்படையில் குழிலென்ஸ் உதவியின்றி விழித்திரைக்கு முன்பாக குவிந்த இணைகதிர்களை, இந்தக் குழிலென்ஸ் விரிகதிர்களாக மாற்றி விழித்திரையில் குவியமடையச் செய்கிறது. எனவே, கிட்டப்பார்வை குறைபாடு உள்ள நபரினால் குழிலென்ஸ் உதவியுடன் தொலைவில் உள்ள பொருளையும் காணமுடிகிறது.

### 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 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 குவியமடையது காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆனால், இக்குறைபாடுடைய நபர்களினால் 25 cm க்கும் அதிகமான தொலைவில் உள்ள பொருள்களைக் காண இயலும்.

தூரப்பார்வை குறைபாடுடைய நபரின் விழியிலிருந்து நாம் கருதும் புள்ளியின் குறைந்தபட்சத் தொலைவை  $y$  என்க. இத்தொலைவிற்கு அப்பால் உள்ள பொருள்களை குறைபாடுடைய நபரினால் பார்க்க முடியும். இக்குறைபாட்டினைச் சரிசெய்ய  $y$  புள்ளியிலுள்ள பொருளின் மாயபிம்பத்தைச் சரிசெய்யும் லென்சின் உதவியால் விழியிலிருந்து 25 cm தொலைவில் (அண்மைப் புள்ளியில்) தோற்றுவிக்க வேண்டும். லென்ஸ் சமன்பாட்டைக் கொண்டு தூரப்பார்வை குறைபாட்டைச் சரிசெய்யும் லென்சின் குவியத் தூரத்தைக் கணக்கிடலாம்.

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

இங்கு  $u = -y$ ,  $v = -25 \text{ cm}$ . இம்மதிப்புகளை லென்ஸ் சமன்பாட்டில் பிரதியிடும் போது,

லென்ஸ் சமன்பாட்டில் பிரதியிடும் போது,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{-y} - \frac{1}{-25\text{cm}}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டைச் சுருக்கினால்,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{25\text{cm}} - \frac{1}{y} = \frac{y - 25\text{cm}}{y \times 25\text{cm}}$$

$$f = \frac{y \times 25\text{cm}}{y - 25\text{cm}}$$

மேற்கொண்ட 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.

### ஒருதளப்பார்வை (Astigmatism):

விழிலென்சில், வெவ்வேறு வளைவு ஆரங்களைப்பெற்ற தளங்கள் காணப்படுவதால் ஒரு தளப்பார்வைக் 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. கிட்டப்பாடுகளும் கொண்ட மனிதருக்கு, படிப்பதற்கு குவிக்கும் கண்ணாடியையும், தொலைவில் உள்ள பொருள்களைக் காண்பதற்கு விரிக்கும் கண்ணாடியையும் பயன்படுத்த வேண்டும். இவ்வாறு தனித்தனியாக கண்ணாடிகளைப் பயன்படுத்துவது சிரமமாகும். இதனை நீக்குவதற்காக, இரட்டை குவியத்தொலைவு கொண்ட லென்ஸ்களும், தொடர் குவியத்தொலைவும் கொண்ட லென்ஸ்களும் (Progressive lens) பயன்படுகின்றன.