

க.பொ.த (உயர்தரம்)

# பௌதிகவியல் தரம் - 12

வளநூல்

அலகு - 03

அலைவுகளும் அலைகளும்

ஏளைய அலகுகளுக்குரிய வளநூல்களை தரவிறக்கம் செய்ய **இங்கு** அழுத்தவும்



இன்னும் பல பயனுள்ள தகவல்களைப் Telegram இல் பெற்றுக் கொள்ள எமது Channel இல் இணைந்திடுங்கள்



/ ScienceEagle

[CLICK HERE TO JOIN](#)

எமது Updates களை உடனுக்குடன் உங்கள் வாட்ஸ்அப் இல் ( Broadcast Service ) ஊடாக பெற்றுக்கொள்ள இன்றே செயற்படுததுங்கள்



072-5161322

[CLICK HERE](#)

[www.ScienceEagle.com](http://www.ScienceEagle.com)

இலங்கையின் உயர்தர கணித விஞ்ஞான பிரிவிற்கான தனித்துவமான இணையதளம்

## அலைவுகளும், அலைகளும்

### அறிமுகம்

உங்களுக்கு ஊஞ்சல் ஒன்றில் ஊசலாடிய அனுபவமுண்டா. இங்கு நீங்கள் நடுப்புள்ளி ஒன்று பற்றி அங்கும் இங்குமாக அலைவீர்கள், இதனை அலைவு என்போம். இந்த அத்தியாயத்தில் நாங்கள் இவ்வியக்கம் பற்றி ஆராய்வோம். அதிரும் இசைக்கவர் ஒன்றின் புயம் ஒன்றின் அதிர்வுகள், ஒரு முனை பற்றிப் பொருத்தப்பட்ட வெட்டுரம்பம் ஒன்றின் அதிர்வு போன்ற இருவழி அதிர்வுகளை அவதானித்திருப்பீர்கள். இங்கு முழுப்பொருளும் அங்கும் இங்குமாக ஊசலாடுவதனால் இதனை அதிர்வுகள் எனக் கூறுவோம். இங்கு பொருளின் எல்லாப்பகுதியும் ஒரே மீறனுடனும், வெவ்வேறு வீச்சங்களுடனும் ஊசலாடகின்றது.

### ஆவர்த்தன இயக்கம்

சமநேர இடைவெளிகளில் ஒரு இயக்கம் தானாக மீண்டும் மீண்டும் நிகழுமாயின் அவ்வியக்கம் ஆவர்த்தன இயக்கமாகும்.

உ+ ம் :- சூரியனைச்சுற்றி எல்லாக் கோள்களினதும் இயக்கம்.

### அலைவு இயக்கம்

அலையும் பொருள் ஒன்று ஒரு சமனிலைப் புள்ளி பற்றி அங்கும் இங்குமான இயக்கத்தை ஆற்றுமாயின் அவ்வியக்கம் அலைவு இயக்கம் எனப்படும்.

உ+ ம் :- தொட்டில் அல்லது ஊஞ்சல் ஒன்றின் அலைவு.

### எளிய இசை இயக்கம்

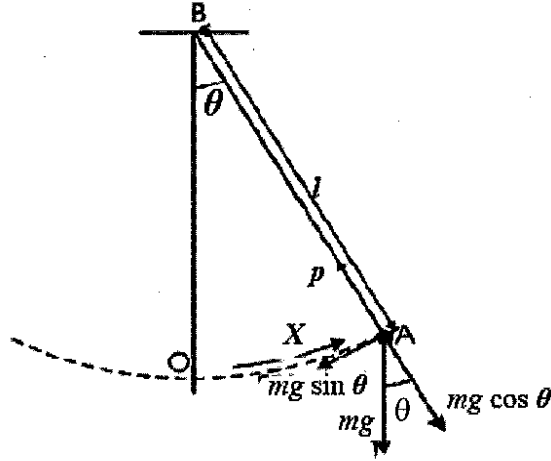
இயக்கம் பொருள் ஒன்றின் ஆர்முடுகலானது சமனிலைப்புள்ளி ஒன்றை நோக்கத்தக்க தாகவும், அதன் பருமன் அப்புள்ளியிலிருந்தான இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர்விகிதாமாயுமிருப்பின், அப்பொருளின் இயக்கம் எளிய இசையியக்கம் எனப்படும். எளிய இசையியக்கம் கட்டாயமாக ஓர் அலை இயக்கமாகும். ஆனால் எல்லா அலைவுகளும் எளிய இசையியக்கம் அல்ல.

### எளிய இசையியக்கத்தின் சிறப்பியல்புகள்

- இயக்கம் ஆவர்த்தனமானது.
- சமனிலைத்தானத்திலிருந்தான (அலைவின் மையம்) பொருளின் இடப்பெயர்ச்சி, அதன் ஆர்முடுகலுக்கு நேர்விகிதசமன்.
- ஆர்முடுகல் சமனிலைத்தானத்தை நோக்கியிருக்கும்.

எளிய இசையியக்கம் பற்றிய கொள்கை ரீதியாகக் கற்குமுன் அதனைப் பண்பு ரீதியாக ஆராய்தல் வேண்டும். இந்நோக்கத்திற்காகப் பாரமற்ற நீளமாட்டாத இழை ஒன்றிலிருந்து தொங்கவிடப்பட்ட ஊசல் குண்டு ஒன்றின் சிறிய அலைவுகளைக் கருதுவோம். இழையின் மேல்முனை நிலைத்த புள்ளி ஒன்றிற்குக் கட்டப்படும். குண்டானது ஒரு பக்கத்திற்குச் சிறிது இழுக்கப்பட்டு விடுவிக்கப்பட்டால் அது அங்கும் இங்குமாக வட்டப்பாதையில் நிலைக்குத்துத்தளத்தில் அலையும்.

குண்டானது குறிப்பிட்ட நிலை A யிலிருக்கையில் அதனியக்கத்தைக் கருதுக.



$$OA = x, \angle OBA = \theta$$

குண்டில் தொழில்படும் விசைகள், அதன் நிறை  $mg$ , இழையின் இழவை  $T$ . புள்ளி Aயில் தாக்கும் நிலைக்குத்து நிறையை ஆரை வழியேயும் தொடலிவழியேயும் பிரிக்க. தொடலிவழியேயுள்ள கூறு  $mg \sin \theta$  Oவை நோக்கிய சமனிலைப்படுத்தப்படாத விசையாகக் காட்டலாம்.

உரு 1.1 எளிய ஊசல்

குண்டின் இயக்கச் சமன்பாடு பின்வருமாறு கொடுக்கப்படும்  $-mg \sin \theta = ma$

இங்கு 'a' என்பது A யில் வரையப்பட்ட தொடலி வழியேயான ஆர்முடுகல். இங்கு விசையானது O ஐ நோக்கியும், O விலிருந்தான இடப்பெயர்ச்சி  $x$  ஆரை வழியே ஆர்முடுகலுக்கு எதிர்திசையிலும் அளக்கப்படுகிறது. ஆதலினால் மறைக்குறி கொடுக்கப்படுகிறது. இங்கு  $\theta$  சிறியது ( $10^\circ$  க்கு மேற்படாதது)  $\sin \theta \approx \theta$  (ஆரையன்)

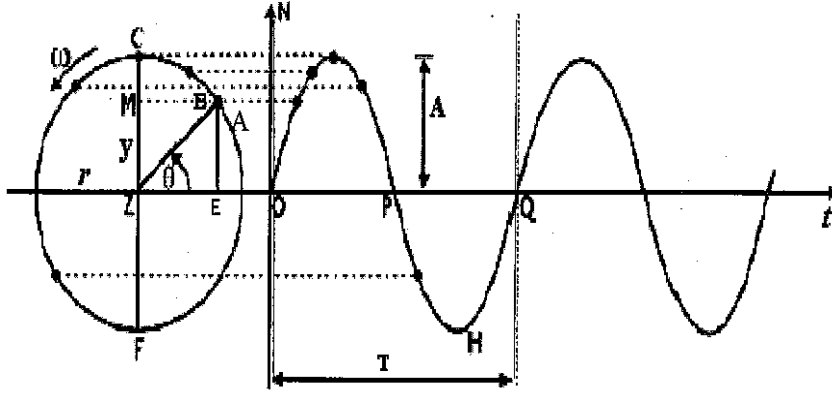
$$\begin{aligned} -mg \theta &= ma \\ -mg \frac{x}{l} &= ma \\ a &= -\frac{g}{l} x \\ a &= -\omega^2 x, \quad \omega^2 = \frac{g}{l} \end{aligned}$$

இத்தொடர்பு சிறிய வீச்சத்திற்கான எளிய இசையியக்கத்தைக் குறிக்கின்றது. T ஆனது எளிய ஊசலின் ஆவர்த்தன காலம் ஆயின்

$$\begin{aligned} T &= \frac{2\pi}{\omega} \\ T &= 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \end{aligned}$$

T ஆனது ஊசலின் நீளத்தில் மாத்திரம் தங்கியிருக்கும். ஊசலிருக்கும் இடத்தில்  $g$  ஆனது மாறிலியாகக் கருதப்படும். வளித்தடை காரணமாக ஊசலின் வீச்சம் படிப்படியாகக் குறையும். இக்கோவையானது முதலில் கலிலியோவினால் (Galileo) வருவிக்கப்பட்டது. அவர் அலைவு நேரத்தை அளக்கத் தமது துடிப்பைப் பயன்படுத்தினார்.

எளிமை இசை இயக்கத்துடன் தொடர்பான சமன்பாடு



உரு 1.2 எளிய இசை வரைபு

Z ஐ மையமாகவும் r ஐ ஆரையாகவும் உடைய வட்டப் பாதை ஒன்றின் வழியே சீரான கோண வேகம்  $\omega$  வுடன் பொருள் ஒன்று வட்ட இயக்கத்தை ஆற்றுவதாகக் கருதுக. CZF என்பது நிலைத்தவிட்டமாகும்.

துணிக்கை ஆனது வட்டப் பாதையில் இயங்கும் போது இயங்கும் பொருளிலிருந்து இவ்விட்டத்திற்கு வரைந்த செங்குத்து அடி M. Z இலிருந்து Cக்கு இயங்கிய பின் Z இனூடு Fக்குச் சென்று மீண்டும் Z ஐ அடையும். இந்த ஆவர்த்தன காலத்தின் போது பொருளானது Oவிலிருந்து ஆரம்பித்து இடஞ்சுழித்திசையில் பரிதி வழியே ஒரு பூரண வட்டத்தை ஆற்றும். CZF வழியேயான செங்குத்து எறியத்தில் இங்கும் அங்குமான இயக்கம் எளிமை இசையியக்கத்தை ஆற்றும் எனக்காட்டலாம்.

பொருளின் வட்ட இயக்கத்தின் போது ஏதாவது நிலையில் ( $EZB = \theta$ ), M ஆனது Bயிலிருந்து CZ னுக்கு வரைந்த செங்குத்தின் அடி என்க பொருள் B யிலிருக்கையில் பொருளின் ஆர்முடுகல்  $\omega^2 r$ , BZ ஐ நோக்கியிருக்கும்.

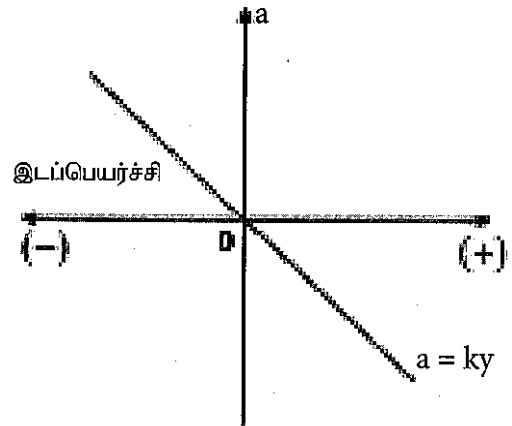
∴ Z ஐ நோக்கிய M இன் ஆர்முடுகல்  
 $= \omega^2 r \sin \theta$   
 இங்கு  $r \sin \theta = MZ = y$

Z ஐ நோக்கிய Mன் ஆர்முடுகல்,  $\omega^2 y$ , இங்கு  $\omega^2$  ஒரு மாறிலி.

∴ Z ஐ நோக்கி M இன் ஆர்முடுகல், Z இலிருந்து M இன் இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர் விகிதசமன் எனக் காட்டுகிறது.

இதிலிருந்து M இன் Z ஐ நோக்கிய ஆர்முடுகல்  $-\omega^2 y$

ஆர்முடுகல் எதிர் இடப்பெயர்ச்சி வரைபானது மறைப்படித்திறனை கொண்ட ஒருநேர்கோடாகும்.



உரு 1.3

ஆர்முடுகல் இடப்பெயர்ச்சி வரைபு



**ஆவர்த்தனகாலம்**

ஆவர்த்தனகாலம் ( $T$ ) செங்குத்து அடி  $M$  ஆனது  $C$  யிலிருந்து  $F$ க்கு இயங்கி மீண்டும்  $C$ க்கு இயங்க எடுக்கும் நேரம் ஆவர்த்தனகாலம் ( $T$ ) எனப்படும். இவ்வாவர்த்தன காலத்தில் பொருளானது பரிதிவழியே ஒரு பூரணவட்டத்தை ஆற்றுகிறது. சுழன்ற கோணம்  $2\pi$ , கோணவேகம்  $\omega$  ஆயின்

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

$Z$  இலிருந்து எறியத்தின் அடியின் ஆகக்கூடிய தூரம்  $ZC$  அல்லது  $ZF$  என்பது இயக்கத்தின் வீச்சம் எனப்படும். இது உரு 1.3 ன் படி வட்டத்தின் ஆரைக்குச் சமமாகும்.

$Z$  இலிருந்தான செங்குத்து அடிக்கான இடப்பெயர்ச்சி நேரத்துடன் மாறுபடுதலைக் கருதுவோம்.

$$AE = ZM$$

இச்சமன்பாடானது மேலுள்ள வளையிக்குரியதாகும். அவ்வளையி "சைன் வளையி" வடிவத்தை கொண்டது. 'A' ஆனது அதியுயர் இடப்பெயர்ச்சியாகும். இது "வீச்சம்" என அழைக்கப்படும். பொருளானது வட்டத்தைச் சுற்றி ஒரு செக்கனுக்கு  $f$  எண்ணிக்கையான தரங்கள் இயங்கும் போது  $M$  புள்ளியானது  $CF$  பாதையில் ஒரு செக்கனுக்கு  $f$  எண்ணிக்கையான தரங்கள் தனியாக அலையும்.

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

$$\omega = 2\pi f$$

**எளிய இசையியக்கத்தை ஆற்றும் பொருளின் வேகம்**

வட்ட இயக்கத்தை ஆற்றும் பொருள் ஒன்று குறித்த கணத்தில் புள்ளி  $B$  யிலிருப்பின், அதன் வேகம்  $v$ ,  $B$ யிலுள்ள தொடலிவழியேயிருக்கும்.

$\therefore$  இக்கணத்தில்  $M$  இன் வேகம்  $FC$  வழியேயிருக்கும்.

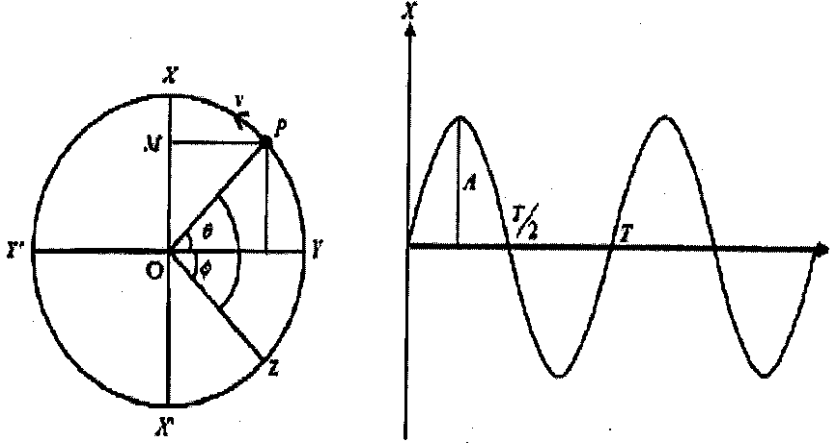
வேகம்  $v$  ஆனது  $v = r\omega \cos \theta$  இனால் கொடுக்கப்படும். ஆனால்  $y = r \sin \theta$

திரிகோணத்தின்படி  $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$  ஆதலினால்

$$\left(\frac{y}{r}\right)^2 + \left(\frac{v}{r\omega}\right)^2 = 1$$

$$v^2 = \omega^2 (r^2 - y^2)$$

$$v = \pm \omega \sqrt{r^2 - y^2}$$



உரு 1.4 மையத்தில் இருந்து விலத்தி அசையும் எளிய இசை இயக்கத்தின், வட்ட இயக்கப் பிரதிநிதித்துவம்

மேலுள்ள சமன்பாடானது எக்கணத்திலும் எளிய இசையியக்கத்தை ஆற்றும் பொருளின் வேகங்களுக்குரிய பெறுமானத்தைத் தரும்.

தரப்பட்ட உரு 1.4 இலிருந்து உடலானது  $y$  இல் இருந்து தொடங்குவதற்குப் பதிலாக  $Z$  இல் இருந்து தொடங்கி இருந்தால் ( $t = 0$ )

$$\text{எனவே } \widehat{YOP} = \widehat{ZOP} - \widehat{ZOY} = \omega t - \phi$$

$t$  நேரத்திலான கோணப்பெயர்ச்சி  $\omega t$  ஆகும்.

$t$  நேரத்தின் பின்னரான  $M$  இன் ஆள்கூறு  $x = A \sin(\omega t - \phi)$ ,  $y = A \cos(\omega t - \phi)$

$(\omega t - \phi)$  என்பது அதிர்வின் அவத்தை எனவும்

$-\phi$  என்பது ஆரம்ப அவத்தை எனவும் அழைக்கப்படும். அலைவானது  $+\phi$  ஆரம்ப அவத்தையில் தொடங்கியிருப்பின்  $t$  நேரத்தின் பின்னரான  $M$  இன் ஆள்கூறு

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

$y = A \sin(\omega t - \phi)$  இல் நேரத்துடன் மாற்றமடையும்  $(\omega t - \phi)$  என்ற கணியம் அவத்தை எனப்படும்,  $\phi$  என்பது அவத்தைக் கோணம் எனப்படும். அவத்தைக் கோணம்  $\phi$  முன்னால் ஆரம்பித்து இருப்பின்

$$y = r \sin(\omega t + \phi)$$

### அவத்தை

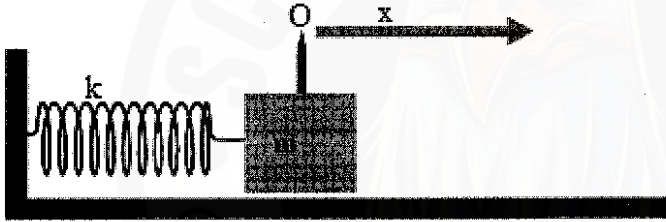
அவத்தையானது எளிய இசையியக்கத்தை ஆற்றும் துணிக்கை ஒன்றினது இயக்கநிலையை எக்கணத்திலும் தரும்.

## அலையும் தொகுதிகள் - சுருள்வில்லும் திணிவும்

$m$  திணிவுள்ள பொருள் ஒன்று உராய்வின்றி அழுத்தமான தட்டையான மேற்பரப்பில் இயங்க முடியும் எனக்கருதுக. பொருளானது சுருள் வில்லொன்றுக்கு இணைக்கப் பட்டுச் சுருளின் மற்றைய முனை நிலைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. சுருளானது நெருக்கப்படாது அல்லது அழுக்கப்படாது இருக்கும் சமநிலைத்தானத்தை ஆள் கூற்றுத் தொகுதியொன்றின் உற்பத்தியாகக் கொண்டு ( $x = 0$ ) பொருளின் நிலை  $x$  ஆள் கூறு சார்பாக விபரிக்கப்படுகிறது. பொருளானது வலப்பக்கமாகப் பெயர்க்கப்படின்  $x$  நேராகும், வில்லானது ஈர்க்கப்பட்ட நிலையில் அது பொருளின் மீது இடம் நோக்கி ( $x$  இன் மறைத் திசைவழியே) அல்லது சமநிலைத்தானத்தை நோக்கி விசையொன்றைப் பிரயோகிக்கும். பொருளானது இடமாக இடம் பெயர்க்கப்படின்,  $x$  - மறையாகும், வில்லானது நெருக்கப்பட,  $x$  இன் நேர்த்திசையை அல்லது சமநிலைத்தானத்தை நோக்கி இருக்கும். பொருளின் மீதுள்ள விசையின்  $x$  - கூறு எப்பொழுதும்  $x$  க்கு எதிர்திசையிலிருக்கும்.

மேலும் சுருளானது ஊக்கின் விதியைத் திருப்திசெய்யின், பொருளின் மீதுள்ள விசை  $F$  ஆனது பின்வருமாறு பொருக்கப்படும்.

$F = -kx$  இங்கு  $k$  என்பது சுருளி வில்லுக்குரிய மாறிலி, பொதுவாக வில் மாறிலி எனப்படும்.

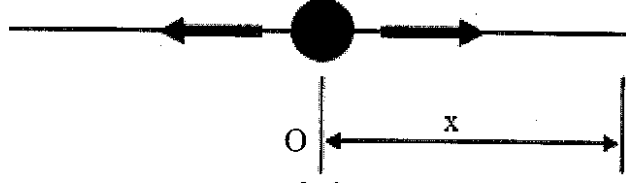


உரு 1.5 ஊக்கின் விதிக்கமையவான விற்கருளின் விசையின் கீழ் திணிவினது எ.இ.இ

பொருளானது சிறிது தூரம்  $x$  இடம் பெயர்க்கப்பட்டு விடுவிக்கப்படுவதாகக் கருதுக. வில்லானது பொருளின் மீது மீள்தருவிசை ஒன்றைப் பிரயோகிக்க, பொருளானது சமநிலைத்தானத்தை நோக்கி ஆர்முடுகி அதிகரிக்கும் கதியுடன் இயங்கும். அதிகரிக்கும் வீதம் (அதாவது ஆர்முடுகல்) மாறிலியல்ல, ஏனெனினில் சமநிலைத்தானத்தைப் பொருள் அணுக ஆர்முடுகும் விசை சிறிதாகும். பொருளானது மையத்தையணுக மீள்தருவிசை பூச்சியமாகக் குறையும். ஆனால் பொருள் பெற்ற வேகம் (அல்லது இயக்கப்பண்பு சக்தி) காரணமாகச் சமநிலைத் தானத்தைக் கடந்து இடப்பக்கமாக இயங்கும்.

பொருளானது சமநிலைத்தானத்தைக் கடந்த உடனேயே மீள்தருவிசை இப்பொழுது வலமாகத் தொழில்படத் தொடங்கும். பொருளின் கதியானது 0விலிருந்தான தூரம் அதிகரிக்கும் வீதத்திற்கேற்பக் குறைவடையும். பொருளானது 0வின் இடப்பக்கத்தில் ஒரு புள்ளியில் ஓய்வுக்கு வந்தபின் எதிர்திசையில் மீண்டும் இயக்கத்தைத் தொடரும். பொருளின் இயக்கமானது சமநிலைத்தானத்தின் இரு பக்கமும்  $+A$  என்ற வீச்சினுள் மட்டுப்படுத்தப்படும். ஒவ்வொரு இங்கும் அங்குமான இயக்கம் அதே இடைவெளியில் நடைபெறும். உராய்வின்ால் சக்தி இழப்பு இல்லாவிட்டால் இயக்கம்

தொடங்கிய நேரம் தொடக்கம் முடிவில்லாது தொடரும். எல்லா உராய்வுகளும் இல்லாத நிலையில் மீளியல் மீள்தரு விசையின் செல்வாக்கின் கீழ் இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர்விகிதசமமாயிருக்கும் வண்ணமிருக்கும் இயக்கம், எளிய இசையியக்கம் எனப்படும்.

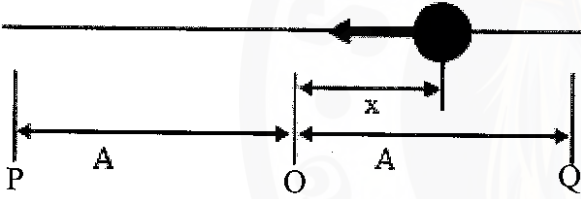


உரு 1.6 திணிவு  $m$  இனது எ.இ.இ

ஒரு பூரண அதிர்வு (பூரணவட்டம்) என்பதால் கருதுவது யாதெனில் ' $x$ ' இலிருந்து ' $-x$ ' க்கு சென்று மீண்டும் ' $x$ ' க்கு மீள்வது அல்லது ' $O$ ' இலிருந்து ' $x$ ' க்கு சென்று பின் ' $o$ ' க்கு சென்று அதன்பின் ' $-x$ ' க்கு சென்று மீண்டும் ' $O$ ' க்கு மீள்வதே ஒருவட்டப் பயணமாகும். திணிவு  $m$  இன் இயக்கமானது  $O$  விலிருந்து  $Q$  இற்கும், பின்னர்  $Q$  விலிருந்து  $P$  யிற்கும் பின்  $P$  யிலிருந்து  $O$  இற்கும் இயங்கும் இயக்கமாகும். (படம் 1.7)

ஒரலகு நேரத்தில் ஆற்றும் பூரண வட்டங்களின் (அதிர்வுகள்) எண்ணிக்கை மீடறன் ( $f$ ) எனப்படும்.

சமநிலைத்தானத்திலிருந்தான உயர் இடப்பெயர்ச்சி அல்லது  $|x|$  இன் உயர் பெறுமானம் வீச்சம்  $A$  எனப்படும்.



உரு 1.7 திணிவு  $m$  இனது எ.இ.இ

படம் 1.7 ஆனது அதிரும் பொருளொன்றின் கணநிலையைக் காட்டுகிறது. இங்கு சமநிலைத் தானத்திலிருந்தான பொருளின் இடப்பெயர்ச்சி, ஆள்கூறு  $x$  இனால் விபரிக்கப்படுகிறது. (தரப்படுகிறது) பொருளின் திணிவு  $m$ . பொருளில் தாக்கும் விளையுள் விசையானது மீளியல் மீள்தரு விசை  $kx$  ஆகும்.

நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியிலிருந்து

$$\begin{aligned} F &= -kx \\ &= ma \\ \therefore a &= -\frac{k}{m}x \end{aligned}$$

$$\text{இங்கு } \omega^2 = \frac{k}{m} \text{ மாறிலி } a = -\omega^2 x$$

எனவே ஏதாவது கணத்தில் ஆர்முடுகலானது அக்கணத்திலுள்ள இடப்பெயர்ச்சியின் மறைப் பெறுமானத்திற்கு நேர்விகிதசமமாகும். வீச்சமானது அதன் அதியுயர் நேர்ப்பெறுமானம்  $A$  ஐ அடையும். இந்நிலையில் துணிக்கையினது ஆர்முடுகல் உயர் மறைப் பெறுமானம்  $\frac{kA}{m}$  ஐ அடையும்.

இத்துடன் சமநிலைப்புள்ளி ( $x=0$ ) ஆர்முடுகல் பூச்சியமாகும். மீளியல் மீள்தரு விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை ஆனது அழுத்த சக்தி  $U = \frac{1}{2} kx^2$ . இனாலும் இயக்கப்பண்புசக்தி  $K = \frac{1}{2} mv^2$  பிரதிநிதித்துவப்படுத்த முடியும்.



சக்தி காப்புத் தத்துவப்படி

மொத்தச்சக்தி  $E = U + K$  மாறிலி

அதாவது  $E = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2$  மாறிலி

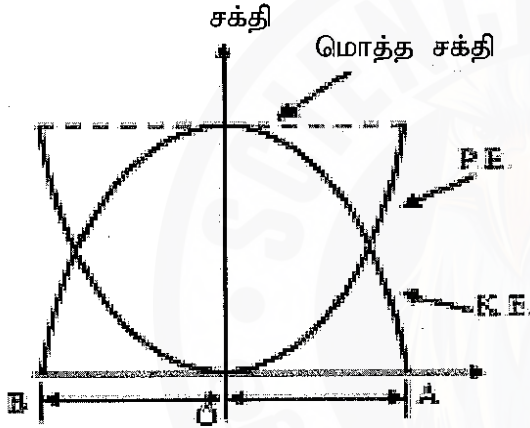
மொத்தச் சக்தியானது அதன் இயக்கத்தின் வீச்சத்துடன் தொடர்புபடுத்தப்பட்டுள்ளது. இது  $\frac{1}{2} kA^2$  க்கு சமமாகும்.

$$\therefore E = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 = \frac{1}{2} k A^2$$

$$\therefore v = \pm \sqrt{\frac{k}{m} (A^2 - x^2)}$$

$$\text{அல்லது } v = \pm \omega \sqrt{(A^2 - x^2)} \quad \text{இங்கு } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

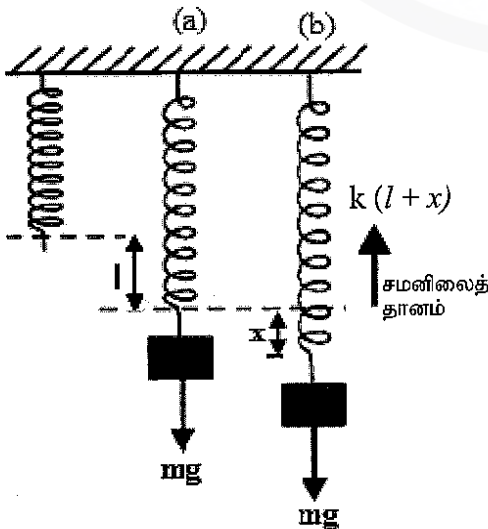
இத் தொடர்பானது எந்த நிலையிலும் துணிக் கையின் வேகத்தைத் தரும். எளிய இசையியக்கத்தின் முக்கிய சிறப்பியல்பு யாதெனில் மீறண் இயக்கத்தின் வீச்சத்தில் தங்கியிராது.



உரு 1.8 இல் எளிய இசையியக்கத்தை ஆற்றும் பொருள் ஒன்றின் மொத்தச் சக்தி அழுத்தசக்தி (P.E), இயக்க பண்பு சக்தி (K.E) ஆகியவற்றிற்கு இடையிலுள்ள தொடர்பு.

உரு 1.8 எளிய அசை இயக்கத்தில் இயக்க சக்தி அழுத்த சக்தி மாறல்

சுருளில் ஒன்றிலிருக்கும் திணிவு ஒன்றின் ஆவர்த்தன காலம்.



உரு 1.9 சுருள் வில்லில் தொங்கவிடப்பட்ட திணிவு  $m$  இனது நிலைக்குத்து அலைவு

சுருளில்லானது ஊக்கின் விதியை திருப்தி செய்யின் கட்டப்பட்ட திணிவினால் ஏற்படுத்தப்பட்ட நீட்சி, வில்லின் இழுவைக்கு நேர்விகித சமமாகும்.

இவ்வாறான வில்லொன்றில் திணிவு  $m$  கட்டப்பட்டுள்ளதாகக் கருதுக. இதனால் கீழ் நோக்கி  $mg$  என்ற இழுவை தொழில்படும். படத்தில் காட்டியவாறு வில்லானது  $l$  நீளம் ஈர்க்கப்பட்டால்.

$$mg = kl, \quad k - \text{வில் மாறிலி.}$$

திணிவு  $m$  ஐ சமநிலைத்தானத்திற்குக் கீழ் மேலும் கீழ் நோக்கி  $x$  தூரம் இழுக்கப்பட்டால் கீழ் நோக்கி ஈர்க்கும் இழுவை  $k(l+x)$  ஆகும். இதுவே வில்லில் மேல் நோக்கித் தொழிற்படும் இழுவையாகும்.

எனவே திணிவில் தாக்கும் விளைவு மீளியல் விசை

$$\begin{aligned} F &= k(l+x) - mg \\ &= kl + kx - kl \\ &= kx \quad (mg = kl) \end{aligned}$$

திணிவை விடுவித்தல் அது நிலைக்குத்தாக மேல் நோக்கியும், கீழ் நோக்கியும் அலையும். நீட்சி  $x$  ஆயிருக்கையில் திணிவு பெற்ற ஆர்முடுகல்  $a$  ஆயின், நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி

$$-kx = ma$$

$$a = -\frac{k}{m}x$$

$$a = \omega^2 x$$

ஊக்கின் விதி திருப்தி செய்யப்பட்டால், இயக்கமானது எளிய இசையியக்கம் என்பதை இத்தொடர்பு காட்டுகிறது.

ஆகவே, அலைவுகாலம் பின்வருமாறு தரப்படும்

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

இரு பக்கத்தையும் வர்க்கித்தால்

$$T^2 = \frac{4\pi^2 m}{k}$$

பரிசோதனை ஒன்றை மேற்கொள்ளும் போது, சுருளிவில்லுக்கு இணைக்கப்பட்ட திணிவை மாற்றி ஒத்த அலைவு காலத்தைக் காணலாம்.

மேலே பெற்ற தொடர்பிலிருந்து  $T^2$  எதிர்  $m$  வரைபு வரையப்பட்டால், ஒரு நேர்கோடு பெறப்படும் ஆனால் நாம் எதிர்பாத்தபடி உற்பத்தியானூடாகச் செல்லமாட்டாது. எமது கணித்தலின் போது சுருளின் திணிவு புறக்கணித்ததால் இவ்வாறு நிகழ்ந்தது. வில்லின் தேறிய திணிவைக் காண்பதற்குரிய விபரம் கீழே தரப்படுகிறது.

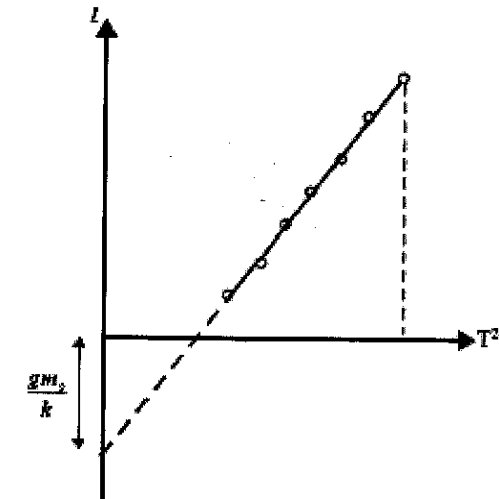
ஆகவே மேலேயுள்ள சமன்பாட்டின் திரிந்திய வடிவம்.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{(m+m_s)}{k}}$$

ஆனால்  $mg = kl$   
 $m$  க்கு பிரதியிடின்

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{K}(m + m_s) = \frac{4\pi}{k}\left(\frac{kl}{g} + m_s\right)$$

$$l = \frac{g}{4\pi^2}T^2 - \frac{gm_s}{k}$$



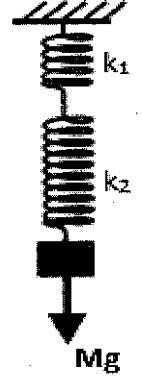
உரு 1.10  $T^2$  இற்கு எதிரான  $l$  வரைபு

$m$  இன் வெவ்வேறு பெறுமானங்களுக்கு நீட்சி  $l$  ம் ஒத்த அலைவுகாலம் அளக்கப்பட்டு வரைபு  $T^2$  ற்கு எதிராக  $l$ , வரையலாம். இது ஓர் நேர்கோடாக அமையும் படித்திறன்  $\frac{g}{4\pi^2}$ , வெட்டுத்துண்டு  $\frac{gm_s}{k}$ ,  $l$  அச்சில் காணலாம். இதிலிருந்து  $g, m_s$  ஐ காணலாம்.

சுருளி வில்லின் தேறிய திணிவு, உண்மையான திணிவின் மூன்றில் ஒரு பகுதி எனக் கொள்கை பரிந்துரைக்கிறது.

**திணிவு - சுருளிவில் தொகுதிகளின் அலைவுகள்** (சுருளி விற்கள் தொடரில்)

படத்தில் காட்டியவாறு விசைமாறிலிகள்  $K_1, K_2$  ஐயுடைய  $S_1, S_2$  என்பன படத்தில் காட்டியவாறு தொடர்நிலையில் தொடுக்கப் பட்டுள்ளன. விற்தொகுதியின் ஒரு முனையில் திணிவு  $m$  கட்டப் பட்டுள்ளது. அதனால்  $S_1, S_2$  இல் ஏற்படும் தனித்தனி நீட்சிகள் முறையே  $x_1, x_2$  ஆகும்.



$$x = x_1 + x_2$$

இரண்டிற்கும் ஒரே இழுவையுண்டு

$$\therefore mg = k_1 x_1$$

$$mg = k_2 x_2$$

உரு 1.11 சுருளி விற்கருக்கள் தொடரில்

$$\therefore \frac{mg}{k} = \frac{mg}{k_1} + \frac{mg}{k_2}$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

தொகுதியின் அலைவுகாலம்

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

இரண்டு விற்களும் ஒரேமாதிரியானவை எனின்

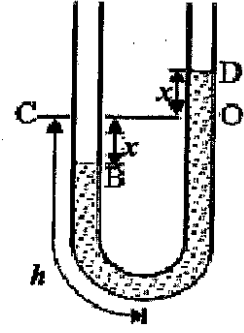
$$K_1 = K_2 = K$$

$$\therefore T = 2\pi \sqrt{\frac{2m}{k}}$$

இங்கு  $K$  என்பது ஒவ்வொரு சுருளிதும் விசைமாறிலி.

## U குழாயில் திரவம் ஒன்றின் அலைவுகள்

சிறிதளவு திரவம் ஒன்றைக் கொண்ட U - குழாய் T ஐ கருதுக. படத்தில் காட்டியவாறு குழாயின் ஒரு பக்கத்திலுள்ள திரவம் கீழே பதியுமாறு அப்பக்கத்தினூடு மெதுவாகக் கீழ் நோக்கி ஊதினால் T யிலுள்ள திரவவட்டங்களின் ஆரம்ப நிலைகள் O, C பற்றி சிறிது நேரத்திற்கு அலைந்தபின் இறுதியாக ஓய்விற்கு வரும்.



உரு 1.12 திரவ நிரல் ஒன்றின் அலைவுகள்

குறித்த கணத்தில் இடப்பக்கத்திலுள்ள திரவவட்டம் ஆரம்பநிலை Oலில் மேல் x உயரத்தில் Dயில் இருப்பதாகக் கருதுக. குழாயின் மறுபக்கத்தில் திரவவட்டமானது ஆரம்பநிலை Cயின் கீழே x ஆழத்தில் Bயிலிருக்கும்.

$$\begin{aligned} & \text{ஆகவே திரவத்தின் மொத்த மேலதிக அழுக்கம்} \\ & = \text{மேலதிக உயரம்} \times \text{திரவ அடர்த்தி} \times g \\ & = 2xpg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{திரவத்தின் மீதுள்ள விசை} & = \text{அழுக்கம்} \times \text{குழாயின் குறுக்கு முகப்பரப்பு} \\ & = 2xpgA. \end{aligned}$$

இங்கு A என்பது குழாயின் குறுக்குமுகப்பரப்பு

$$\begin{aligned} \text{குழாயிலுள்ள திரவத்தின் திணிவு} & = \text{கனவளவு} \times \text{அடர்த்தி} \\ & = 2hAg \end{aligned}$$

$$F = ma \text{ இலிருந்து}$$

O அல்லது C ஐ நோக்கிய ஆர்முடுகல் 'a' பின்வருமாறு தரப்படும்.

$$-2xpgA = 2hAa$$

இங்கு மறைக்குறிகாட்டுவது யாதெனில் O விலிருந்து விசை அளக்கும் திசைக்கு எதிரான திசையில் O விலிருந்து இடப்பெயர்ச்சி அளக்கப்படுகிறது.

$$\therefore a = -\frac{g}{h}x = -\omega^2x,$$

$$\text{இங்கு } \omega^2 = \frac{g}{h}$$

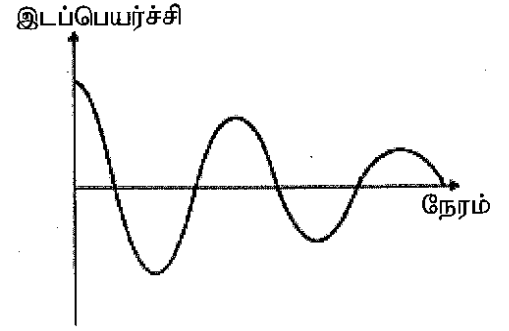
O அல்லது C பற்றித் திரவநிரலின் இயக்கம் எளிய இசையியக்கம் ஆகும். அலைவுகாலம்.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{h}{g}}$$

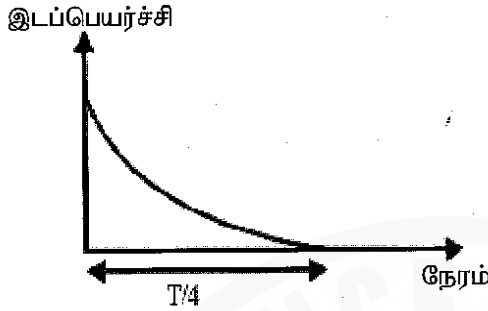
இங்கு நாம் உராய்வு மூலம் ஏற்படும் தணித்த விளைவைப் புறக்கணித்துள்ளோம்.

**தனித்த அலைவுகள்**

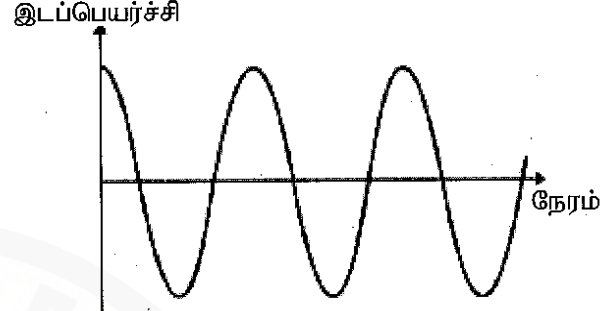
ஊசல் ஒன்றின் அலைவின் வீச்சமானது வளியினாலே ஏற்படும் தடைவிசை அல்லது தாங்கியிலுள்ள உராய்வு காரணமாகப் படிப்படியாகக் குறைந்து பூச்சியமாகும். இவ்வாறான ஊசலின் இயக்கமானது பூரணமான எளிய இசை அலைவு இயக்கத்திற்குச் சமானமானதல்ல, இங்கு ஊசலின் இயக்கமானது தனித்த இசையியக்கமாகும்.



உரு 1.13(a) தனித்த அலைவுகள்



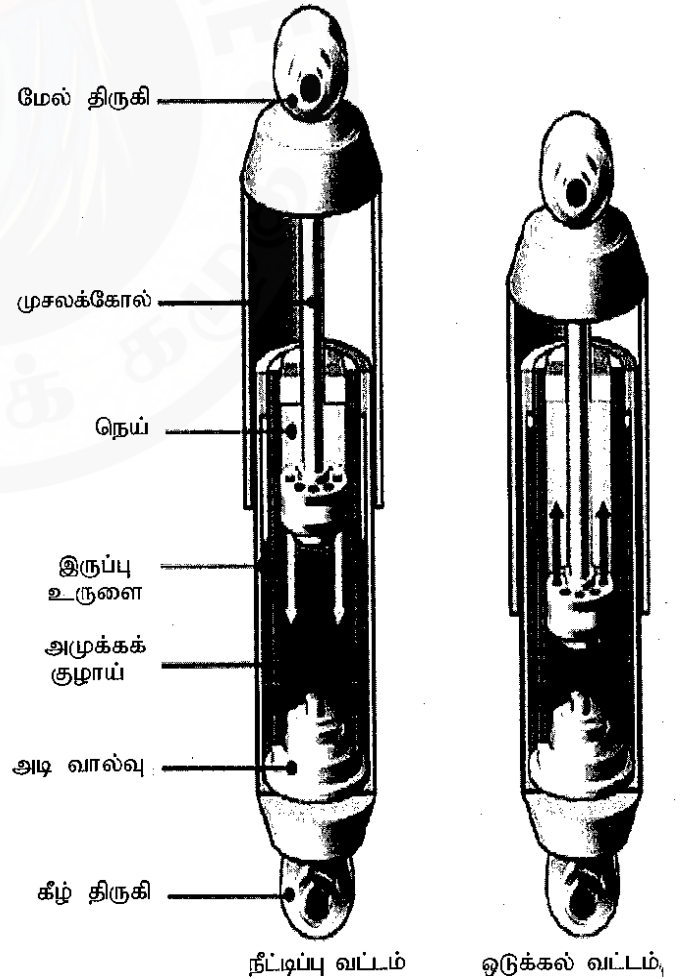
உரு 1.13(b) அவதி தனித்த அலைகள்



உரு 1.13(c) சுயாதீன அலைகள்

வளியிலும் பார்க்க நீரில் அலையும் போது ஊசல்குண்டின் தணிப்புப் பெரிதாகும் இடப்பெயர்ச்சி பூச்சியமாவதற்கு எடுக்கும் நேரம் இழிவாயின் தொகுதியானது அவதித்தணிப்படைந்திருக்கும். தணிக்கப்படாத அலைவுகள் சுயாதீன அலைவுகள் எனப்படும். அவற்றின் வீச்சம் மாறிலியாகும்.

கார் ஒன்றின் அதிர்ச்சி உறிஞ்சிகளின் தொழிற்பாடு தனித்த அலைவுகளுக்குச் சிறந்த உதாரணங்களாகும். இவை வாகனங்களின் தொங்கலை அவதித்தணிப்படைய செய்கிறது. அவ்வாறு இல்லாவிடின் வாகனத்தை இலகுவாகக் கட்டுப்படுத்தவதில் ஏற்படும் இடர்பாடு கடினமாக அமைவதுடன் பாதிப்படையவும் காரணமாக அமைகிறது. அதிர்ச்சி உறிஞ்சிகளில் தொங்கலின் மேல், கீழான இயக்கமானது பரிமாற்றக் குழாயினூடாக ஒரு பக்கத்திலிருந்து மறு பக்கத்திற்குச் செல்லும் போது அதன் பாகுநிலை விசையினால் எதிர்க்கப்படுகிறது. பல தொகுதிகளில் தேவையற்ற அதிர்வுகள் செயற்கையாகத் தணிக்கப்படுவதன் மூலம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.



உரு 1.14 அதிர்ச்சி உறிஞ்சிகளின் செயற்பாடு



## வலிந்த அதிர்வுகள்

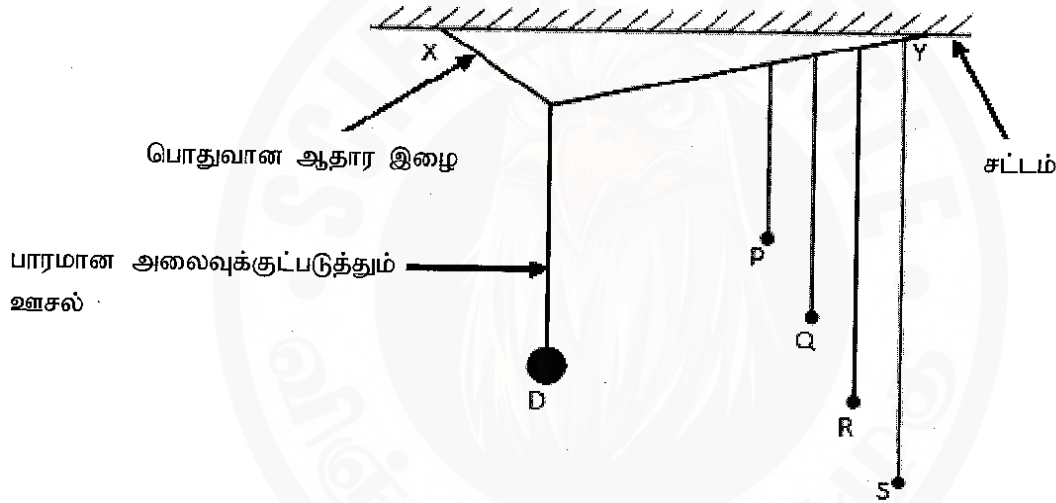
தொகுதி ஒன்றின் அதிர்வுகள் வெளி ஆவர்த்தன விசை ஒன்றினால் ஏற்படுத்தப்படின் அவ்வதிர்வு, வலிந்த அதிர்வு எனப்படும்.

கடிகாரத்தின் முடுக்கப்பட்ட வில்லானது தேவையான விசையை வழங்குவதன் மூலம் அதன் செயல்பாட்டைத் தக்கவைக்கின்றது. அதே போல் மின் கடிகாரங்களில் மின்கலமும், பீசோ அதிரியும் (piezo) அதே செயல்பாட்டைச் செய்கிறது.

### பாற்றனின் ஊசலைப் பயன்படுத்தி வலிந்த அதிர்வுகளைச் செய்து காட்டல்

xy ஆனது தாளிற்கு உள்ளேயும் வெளியேயும் அலையும்போது ஊசலின் நீளங்கள் வளையிலிருந்து அளக்கப்படும். கீழுள்ள படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள கூட்டமானது P, Q, R, S போன்ற ஊசல்களை உள்ளடக்கியுள்ளது. அவற்றில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள திணிவுகள் D யிலும் பார்க்கப் பாரம் குறைந்தவையானாலும் தணிக்கப்படாத இயக்கங்களைக் கொடுப்பதற்குக் கணிசமான அளவுக்குப் போதியதாகும்.

பாரமான ஊசல் D ஆனது கடதாசியின் தளத்திற்குச் செங்குத்தான தளத்தில்



உரு 1.15 வலிந்த அதிர்வுகளை ஆராயும் உபகரணம் (பாட்டன் ஊசல் - 1)

அதன் இயற்கை மீடறனுடன் அலைவதற்குச் சிறிது இடம் பெயர்க்கப்படுவதாகக் கருதுக. இவ்வதிர்வுகள் தாங்கு இழை (ஆதரவு இழை) XY இனூடு மற்றைய ஊசல்களுக்குப் பரிமாற்றப்பட அவை அலையத் தொடங்கும். இங்கு இவ்வூசல்கள் D இனால் வலிந்த அதிர்வுக்கு உட்படுத்தப்பட்டதால் அவை வலிந்த அதிர்வுகளை ஆற்றும். இயக்கமானது உறுதியடைந்த பின் இவ்வூசல்கள் ஒரே மீடறனுடம் (Dயின் இயற்கை மீடறன்) அதிர்வதை அவதானிக்கலாம். R இன் இயற்கை மீடறன் வலிந்த அதிர்வு மீடறனுக்கு சமனாகும். ஏனெனில் அது D இன் நீளத்திற்கு சமனாகும். எனவே R ஆனது P, Q, S இலும் பார்க்க கூடிய வீச்சத்துடன் அதிரும். R ஆனது D யுடன் பரிவறுவதாகக் கூறப்படும். R இன் இயக்கமானது Dயின் அலைவு காலத்திலும் காற்பகுதி பின்தங்கியிருக்கும். குறுகிய ஊசல்கள் P, Q என்பவை Dயுடன் நெருங்கிய அவத்தையிலிருக்கும். அதேவேளை ஊசல் S ஆனது அரை அலைவுகாலம் பின்தங்கியிருக்கும்.

**பரிவு**

பரிவு நிகழ்வதற்கு அதிரும் பொருளொன்றின் இயற்கை மீடறன், வெளிப்புறச் செலுத்து மீடறனுக்குச் சமமாகும் நிலையில் உயர் வீச்சத்தினுடனான அதிர்வைக் கொடுக்கும்.

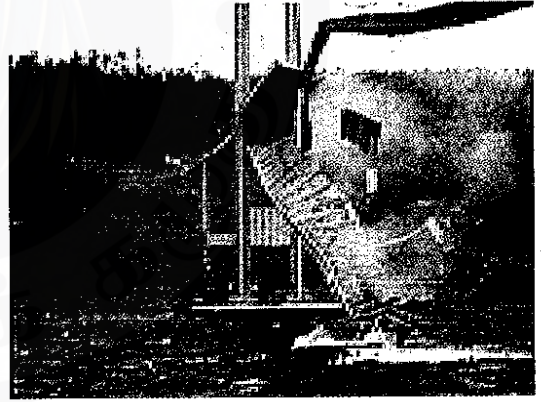
படைவீரர்கள் பாலங்களைக் கடக்கும் போது அணிநடையில் செல்லுதல் கூடாது. இவ்வாறு கடைப்பிடிக்கத் தவறியதால் 1850 இல் இருநூறுக்கு மேற்பட்ட காலாட்படை வீரர்களின் இழப்பு ஏற்பட்டது. பிரமிக்கத்தக்கது (ஆச்சரியமான) உதாரணமாக அடிக்கடி குறிப்பிடுவது யாதெனில் அமேரிக்காவில் ரகோமா நரோஸ் (Tacoma Narrows) இன் மேலாக முதலில் அமைக்கப்பட்ட தொங்கு பாலத்திலேற்பட்ட தோல்வியாகும். காற்றானது பாலத்தை அலையச் செய்தது. ஒரு நாள் பலமாக வீசிய காற்று வெவ்வேறு திசைகளில் அதிர்வைக் கொடுத்தது. இவ்வதிர்வுகளின் விளைவு வீச்சமானது, பரிவு காரணமாக அதிகரித்து இறுதியில் பாலம் திடீரென விழுந்தது. [உரு 1.16 (a)]

ஒரு முனை பற்றி அதிரும் பலகையில் நிற்கும் நீரில் முழுகுபவர் (diver) அதன் மேல் பலகையின் இயற்கை மீடறனுக்குச் சமமாயிருக்கத்தக்கதாகக் குதிப்பதன் மூலம் அலைவு வீச்சத்தைக் கட்டியெழுப்பல்.

இசை நாடக பாடகர் தனது பாடலின் மீடறனால் மதுக்கண்ணாடிக் குவளையை அதன் இயற்கை மீடறனுடன் அதிர்ச்செய்வதன் மூலம் அதனை உடைக்கக் கூடிய தாயிருந்தது எனச் செய்திகள் தெரிவிக்கின்றன. வானொலிச் சனலை (தடம்) தொலைக்காட்டி பெறுநருக்குத் திருப்புவது மின்னியல் பரிவுக்குச் சிறந்த உதாரணமாகும்.



உரு 1.16 (b) நொடுக்கப்படும் வைன் கண்ணாடி முகவை



உரு 1.16 (a) தகர்ந்துபோகும் ரகோ நரோஸ் பாலம் (Tacoma Narrows)

## அத்தியாயம் - 2

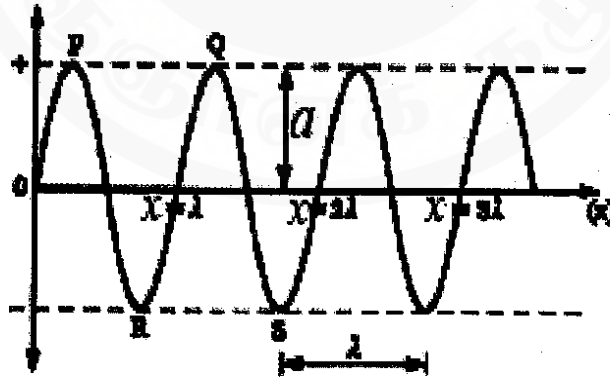
## அலையியக்கம்

ஊடகத்திலுள்ள துணிக்கைகளின் அலைவுகளால் ஊடுகடத்தப்படும் பொறிமுறை அலைவுகளின் தன்மை, அவ் அலைவுகளின் பொதுவான இயல்புகள், அவற்றுக்கிடையிலான வித்தியாசமான இயல்புகள், டொப்பினர் விளைவு, நவீன உலகில் அதிகளவு பயன்படுத்தப்படும் மின்காந்த அலைகள், லேசர் (LASER) போன்றன இப்பகுதியில் கலந்துரையாடப்பட்டுள்ளன.

பௌதிகத்தில் நாம் அலைகளின் இரண்டு பரந்த பிரிவுகளை எதிர்கொள்கிறோம். அவை குறுக்கலைகளும். நெட்டாங்கு அலைகளும். இது ஊடகத்திலுள்ள துணிக்கைகள் சக்தி ஊடுகடத்தும் திசைக்குச் சார்பாக அதிர்வதைக் கொண்டே தீர்மானிக்கப்படுகிறது.

ஊடகத்திலுள்ள இரண்டு புள்ளிகளுக்கிடையில் சடத்தின் இடமாற்றமின்றி, சக்தி இடமாற்ற மடைதல் அலையியக்கமாகும். மேலும் அலைகளைப் பொறிமுறை அலைகள், மின்காந்த அலைகள் எனவும் வகைப்படுத்தலாம். பொறிமுறை அலைகளுக்கு (உ+ம், நீர் அலைகள், ஒலி அலைகள், ஈர்க்கப்பட்ட இழையிலுள்ள அலைகள்) அவற்றின் ஊடு கடத்தலுக்குச் சடத்துவ ஊடகம் அவசியமாகும். அதிரும் முதலின் மூலம் ஏற்படும் குழப்பம் ஊடகத்திலுள்ள துணிக்கைகளுக்கு அங்கும் இங்குமான அதிர்வுகளைக் கொடுக்கும் அதன் விளைவாகப் பொறிமுறை அலைகள் உருவாகும். மின்காந்த அலைகள் (உ+ ம், ஒளி வானொலி, x கதிர்கள் போன்றவை) வெற்றிடத்தினூடும் இயங்கும். அவற்றின் முன்னேற்றம் சடத்தின் இருப்பினால் ஓரளவுக்குத் தடுக்கப்படும். எல்லாவகையான மின்காந்த அலைகளும் சுயாதீனவெளியில் ஒரே கதியில் செல்லும்.

குளம் ஒன்றினுள் கல்லொன்றை எறிவதன் மூலம் நீரின் மேற்பரப்பில் நீர் அலைகளை உருவாக்கலாம். இவ் நீர் அலையில் நீரின் மேற்பரப்பில் மிதக்கும் பொருள் ஒன்று குற்றலைகள் அதனைகடந்து பயணித்த போதும் பொருளானது அலைகளுடன் சேர்ந்து இயங்காது மேலும் கீழும் அசையும். விளையுள் குழப்பமானது, நீர்த்துணிக்கைகள் எளிய இசையியக்கத்தை ஆற்றக் காரணமாகும்.



உரு 2.1 இழை வழியேயான விருத்தியலையினது கணநிலைப் படம்

அலைகள் இழை ஒன்றினூடு செல்லும் போது அதன் கணநிலையை நாம் படம் எடுப்பதாகக் கருதுக. புகைப்படமானது மேலுள்ள படத்தை ஒத்திருக்கும். இது இழையின் குறித்த கணத்திலுள்ள நிலையைக் காட்டும். அலைவடிவமானது சைன் அலையின் வடிவத்திலிருக்கும். ஆகவே இழையிலுள்ள ஒவ்வொரு துணிக்கையின் இடப்பெயர்ச்சி  $y$  ஆனது  $Asin\omega t$  இனால் தரப்படும் இங்கு  $A$ - வீச்சம்  $\omega$  - கோண அதிர்வெண் ( $2\pi f$  or  $\frac{2\pi}{T}$ )

உரு 2.1 இல் P, Q என்பன முடிகளாகும். அத்துடன் R, S என்பன தாழிகளாகும். ஆள்கூறு x ஆனது நிலைத்த புள்ளி (உற்பத்தி) O விலிருந்தான தூரத்தைக் குறிக்கும்.  $\lambda$  என்பது அலையின் நீளமாகும்.

$$\begin{aligned} y &= A \sin 2\pi ft. \\ &= A \sin 2\pi \frac{v}{\lambda} t \quad V = f \lambda \\ &= A \sin \frac{2\pi}{\lambda} x \\ &= A \sin kx, \text{இங்கு } k = \frac{2\pi}{\lambda} \end{aligned}$$

$k$  என்பது அலை எண்ணாகும்.

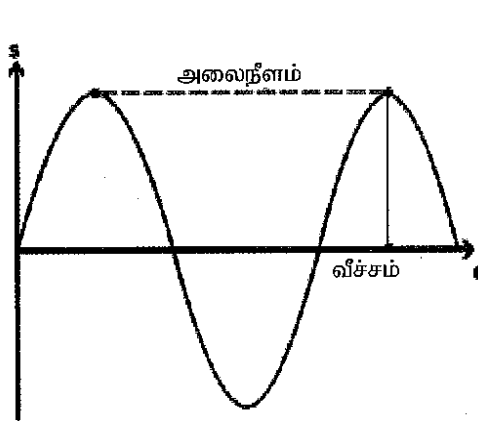
இது வீச்சம்  $A$  ஐயும் அலை நீளம்  $\lambda$  ஐயும்,  $x$  திசையில்  $v$  கதியுடன் இயங்கும் அலையின் சமன்பாடாகும். இச் சமன்பாடானது நேரம்  $t$  யில் உற்பத்தி O விலிருந்தான இடப்பெயர்ச்சி  $x$  ஐ தருக.

### அலைமுகம்

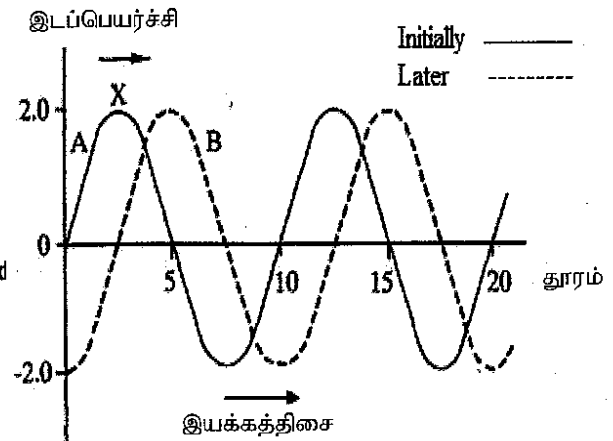
அலை இயக்கப்பாதையில் குழப்பங்களின் ஓத்த அவத்தைப் புள்ளிகளை இணைக்கும் மேற்பரப்பாகும்.

### விருத்தியலைகள்

அலை இயக்கமானது ஊடகத்தில் நகரும்போது அது விருத்தி அலை எனப்படும். இரண்டு வகையான விருத்தி அலைகள் அவை குறுக்கலைகள், நெட்டாங்கு அலைகள் என அழைக்கப்படும். தரப்பட்ட கணநிலைப்படம் 2.2 (a) விருத்தியலை எந்தத்திசையில் நகருகிறது என காட்டவில்லை. ஆனால் அடுத்தடுத்ததாக எடுக்கப்பட்ட கணநிலைப்படம் 2.2 (b) அலை இயக்கமானது எந்தத் திசையில் நகருகிறது என்பதை அறிவதற்கு பயன்படும். மேலும் 2.2 (b) ஆனது மிகத்திருத்தமான அடுத்தடுத்த கணநிலையை தரும். இது தெளிவாக இரண்டாவது அலையின் வலம் நோக்கிய பெயர்வைக் காட்டுகிறது.



உரு 2.2 (a) மீப்பொருத்தார் கண நிலைப்படம்

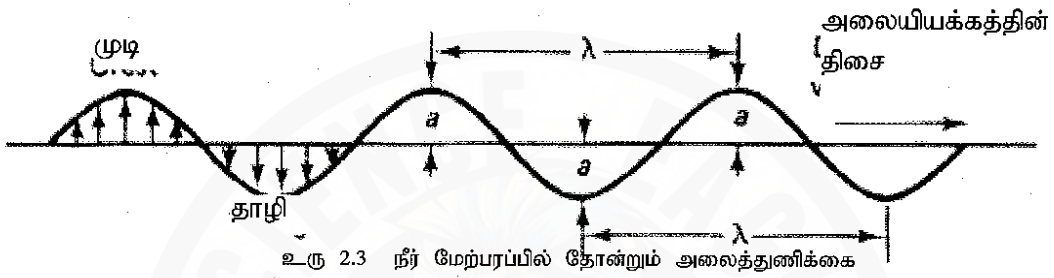


உரு 2.2 (b) விருத்தியலையின் பின்னரும் கணநிலைப்படம்



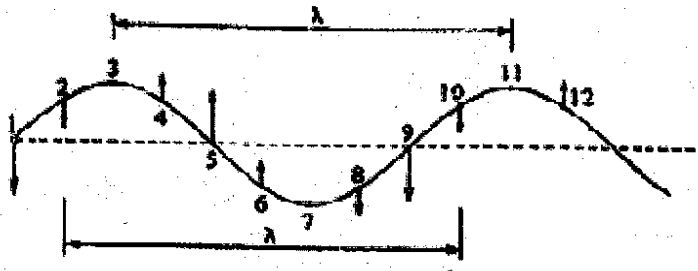
## குறுக்கு அலைகள்

காற்றினால் அல்லது நீரின் மேற்பரப்பில் கல் ஒன்றை எறிவதன் மூலம் நீரின் மேற்பரப்பில் வட்ட அலைகளை உருவாக்கலாம். கல் நீரினுள் உட்புகுந்த பகுதியிலிருந்து வெளிநோக்கிய திசையில் வட்டகுற்று அலைகள் விருத்தியடைவதை அவதானிக்கலாம். இவை ஒத்திசைவான வட்ட அலை முகங்களைக் கொண்டிருக்கும். நீரின் மேற்பரப்பிலுள்ள நீர்த்துணிக்கைகளின் இடப்பெயர்ச்சிகள் நிலைக்குத்து அம்புக்குறிகளால் உரு 2.3 இல் காட்டியவாறு அமையும். அலையின் வீச்சம்  $a$  யும், அலைநீளம்  $\lambda$  உம் அதே உருவில் காட்டப்பட்டுள்ளது. நீர் மேற்பரப்பிலிருந்தான உயர்வு ஊடகப் புள்ளி முடி எனவும், அதிதாழ் ஊடகப்புள்ளி தாழி எனவும் அழைக்கப்படும். இம்முடியும் தாழியும் கிடையாக நகரும் வேறு முறையில் கூறின் நீர்த்துணிக்கைகளின் அதிர்வுக்குச் செங்குத்தாக அலை நகரும். இவ் அலை இரு வகை இயக்கங்களை உள்ளடக்கியிருக்கும் முதலாவது ஊடகத்திலுள்ள துணிக்கைகளின் அதிர்வு, இரண்டாவது அலையின் இயக்கம்: ஆதலால் நீரின் மேற்பரப்பில் தோன்றும் அலை குறுக்கு அலை ஆகும்.



ஓரளவு இதே மாதிரியான அலையை, இழைத்துண்டு ஒன்றின் ஒரு முனை பற்றி அதன் நீளத்திற்குச் செங்குத்தான திசையில் மேலும் கீழுமாக இயக்கினால் அவதானிக்கலாம். அலையின் முனைக்கு அருகிலுள்ள துணிக்கைகள் அவற்றிற்கு அருகிலுள்ள துணிக்கைகள் மீது இழுவையொன்றைப் பிரயோகிக்க இவை அலையத்தொடங்கும். இறுதியில் ஏதாவது ஒரு துணிக்கையானது அதற்கு உடனடியாக முன்னுள்ள துணிக்கை ஊசலாடத் தொடங்கிச் சற்றுப்பின் மேலும் கீழுமாக ஊசலாடத் தொடங்கும் வரை இச் செயல்முறை தொடரும். தொடர்ச்சியாக சம இடைத்தூரத்தில் முடியையும் தாழியையும் குறித்த வேகத்துடன் முன்னோக்கி இழைவழியே இயங்கு வது போன்ற தோற்றப்பாட்டைக் கொடுப்பதே இறுதி முடிவாகும். குறித்த இவ் வேகம் அலை வேகம் எனப்படும். அம்புக்குறிகளின் திசைத் துணிக்கைகளின் வேகத்தை இது குறிக்கும்.

உரு 2.3 இல் காட்டப்பட்ட அம்புக்குறிகள் துணிக்கைகளின் வேகங்களைக் குறிப்பதுடன், உரு 2.4 இல் ஒத்த அவத்தை ஒவ்வாத அவத்தை சோடித்துணிக்கைகளையும் காட்டுகிறது. அடுத்தடுத்த ஒத்த அவத்தைத் துணிக்கைகளுக்கு இடைப்பட்ட தூரம் அலை நீளம் என அழைக்கப்படுகிறது. உ - ம்: (3→11) (2→10) அடுத்தடுத்த ஒத்த அவத்தைப்புள்ளிகள் அவற்றுக்கிடையிட்ட தூரம் அலை நீளம் ஆகும். 2,6 ஐ போன்ற துணிக்கைகள் செப்பமாக எதிரான இடப்பெயர்ச்சிகளையும், எதிரான வேகங்களையும் ஒவ்வொரு கணத்திலும் கொண்டிருக்கும். இவ்வாறான துணிக்கைகள் எதிர் அவத்தைத் துணிக்கைகள் எனப்படும்.



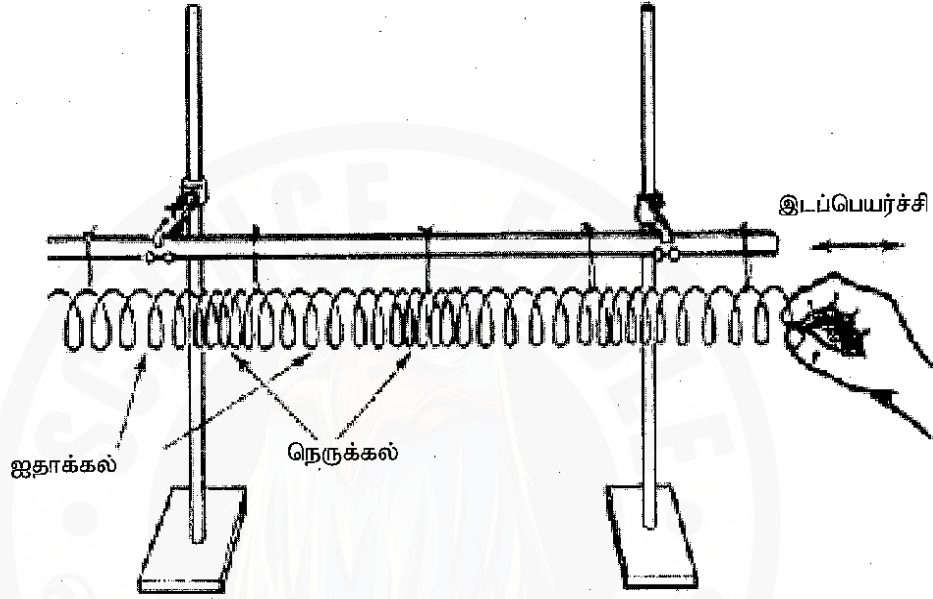
உரு 2.4 இழையில் தோன்றும் அலைகளில், இழைத்துணிக்கைகளின் வேகங்கள்



## நெட்டாங்கு அலைகள்

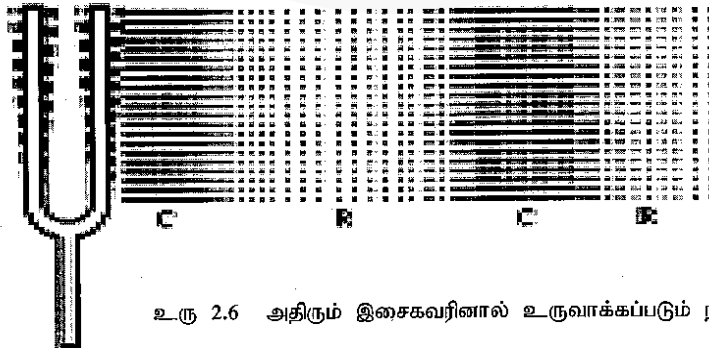
நெட்டாங்கு அலைகளில் குழப்பங்கள் அலை செல்லும் திசையில் பின்நோக்கியும் முன்னோக்கியும் இருக்கும். எனவே ஊடகத்திலுள்ள துணிக்கைகள் அலை செல்லும் திசையிலேயே அலையும்.

ஒலி அலையும், சிலிங்கியில் ஏற்படுத்தப்படும் அழுக்க அலையும் நெட்டாங்கு அலைகளாகும். (உரு 2.5). அது இழைகளினால் தாங்கப்பட்ட சிலிங்கி ஒன்றின் நீளப்பாட்டில் வெவ்வேறு இடைவெளிகளில் உள்ள அலையின் வகையைக் காட்டுகிறது. சிலிங்கியின் ஒரு முனையில் அதன் நீளப்பாட்டில் விரைவாக பின்நோக்கியும் முன்னோக்கியும் இடம்பெயர்க்கப்பட்டால் ஒரு நெருக்கத்தையும் அதனை தொடர்ந்து ஐதாக்கத்தையும் கொண்ட தொடரைக் கொண்டிருக்கும்.



உரு 2.5 சிலிங்கியில் உள்ள அழுக்க அலை

அதிரும் இசைக்கவரொன்று ஒலி அலைகளை எவ்வாறு செலுத்துகின்றது என்பதை உரு 2.6 காட்டுகின்றது. புயமானது வலப்பக்கமாக இயங்க இது வளித்துணிக்கைகளை நெருக்குவதன் மூலம் அவற்றை அருகில் கொண்டு வருகிறது. இக் குழப்பமானது வளியினூடு ஒரு துணிக்கை அடுத்த துணிக்கைக்கு இடமாற்றப்படுகிறது (கடத்தப்படுகிறது) இதன் மூலம் வெளிநோக்கியி யங்கும் நெருக்கப்பட்ட துடிப்பு ஒன்று உருவாகும். அதே போன்று புயமானது எதிர்த்திசையிலுக்கும் போது ஐதாக்கப்பட்ட ஒரு துடிப்பு வளியினூடு அதே திசையிலியங்கும்.



உரு 2.6 அதிரும் இசைகவரினால் உருவாக்கப்படும் நீளக்க அலைகள்

இங்கு முக்கியமாகக் கவனத்தில் கொள்ள வேண்டியது யாதெனில் நெருக்கத்தின் மத்தியிலுள்ள துணிக்கையானது ஓய்வு நிலையிலினூடாக அலையின் திசையிலியங்கும். அதே வேளையில் ஐதாக்கத்தின் மத்தியிலுள்ள துணிக்கையானது ஓய்வு நிலையினூடாக அலையியங்கும் திசைக்கு எதிரான திசையிலியங்கும். நெட்டாங்கலைக்கு ஒரே அவத்தையிலுள்ள அடுத்துள்ள துணிக்கைளுக்கு இடையிலுள்ள தூரம் அலை நீளம் எனப்படும். கணித்தல்கள் செய்யும் போதும் அதே தொடர்பு பிரயோகிக்கப்படும்.

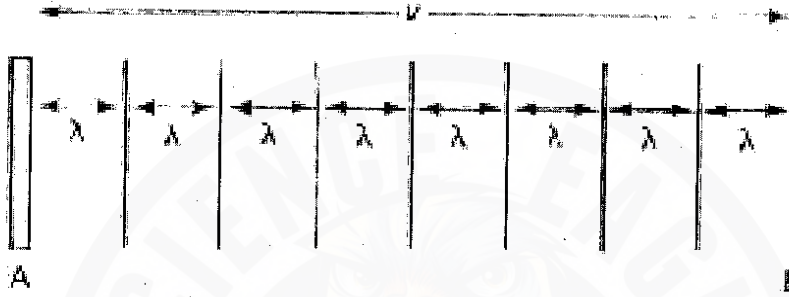
## அலை வேகம்

மீடறன், அலை நீளம், வேகம் ஆகியவற்றிற்கு இடையேயான தொடர்பு கீழ்வரும் சமன் பாட்டின் மூலம் தரப்படும்.

$$v = f \cdot \lambda$$

இச்சமன்பாடு எல்லா வகையான அலைகளுக்கும் பயன்படுத்தக் கூடியதாக உள்ளது.

இங்கு  $v$  - அலை வேகம்  
 $f$  - மீடறன்  
 $\lambda$  - அலை நீளம்



உரு 2.7 A இல் இருந்து 8Hz இல் நேர்முக அலையை காலும்போது 1 sec இல் AB வெளியை நிரப்பும்

மேலுள்ள படத்தில் வரைந்துள்ள உதாரணத்தைக் கருதுக. இங்கு நேர் அலைகளின் முதல் A ஆனது செக்கனுக்கு எட்டு அலைகளைக் காலுகின்றது. ஆகவே அதன் மீடறன் 8Hz அலையின் வேகம்  $v$  என்க. முதலாம் அலை Bஐ ஒரு செக்கனின் பின் அடையின்  $AB = v$ . அதனால் எட்டு அலை நீளங்கள் தூரம் AB யினுள் அடக்கப்படும். ஆகவே அலை நீளம்  $\lambda = \frac{v}{8}$  இனால் கொடுக்கப்படும் மீடறனானது 16Hz ஆயின் 1 செக்கனின் பின் எல்லா பதினாறு அலை நீளங்களும்  $v$  நீளத்தில் இருக்கும். ஆகவே இதன் அலை நீளம்  $\frac{v}{16}$

பொதுவாக அலைகளின் மீடறன்  $f$  ஆயின் அவற்றின் அலை நீளம் பின்வரும் வடிவத்தில் எழுதலாம்  $\lambda = \frac{v}{f}$  அல்லது  $v = f \lambda$  இச்சமன்பாட்டை எல்லாவகை அலைகளுக்கும் பிரயோகிக்கலாம்.

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணம்

அலைகளின் மீடறனையும், அலைநீளத்தையும் அளந்தால் அதிலிருந்து வேகத்தைக் கணிக்கலாம். உதாரணமாக வளியில் வானொலி அலைகளின் கதியை அவற்றின் ஊடுகடத்தும் மீடறன் 200KHz, அலை நீளம் 1500m என்ற அறிவைக் கொண்டு கணிக்கலாம்.

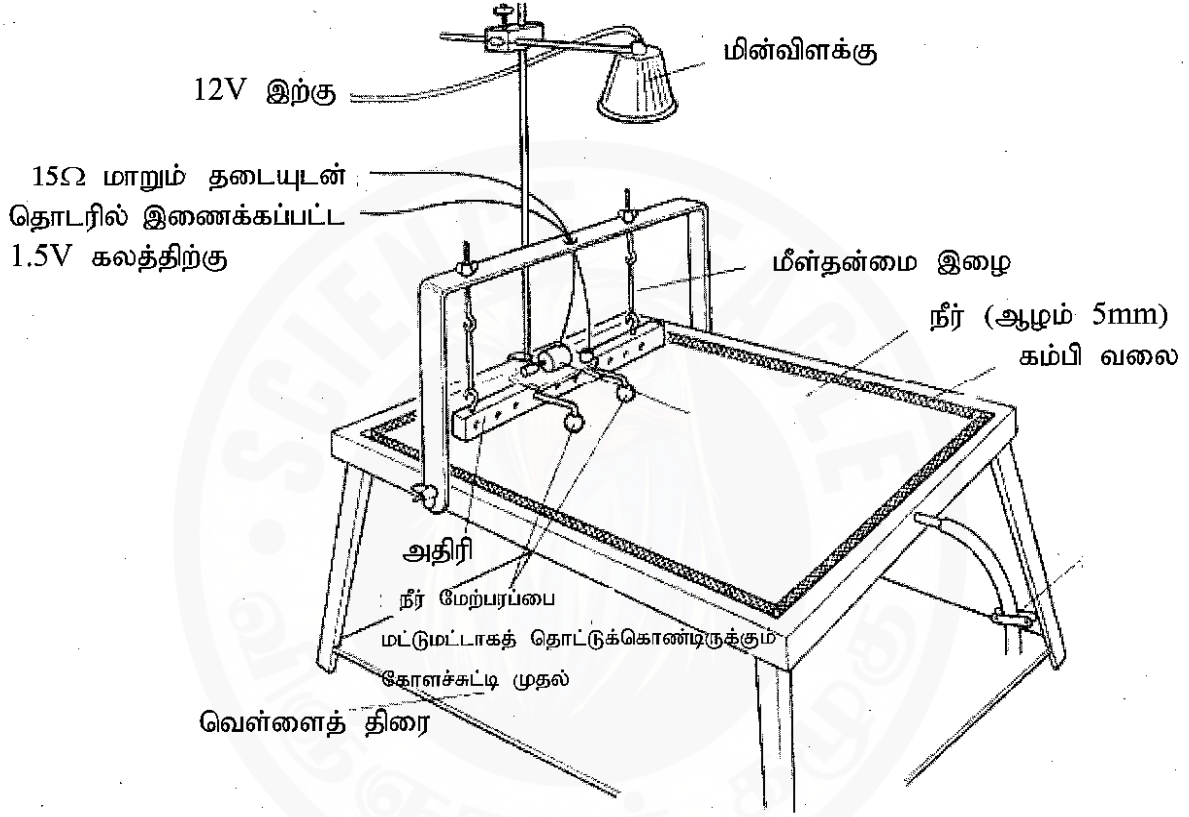
$$\begin{aligned} \text{வேகம்} &= \text{மீடறன்} \times \text{அலைநீளம் ஆதலினால்} \\ v &= 200 \times 10^3 \times 1500 \text{ms}^{-1} \\ v &= 3 \times 10^8 \text{ms}^{-1} \end{aligned}$$

மின்னலை காண்பதற்கும் அதன் இடி முழுக்கத்தைக் கேட்பதற்குமிடையேயுள்ள இடைவெளியைக் கொண்டு வளியில் ஒலி அலைகள், மின்காந்த அலைகளிலும் மிகவும் மெதுவாக பயனிக்கும் என்பது தெரியும்.

## அத்தியாயம் - 3

## அலைகளின் இயல்புகள்

எல்லாத் தெரிந்த அலையியக்கங்களும் நான்கு பொது இயல்புகளைப் பகிர்கின்றன. அவை தெறிப்படையும், முறிவடையும், கோணலடையும் அத்துடன் தலையீட்டையும் வெளிப்படுத்தும். நீர் அலைகள் சார்பாகச் சில பரிசோதனைகளை விபரிப்பதன் மூலம் அவற்றின் நடத்தை ஒளியைப் போன்று சிறப்பாகக் குறிப்பிடத்தக்கதாக ஒத்திருக்கின்றது எனக் காட்டலாம். குற்றலைத்தாங்கியில் குற்றலைகள் உருவாதலை அவதானிப்பதன் மூலம் நீர் அலைகளின் இயக்கம்பற்றிக் கற்கலாம். இது சிறிதளவு நீரைக்கொண்ட ஒளிபுகும் தட்டையும், அதன் மேலே புள்ளி ஒளி முதலையும் அதன் கீழ் தரையில் வெள்ளைத் திரையையும் உள்ளடக்கியிருக்கும்.

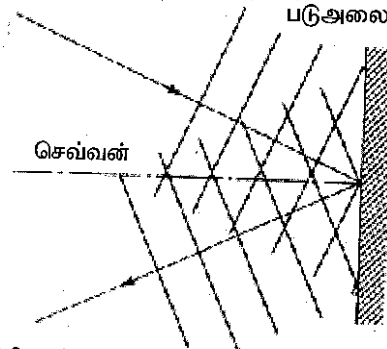


உரு 3.1

நீரைவிட முன் நீர் மட்டத்தின் உதவியால் மட்டப்படுத்தப்பட்டு நீரானது 5mm ஆழத்திற்கு சீராக உள்ளதா என உறுதிசெய்தல் வேண்டும்.

கிடையான உலோகக் கீலத்தின் உதவியால் நேரிய சமாந்தர அலைகளையும், வட்ட அலைகளைப் கோளச் சுட்டியை முனையொன்றில் கொண்ட நிலைக்குத்துக் கோலினாலும் உருவாக்கலாம். இவற்றுள் ஏதாவது ஒன்றை நீரினுள் அமிழ்த்தினால் குற்றலைத்துடிப்புகள் மேற்பரப்பிற்குக் குறுக்கே அனுப்பப்படும் மாற்றீடாக இறப்பர்ப்பட்டிகளிலிருந்து தொங்கவிடப்பட்ட கிடையான சட்டத்தில் அமிழ்த்தியைப் பொருத்துவதன் மூலமும் தொடர்ச்சியான குற்றலைகளைப் பெறலாம். சுழலும் கதிரின் (spindle) மேலுள்ள (eccentric) உலோகத்தட்டைக் கொண்ட மின்மோட்டார் ஒன்றின் அதிர்வுகள் மூலம் சட்டமானது மேல் கீழாக இயக்கப்படும். மோட்டார் சுற்றிலுள்ள இறையோதற்று மோட்டாரின் கதியைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. எனவே அலைகளின் மீறன் செலுத்தப்படும். அலை முடிகளிலுத் தாழிகளிலுமுள்ள வில்லை விளைவு காரணமாக ஒளி முதலானது பிரகாச, இருண்ட அலை வடிவத்தைக் கீழுள்ள வெண்மையான திரையில் உருவாக்கும். இங்கு பிரகாசமான பட்டைகள் முடிகளையும், இருண்ட பட்டைகள் தாழிகளையும் பிரதிபலிக்கும்.

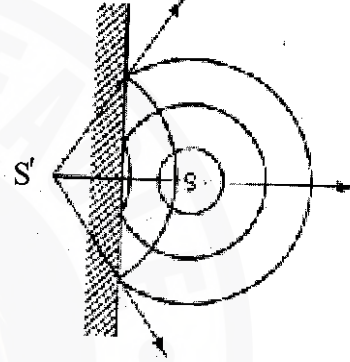
## அலைகளின் தெறிப்பு



உரு 3.2 (a) தெறிப்பினால் பெறப்பட்ட தள அலையின் வடிவங்கள்

மேலுள்ள படமானது தளஅலை ஒன்று எவ்வாறு நேரிய தடுப்பு மூலம் திருப்பப்படுகிறது என்பதைக் காட்டுகின்றது. படுகோணம்  $45^\circ$  ஐ உடைய அலைகள் அவற்றின் கதியையும், அலை நீளத்தையும் அலை ஒரே ஊடகத்தில் இருப்பதால் மாறாது பேணுகின்றது. தடுப்பிற்கு  $90^\circ$  யில் வரையப்பட்ட செவ்வனுடன் தெறிப்படைய முன்னரும் தெறிப்படைந்த பின்னரும் அவை இயங்கும் திசைகள் சமகோணத்தை அமைக்கின்றன.

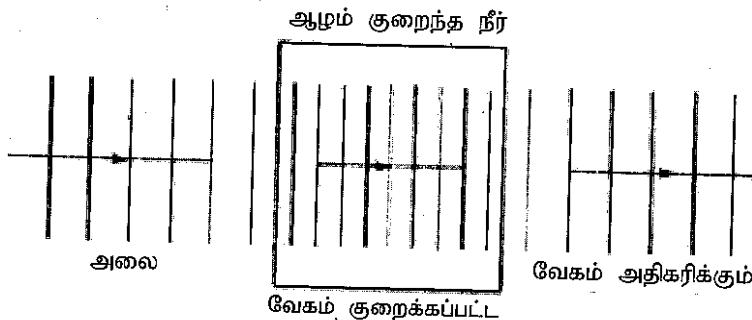
இங்கு மீண்டும் அலை நீளமும், கதியும் மாறவில்லை ஆனால் தெறிப்படைந்த அலைகள்  $S'$  மையமாக கொள்வதால் அலைகளின் வளைவு மாறுபடுகிறது. இங்கு  $S'$  ஆனது தடுப்பின் பின்னால் முதலினது விம்பத்தின் நிலையாகும். ஒளியியலில் தள ஓடி ஒன்றின் முன்னால் பொருள் ஒன்று வைக்கப்படின ஆடியின் பின் அதே தூரத்தில் மாயவிம்பம் பெறப்படும்.



உரு 3.2 (b) தெறிப்பினால் வட்ட அலைகளுடன் பெறப்பட்ட வடிவங்கள்.

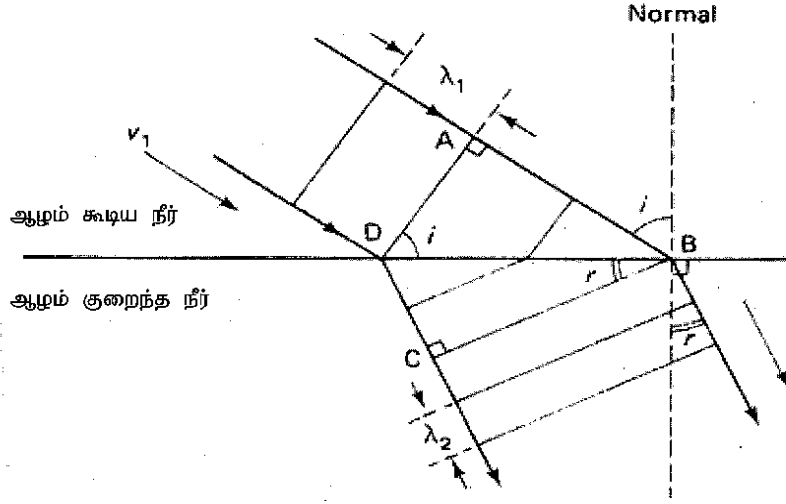
## அலைகளின் முறிவு

ஒரு ஊடகத்திலிருந்து வேறொரு ஊடகத்திற்கு அலை செல்லும் போது அவற்றின் மீடறன் மாறாதிருக்கும் அதே நேரத்தில் கதியும், அலை நீளமும் மாற்றமடையக் குறைந்தளவு நீரைக்கொண்ட பிரதேசம் ஒன்றினுள் நேரிய குற்றலைகள் செல்லும் போது ஏற்படும் முக்கிய நிகழ்வை உரு காட்டுகிறது. ஆழம் குறைந்த பிரதேசத்தையும் ஆழம் கூடிய பிரதேசத்தையும் பிரிக்கும் வரைப்பாட்டில் அலையின் கதியும், அலைநீளமும் மாற்றமடையும், ஆனால் அலையானது தொடர்ந்து அதன் ஆரம்ப திசையிலேயே இயங்கும். பொருத்தமான தடிப்பையுடைய செவ்வகவடிவ கண்ணாடித்துண்டொன்றைத் தாங்கியினுள் வைத்து அதன் தடிப்பைக் குறைப்பதன் மூலம் இதனைக் காட்டலாம். வரைபாட்டிற்குச் செங்குத்தாகச் செல்லும் அலைகளுக்கு அவற்றின் கதியும், அலை நீளமும் மாற்றமேற்பட்டாலும் அலையானது விலகலடையமாட்டாது. ஆனால் வரைபாட்டைச் சாய்வாக அடையும் அலைகள் விலகலடைந்து புதிய திசையில் பயணிக்கும். வேறு விதமாகக் கூறின் முறிவு நிகழும்.



உரு 3.3 முறிவினால் அலையின் பரிமாணங்களில் ஏற்படும் மாற்றங்கள்





உரு 3.4 முறிவினால் அலையின் பரிமாணங்களில் ஏற்படும் மாற்றங்கள்

அலைமுகம் AD ஆனது ஆழம் குறைந்த நீரில் அலைமுகம் BC ஆகமாறுகின்றது. அலையானது இரண்டு ஊடகங்களிலும் சம நேரத்தில் AB, CD என்ற தூரங்களினூடு பயணம் செய்தது. அவற்றின் விகிதமானது இரண்டு அலைக்கதிகளின் விகிதமாகும்.

இங்கு AB பெரிது DC ஆதலினால்  $V_1 > V_2$  எனக் கூறலாம்.

$v = f\lambda$  என்ற சமன்பாட்டை வரைபாடு BD இன் இரண்டு பக்கங்களிலும் பிரயோகிக்கலாம். இங்கு மீறன் ஒரேயளவாகும். இதிலிருந்து அவற்றின் அலைநீளங்கள் அவற்றின் வேகங்களின் விகிதத்திற்கு சமமாகும்.

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{AB}{DC}$$

மேலுள்ள விகிதத்தைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{AB}{BD} \times \frac{BD}{DC}$$

ABD, CBD என்ற செங்கோண முக்கோணங்களில்

$$\frac{AB}{BD} \times \frac{BD}{DC} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

இங்கு  $i$  - படுகோணம்  
 $r$  - முறிக்கோணம்

$$\therefore \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin i}{\sin r} = \text{மாறிலி}$$

ஆனால்  $n = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\text{ஆழமான நீரில் வேகம்}}{\text{ஆழம் குறைந்த நீரில் வேகம்}}$

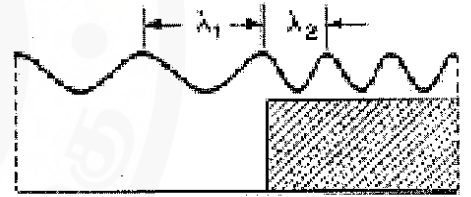
$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin i}{\sin r} = n$$

இங்கு  $n$  என்பது ஆழம் கூடிய நீரிலிருந்து ஆழம் குறைந்த நீர்க்குச் செல்லும் நீர் அலைகளின் முறிவுச்சூட்டியாகும்.

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

இது சினெலின் ஒளிமுறிவு விதியாகும் இது மின்காந்த, ஒலி, நீர் அலைகளுக்குப் பொருந்தும்.

ஆழத்தைக் குறைப்பதற்காக கண்ணாடித் தட்டு



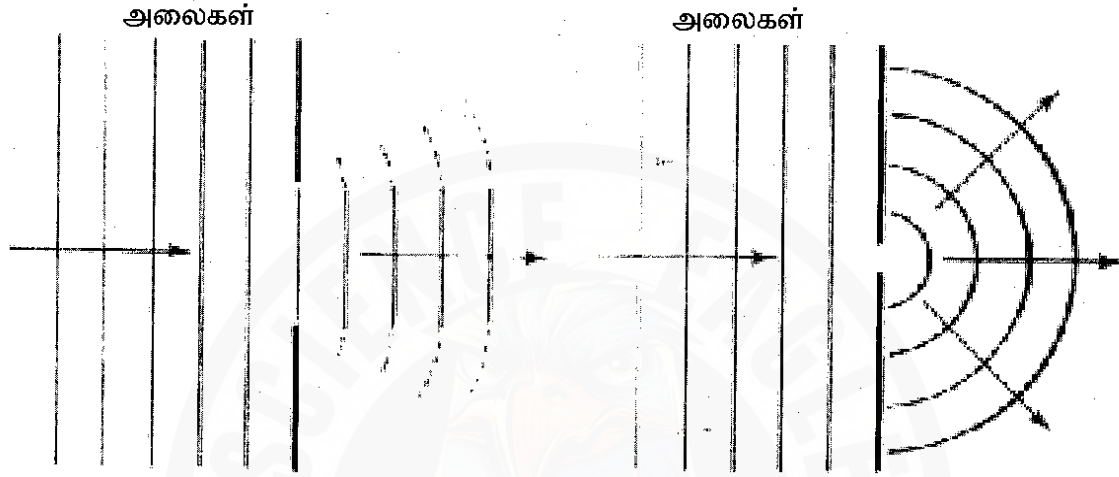
உரு 3.5 ஆழம் குறைந்த நீரில் அலை நீளம் குறையும்



### அலைகளின் கோணல்

அருகிலுள்ள உரு 3.6 (a), உரு 3.6 (b) தடுப்பு ஒன்றிலுள்ள இடைவெளிகளினூடு அலைகள் செல்லும் பாதையைக் காட்டுகிறது. குற்றலைத் தாங்கியிலிருக்கும் அலைகள் இடைவெளி ஒன்றின் மையத்தினூடாகச் செல்லும் போது தொடர்ச்சியாக நேராகச் செல்கின்றது, ஆனால் ஒவ்வொரு அலை முகத்தின் முடிவிலும் அலையானது தடுப்பின் பின்னால் கேத்திர கணித நிழல் பிரதேசத்தை ஆக்குமாறு விலகலடையும் நாட்டம் கொண்டது.

அலைகள் ஒரே ஊடகத்தில் இருப்பதால் அவற்றின் கதியிலும் அலை நீளத்திலும் மாற்றமில்லை. உரு 3.6 (a) யில் இடைவெளியானது அலை நீளத்திலும் மிகவும் அகலமானதாயின் கோணல் விளைவு குறிப்பிடத்தக்க அளவிற்கு இருக்காது.



உரு 3.6 (a) அகலமான துளையில் ஏற்படும் கோணல் விளைவு

உரு 3.6 (b) ஒடுக்கமான துளையில் ஏற்படும் கோணல் விளைவு

பொதுவாகத் இடைவெளியானது அலை நீளத்துடன் ஒப்பிடுகையில் அகலமாயின் கோணல் விளைவு மிகவும் குறைந்தது. ஒலி அலைகளும் மூலைகளை அல்லது தடுப்புகளைக் கடந்து செல்லும் போது கோணலடைகின்றன. நடைபாதையொன்றில் நடைபெறும் உரையாடல்களை, கதவு திறந்தபடியுள்ள அறை ஒன்றினுள் உள்ள ஒருவரினால் உரையாடலில் ஈடுபடுவோரை அவதானிக்க முடியாவிட்டாலும் உரையாடலைக் கேட்கலாம் நுழைவாயிலை அடையும் ஒலியலைகள் கோணலடைந்து அறையினுள் செல்கின்றது. ஆனால் ஒளி அலைகளின் அலை நீளம் மிகவும் குறுகியதால் அவை கோணலடையாது.

### மேற்பொருந்துகைத் தத்துவம்

இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அலைகள் ஒரே ஊடகத்தினுள் பயனிக்கும் போது ஊடகத்திலுள்ள துணிக்கை ஒன்றின் விளைவு இடப்பெயர்ச்சியானது தனித்தனி அலைகள் ஏற்படுத்தும் இடப்பெயர்ச்சிகளின் காவிக் கூட்டலாகும்.

### ஒத்திசைவான முதல்கள்

ஒத்திசைவான முதல்கள் மாறா அவத்தை வேறுபாடுகள் உள்ள அலைகளையே பிறப்பிக்கும் அதாவது அவ் அலைகள் ஒரே மீட்டினைக் கொண்டிருக்க வேண்டும். நடைமுறையில் இது தனியொரு முதலில் இருந்து பெறப்படும்.

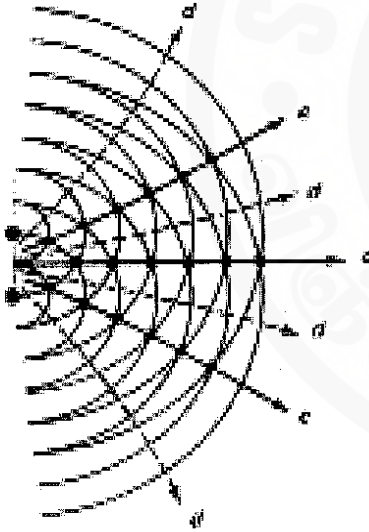
## அலைகளின் தலையீடு

இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட ஒரே வகையான அலைகள் ஒன்றின் மீது ஒன்று மேற்பொருந்தும் போது தலையீடு ஏற்படுகின்றது. இவ்வாறான அலைத்தொடரை (wave train) ஒத்திசைவான முதல்களிலிருந்து பெறப்படும். மாறா அவத்தை வித்தியாசத்தில் அலைகளைக் காலும் முதல்கள் சர்வசமமான முதல்கள் எனப்படும்.

ஒத்திசைவான இரண்டு முடிகள் ஒருபுள்ளியை ஒரே நேரத்தில் அடையுமாயின் அவற்றின் முடி, ஒரு பெரிய முடியாகும். இரண்டு தாழிகள் இவ்வாறு அடையுமாயின் தாழி பெரிய தாழியாகும். இது ஆக்கும் தலையீடு எனப்படும். இங்கு அலைகள் ஒரே அவத்தையிலிருக்கும். ஒரே வீச்சத்தைக் கொண்ட ஒரு முடியும், தாழியும் ஒரு புள்ளியை ஒரே நேரத்தில் அடையுமாயின் விளைவானது பூச்சிய வீச்சத்தையுடைய விளையுள் இடப்பெயர்ச்சியாகும். இது அழிக்கும் தலையீடு எனப்படும். அலைகள் எதிர் அவத்தையிலிருப்பதாகக் கூறப்படும்.

## நீர் அலைகளின் தலையீடு

குற்றலைத்தாங்கியில் இரண்டு கோளச்சுட்டிகள், மின் அதிரி ஆகியவற்றைப் பொருத்தித் தலையீட்டு வடிவங்களை உருவாக்கலாம். இரண்டு சர்வசமமான முதல்களிலிருந்து அலைகள் காலப்பட்டு ஒரு கணநிலையில் ஆக்கும், அழிக்கும் தலையீடுகளின் பாதையைப் உரு 3.7 காட்டுகின்றது ஆக்கும் தலையீடு உருவாகும் நிலைமைகளில் அலைகளின் வீச்சமானது தனியொரு முதலிலிருந்துள்ள அலையின் வீச்சத்தின் இருமடங்காகும்.

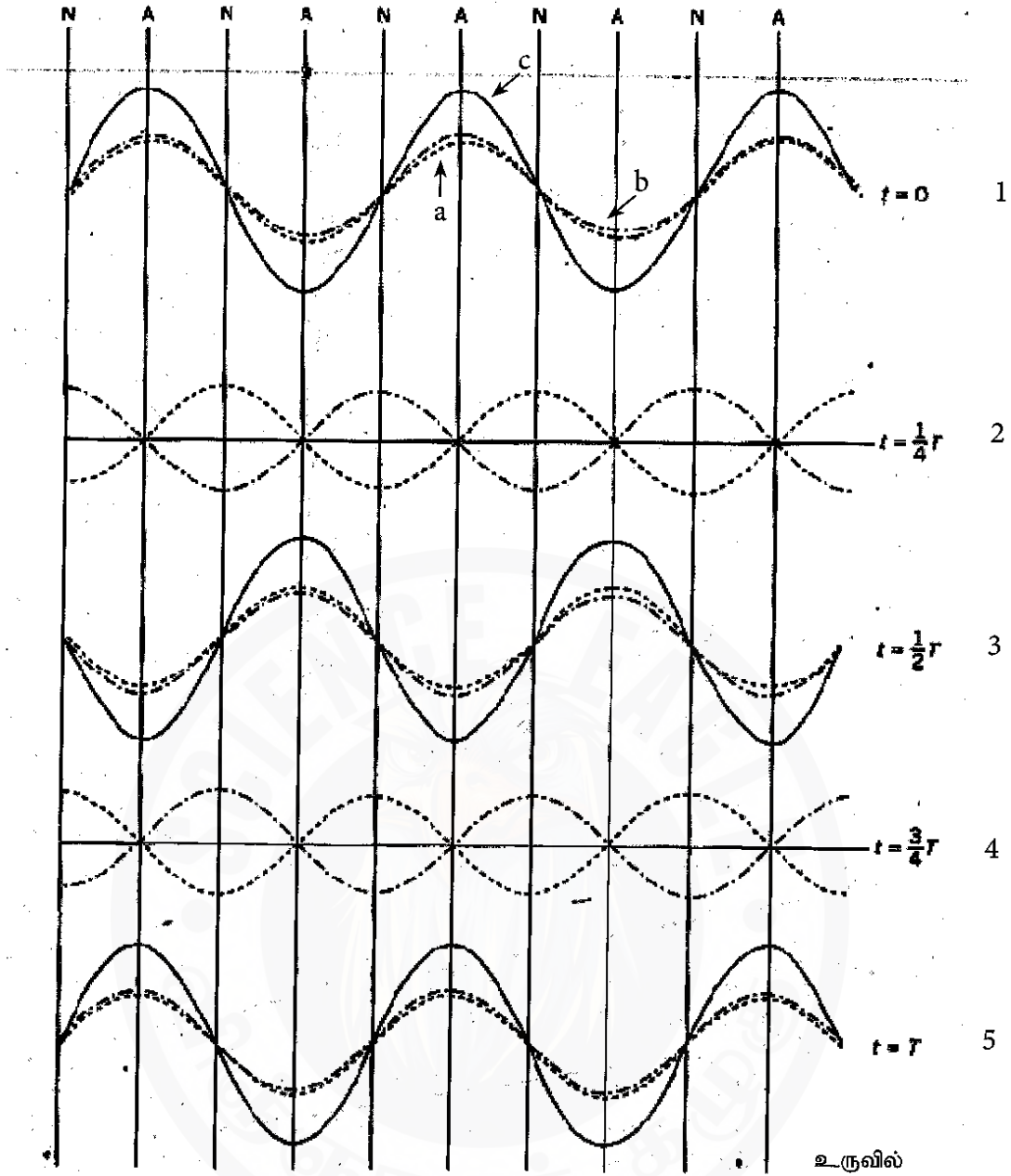


பாதைகளின் வழியே சக்தியையும் வீதமானது தனியொரு முதலிலிருந்து பெறப்படுவதிலும் பெரிதாகும். எதிர் மாறாக அழிக்கும் தலையீடு ஏற்படும் போது இப்பாதைகளின் வழியே சக்தி பாயமாட்டாது, அலையின் வீச்சம் பூச்சியத்தை அணுகும்.

சர்வசமமான இரண்டு பிளவு, முதல்களிலிருந்து ஒரே அவத்தையில் வெளிப்படும் அலைகளின் தலையீட்டுவடிவம் உரு 3.7 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆக்கும் தலையீட்டுப்பாதைகள் "c" யினால் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. "d" யினால் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது, அழிக்கும் தலையீட்டை குறிக்கின்றது.

## நிலையான அலைகள்

அலைகளின் மேற்பொருந்துகைத் தத்துவத்தைக் கொண்டு நிலையான அலைகள் உருவாவதை விளக்கலாம். சம மீடறனையும், வீச்சத்தையும் கொண்டு எதிர்த்திசையில் இயங்குவதை உரு 3.8 பிரதிபலிக்கின்றது. அலை (a), இடமிருந்து வலமாகவும், அலை (b) வலமிருந்து இடமாகவும் இயங்குகின்றன. மேலுள்ள வரைபானது ஒரே அவத்தையிலிருக்கும் அலைகளின் கணநிலையைக் காட்டுகின்றது. அலைகள் (a), (b) யின் மேற்பொருந்துகையை வரைபு (c) காட்டுகின்றது. இந்த வீச்சமானது இரண்டு விருத்தி அலைகளில் ஏதாவது ஒன்றின் வீச்சத்தின் இருமடங்காகும். கால் சுழற்சியின் பின்னர் இரண்டு விருத்தி அலைகளும் எதிர்த்திசைகளில் அலை நீளத்தின் கால்பகுதி இயங்கிய பின்னுள்ள நிலையை இரண்டாவது வரைபு காட்டுகின்றது.



உரு 3.8

- உருவில்  
 (a) முறிக்கோடு  
 (b) புள்ளிக்கோடு  
 (c) தொடர்கோடு

இரண்டு விருத்தி அலைகள் எதிர்த்திசையில் பயணித்து அவை மேற் பொருந்துவதால் நிலையான அலை உருவாவதைக் காட்டுகின்றது.

அலைகள் இயங்கத்தொடங்கி அரைவாசி அலைவு காலத்தின் பின் உள்ள நிலையை வரைபு 3 காட்டுகிறது. இந்நிலையில் அலைகள் ஒத்த அவத்தையிலும் விளையுள் உயர்வு இடப்பெயர்ச்சியிலும் இருக்கும். இந்த வகையில் வரைபு 4 அலைகள் எதிர் அவத்தையிலும், விளையுள் பூச்சிய இடப்பெயர்ச்சியிலும் இருக்கும். இறுதியாக ஆரம்பத்திலிருந்து ஒரு அலைவு காலத்தின் பின்னர் வரைபு 5 இல் காட்டியது போல் அலைகள் இரண்டும் ஒத்த அவத்தையில் சந்திக்கும்.

அடுத்தடுத்த சமநேர ஆயிடையில் உள்ள அலைகளினது இடப்பெயர்ச்சி - தூர வரைபை (a), (b) காட்டுகிறது. இவ்விரு அலைகளின் மேற்பொருந்துகை வரைபை (c) காட்டுகிறது இதிலிருந்து நிலையான தடங்களின் உருவாக்கத்தை அறியமுடியும்.

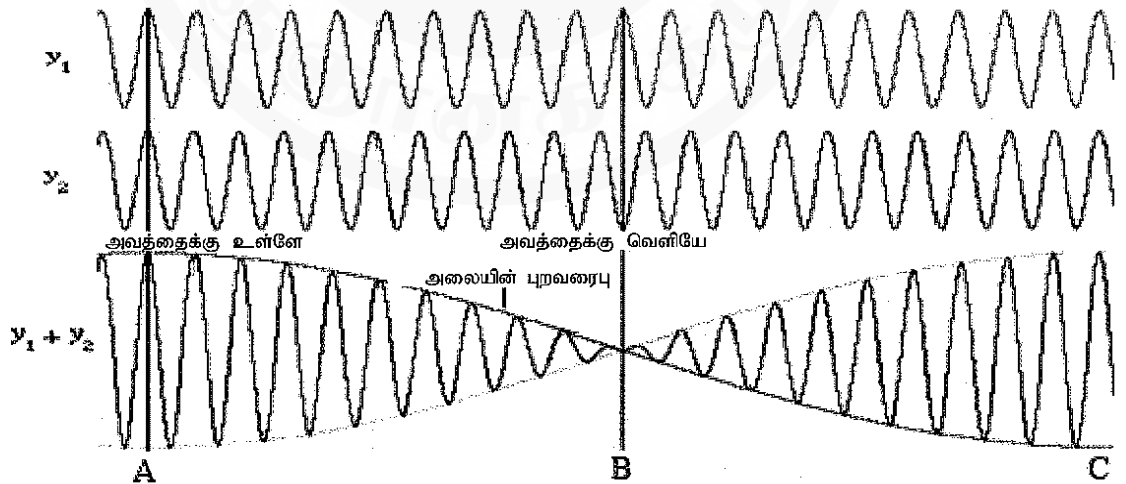
குறிப்பு:

- (i) புள்ளிகள் “N” நிலையான அலையின் கணுக்கள் என அழைக்கப்படும். இப்புள்ளியில் இடப் பெயர்ச்சி எப்போதும் பூச்சியமாகும்.
- (ii) ஒரு தடத்திலுள்ள எல்லாத் துணிக்கைகளும் ஒத்த அவத்தையிலும் வேறுபட்ட வீச்சத்திலும் அலையும். கணுப்புள்ளிகளை தவிர மற்றைய புள்ளிகள் அவைகளினுடைய உயர் இடப்பெயர்ச்சியில் ஒரே நேரத்தில் இருக்கும் இவற்றுள் பெரிய வீச்சமுடைய புள்ளிகள் முரண்கணுக்கள் “A” என அழைக்கப்படும்.
- (iii) அடுத்தடுத்த தடங்கள் எதிர் அவத்தையில் அலையும்
- (iv) நிலையான அலையின் அலை நீளமானது, அடுத்தடுத்த கணுக்கள் அல்லது அடுத்தடுத்த முரண்கணுக்களுக்கு இடைப்பட்ட தூரத்தின் இரு மடங்காகும். இத்துடன் இது விருத்தி அலையின் அலை நீளத்திற்கும் சமனாகும். விருத்தி அலைகளைப் போன்று நிலையான அலையில் சக்தி ஊடுகடத்தப்படுவதில்லை. பெரிதளவான சக்தி நிலையான அலைகளில் குறிப்பிட்ட இடத்தில் சேமிக்கப்பட்டிருக்கும். அதாவது அலைகளினால் இச்சக்தி சிறைப்பிடிக்கப்பட்டிருக்கும். இதுவே நிலையான அலைக்கும் விருத்தியலைக்கும் இடையிலான பிரதான வேறுபாடாகும்.

### நிலையான அலையின் பிரயோகங்கள்

வயலின் இழையை அதிர்ச்செய்யும்போது எங்களுக்கு அதிலிருந்து வரும் சுரம் கேட்கிறது. அதிரும் இழையில் உள்ள அலை வடிவங்கள் நிலையான அலைகள் ஆகும். இதன்போது ஏற்படுத்தப்படும் ஒலி அலை எமது காது வரை காவிச்செல்லப்படுகிறது. சக்தி இடமாற்றப்படுகிறது ஆகவே இது விருத்தியலை என அழைக்கப்படுகிறது.

### அடிப்புகள்



உரு 3.9 அடிப்புகளின் உருவாக்கம்



சிறிதளவில் வேறுபட்ட மீடறன்களை உடையதும் சமமான வீச்சத்தைக் கொண்டதுமான இரு சுரங்களை (இசை கவர்களை) ஒன்றாக ஒலிக்கச் செய்யும்போது, அதிகரிக்கும், குறையும் உரப்புள்ள ஒலிகள் ஆவர்த்தனமாக உருவாகும். இவ்வொலிகள் அடிப்புகள் என அழைக்கப்படும். மேற்பொருந்துகைத் தத்துவத்தின் மூலம் அடிப்புகளின் உருவாக்கத்தை விளக்கலாம்.

கிட்டத்தட்ட சமமான மீடறன்களையுடைய அலைத்தொடர்கள் இரு முதல்களிலிருந்து (இசைகவர்கள்) பிறப்பிக்கப்படுவதை உரு 3.9 காட்டுகிறது.

புள்ளி A யைப் போன்ற கணங்களில் இரு முதல்களில் இருந்து வரும் அலைகள் ஒத்த அவத்தையில் வருவதுடன் ஒன்றை ஒன்று வலிதாங்கி உரத்த ஒலி கேட்கும். அதன் பின்னர் ஒரு முதலிலிருந்து வரும் நெருக்கல் அல்லது ஐதாக்கல் அதேநேரம் மற்றைய முதலிலிருந்து வரும் ஐதாக்கல் அல்லது நெருக்கல் சந்திக்கும் வரை அவத்தை வித்தியாசம் அதிகரிக்கும். புள்ளி B இல் அவதானி மிகச்சிறியளவான ஒலியைக் கேட்பார், அல்லது எந்தவொரு ஒலியையும் கேட்கமாட்டார். பின்னர் புள்ளி C இல் மீண்டும் இரு அலைகளும் ஒத்த அவத்தையில் சந்திக்கும் போது உரத்த ஒலி கேட்கும்.

தொடர்ச்சியான நிகழ்வுகளான வீச்சம் கூடுவதும், குறைவதும் ஆக்க, அழிவுத்தலையிடுகளாகும். இரு சுரங்களும் ஒத்த, ஒவ்வாத அவத்தைகளில் சந்திக்கும்போது, இந்நிகழ்வு திரும்பத் திரும்ப நிகழும். ஒரு செக்கனில் கேட்கும் உரத்த சத்தங்களின் எண்ணிக்கை அடிப்பு அதிர்வெண் ( $f_b$ ) என அழைக்கப்படும்.

$$f_b = |f_1 - f_2|, \text{ இங்கு } f_1, f_2 \text{ இரு இசைக்கவர்களின் மீடறன்கள்}$$

**அலைவு காட்டியைப் பயன்படுத்தி அடிப்புகளுக்கான செயல்விளக்கம்**



உரு 3.10

ஒரே மீடறனை உடைய இரு இசைக்கவர்களை எடுத்து ஒரு இசைக்கவரின் ஒரு புயத்திற்குத் சிறிய திணிவுடைய பிளாத்திக்குப் பதார்த்தமொன்றை உரு 3.10 இல் காட்டியவாறு சேர்க்குக. அவ் இசைக்கவர்களை 50 cm இடைத்தூரத்தில் வைத்து அதிரச்செய்து அவற்றுக்கிடையே ஓர் நுணுக்குப்பன்னியை (microphone) வைத்து அலைவுகாட்டிக்கு (C.R.O) இணைப்பதன் மூலம் உரு 3.9 இல் காட்டியதுபோல் அலை வடிவம் திரையில் காட்சிப்படுத்தப்படும்.

**அடிப்பின் பயன்கள்**

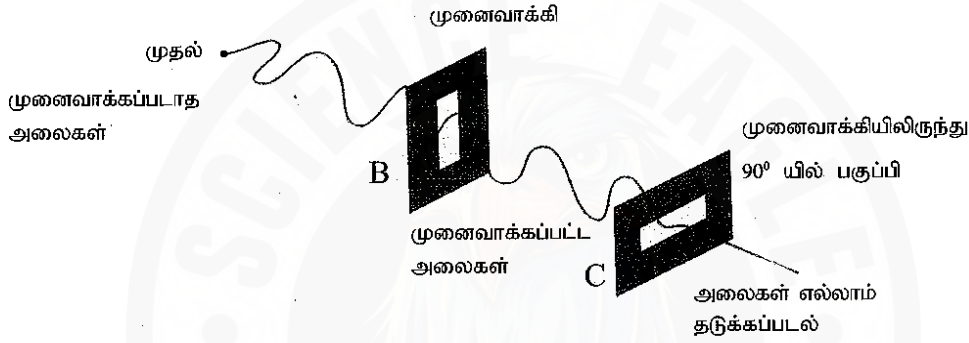
ஒரு இசைக்கவரின் மீடறன் தெரிந்தால், மீடறன் தெரியாத இசைக்கவரின் மீடறனை அடிப்புத் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி அறியமுடியும். இசைக் கருவிகளில் தரப்பட்ட இசைச் சுரத்தை அடிப்புகளைப் பயன்படுத்தி இசைவுபெறச் செய்யப்படுகிறது. இசைக் கருவிகளில் தரப்பட்ட இசை, சுரத்தை அணுகும்போது அடிப்புகள் கேட்கும், கருவியை மேலும் இசைவுபெறச் செய்ய (tune) அடிப்புகள் மிகச் குறைந்த வீதத்தில் நிகழும்.



## குறுக்கலைகளின் முனைவாக்கம்

### பொறிமுறை அலை

உரு 3.11 இல் காட்டியது போல் ஒரு மெல்லிய இழையையும் இரண்டு குறுகிய பிளப்புகளையும் பயன்படுத்தி அலைகளின் முனைவாக்கத்தைச் செயல்விளக்கப்படுத்தலாம். இழையில் அலையானது பிறப்பிக்கப்படும் எனின் பிளப்புகள் B,C இனூடாகச் செல்லும் என்பது வெளிப்படை, பிளப்புகள் ஒன்றுக்கொன்று சமாந்தரமாக இல்லாவிடில், இழையானது அதே தளத்தில் அதிரும்போது இரண்டாவது பிளப்பினூடாக (C) அலை வெளியேற முடியாது. பிளப்பு C ஆனது சுழற்றப்படும் எனின் இரு பிளப்புகளும் ஒன்றுக்கொன்று சமாந்தரமாக வரும்வரை அலையானது C ஐக் கடக்கமாட்டாது. உரு 3.11 இல் காட்டியது போல் அலையானது பிளப்பு C இனால் நிறுத்தப்பட்டுள்ளது. B,C இடையில் அலையானது முனைவாக்கம் அடைந்துள்ளது. முதலுக்கும் B' இற்கும் இடையில் அலையானது முனைவாக்கம் அடையாத அலையாகும். இந்நிலையில் இழையானது எல்லாத் திசையிலும் அலையக்கூடியதாக இருக்கின்றது.



உரு 3.11 தளமுனைவாக்க அலைகளின் உருவாக்கம்

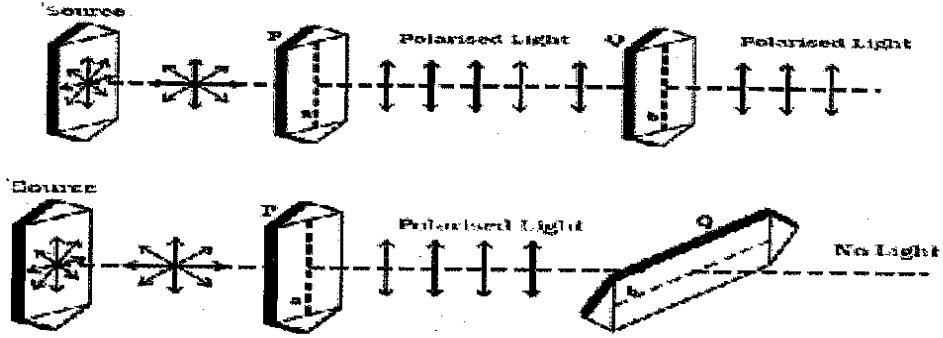
### ஒளி அலைகள்

குறிப்பிட்ட பளிங்குகளினூடாக ஒளி செல்லும்போது அவை பாதிப்படைகின்றன என்பது பல வருடங்களுக்கு முன்னர் கண்டுபிடிக்கப்பட்டதாகும். தோரமல்லி, குவாட்ஸ், கல்சைற்று என்பன இதைப்போன்ற பளிங்குகளுக்கு உதாரணங்களாகும்.

உரு 3.12 இல் காட்டியதுபோல் P,Q என்னும் தோரமல்லிப் பளிங்குகளை அவற்றின் அச்சுக்கள் a,b ஒன்றுக்கொன்று சமாந்தரமாக ஒரே நேர்கோட்டில் வைத்து ஒளிக்கற்றையை P இன் மீது விழச் செய்ய Q இல் இருந்து வெளியேறும் ஒளியானது சிறிதளவு பிரகாசம் குறைந்ததாக இருக்கும் Q ஆனது பார்வைக்கோடு சார்பாகச் சுழற்றப்பட்டு இதன் தளம் P இற்குச் சமாந்தரமாக வரும் போது (a,b ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக உள்ளபோது) வெளிப்படு கதிரின் பிரகாசம் படிப்படியாகக் குறைந்து மறைந்து போகும். மீண்டும் அச்சுகள் a,b ஒன்றுக் கொன்று சமாந்தரமாக இருக்குமாறு செய்தால் மீண்டும் ஒளி தென்படும்.

இவ் எளிய பரிசோதனையிலிருந்து ஒளி அலையானது குறுக்கலை என்னும் முடிவிற்கு வரக் கூடியதாக உள்ளது.

இவ்வாறு இல்லாத சந்தர்ப்பங்களில் (Q சுழற்றப்படுகையில்) Q இல் இருந்து ஒளிக்கதிர் வெளிவருவதைச் சிறப்பாகக் காணமுடியாது. இப்பரிசோதனை முடிவானது பொறிமுறை அலைகளைப் போன்று ஒத்ததாக அமைகிறது.

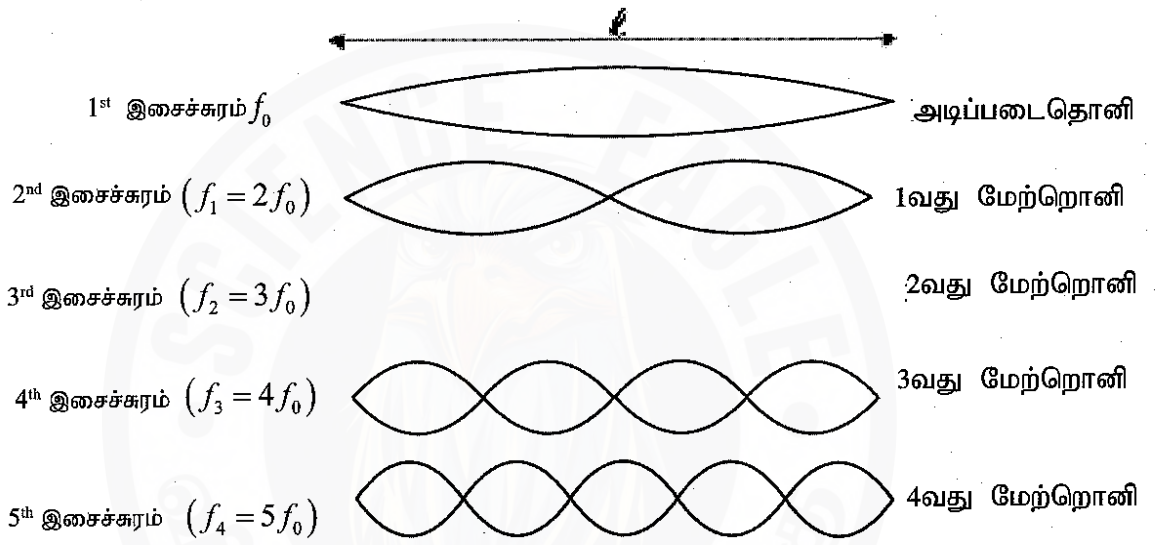


உரு 3.12 தளமுனைவாக்கப்பட்ட ஒளி அலையின் உருவாக்கம்



## ஈர்க்கப்பட்ட இழையில் நிலையான அலை

முன்னர் விபரிக்கப்பட்ட மேற்பொருந்துகைத் தத்துவமே நிலையான அலையின் உருவாக்கத்தை விளக்க உதவுகிறது. ஈர்த்த இழை ஒன்றில் அதிர்வை ஏற்படுத்தும்போது, அவ் இழையில் தடம் ஒன்று உருவாவதை நாம் கண்டிருக்கின்றோம். குறுக்கலை ஒன்று இழைவழியே முன்னோக்கிச்சென்று இழையின் நிலையான முடிவில் தெறிப்படைகிறது, அதனால் மீள்நிரப்பும் நிபந்தனைக்கு அமைய நிலையான அலை தோன்றுகிறது. நகரும் அலையும் (படு அலையும்) தெறி அலையும் மேற்பொருந்துகை அடைவதனால் நிலையான அலை தோன்றும். மேலும் இழையின் முனைகள் விறைப்பாக இணைக்கப்பட்டிருப்பின் முனைகளில் வன்தெறிப்பு உருவாகும். வன் தெறிப்பில் தெறி மேற்பரப்பில் கணு உருவாகும் என்பது தெரியும் மேலும் இழையானது சுயாதீனமாகவும் அதிரும் எல்லா வகை நிலையான அலைகளிலும் இரண்டு முடிவிடங்களிலும் கணுக்கள் இருத்தல் வேண்டும்.



உரு 4.1 இழையில் அதிர்வின் வகைகள்

உரு 4.1 இல் முதலாவது வகை அதிர்வானது அடிப்படை அதிர்வு என அழைக்கப்படும். அதன் பின்னருள்ள வகைகள் மேற்றொனிகள் என அழைக்கப்படும்.

அடுத்ததாக இவை எவ்வாறு பெயரிடப்பட்டுள்ளதென நோக்கின் அடிப்படைத் தொனி அதிர்வெண்  $f_0$  என்க.

அடிப்படைத் தொனியின் அலைநீளம்  $\lambda_0 = 2l$

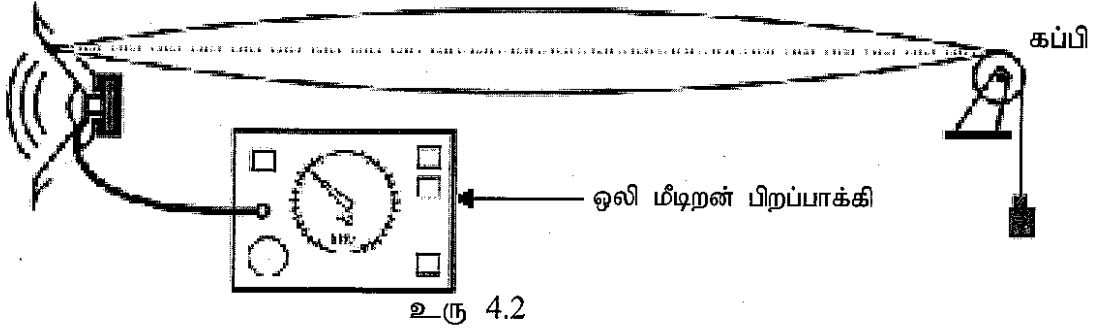
$$\therefore f_0 = \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{2l}$$

இவ்வாறே முதலாம் மேற்றொனி  $\lambda_1 = l$   $f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{l}$

ஆனால்  $\frac{v}{2l} (= f_0)$   $\therefore f_1 = 2f_0$

இந்த வகையில் 2<sup>வது</sup> மேற்றொனி  $f_2 = 3\left(\frac{v}{2l}\right) = 3f_0$

3<sup>வது</sup> மேற்றொனி  $f_3 = 4f_0$  இவ்வாறே மற்றைய மேற்றொனிகளுக்கும் பெறலாம்.



ஒலிபெருக்கியின் கடதாசிப் பாலத்துடன் உருவில் காட்டியுள்ளது போல் கம்பியின் ஒரு முனையை ஒட்டும் பசையைப் (glue) பயன்படுத்தி ஒட்டுக. கம்பி கம்பிக்கு மேலாகச் சென்று மற்றைய முனையில் போதியளவு இழுவையைக் கம்பியில் ஏற்படுத்தத்தக்கதாகக் கம்பியின் மறு முனையில் சுமையைத் தொங்கவிடுக. தற்போது ஒலிபெருக்கியை ஒலிப்பிறப்பாக்கியுடன் இணைத்து தாழ் மீடறனிலிருந்து ஆரம்பித்து இழையில் முதலாவது நிலையான அலை தோன்றும் வரை மீடறனை அதிகரிக்கவும். அவ்வாறு நிகழாவிடில் இழையின் இழுவையை மாற்றுவதன் மூலம் அந்நிலையை பெற்றுக்கொள்ளலாம்.

உரு 4.3 இல் காட்டியதுபோல் ஒரு தடத்தைக் கொண்டிருப்பின் இது அடிப்படைச் சுரத்தைக் குறிக்கும். இதன் அதிர்வெண்  $f_0$ , ஒலிப்பிறப்பாக்கியின் அதிர்வெண்ணை அதிகரிக்க உரு 4.1 இல் காட்டியதுபோல்  $2f_0, 3f_0, 4f_0, \dots$  என்னும் மடங்குகளில் இழைவழியே மீடறன் அதிகரித்து செல்லும்.

### இழை ஒன்றின் வழியே குறுக்கலையின் வேகம்

$T$  என்பது இழையின் இழுவையாகவும்  $m$  என்பது நேர்கோட்டு (அல்லது ஏகபரிமாண) அடர்த்தியாகவும் (ஒரலகு நீளத்திற்குரிய திணிவு) இருப்பின் இழையின் வழியேயான குறுக்கலையின் வேகம் பின்வருமாறு தரப்படும்.

$$v = \sqrt{\frac{T}{m}} \quad (4.1)$$

மேலுள்ள தொடர்பையும் அலையின் அலைநீளம்  $f$  ஐயும் உபயோகித்து மீடறன் க்குரிய தொடர்பைப் பெறலாம்.

$$\sqrt{\frac{T}{m}} = f\lambda$$

$$f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{T}{m}} \quad (4.2)$$



இழையானது அடிப்படைத் தொனியில் அதிருமாயின் (படம் 4.3) அலைநீளம்  $\lambda_0 = 2l$  சமன்பாடு 4.2 இல் பிரதியிடின்

$$f_0 = \frac{1}{\lambda_0} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}} \quad (4.3)$$

சுயாதீனமாக அதிரும் இழையொன்றின் அடிப்படை அதிர்வு வகைக்குரிய மீடறனை ( $f_0$ ) மேலுள்ள தொடர்பு தருகிறது. சுயாதீனமாக அதிரும் இழையின் மேற்றொனிகளும் இதே மாதிரியான தொடர்வை



உரு 4.4

1<sup>ம்</sup> மேற்றொனியின் நிலையை அவதானிக்க

$$l = \lambda$$

ஆனால்  $f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{T}{m}}$  ஆதலினால்

1<sup>ம்</sup> மேற்றொனியின்  $f_1$  க்குரியது.

2<sup>ம்</sup> மேற்றொனிக்கு இழையின் நீளம்

$$l = \frac{3}{2} \lambda$$

$$\therefore \lambda = \frac{2}{3} l$$

எனவே  $f_2 = \frac{3}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$

அடிப்படை மீடறன்  $f_0 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$

1<sup>ம்</sup> மேற்றொனியின் மீடறன்  $f_1 = \frac{1}{l} \sqrt{\frac{T}{m}} = \frac{2}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}} = 2f_0$

2<sup>ம்</sup> மேற்றொனியின் மீடறன்  $f_2 = \frac{3}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}} = 3 \cdot \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}} = 3f_0$

nவது மேற்றொனியின் மீடறன்  $f_n$  ஆதலினால்

$$f_n = \frac{(n+1)}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

இதேபோல் அடிப்படை அதிர்வில் 1<sup>ம்</sup> இசைச்சுரம்  $f_0$ , 2<sup>ம்</sup> இசைச்சுரம்  $2f_0$ , 3<sup>ம்</sup> இசைச்சுரம்  $3f_0$  எனவே n<sup>ம்</sup> இசைச்சுரம்  $f_n = n f_0$

$$f_n = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$



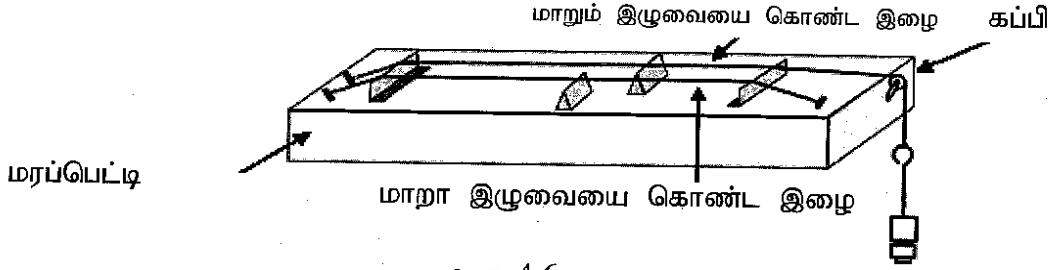
உரு 4.5



**சுரமானி**

சுரமானி என்பது மரப்பலகைகளினால் செய்யப்பட்ட பெட்டி மீது ஈர்க்கப்பட்ட இழையை கொண்டுள்ள ஆய்கருவியாகும். உரு 4.6 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

நிறைக் கொழுவியில் திணுவை சேர்ப்பதன் அல்லது நீக்குவதன் மூலம் இழையிலுள்ள இழுவையை மாற்றலாம்.



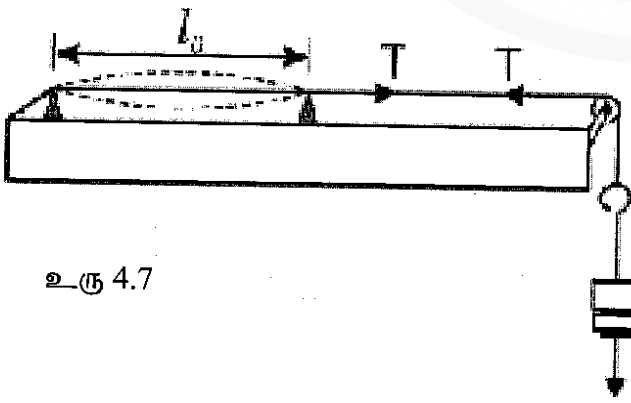
உரு 4.6

- String Variable tension - மாறும் இழுவையை கொண்ட இழை
- Wooden box - மரப்பெட்டி
- pulley - கப்பி
- String of fixed tension - மாறா இழுவையை கொண்ட இழை

**சுரமானியை பயன்படுத்தி இசைக்கவை ஒன்றின் மீடறனைத் துணிதல்**

இசைக்கவையை அதிர்ச் செய்து அதன் கைபிடி (அல்லது காம்பு) சுரமானிப்பெட்டியை தொடத்தக்கதாக வைக்க. முளைகளைக் கம்பியின் குறைந்த அதிரும் நீளத்தில் வைத்து அடிப்படைப் பரிவு நிலை பெறப்படும் வரை அவற்றிற்கிடையிலுள்ள தூரத்தைப் படிப்படியாக மாற்றுக. சிறிய கடதாசி ஓடியை கம்பியின் அதிரும் பகுதியின் நடுவில் வைப்பதன் மூலம் பரிவு நிலையைச் சுலபமாகக் காணலாம். முளைகளைச் செப்பஞ் செய்யும் போது கடதாசி ஓடி எப்பொழுதும் நடுவில் இருக்கின்றதா என அவதானித்தல் வேண்டும்.

கடதாசி ஓடி எறியப்படும் வரை முளைகள் செப்பம் செய்யப்படல் வேண்டும். இங்கு கம்பியின் நடுவில் முரண்கணு உருவாகும். மீற்றர் சட்டத்தை உபயோகித்துக் கம்பியின் பரிவுற்ற பகுதியின் நீளத்தை அளக்க.



உரு 4.7

உரு 4.7 இதே போன்ற நிலைமையை காட்டுகின்றது. தொங்கவிடப்பட்ட திணிவு  $M$  ஆயின் இழையின் இழுவை  $T=Mg$  (கம்பியின் உராய்வைப் புறக்கணிக்க)

கம்பியிலுண்டான நிலையான அலையின் அலை நீளம்  $\lambda_0$  ஆயின்

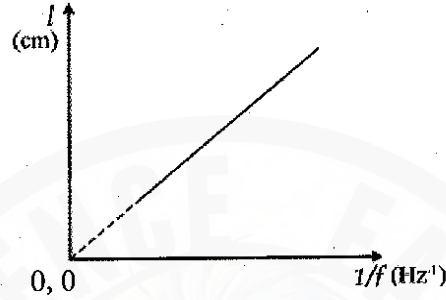
$$\frac{\lambda_0}{2} = l_0 \therefore \lambda_0 = 2l_0$$

$$f_0 = \frac{1}{2l_0} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

கம்பியின் மீடறனும் இசைக்கவையின் மீடறனும் சமனாகும். நிலையில் கம்பியானது பரிவடைந்தது. இசைக்கவையின் மீடறனைக் காணலாம்.

சுரமானியில் அதிரும் இழையின் நீளத்திற்கும் மீறனுக்கும் இடையில் உள்ள தொடர்பு

ஆய்வுகூடத்தில் இதற்காகத் தெரிந்த அதிர்வெண்ணைக் கொண்ட இசைக்கவர் தொகுதியைப் பாவிக்க முடியும். இழையிலுள்ள இழுவையை மாறிலியாகக் கொண்டு, இசைக்கவரானது அதி உயர் அதிர்வெண்ணைக் கொண்ட இசைக்கவையை (512 Hz) அதிர்ச்செய்து சுரமானிப் பெட்டியில் வைக்குக. இதன் பின் கத்தி முனையை இழையின் மிகக்குறுகிய தூரத்தின் தானத்திலிருந்து அசைப்பதன்மூலம் அடிப்படை அதிர்வைக் காணுக. அதன்பின் இழையின் அதிரும் நீளத்தைக் கத்தி முனையை அசைப்பதன் மூலம் இழையின் மிகக்குறுகிய நீள தானத்திலிருந்து அதிகரிக்கச்செய்க. எனவே இதன்மூலம் அடிப்படை பரிவுநிலை ( $l_0$ ) பெறப்படும் (கடதாசி ஏறியைப் பயன்படுத்தி பரிவுநிலையைப் பெறுக).



உரு 4.8

பின் இழையின் இழுவை T யை மாறிலியாக பேணி, இசைக்கவையின் மீறனை ஏறுவரிசையில் அதிகரிப்பதன்மூலம் அம்மீறன்களுக்குப் ( $f$ ) பொருந்தக்கூடிய பரிவு நீளங்களைக் ( $l$ ) கணிக்குக.  $l$  எதிர்  $1/f$  வரைபினை வரைக.

இதன்பின் உற்பத்தியூடு செல்லும் நேர்கோட்டு வரைபினை நீங்கள் பெறுவீர்கள். எனவே T மாறிலியாக உள்ளபோது, பரிவு நீளம் ( $l$ ) ஆனது  $f$  இற்கு நேர்மாறு விகித சமன்.

**ஊடகம் ஒன்றில் நெட்டாங்கு அலையின் வேகம்**

அலையொன்று இழை ஒன்றினூடு கடத்தப்படும் பொழுது கணப்பொழுது ஏற்பட்ட உருமாற்றம் இழையின் இழுவைகாரணமாகச் சாதாரண நிலைக்குத் திரும்பும். ஆனால் இவ்வகையான இழுவையானது எந்த ஊடகத்திலும் இருக்கும். எனவே அலை ஒன்று ஊடகம் ஒன்றில் பயணிக்கும்போது ஊடகமானது சாதாரண நிலைக்குத் திரும்புவதற்குக் காரணமாயிருப்பது அவ்வூடகத்தின் மீளியல் இயல்பாகும்.

எந்த ஊடகத்திலும் நெட்டாங்கு அலைகளின் வேகம்  $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$  இனால் தரப்படும்.

இங்கு  $E$  என்பது ஊடகத்தின் மீளியல் மட்டு அதன் அடர்த்தி.  $\rho$  திண்ம ஊடகம் ஒன்றின் மீளியல் மட்டு யங்கின் மட்டு ஆகும். திரவ ஊடகத்திற்குச் சம்பந்தப்பட்ட மட்டுப் பணைப்பு மட்டு எனப்படும்.

$E$  ஆனது யங்கின் மட்டாகவும்  $\rho$  என்பது திண்ம ஊடகத்தின் அடர்த்தியுமாயின் ஊடகத்தினூடான நெட்டாங்கு அலைகளின் வேகம்

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \text{ இனால் தரப்படும்.}$$

திண்ம ஊடகத்தினூடு ஒலியின் செலுத்துகை நெட்டாங்கு அலைகளாக இருப்பதால் மேலுள்ள சமன்பாடு திண்ம ஊடகத்தினூடு ஒலியின் வேகத்திற்குச் சரியானதாகும்.

உ + ம் = செய்யப்பட்ட இரும்பின் ( Wrought iron ) யங்கின் மட்டு  $197 \times 10^9 \text{ N m}^{-2}$  அடர்த்தி  $7850 \text{ kg m}^{-3}$  எனவே இரும்பினூடாக ஒலியின் வேகம்

$$v = \sqrt{\frac{197 \times 10^9}{7850}} = 5009.5 \text{ m s}^{-1}$$

இப்பெறுமானம் செயல்முறையில் இரும்பினூடு ஒலியின் வேகத்திற்குப் பெறப்பட்ட பெறுமானம்  $5000 \text{ m s}^{-1}$  உடன் உடன்படுகிறது.

திரவங்களினூடாக நெட்டாங்கு அலைகளின் வேகத்தை மேலுள்ள தொடர்பை உபயோகித்துக் காணலாம்.

உ + ம் - நீரின் பணைப்புமட்டு  $2.05 \times 10^9 \text{ N m}^{-2}$

அடர்த்தி  $995.5 \text{ kg m}^{-3}$   $27^\circ \text{C}$ .

$$\therefore v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} = \sqrt{\frac{2.05 \times 10^9}{995.5}} = 1433.2 \text{ m s}^{-1}$$

$27^\circ \text{C}$  யில் பரிசோதனை வாயிலாக நீரினூடு ஒலியின் வேகத்தின் பெறுமானம்  $1498 \text{ m s}^{-1}$

**நடுக்க அலைகள் (seismic waves)**

புவியினுள்ளே ஏற்படும் கடுமையாக (தீவிரமான) அதிர்வுகள் அல்லது வெடிப்புகள் காரணமாக நடுக்க அலைகள் உருவாகின்றன. அனேகமான சந்தர்ப்பங்களில் நிலநடுக்கங்கள் காரணமாகவே இந்த அதிர்வுகள் ஏற்படுகின்றன. எங்களுக்குச் சிறிலங்காவில் பெரிய நில நடுக்கத்தின் அனுபவம் இல்லாத போதிலும் புவியின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் ஏற்பட்ட நிலநடுக்கம் காரணமாக ஏற்பட்ட மிகப்பெரிய சேதம் பற்றியும், உயிரிழப்புகள் பற்றியும் நாங்கள் கேள்விப்பட்டிருக்கிறோம்.

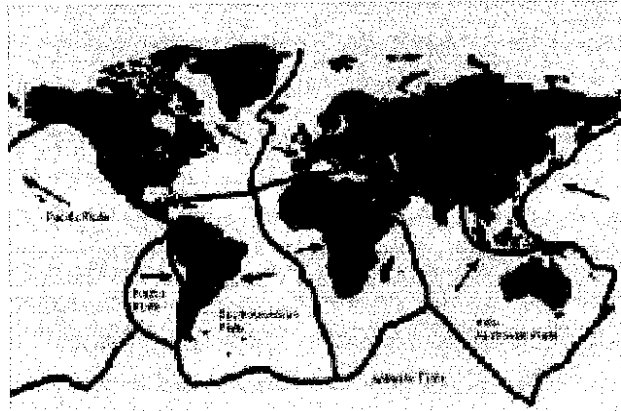
ஒவ்வொரு வருடமும் பெரும் எண்ணிக்கையான நிலநடுக்கங்கள் புவியில் நிகழ்கின்றன. இதன் தீவிரம் ஒன்றிலிருந்து மற்றது வேறுபடுவதால் அதனால் ஏற்படும் அழிவுகளும் ஒன்றிலிருந்து மற்றையது வேறுபடும். மிகவும் பாரிய நிலநடுக்கம் (9.5 ரிச்சர் அளவு) சிலியில் 1960ம் ஆண்டு மார்ச் 22ம் திகதி நடந்ததாகப் பதிவிலுள்ளது. இதன் போது ஏற்பட்ட உயிரிழப்புகளின் எண்ணிக்கை 4000 ~ 5000 வரையாகும். வரலாற்றுப் பதிவின்படி சீனாவில் 1956ம் ஆண்டு தை மாதம் 23ம் திகதி நிகழ்ந்த நிலநடுக்கத்தின் தீவிரம், சிலியில் நடந்ததிலும் குறைவாக இருந்தாலும் ஏற்பட்ட உயிரிழப்பு 830000 ஆகும். நாங்கள் நேரடியாக நிலநடுக்கத்தை எதிர்கொள்ளாத போதும் 2004ம் ஆண்டு மார்ச்சு மாதம் 26ம் திகதி இந்தியப் பெரும் கடலில் ஏற்பட்ட சனாமியால் மிகப் பெரிய நாசம் (தேசம்) ஏற்பட்ட அதே வேளையில் ஏறத்தாள 50000 பேர்வரை உயிரிழப்பும் சிறிலங்காவில் ஏற்பட்டது.

சிறிலங்காவின் அருகில் இருக்கும் இந்திய பெருங்கடலில் எக்கணத்திலும் நிலநடுக்கம் ஒன்றும் நிலநடுக்கத்தைத் தொடர்ந்து சனாமியும் நடைபெறக் கூடிய போக்கு இருப்பதால், இந்த நிலைமையைப்பற்றிய விழிப்புணர்வு சிறிலங்காவில் கட்டாயம் இருத்தல் வேண்டும்.

வானிலை, கடுங்காற்றுப் (புயல்) போன்றவற்றை எதிர்வு கூறக்கூடியதாயிருந்தாலும் நிலநடுக்கம் பற்றி எதிர்வு கூறல் சம்பந்தமான தொழில் நுட்பம் இங்கில்லை. நிலநடுக்கத்தின் போது உருவாகும் நடுக்க அலைகளே எல்லாவிதச் சேதங்களுக்கும் காரணமாகும்.

நிலநடுக்கம் நடைபெறுவதற்கு இரண்டு பிரதான காரணங்கள் பொறுப்பாயுள்ளன. கண்டத்தகடு ஏற்படும் இடைத்தாக்கமே நிலநடுக்கத்திற்குரிய முக்கிய காரணமாகும். எரிமலை வெடிப்புக் காரணமான அதிர்வுகளே இரண்டாவது காரணமாகும். ஆனால் எரிமலை வெடிப்புக்காரணமான நிலநடுக்கமானது, கண்டத்தகடுகளுக்கிடையிலேற்படும். இடைத்தாக்கத்திலும் சிறிதாகும். மேலதிகமாகப் புவியின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் ஏற்படும். அணுகுண்டு வெடிப்பினாலும் நடுக்க அலைகள் வெளிவருகின்றன. இவ்வெடிப்புகள் சிறிய புவிநடுக்கங்களையே ஏற்படுத்துகின்றன என இனங் காணப்பட்டது. உதாரணமாக 1371ம் ஆண்டு கார்த்திகை மாதம் 6ம் திகதி அமெரிக்காவினால் சோதிக்கப்பட்ட TNT 6HL வலு அணு குண்டாகும். இவ்வெடிப்பானது ரிச்சர் அளவுத்திட்டத்தில் 6.9 நிலநடுக்கத்தை ஏற்படுத்தியது.

புவியின் மேற்பரப்பிலுள்ள கண்டத்தகடுகள் தடிப்பாக உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. புவியின் மேலோட்டில் (Crust) இருக்கும் அடர்குழம்பில் (magma) சுயாதீனமாக மிகவும் மெதுவாக மிதக்கும். புவியின் மேற்பரப்பிலுள்ள பிரதான கண்டத்தகடுகளைக் கீழுள்ள படம் காட்டுகிறது.

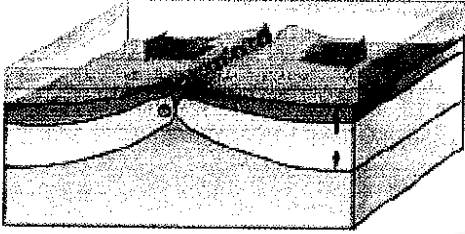


உரு 4.9

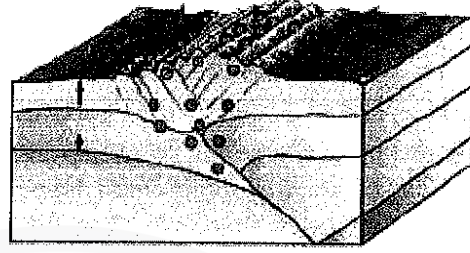


தட்டுகளுக்கிடையில் ஏற்படும் இடைத்தாக்கங்கள் காரணமாக தட்டுக்கள் மீளியல் வடிவமாற்றத்துக்கு உட்படுத்தப்படும். இவ்வுரு மாற்றமானது (வடிவழிவு) தாக்குப்பிடிக்க முடியாதளவு உயர் மட்டத்தை அடையும்போது. இந்நிலையில் புவியின் அடிப்பகுதியில் சடுதியாக (திடீரென) வெடிப்பு ஏற்படும். இவ்வெடிப்பின் போது பெரும் தொகையான சக்தி விடுவிக்கப்படும். காலப்படும் இச்சக்தியானது நீண்டகால இடைவெளியில் பெறப்பட்ட சக்தியாகும். இதன் விளைவு நிலநடுக்கமாகும்.

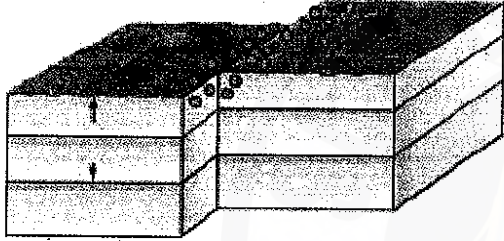
கண்டத்தகடுகளுக்கிடையில் ஏற்படும் இடைத்தாக்கங்கள் நான்கு வித்தியாசமான முறைகளில் நடைபெறும். அலை கீழே காட்டப்பட்டுள்ளன.



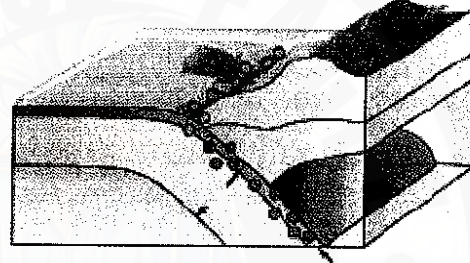
உரு 4.10 (a)



உரு 4.10 (b)



உரு 4.10 (c)



உரு 4.10 (d)

உரு 4.10 (a) : ஆனது கண்டத்தகடுகளுக்கிடையிலுள்ள கிடையான பெயர்ச்சியைக் காட்டுகிறது. இங்கு புவி மேற்பரப்பானது கிடையான உருச்சிதைவடைய அதன் விளைவாகச் சடுதியாகப் பெரும் தொகையான சக்தி வெளிப்பட தட்டுகளுக்கிடையில் ஒரு நகர்வை (அசைவை, இயக்கத்தை) ஏற்படுத்தும்.

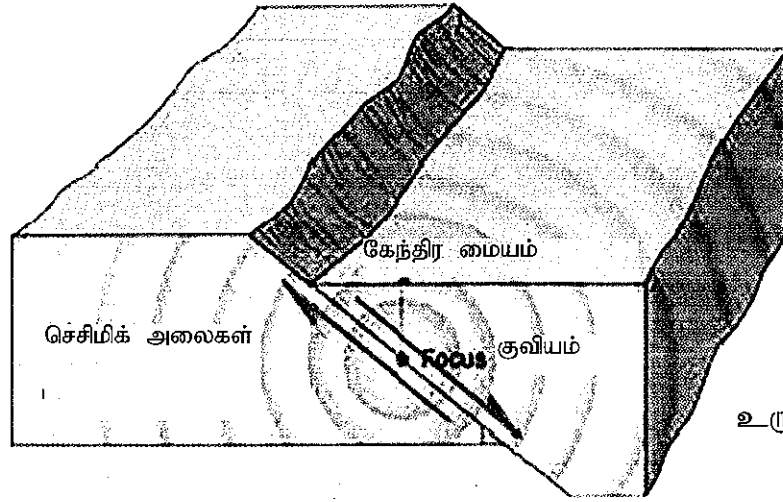
உரு 4.10 (b) : ஆனது கண்டத்தகடுகள் ஒன்றை நோக்கி ஒன்று அணுகுவதையும் அதன் விளைவாக அவற்றின் ஓரங்கள் ஒன்றின் மீது ஒன்று வழக்க அதன் மூலம் நில நடுக்கம் ஏற்படும்.

உரு 4.10 (c) : ஆனது கண்டத்தகடுகள் ஒன்றிலிருந்து மற்றது விலகி இயங்கும் போது நிலநடுக்கம் எவ்வாறு உருவாகின்றது என்பதைக் காட்டுகிறது.

உரு 4.10 (d) : ஆனது கண்டத்தகடு ஒன்று திடீரென நிலைக்குத்தாக இடம்பெயர்வதைக் காட்டுகிறது இவ்வாறான நில நடுக்கம் கடலில் ஏற்பட்டால், நிலநடுக்கத்திற்கு மேலதிகமாகச் சுனாமி ஏற்பட்டு மிகப்பெரிய அழிவை ஏற்படுத்தும்.

வடிவழிக்கும் (உருச்சிதைவு) விசைகளை விடுவித்துப் புவிநடுக்கம் ஏற்படும் போது புவியில் வெடிப்பு நடைபெறும் அமைவு, “அதிர்ச்சி மையம்” (Hypocentre) அல்லது குவியம் எனப்படும். இது புவிமேற்பரப்பிலிருந்து பல கிலோமீற்றர் ஆழத்தில் அமைந்திருக்கலாம். அதிர்ச்சி மையத்திற்கு நிலைக்குத்தாக நேர்மேலே புவிமேற்பரப்பிலுள்ள புள்ளி “மேன்மையம்” (epicentre) எனப்படும். ஹப்போமையத்தின் ஆழம் குறைய நிலநடுக்கத்தின் தீவிரம் அதிகரிக்கும்.





உரு 4.11

நிலநடுக்கத்திலான சேதம் நடுக்க அலைகளை வெளித்தள்ளுகை மூலம் பரவச்செய்கின்றது. நிலநடுக்கத்தின் போது உருவாகும் நடுக்க அலைகளை இரண்டு வகை உபபிரிவாகப் பிரிக்கலாம். அலை உடலலைகள், மேற்பரப்பலைகள் எனப்படும்.

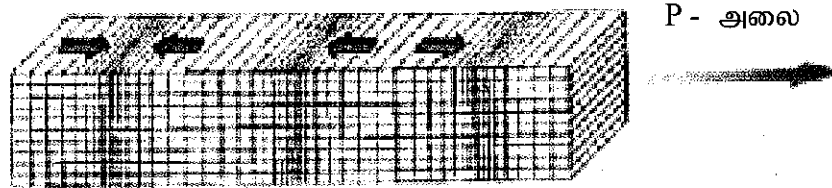
### உடலலைகள் (Body waves)

மேற்பரப்பலைகளிலும் பார்க்க உடலக அலைகள் உயர்கதியையுடையன. எனவே நிலநடுக்கத்தை அளக்கும் சாதனம் முதலில் உடலக அலைகளை உணரும். அத்துடன் மேற்பரப்பலை களிலும் பார்க்க உடலக அலைகள் உயர் மீட்டிரனையுடையன. உடலக அலைகளின் செலுத்துகைக்கு ஏற்ப அதை மேல் இருவகை உப பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம்.

### P (முதன்மை) அலைகள்

உடலக அலைகளுள் முதலில் நடுக்க நிலையத்தை அடையும் அலையானது P- அலைகளாகும். எனவேதான் இவை முதன்மை அலைகள் எனவும் கூறப்படும். இவ்வகைகள் அலைகள் எனவும் கூறப்படும் இவ்வலைகள் ஒலி அலைகளைப் போல் நீள் பக்கமாக (நெட்டாங்காக) செலுத்தப்படும். எனவே P- அலை திண்மம், திரவம், வாயு ஆகிய மூன்று ஊடகங்களினூடும் பயணம் செய்யும். இவ்வூடகங்களினூடே P- அலைகளின் வேகங்கள். இவ்வூடகங்களினூடே ஒலியின் வேகத்திற்குச் சமமாகும். அதன்படி திண்ம ஊடகத்தினூடாக (கற்பாறைகள்) P- அலைகளின் வேகம்  $5000\text{ms}^{-1}$ , திரவங்களினூடே (நீர்),  $1500\text{ms}^{-1}$  அத்துடன் வளியினூடே ஏறத்தாள  $330\text{ms}^{-1}$  ஆகும். இவ்வலைகளின் செலுத்துகையின் போது ஊடகத்தின் துணிக்கைகளின் அசைவை உரு 4.12 இல் காட்டுகிறது. நில நடுக்கத்தின் போது உருவாகும் P- அலைகளை, யானைகள், நாய்கள் போன்ற விலங்குகளினால் கேட்க முடியும். ஆனால் மனிதரால் உணர முடியும்.

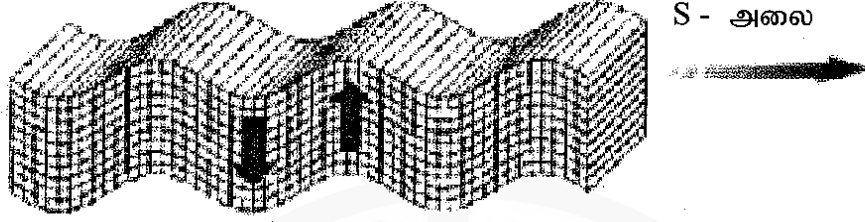
➔ துணிக்கை இயக்கம்



உரு: 4.12

## S - அலைகள் (துணை அலைகள்)

நிலநடுக்கத்தின் போது நடுக்க நிலையத்தை இரண்டாவதாக அமையும் அலைகள் S - அலைகளாகும். எனவே இவை துணை அலைகள் என அறியப்படும். இவ்வலைகளின் வேகம், P - அலைகளின் வேகத்தின் 60% ஆகும் இவ்வலைக்கும், P - அலைக்குமுள்ள பிரதான வித்தியாசமானது, S - அலைகள் குறுக்கலைகளாக இருப்பதாகும். இவ்வலைகள் கிடைத்தளத்திலும், நிலைக்குத்துத் தளத்திலும் அதிரும்.



உரு 4.13 அலைகளின் செலுத்துகை

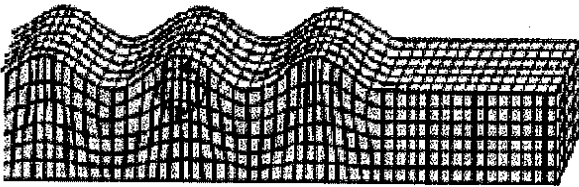
இவ்வலைகள், குறுக்கலைகளாதலினால் அலை திண்ம (பாறை) ஊடகத்தினூடு மாத்திரம் பயணம் செய்யும், அலைகளின் செலுத்துகையின் திசை சார்பாக அதிர்வுகள் பக்கப்பாட்டிலும் இதுபோன்று கீழுமாகவுமிருக்கும். அலையின் செலுத்துகையின் போது துணிக்கைகளது அசைவை உரு 4.13 காட்டுகிறது.

## மேற்பரப்பு அலைகள் (Surface waves)

மேற்பரப்பு அலைகள், நடுக்க அலைகளின் இரண்டாம் வகையாகும். உடலக அலைகளின் மீறலிலும் குறைவானது. ஒப்பீட்டளவில் இவற்றின் வேகமும் குறைவானாலும் S - அலைகளின் வேகத்தின் 90% ஆகும். நில நடுக்கத்தின் போது ஏற்படும் சேதத்தில் முக்கிய பங்கு வகிப்பது மேற்பரப்பு அலைகளாகும். மேற்பரப்பலைகளை இரண்டு பிரதான உப வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

## ரேலி அலைகள் (Rayleigh waves)

ரேலி அலைகள்



உரு 4.14 அலைகளின் செலுத்துகை

கணித அடிப்படையில் ரேலி அலைகள் பற்றிய விளக்கமானது லார்ட் ரேலி (Lord Rayleigh) என்பவரால் 1885ம் ஆண்டு முதலில் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது அவரை கௌரவிக்கும் முகமாக அவரது பெயர் இவ்வலைக்கு இடப்பட்டது. நீள் பக்கத்தினதும் குறுக்கினதும் கலவையின் அதிர்வுக்குட்படும். ஊடகத்தில் உள்ள துணிக்கைகள் அலையின் செலுத்துகைக்கு வழி காட்டுகின்றன. புவி மேற்பரப்பில்  $50 \sim 300 \text{ms}^{-1}$  கதியுடன் பயணிக்கும். புவியின் உள்ளே உள்ள அதிர்வுப் புள்ளியாகிய ஹப்போமையத்தில் P - அலைகளுக்கும், S - அலைகளுக்கும் இடைத் தாக்கம் காரணமாக இவ்வலை உருவாகின்றது. இதுவே புவியினுள் உள்ள அதிரும் புள்ளியாகும்.

### லவ் அலைகள் (love waves)

இவ்வலைகள் குறுக்கலைகளின் வகையாகும். அவற்றின் அதிர்வு கிடைத்தளத்தில்மேலே இருக்கும். இவ்வலைபற்றிய கணித அடிப்படையில் விளக்கமானது A. E. லவ் என்பவரால் 1911ம் ஆண்டு கொண்டுப்பட்டது. இவ் விஞ்ஞானியைக் கௌரவிக்கும் விதமாக அவரின்பின் அலைக்கு அவரின் பெயரிடப்பட்டது. நேலி அலைகளின் வேகத்திலும் பார்க்க வல் அலைகளின் வேகம் சிறிது பெரியது. அலை நகரும் போது ஊடகத்திலுள்ள துணிக்கைகளின் அதிர்வை படம் காட்டுகிறது.

### ரிச்சர் அளவுத்திட்டம்

நிலநடுக்கத்தின் போது மிகப் பெரியளவு சக்தியானது, பெரியவீச்சு ஒன்றினூடு பரவுவதால் அதன் செறிவை ஏகபரிமாண அளவுத்திட்டத்தின் மூலம் அளவிடுவது கடினம். நில நடுக்கத்தின் போது உருவாகும் அலைகளின் வீச்சத்தைக் கொண்டு அதிர்வின் சக்தி அளக்கபயன்படுகிறது. அதிர் வின் உயர் வீச்சத்தின் மடக்கைப் பெறுமானம், நிலநடுக்கத்தின் அதிர்வின் செறிவை (வலிமையை) ரிச்சர் அளவுத்திட்டத்தில் அளக்கப் பயன்படுகிறது. எனவே ரிச்சர் அளவுத்திட்டத்தின் வாசிப்பு ஒரு அலகினால் அதிகரித்தால் நில நடுக்கத்தின் செறிவு 10 மடங்கு செறிவுடையது (வலிமையுடையது) என்பதைக் காட்டுகிறது. உதாரணமாகப் பதியப்பட்ட வாசிப்பு 9ஆயின் நிலநடுக்கமானது 8 என பதியப்படுவதிலும் 10 மடங்கு வலிமையானது (கடுமையானது) அத்துடன் ரிச்சர் அளவுத்திட்டத்தில் ஒரு அலகு அதிகரிப்பின் 30 மடங்கு அதிகரித்த சக்தியை வெளிவிட்டிருக்கும் என்பதைக் கருதுகிறது.

### சுனாமி (Tsunami)

நில நடுக்கம் ஒன்றின் போது கடலில் உருவாகிய மிகப்பெரிய சக்தியைக் கொண்ட தொடர் அலைகள் கரையை அண்மிக்கும் போது சுனாமியை ஏற்படுத்துகின்றது. இவ்வலைகள் சொத்துகளுக்குப் பெரும் சேதத்தையும், உயிரிழப்புகளையும் ஏற்படுத்துகின்றது. “சுனாமி” என்ற சொல்லானது “துறைமுக அலை” (Harbour wave) எனும் கருத்துடைய ஜப்பானியச் சொல்லிலிருந்து வந்ததாகும். சிலர் இத்தோற்றப்பாட்டை வற்றுப்பெருக்கு அலை (Tidal wave) எனப் பிழையாக விளங்குகின்றனர்.

ஆனால் கடலின் நீர் மேற்பரப்பில் சந்திரனாலும், சூரியனாலும் உருவாகும் ஈர்ப்புக்கவர்ச்சி விசைகள் காரணமாகவே சாதாரண அலை உருவாகின்றன. சாதாரண கடல் அலைகள் காற்றின் விளைவாக ஏற்படுவதாகும்.

சுனாமி உருவாவதற்கு

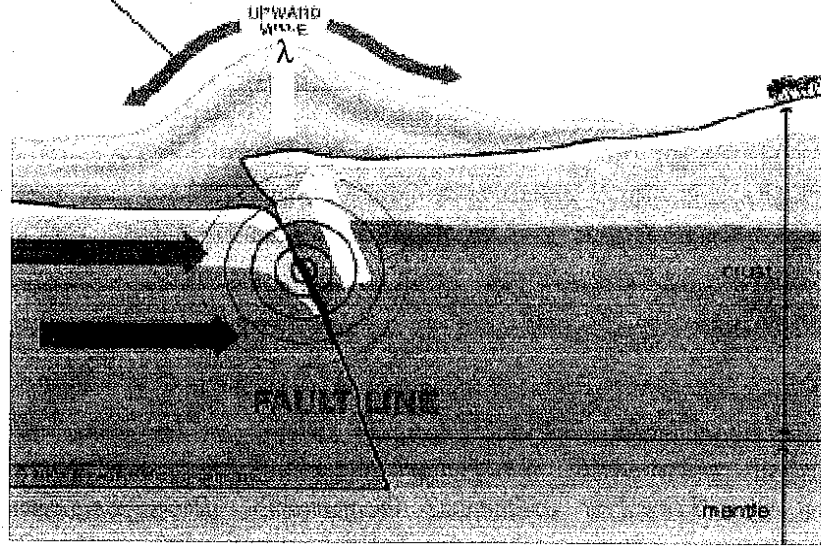
1. கடலினுள் நில நடுக்கம் ஏற்படல்.
2. கடலில் எரிமலை வெடிப்பு (சிதறல்) ஏற்படல்.
3. கடல் படுகையில் வழக்கல் (slider) ஏற்படல்.
4. அண்டவெளியிலிருந்து எரிகற்கள் நீருடன் மோதல்.

என்பன போன்ற பல காரணங்களால் அமையலாம்.

நில நடுக்கம் ஒன்று சுனாமியை ஏற்படுத்தச் சில நிபந்தனைகள் நிறைவேற்றப்படல் வேண்டும். நில நடுக்கமானது கடலினுள் ஏற்படல் வேண்டும். அத்துடன் ரிச்சர் அளவுத்திட்டத்தில் ஆகக் குறைந்த வாசிப்பு 6.75 எனப்பதியப்படல் வேண்டும்.

கண்டத்தகடுகள் மோதுவதால் நிலநடுக்கம் ஏற்படுவது பற்றி முன்னர் விபரிக்கப்பட்டது. உரு 3.4.15 இல் காட்டப்பட்டவாறு கண்டத்தகடு ஒன்றினது சடுதியான நிலைக்குத்து அசைவினால் நிலநடுக்கம் உண்டாதல், சுனாமி உருவாவதற்கு மற்றொரு நிபந்தனையாகும். இதன் காரணமாகவே கடலில் ஏற்படும் எல்லா நிலநடுக்கமும் சுனாமியை உருவாக்குவதில்லை.



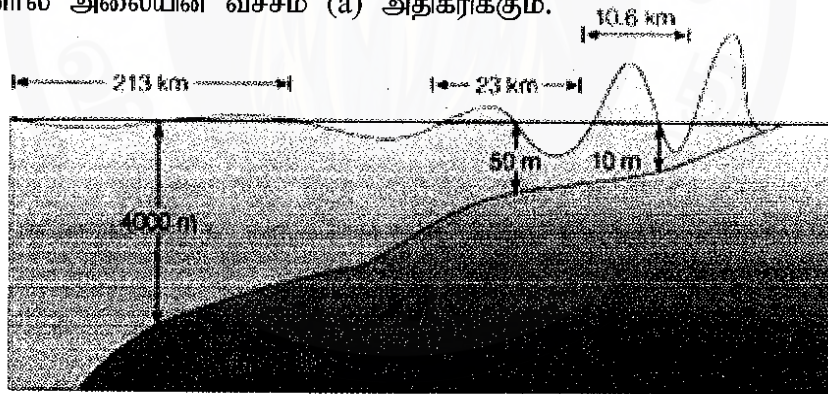


உரு 4.15

உரு 4.15 ஆனது தட்டுகள் அசையும் போது பெரிய திணிவுள்ள நீரானது, நீர் மேற்பரப்பில் உருவாவதைக் காட்டுகிறது. ஆழ்கடலில் ஏற்படும் குழப்பத்தின் வீச்சம், அனேக சந்தர்ப்பங்களில் 1 m இலும் குறைவானதாயிருக்கும். ஆழமான கடலில் ஏற்படும் இக் குழப்பமானது பரவுவதன் விளைவான குறுக்கலையின் அலை நீளம் ஏறக்குறைய 100 km வரையிருக்கும். அத்துடன் அலையின் அலைவு காலம் ஒரு மணித்தியாலம் (1hr) வரைப்பட்டதாக இருக்கும். இதன் காரணமாக ஆழ்கடலில் சுனாமி உருவாகியிருப்பதை இனங் காணாதல் மிகவும் கடினமாகும். ஆனால் சுனாமியானது தரையை அடையும் போது சில மாற்றங்களுக்குள்ளாகும்.

இம்மாற்றங்களாவன

1. கடல்கரையைச் சுனாமி அலை அடையும் போது அதன் வேகம் (v) குறைகின்றது.
2. அலையின் அலை நீளம் ( $\lambda$ ) குறைகின்றது.
3. ஆனால் அலையின் வீச்சம் (a) அதிகரிக்கும்.



உரு 4.16 ஆனது அலையானது தரையை அடையும் போது நீரின் மேற்பரப்பில் ஏற்படும் மாற்றத்தைக் காட்டுகின்றது. சுனாமி அலை தரையை அடையும்போது அலை வைத்திருக்கும் மிகப்பெரிய சக்தி காரணமாகவும், அலையின் வீச்சம் காரணமாகவும் அலையானது கரையில் பாரிய சேதத்தை ஏற்படுத்தும். அதன் காரணமாகவே சுனாமியானது பெரிய பொருட்சேதத்தையும், உயிர்ச் சேதத்தையும் ஏற்படுத்தும்.

2004ம் ஆண்டு இந்தியப் பெரும் கடலில் சுமத்திராவுக்கு அருகில் சுனாமி ஏற்பட்ட போது அலையின் வீச்சம் கரையில் சில இடங்களில் 30 m வரை எழுந்திருந்தது. இலங்கையின் மேற்கு தெற்குக் கரைகளையும் கூட இவ்வலைகள் உயர்ந்த வீச்சத்துடன் அடைந்திருந்தது. 2004 ஆம் ஆண்டு மார்கழி மாதம் 26 ஆம் திகதி ஏற்பட்டிருந்த சுனாமியானது நாட்டின் தெற்குக் கரை யோரங்களில் Kahawa இல் 10 m Koggala இல் 9 m, Nonagama இல் 8.7 m, காலியிலும் Payagala இலும் 6 அடி உயரமுடையதாகப் பதிவு செய்யப்பட்டுள்ளது. அண்மைய வரலாற்றில் மிகக்கூடிய உயிரிழப்பாகிய 230000 ஐ இது ஏற்படுத்தியுள்ளதாகப் பதிவு செய்யப்பட்டுள்ளது.

அலைகளின் இயல்பைக்கொண்டு கரையை அண்மிக்கும்போது அலையில் ஏற்படும் மாற்றங்களை (வேகம் மாறும் அலைநீளம் குறைதல் மற்றும் வீச்சம் அதிகரித்தல்) விளக்கமுடியும். சுனாமி அலையானது கடற் கரையை அண்மிக்க முன் வழமைக்கு மாறாக அப்பகுதியில் நீர்மட்டம் குறைவடைந்திருக்கும். இது உயர் இடப்பெயர்ச்சியைக் கொடுத்து இழுக்கும் போது அப் பிரதேசத்திற்கு நீர் இழக்கப்படுவதாலேயே ஏற்படுகிறது சுனாமி அலையின் அலைவு காலம் பெரிய பெறுமானத்தைக் கொண்டதால், நீர் வற்றலானது குறித்த நேரம் வரையிருக்கும் அதன்பின் உயர் இடப்பெயர்ச்சிப் பகுதி கடற்கரையை நோக்கி இயங்கி உயர் சேதத்தை ஏற்படுத்தும். சுனாமியின் சிறப்பியல்பு பற்றிய விழிப்புணர்வு கட்டாயமாக இருந்தாலேயே, அதனால்ஏற்படும் சேதத்தைக் குறைக்க அல்லது அதிலிருந்து தப்புவதற்கு இயலுமாகும்.





## வாயு ஊடாக ஒலியின் செலுத்துகை

பொறிமுறை அலைகளின் செலுத்துகைக்குச் சடத்துவ ஊடகம் ஒன்று அவசியம் என்பது உறுதிப்படுத்தப்பட்டது. ஒலியானது பொறிமுறை அலையின் ஒருவகை. இவை நெட்டாங்கு அலைகளாக ஊடு கடத்தப்படும். இதன் செலுத்துகைக்குச் சடத்துவ ஊடகம் ஒன்று அவசியமாகும்.

ஊடகம் ஒன்றினூடு செல்லும் எந்தப் பொறிமுறை அலை ஒன்றின் வேகமானது, அதன் சடத்துவ இயல்புகளிலும், மீள் தன்மை இயல்புகளிலும் தங்கியிருக்கும்.

ஊடகம் ஒன்றினூடு ஒலியின் வேகமானது பின்வரும் தொடர்பினால் தரப்படும்

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

இங்கு  $\rho$  என்பது ஊடகத்தின் அடர்த்தி.

$E$  என்பது ஊடகத்தின் மீள்தன்மை மட்டு.

வாயுவினூடாக ஒலி அலைகள் எவ்வாறு செல்கின்றது என்பதை கருதும்போது, அது நெருக்கல் ஐதாக்கலாக செல்கிறது என்பதை காட்டமுடியும் இது நெட்டாங்கலை ஆகும். நெருக்கல், ஐதாக்கல் தொடர்பாக மீள்தன்மை மட்டு பணைப்பு மட்டாகும் எப்படியிருந்த போதிலும் வாயுவானது இரண்டு பணைப்பு மட்டை கொண்டிருக்கும்.

சமவெப்ப நிபந்தனைகளில் அழுக்கமும், கனவளவும் படிப்படியாக மாற்றம் அடையுமாயின்

$$E = p \text{ ஆகும். இங்கு } p \text{ அழுக்கம்.}$$

மற்றையது சேறலிலா நிபந்தனைகளில் அழுக்கமும், கனவளவும் விரைவாக மாற்றம் அடையுமாயின்

$$E = \gamma p \quad \left( \gamma = \frac{c_p}{c_v} \right) \text{ இங்கு } \gamma \text{ என்பது பிரதானதன்வெப்பக் கொள்ளளவுகளின் விகிதம், } P \text{ என்பது அழுக்கமாகும்.}$$

வளியினூடு ஒலியின் வேகத்தைத் தீர்மானிப்பதில் முக்கிய பங்காற்றிய சேர். ஐசாக் நியூட்டன்  $E = p$  (வாயுவின் அழுக்கம்) என மேலுள்ள சமன்பாட்டில் உபயோகித்தார். ஆனால் ஒலியின் வேகத்திற்கு மேற் கணிக்கப்பட்ட பெறுமானம், பரிசோதனை மூலம் பெறப்பட்ட பெறுமானத்திலிருந்து ( $330 \text{ m s}^{-1}$ ) குறிப்பிட்டளவு விலகியிருந்தது. இப்பிரச்சனையானது கிட்டத்தட்ட 100 வருடங்களாகத் தீர்மானிக்கப்படாமலிருந்தது. இலப்பிளாசு (Laplace) என்ற விஞ்ஞானி நிகழும் மாற்றம் சேறலிலா (adiabatic) மாற்றம் எனக்காட்டி  $E = \gamma p$  என்ற தொடர்பை உபயோகித்தார். இத்தொடர்பை உபயோகித்து ஒலியின் வேகத்திற்குப் பெறப்பட்ட பெறுமானம் பரிசோதனை மூலம் பெறப்பட்ட பெறுமானத்துடன் நன்கு ஒத்திருந்தது.

ஆகவே வாயுக்களினூடு ஒலியின் வேகத்திற்குரிய சூத்திரம்

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} \quad \text{----- (5.1)}$$

அடர்த்தி  $\rho = \frac{\text{திணிவு (m)}}{\text{கனவளவு (v)}}$

$$v = \sqrt{\frac{\gamma p}{m/V}}$$

இங்கு  $V$  - வாயுவின் கனவளவு

இங்கு  $m$  - வாயுவின் திணிவு

இங்கு  $p$  - வாயுவின் அழுக்கம்.

$$v = \sqrt{\frac{\gamma pV}{m}} \quad (5.1)$$

1 மூல் வாயுவைக் கருதினால்

$pV = RT$ , இங்கு  $m = M$  ஒரு மூல் வாயுவின் திணிவு

$$\therefore v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

இது வாயுவினூடு ஒலியின் வேகத்திற்குரிய வேறு ஒரு கோவையாகும்.

மேலுள்ள தொடர்பிலிருந்து, வாயு ஒன்றினூடு ஒலியின் வேகம்

(1) அழுக்கத்தில் தங்கியிராது.

(2) வெப்பநிலையில் தங்கியிருக்கும், வெப்பநிலை அதிகரிக்க வேகம் அதிகரிக்கும்.

சமன்பாடு (5.3) இருந்து

$$v = k\sqrt{T} \quad \text{இங்கு } k = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

$T_1, T_2$  என்ற வெப்பநிலைகளில்  $V_1, V_2$  என்பன வேகங்களாயின்

$$v_1 = k\sqrt{T_1}$$

$$v_2 = k\sqrt{T_2}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணம்

256Hz மீற்றனைக் கொண்ட இசைக்கவர் ஒன்று 136 m அலைநீளமுடைய ஒலி அலை ஒன்றை 30 °C யில் காலுகின்றது. 30 °Cயில் வளியில் ஒலியின் வேகத்தைக் காண்க. அதிலிருந்து நி. வெ. அ இல் ஒலியின் வேகத்தைக் காண்க. நி. வெ. அ இல் வளியின் அடர்த்தி 1.293kg m<sup>-3</sup> நியம அழுக்கம் 10<sup>5</sup> Nm<sup>-2</sup>. வளியின் பிரதான தன் வெப்பக் கொள்ளளவுகளின் விகிதத்தைக் காண்க.

$$(i) V_{30} = f\lambda_{30} = 256 \times 1.36 = 348 \text{ms}^{-1}$$

$$\frac{v_0}{v_{30}} = \sqrt{\frac{T_0}{T_{30}}} = \sqrt{\frac{273}{303}}$$

$$\therefore v_0 = v_{30} \sqrt{\frac{273}{303}} = 348 \times 0.949 = 330 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$$

$$\therefore 330 = \sqrt{\frac{\gamma \times 10^5}{1.293}}$$

$$\gamma = \frac{330^2 \times 1.293}{10^5} = 1.40$$

## வளிநிரல்களின் அதிர்வு

## மூடிய பரிவுக் குழாய்

ஒருமுனை மூடிய வளிநிரலைக் கொண்ட குழாய் ஒன்றின் திறந்த முனையினருகில் ஒலி முதல் ஒன்றைப்பிடித்து வளிநிரலை அதிரச்செய்து நிலையான அலை ஒன்றை உருவாக்கலாம். முதலினால் காலப்படும் நீள்பக்க ஒலி அலை வளிநிரலினூடு செலுத்தப்படும் மூடிய முனையில் தெறிப்படையும். தெறிப்படாத அலை, படு அலையுடன் மேற்பொருந்துவதால் நிலையான அலை உருவாகும். இவ்வாறான நிலையான அலையின் உருவாக்கத்திற்கு குழாயின் நீளத்தைச் செப்பஞ்செய்வதன் மூலம் வளிநிரலினூடு செல்லும் ஒலி அலையின் அலைநீளத்தை பொருந்தச் செய்தல் வேண்டும். அதிரும் வளிநிரலின் மீடறன் ஒலி அலையின் (முதலின்) மீடறனுக்குச் சமமாகும், இந்நிலையில் பரிவு நிகழும். வளிநிரலின் அதிர்வுக்குக் கூடிய வெளியிருப்பதனால், அது கூடிய வீச்சத்துடன் அதிர்ந்து முதலின் மீடறனுக்குச் சமமான மீடறனையுடைய ஒலி அலையைக் கூடிய செறிவுடன் காலும்.

இத்தோற்றப்பாடு, குழாய் வடிவிலுள்ள இசைக் கருவிகளில் (Organs) பிரயோகிக்கப்படுகிறது.

மூடிய குழாய்களின் மூடிய முனையருகில் உள்ள வளி மூலக்கூறுகள் அலையின் திசையில் அதிர்வதற்கு வெளியில்லாததால் அதிரும் குழாயின் மூடிய முனையில் நிலையான அலையானது கணுவை உருவாக்கும். ஆனாலும் திறந்த முனையருகில் கூடிய வெளியிருப்பதனால் இங்கு முரண்கணு ஒன்று உருவாகும். இம்முரண்கணு திறந்த முனைக்கு சற்றுமேலே வெளியே தள்ளப்படும்.

மூடிய முனையையுடைய குழாய் ஒன்றில் உருவாகும் எளிய நிலையான பரிவு அலை “அடிப்படை” அல்லது முதலாம் அனுசுரம் எனப்படும். குழாயின் நீளத்தை மாறாது வைத்து முதலின் மீடறனை படிப்படியாக அதிகரிப்பதன் மூலம் மேலதிக அதிர்வு வகைகளைப் பெறலாம்.

கீழுள்ள இவ்வாறான அதிர்வு வகைகளில் வாயு மூலக்கூறுகளின் அதிர்வுகள் முன்னோக்கி அல்லது பின்னோக்கி அலையின் திசைக்குச் சமாதரமான திசையிலிருக்கும். இவ்வதிர்வுகள் பொதுவாக  $y$  அச்சின் திசையில் குறிக்கப்படும். குழாயின் திறந்த முனையில் முரண்கணுவின் சிறிய இடப்பெயர்ச்சி, குழாயின் முனைவுத்திருத்தம் எனப்படும் ( $e$ ). இது குழாயின் நீளத்துடன் கூட்டப்படும்.

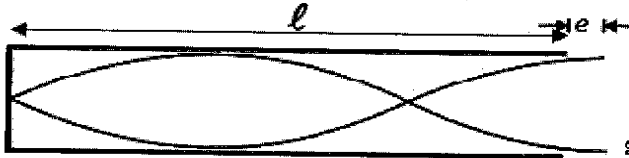
- (1) அடிப்படை / 1ம் அனுசுரம் (இசைச்சுரம்)



$$\frac{\lambda_1}{4} = l + e \Rightarrow \lambda_1 = 4(l + e)$$

உரு 5.1

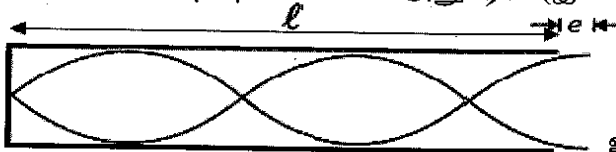
- (2) முதலாம் மேற்றொனி / 3ம் அனுசுரம் (இசைச்சுரம்)



$$\frac{3\lambda_2}{4} = l + e \Rightarrow \lambda_2 = \frac{4}{3}(l + e)$$

உரு 5.2

- (3) இரண்டாம் மேற்றொனி / 5ம் அனுசுரம் (இசைச்சுரம்)



$$\frac{5\lambda_3}{4} = l + e \Rightarrow \lambda_3 = \frac{4}{5}(l + e)$$

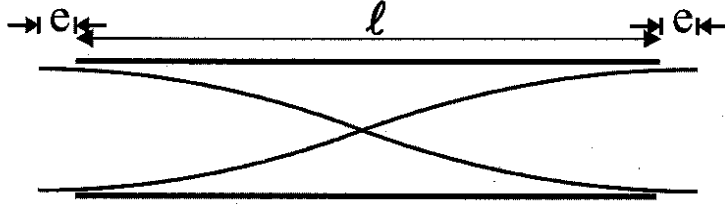
உரு 5.3

இதிலிருந்து தெளிவாக தெரிவதுயாதெனில், அடிப்படைப் பரிவுநிலை பெறப்பட்ட பின் மற்றைய பரிவுநிலைகளைப் பெறுவதற்கு ஒலிமுதலின் மீடறனை மாறாது வைத்து, குழாயின் நீளத்தை அண்ணளவாக மூன்று அல்லது ஐந்து மடங்காக அதிரித்தல் வேண்டும்.

**திறந்த பரிவுக்குழாய் (Open resonant tube)**

இரு அந்தங்களிலும் திறந்த குழாய் ஒன்றில் ஒலி அலையானது ஒரு அந்தத்திலிருந்து அனுமதிக்கப்பட்டு அது மறு அந்தத்தினை அடையும்போது அதில் ஒரு குறித்த அளவு தெறிப்படைகிறது. இதனால் இங்கும் குழாயினுடைய நீளமானது அலையின் அலைநீளத்திற்கேற்ப பொருந்தக்கூடிய வகையில் சரி செய்யப்படுமாயின், பரிவு நிலைகள் கீழ்வருமாறு பெறப்படும்.

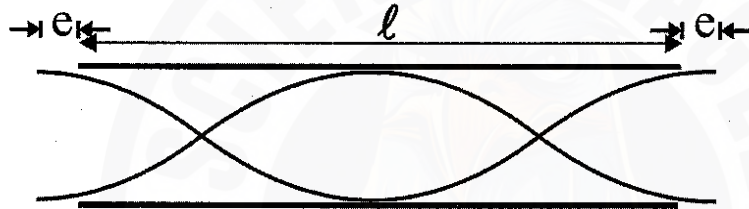
1. அடிப்படை / முதலாம் இசைச்சுரம்



$$\frac{\lambda_1}{2} = l + 2e \Rightarrow \lambda_1 = 2(l + 2e)$$

உரு 5.4

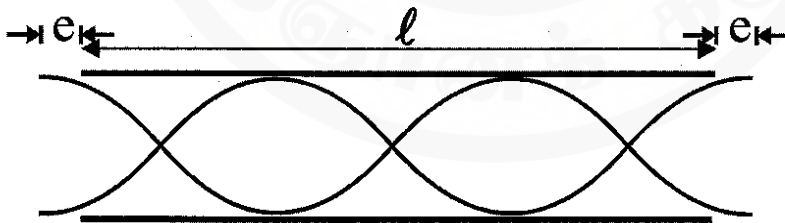
2. முதலாவது மேற்றொனி / இரண்டாவது இசைச்சுரம்



$$\lambda_2 = l + 2e$$

உரு 5.5

3. இரண்டாவது மேற்றொனி / மூன்றாவது இசைச்சுரம்



$$\frac{3\lambda_3}{2} = l + 2e \Rightarrow \lambda_3 = \frac{2}{3}(l + 2e)$$

உரு 5.6



320 Hz மீறனுக்குரிய இசைக்கலவையொன்று அதிர்ச் செய்யப்பட்டு நீளத்தை மாற்றக்கூடிய பரிவுக்குழாயொன்றின் திறந்த அந்தத்திற்கு மேலாகப் பிடிக்கப்பட்டது. வளிநிரலின் நீளம் 25.3cm ஆக இருக்கும்போது பரிவின் முதலாவது நிலை அடையப்பட்டது. 480 Hz மீறனுக்குரிய இசைக் கவை ஒன்று பயன்படத்தப்படும்போது அதே பரிவுநிலையினை அடையும்போது குழாயின் வளி நிரலின் நீளம் 16.5cm ஆகக் காணப்பட்டது.

மேற்தரப்பட்ட அவதானங்களைக் கொண்டு வளியில் ஒலியின் வேகம் மற்றும் பரிவுக்குழாய் முனைவுத் திருத்தம் என்பவற்றைக் கண்டறிக.

அடிப்படையில்

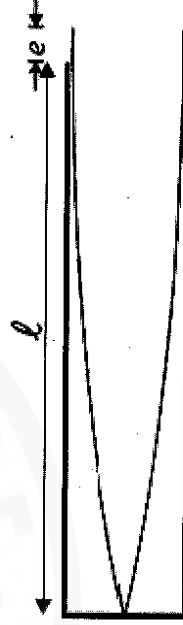
$$\frac{\lambda}{4} = l + e$$

$$\lambda = 4(l + e)$$

$$v = f\lambda \quad \text{ற்கேற்ப} \quad \lambda = \frac{v}{f}$$

$$\therefore 4(l + e) = \frac{v}{f}$$

$$l + e = \frac{v}{4f}$$



$$\text{முதலாவது இசைக்கவையிற்கு} \quad 25.3 + e = \frac{v}{4 \times 320} \quad \dots\dots\dots(1)$$

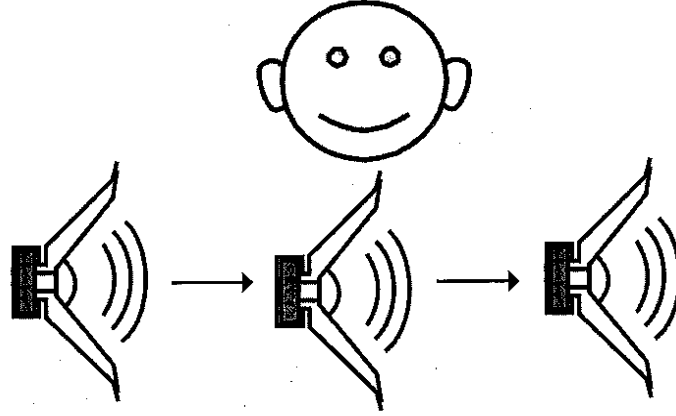
$$\text{இரண்டாவது இசைக்கவையிற்கு} \quad 16.5 + e = \frac{v}{4 \times 480} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$1 - 2 \text{ தருவது} \quad 8.8 = \frac{v}{4} \left( \frac{1}{320} - \frac{1}{480} \right)$$

$$v = 337.9 \text{ m s}^{-1}$$

சமன்பாடுகள் v யில் பிரதியிடும்போது 1 அல்லது 2 இல்  $e = 1.1 \text{ cm}$

## டொப்ளரின் விளைவு



உரு 6.1

புகையிரதப் பாதைக்கு அருகிலே நீர் நிற்கும் ஒரு சந்தர்ப்பத்தில் மாறா மீறன்  $f_0$  உடன் தனது ஒலியை எழுப்பிய வண்ணம் உம்மை நோக்கிச் சீரான வேகத்துடன் புகையிரதம் உம்மை அணுகியிருப்பின் இவ்வொலி தொடர்பான உமது அவதானிப்பு யாதாயிருக்கும்? புகையிரதம் உம்மை அணுகும்போது எழுப்பப்படும் ஒலியினது செறிவு மட்டம் (உரப்பு) ஆனது படிப்படியாக அதிகரித்து அது உம்மைக் கடக்கும் நேரம் ஓர் உயர் பெறுமானத்தை அடைந்த பின்னர் உம்மை விட்டு விலகிச் செல்லும்போது படிப்படியாகக் குறைவடைந்திருக்கும்.

புகையிரதம் உம்மை அணுகும்போது உம்மால் கேட்கப்படும் சுருதி மீறன், ஹோர்ண் ஒலியினால் காலப்படும் இயற்கை மீறன்  $f_0$  ஐ விட உயர்ந்ததாகத் தோற்றமளிக்கும் புகையிரதம் உம்மைக் கடந்து இயங்கத் தொடங்குகையில் ஒலியின் சுருதி மீறன்  $f_0$  ஐ விடக் குறைந்து தாழ் சுருதிக்கு உடனடியாக வீழ்ச்சியடையும். உம்மைக் கடந்த பின்னர் இத்தாழ் சுருதியானது மாற்றமடையாதிருக்கும்.

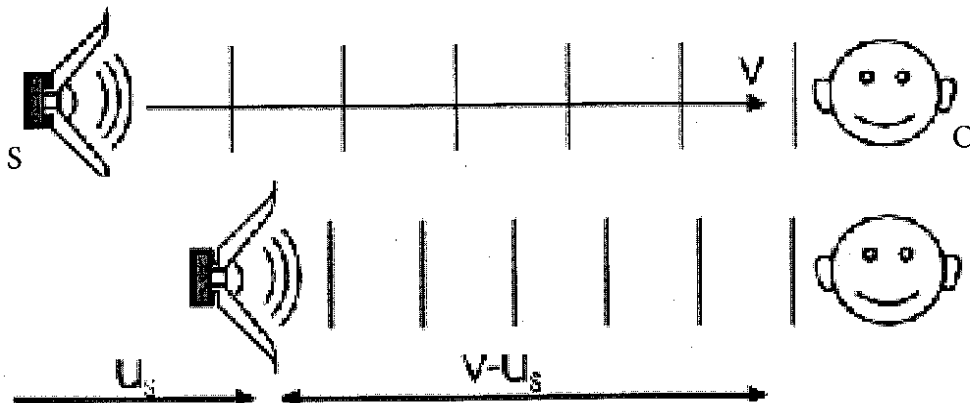
மேலே விபரிக்கப்பட்ட இரண்டாம் தோற்றப்பாடு “டொப்ளரின் விளைவு” எனப்படும். இவ் விளைவானது மேலே விபரிக்கப்பட்ட ஒரு நிலைமையில் மாத்திரம் நடைபெறுவது அல்ல. அவதானி ஒருவருக்கும் ஒலிமுதல் ஒன்றுக்கும் இடையில் சார்பு இயக்கம் இருக்கும் எந்தவகை சார்பு இயக்கத்திற்கும் நடைபெறும்.

எனவே டொப்ளரின் விளைவு என்பது அவதானி ஒருவருக்கும் ஒலியைக் காலும் முதல் ஒன்றுக்கும் இடையில் சார்பியக்கம் இருக்கும் போதும் அவதானியினால் கேட்கப்படும் மீறனில் (சுருதி) ஏற்படும் தோற்றமாற்றமாகும்.

ஆஸ்திரிய விஞ்ஞானி ஜோன் டொப்ளர் என்பவரால் 1945ம் ஆண்டு டொப்ளரின் இவ்விளைவு வெளிப்படுத்தப்பட்டது.

டொப்ளரின் விளைவு நடைபெறும் பிரதான சந்தர்ப்பங்கள்

### 1. அவதானியை நோக்கி ஒலிமுதல் இயங்கல்



உரு 6.2

ஒய்விலிருக்கும் அவதானி O வை நோக்கி மீறன்  $f_0$  ஐக் கொண்ட ஒலிமுதல் S ஆனது இயங்குகின்றதெனின், வளியில் ஒலியின் வேகம்  $v$  எனில்,

$$\text{அவதானி O ஐ அடையும் ஒலியின் அலைநீளம் } \lambda_0 = \frac{v}{f_0}$$

ஒலிமுதல்  $u_s$  என்ற வேகத்துடன் அவதானியை நோக்கி இயங்குவதாகக் கருதுக.

ஆகவே  $v - u_s$  இடைத்தூரத்தில்  $f_0$  அலைகள் அடக்கப்படும்.

ஆகவே புதிய அலைநீளம்

$$\lambda = \frac{v - u_s}{f_0}$$

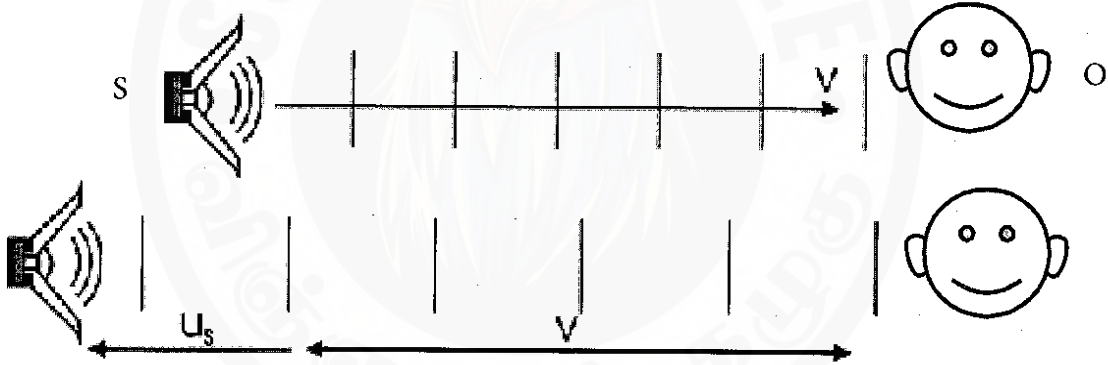
இது அவதானியினால் கேட்கப்படும் ஒலியின் மீறனில் மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும். தேற்ற மீறன்

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{v - u_s / f_0}$$

$$\therefore f = \left( \frac{v}{v - u_s} \right) f_0$$

ஆகவே அவதானியினால் கேட்கப்பட்ட தோற்றமீறன், ஒலிமுதலினால் காலப்பட்ட இயற்கைமீறனிலும் பெரியது.

## 2. ஒலிமுதல் அவதானியிலிருந்து விலகியியங்கும்போது



உரு 6.3

ஒலிமுதலானது அவதானியிலிருந்து விலகி  $u_s$  என்ற வேகத்துடன் இயங்குவதாகக் கருதுக. ஆகவே  $v + u_s$  என்ற இடைத்தூரத்தில்  $f_0$  அலைகள் அடக்கப்படும்.

இது அவதானியினால் கேட்கப்படும் ஒலியின் அலைநீளத்தில் மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும்.

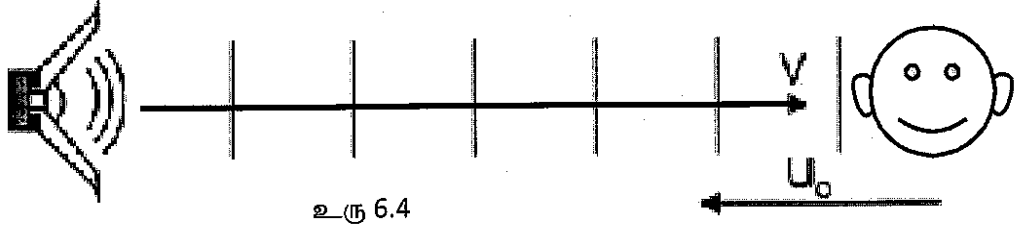
$$\text{தோற்ற அலை நீளம் } \lambda = \frac{v + u_s}{f_0}$$

இது அவதானியினால் கேட்கப்படும் அதிர்வெண்ணில் மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும்

$$\text{தோற்ற மீறன் } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{v + u_s / f_0} = \left( \frac{v}{v + u_s} \right) f_0$$

இச்சந்தர்பத்தில் அவதானியினால் கேட்கப்படும் தோற்றமீறன், ஒலிமுதலின் இயற்கை மீறனிலும் சிறியது.

## 3. நிலையான ஒலிமுதலை நோக்கி அவதானி இயங்கும் போது



நிலையான ஒலிமுதல்  $f_0$  மீற்றனைக் கொண்ட ஒலியைக் காலுவதாகக் கருதுக.

அவதானி  $u_0$  என்ற வேகத்துடன் ஒலிமுதலை அணுகுகின்றது.

ஒலிமுதல் ஓய்விலிருப்பதால் அதனால் காலப்படும் அலை நீளம் மாற்றமடையாது

$$\lambda = \frac{v}{f_0}$$

ஆனால் அவதானி ஒலிமுதலை நோக்கி  $u_0$  உடன் இயங்குவதால், அவதானி சார்பாக ஒலியின் வேகம்  $v + u_0$  ஆகமாற்றமடையும்.

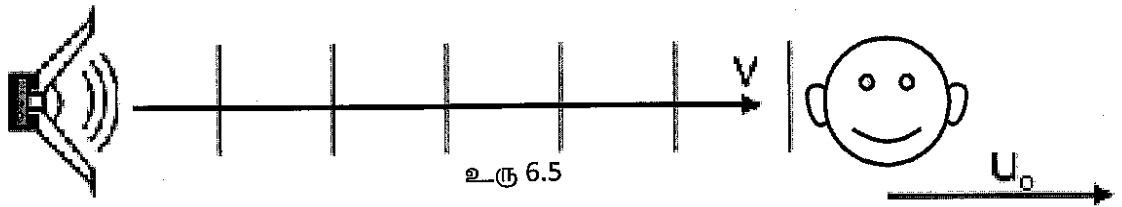
இதனால் அவதானியை அடையும் ஒலிமுதலின் மீற்றனில் மாற்றம் ஏற்படும்.

$$\therefore \text{தோற்ற மீற்றன்} \quad f = \frac{v + u_0}{\lambda} = \frac{v + u_0}{v/f_0}$$

$$\therefore f = \left( \frac{v + u_0}{v} \right) f_0$$

ஆகவே அவதானியினால் கேட்கப்படும் தோற்ற மீற்றன் இயற்கை மீற்றனிலும் பெரிது.

## 4. அவதானி, நிலையான ஒலிமுதலிலிருந்து விலகி இயங்கும் போது



அவதானி, ஒலிமுதலிலிருந்து  $u_0$  வேகத்துடன் விலகி இயங்குவதாகக் கருதுக. ஒலிமுதலானது  $v$  என்ற வேகத்துடனும்  $f_0$  என்ற மீற்றனுடனும் ஒலி அலைகளைக் காலுவதாகக் கருதுக.

ஆதலால் அவதானி சார்பாக ஒலியின் வேகம்  $(v - u_0)$

இது அவதானியினால் கேட்கப்படும் ஒலியின் வேகத்தில் மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும்.



$$\text{தோற்ற மீறன் } f = \frac{v-u_0}{\lambda} = \frac{v-u_0}{v/f_0}$$

$$\therefore f = \left( \frac{v-u_0}{v} \right) f_0$$

இச்சந்தர்ப்பத்தில் அவதானியினால் கேட்கப்படும் தோற்றமீறன், முதலின் இயற்கை மீறனிலும் சிறியது.

5. அவதானியும், ஒலிமுதலும் ஒன்றுசார்பாக மற்றது இயங்கும் போது.

இங்கு ஒலிமுதல் இயங்குவதால் அலைநீளம் மாற்றமடையும்.

அவதானி இயங்குவதால் வேகம் மாற்றமடையும்.

அவதானி இயங்குவதால் அவதானி சார்பாக ஒலியின் வேகத்தில் மாற்றம் ஏற்படும்.

தோற்ற அலை நீளம்  $\lambda'$  ஆகவும்

அவதானி சார்பாக ஒலியின் வேகம்  $v'$  ஆகவும் இருப்பின்

$$\lambda' = \frac{v \pm u_0}{f_0} \text{ என்பதுடன் } v' = v \pm u_0$$

$\therefore$  அவதானியினால் கேட்கப்படும் தோற்ற மீறன்

$$f = \frac{v'}{\lambda'} = \left( \frac{v \pm u_s}{v \pm u_0} \right) f_0$$

இங்கு  $f_0$  என்பது முதலில் இயற்கை மீறன்.

### ஒளியில் டொப்ளரின் விளைவு

ஒலியைப்போல் ஒளியிலும் டொப்ளரின் விளைவை அவதானிக்கலாம். நட்சத்திரங்கள், வெள்ளுடுத்தொகுதிகள் போன்ற விண்வெளிப் பொருட்கள் எங்களைவிட்டு விலகி, அல்லது நோக்கி இயங்குவதை அறிய டொப்ளரின் விளைவைப் பயன்படுத்தலாம். இந்த நோக்கத்திற்காக நிலையான பொருளிலிருந்து வரும் ஒளியின் அலைநீளம் முதலில் கணிக்கப்படும். அதன் பின் நட்சத்திரம் அல்லது மற்றைய வானியல் பொருள்களிலிருந்து வரும் ஒளியின் அலைநீளம்  $\lambda$  காணப்படும்.  $\lambda > \lambda_0$  ஆயின் நட்சத்திரத்திலிருந்து வரும் ஒளியின் அலை நீளம் அதிகரித்திருக்கின்றது. ஆகவே நட்சத்திரம் எம்மிலிருந்து விலகி இயங்குகின்றது. இது அலை நீளம்  $\lambda$  க்குரிய திருசியக் கோட்டினது சிவப்புப் பிரதேசத்தை நோக்கிய விலகலின் மூலம் காட்டப்படுகிறது. திரிசியக்கோட்டின் சிவப்புக் கோட்டை நோக்கிய விலகல் “செந்நூக்கு” (red shift) எனப்படும்.

மறுபுறமாக  $\lambda < \lambda_0$  ஆயின் அலை நீளம் குறைகின்றது. இது நட்சத்திரம் எம்மை நோக்கி அணுகுவதைக்காட்டுகிறது.  $\lambda$ வுக்குரிய திருசியக் கோடு நீலநிறப் பிரதேசத்தை நோக்கி நகர்கின்றது. இது “நீல நூக்கு” (Blue shift) எனப்படும்.

டொப்ளரின் விளைவின் பிரயோகங்கள்

1. சூரியன் போன்ற வானியல் பொருள்களின் ஏகபரிமாண மற்றும் சுழற்சி இயக்கங்களைத் தீர்மானித்தல்.
2. வாகனங்களின் கதியைப் போலிஸ் ரடாரை (Police radar) ஐ உபயோகித்துக் கணிதல்.
3. குருதிக்கலங்களின் கதியைத் துணிதல்
4. விமான நிலையங்களின் விமானங்களின் கதிகளைத் துணிதல்.
5. கருப்பையிலுள்ள சிசுக்களின் இதயத்துடிப்பைச் சோதித்தல்.

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணங்கள்

ஒய்விலிருக்கும் எஞ்சின் A யிலிருந்து விலகி  $3 \text{ m s}^{-1}$  சீரான கதியுடன் புகைவண்டி B இயங்குகிறது. இரண்டு எஞ்சின்களும் அவற்றின் ஊதல்கள்  $1000 \text{ Hz}$  உடன் ஒலிக்கின்றன.

1. நிலையாக இருக்கும் எஞ்சின் Aயின் ஓட்டுனரினால் கேட்கப்படும் ஊதல் B யிலிருந்து பிறப்பிக்கப்படும் ஒலியினது தோற்ற மீடறன் யாது.
2. Bயின் ஓட்டுனரினால் கேட்கப்படும் Aயிலிருந்து பிறப்பிக்கப்படும் ஒலியின் தோற்ற மீடறன் யாது.
3. தமது சொந்த ஊதலின் ஒலியையும் மற்றைய எஞ்சினின் ஒலியையும் கேட்பதனால் இரண்டு ஓட்டுனராலும் கேட்கப்படும் அடிப்பு மீடறன்கள் யாவை.
4. இப்போது எஞ்சின் A ஆனது B இயங்கும் அதேதிசையில்  $1 \text{ m s}^{-1}$  என்ற வேகத்துடன் இயங்குகின்றது. புகைவண்டி B இன் ஊதல் ஒலியானது A இன் ஓட்டுனருக்குக் கேட்கும் தோற்ற மீடறன் யாது? B யின் ஊதலினதும் Aயின் சொந்த ஊதலின் ஒலியையும் ஒரே நேரத்தில் கேட்பதனால் A யின் ஓட்டுனரினால் கேட்கப்படும் அடிப்பு மீடறன் யாது (வளியில் ஒலியின் வேகம் =  $340 \text{ m s}^{-1}$ )

தீர்வு

1.  $U_B = 3 \text{ m s}^{-1}$ , ஒலியின் வேகம்  $v = 340 \text{ m s}^{-1}$   
A யின் ஓட்டுனரினால் கேட்கப்படும் தோற்ற மீடறன்

$$f_1 = \left( \frac{v}{v + u_B} \right) f_B = \left( \frac{340}{340 + 3} \right) 1000 = 991.3 \text{ Hz}$$

2. Bயின் ஓட்டுனரினால் கேட்கப்படும் தோற்ற மீறன்

$$f_2 = \left( \frac{v - u_B}{v} \right) f_A = \left( \frac{340 - 3}{340} \right) 1000 = 991.2 \text{ Hz}$$

3. Aயின் ஓட்டுனரினால்கேட்கப்படும் அடிப்பு மீறன்

$$f_A - f_1 = 1000 - 991.3 = 8.7 \text{ Hz}$$

- Bயின் ஓட்டுனரினால் கேட்கப்படும் அடிப்பு மீறன்

$$= f_B - f_2 = 1000 - 991.2 = 8.8 \text{ Hz}$$

4.  $u_A = 1 \text{ m s}^{-1}$ ,  $u_B = 3 \text{ m s}^{-1}$

B ஆனது 1000 Hz மீறனையுடைய ஒலியை ஒலிப்பதனால் Aயின் ஓட்டுனரினால் கேட்கப்படும் தோற்ற மீறன்

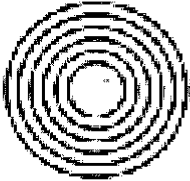
$$f_3 = \left( \frac{v + u_A}{v + u_B} \right) 1000 = \left( \frac{340 + 1}{340 + 3} \right) 1000 = 994.2 \text{ Hz}$$

Aயினால் கேட்கப்படும் அடிப்பு மீறன்  $f$

$$f = f_A - f_3 = 1000 - 994.2 = 5.8 \text{ Hz}$$

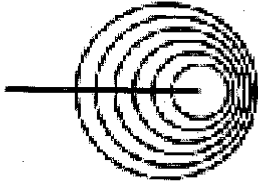
### மீயொலிக்கதிகள், அதிர்ச்சி அலைகள்

முதல் சீரான மீறன்  $f_0$  ஐக் கொண்ட ஒலி முதல் ஒன்று அதன் சுற்றாடலில் வேகம்  $v$  உடன் ஒலியைக் காலுவதாகக் கருதுக. முதலினால் காலப்படும் கோள அலைமுகங்கள் முப்பரிமாண வெளியில் பரவும்.



O

முதலுக்கு அருகில் நிற்கும் நிலையான அவதானியினால் கேட்கப்படும் ஒலியின் மீறனானது  $f_0$  இற்குச் சமனானதாக மாற்றமடையாது காணப்படும்.

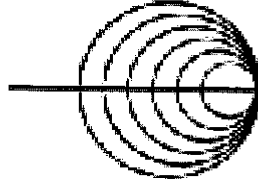


O

ஒலிமுதல் அவதானியை நோக்கி  $u (< v)$  என்ற வேகத்துடன் இயங்கினால் டொப்ளரின் வினாவின்படி அவதானியினால் கேட்கப்பட்ட ஒலியின் தோற்ற மீறன்

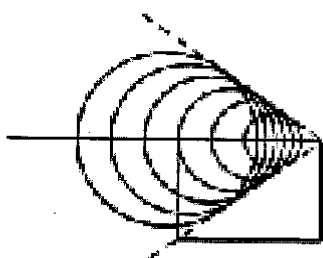
$$f = \left( \frac{v}{v - u} \right) f_0 \text{ ஆகும்}$$

இதிலிருந்து  $f > f_0$  என்பது பெறப்படும்.



O

முதலின் கதிமேலும் அதிகரிக்கப்பட்டு, ஒலியின் வேகத்திற்கு சமமாகும் பொழுது ( $u = v$ ), மேலுள்ள கோவையின்படி, அவதானியினால் கேட்கப்படும் ஒலியின் மீறன் முடிவிலியை அணுகும்.

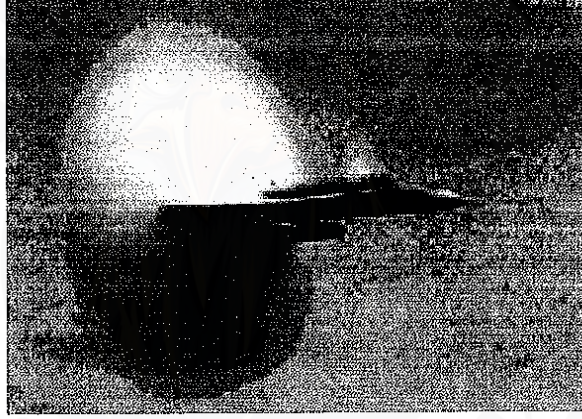


O

உரு 6.6

முதலானது ஒலியின் வேகத்திலும் கூடிய வேகத்துடன் அணுகினால், மேலுள்ள கோவை பொருத்தமற்றது. இந்நிலையில் அலை முகங்கள் முப்பரிமாணத்தில் விரிவடைந்து கூம்பு வடிவிலுள்ள உறையினுள் கொத்தாக அடக்கப்படும். இக் கூம்பு “மச்சூம்பு” எனப்படும். அலைமுகங்களின் இவ்வாறான கொத்து விளைவு காரணமான சடுதியாக (திடீரென) வளியின் அமுக்கத்தில் ஏற்படும் ஏற்ற; இறக்கம் காரணமாகக் கூம்பின் மேற்பரப்பின் வழியே அதிர்ச்சி அலை உருவாக்கப்படும். அதிர்ச்சி அலையானது ஒலியின் கடிகிளர்வை (burst of sound) உருவாக்கும். ஒலிவிசை அதிர்வொலி (Sonic boom) எனப்படும். இங்கு வளியின் அமுக்கம் சடுதியாக அதிகரிப்புக்குட்பட்டுப் பின்னர் குறையும். இவ்வாறான உயர்கதிகள் “மீயொலிக்கதிகள்” எனப்படும்.

உதாரணமாக ஜெர்விமானங்கள் ஒலியின் வேகத்திலும் கூடிய வேகத்தில் செல்லும்போது அதிர்ச்சி அலை உருவாகும். இவ்வாறு காலப்பட்ட அதிர்ச்சி அலை, ஒலிவிசை அதிர்வொலியை உருவாக்கும் (Sonic boom) துவக்கு ஒன்றினால் கூடப்படுகையில் வெளிவிடப்படும் சன்னம், சவுக்கு ஒன்றை விரைவாக இயக்கும் போது அதன் நுனியானது ஒலியின் வேகத்திலும் கூடிய வேகத்துடன் இயங்கும் போதும் உருவாக்கும் ஒலியும் அதிர்ச்சி அலைகள் அவதானிப்பதற்குரிய சந்தர்ப்பங்களாகும்.



உரு 6.7



## இயற்கை ஒலி

### ஒலியின் சிறப்பியல்புகள்

நாம் ஒலி ஒன்றைக் கேட்கும் போது அனேகமான நேரங்களில் முதலானது எமது பார்வைக்கு அப்பாலிருந்தாலும் எம்மால் அதனை இனங்காண முடியும். அதாவது இந்த ஒலியானது மனித குரலாக, ஆண்குரல் அல்லது பெண்குரலாக அல்லது ஏதாவது பிராணியினுடைய தாயிருந்தாலும் இனம் காணமுடியும். மேலும் எம்மால் இயங்கும் வாகனம் ஒன்றின் சத்தத்திற்கும் வாத்திய கோஷ்டி ஒன்றிலிருந்து வெளிவிடப்படும் உயர்ந்த சுருதியையுடைய ஒலிக்கும் இடையேயுள்ள வேறுபாட்டை அவற்றின் முதல்களைப் பார்க்காமலேயே வேறுபடுத்தி அறிய முடியும்.

கீழ்வரும் ஒலியின் சிறப்பியல்புகளைப் பயன்படுத்தி மேலே கூறப்பட்டவற்றை இனங்காண முடியும்.

1. உரப்பு
2. சுருதி
3. ஒலியின் பண்பு

### 1. உரப்பு

குறித்த இடத்திலுள்ள உரப்பானது அவ்விடத்திலுள்ள ஒலிச்செறிவின் மட்டத்தினால் தீர்மானிக்கப்படும்.

குறிப்பிட்ட இடத்திலுள்ள ஒலிச்செறிவு என்பது அவ்விடத்திலுள்ள ஒரு அலகுபரப்பிற்குச் செங்குத்தாகப் ஒரு செக்கனில் பாயும் ஒலிச்சக்தியின் அளவாகும் ( $W m^{-2}$ ). ஒலிச்செறிவானது ஒலி அலையின் வீச்சத்திலும் ( $A$ ) ஒலிமுதலுக்கும் அவதானிக்கும் இடையிலுள்ள தூரத்திலும் ( $d$ ) தங்கியிருக்கும்.

$$\text{ஒலிச்செறிவு } (I) \propto A^2$$

$$I \propto \frac{1}{d^2}$$

மனித காதின் கேள்தன்மை வீச்ச மிகவும் பரந்தளவில் காணப்படும். இதன் ஆகக் குறைந்த கேட்கும் செறிவு  $10^{-12} W m^{-2}$  மிகவும் கூடிய கேட்கும் செறிவு  $1 W m^{-2}$ .

மனித காதினால் கேட்கக்கூடிய ஆகக்குறைந்த கேட்கும் செறிவு ( $10^{-12} W m^{-2}$ ) ஆனது கேள்தன்மை நுழைவாய் என அழைக்கப்படும். உயர் செறிவு ( $1 W m^{-2}$ ) நோ நுழைவாய் என அழைக்கப்படும். இது மிகவும் பரந்த வீச்சாதலால் ஒலிச்செறிவுக்கு மடக்கை அலகு பயன்படுத்தப்பட்டது. எனவே இது ஒலிச்செறிவு மட்டம் என அழைக்கப்பட்டது. மேற்குறித்த ஒலிச்செறிவு வீச்சிற்கு ஒலிச்செறிவு மட்ட வீச்ச பயன்படுத்தப்படும்.

ஒலிச்செறிவு மட்டத்தின் அலகு தெசிபல் (Decibel) (dB)

$$\text{ஒலிச்செறிவு மட்டம் } \beta = 10 \log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

இங்கு  $I$  - தரப்பட்ட ஒலிச்செறிவு

$I_0$  - கேள்தன்மை நுழைவாய்

மேற்குறிப்பிட்ட வரைவிலக்கத்திலிருந்து

மனிதனால் கேட்கக்கூடிய ஆகக்குறைந்த ஒலிச்செறிவு மட்டம்

$$\beta = 10 \log \left( \frac{10^{-12}}{10^{-12}} \right)$$

$$= 0 \text{ dB}$$

மனிதனால் கேட்கக்கூடிய ஆகக்கூடிய ஒலிச்செறிவு

$$\beta = 10 \log \left( \frac{10^{-1}}{10^{-1}} \right)$$

$$= 120 \text{ dB}$$

எனவே மனிதக் காதினால் கேட்கக்கூடிய ஒலிச்செறிவு மட்ட வீச்சு = 0 dB -120 dB

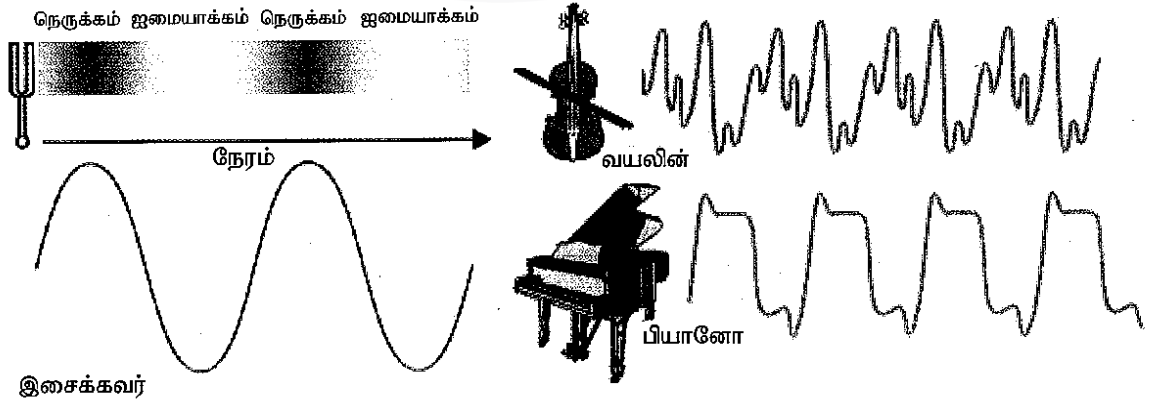
## 2. சுருதி (Pitch)

ஒலியின் சுரம் எவ்வளவு உயர்வாக அல்லது தாழ்வாக இருந்தாலும், ஒலியின் சுருதியானது ஒலி அலையின் மீடறனில் தங்கியிருக்கும். ஒலி அலையின் மீடறன் அதிகரிக்கும் போது அதற்கேற்ப அதன் சுருதியும் அதிகரிக்கும்.

ஆண்குரலுக்கும் பெண்குரலுக்குமுள்ள வித்தியாசம் தாழ், உயர் சுருதியின் வித்தியாசத்திற்குரிய வேறு ஒரு உதாரணமாகும். பெண்ணின் குரலின் சுருதி பொதுவாக ஆண் குரலின் சுருதியிலும் உயர்வானது.

## 3. பண்பு

ஒலி ஒன்றின் பண்பு என்பதால் கருதப்படுவது யாதெனில் தூய ஒலி ஒன்றின் சுருதி அல்லது சுரம் ஒன்றினதும் அதன் மேற்றொனிகள் / இசைக் சுரங்களின் கலவையாகும். எமது சொந்தக் குரல் உட்பட நாம் கேட்கும் அனேகமான ஒலிகள், தூய ஒலிச்சுரமன்று. சுரம் ஒன்றினதும் அதன் மேற்றொனிகளின் (இசைச்சுரம்) கலவைகளாகும். உதாரணமாக ஒரே இசைச்சுரத்தை ஒரு இசைக் கவரில், ஒரு வயலின் அல்லது பியானோவினால் ஏற்படுத்தி அவற்றைக் கதோட்டுக்கதிர் அலைவு காட்டி ஒன்றினுள் செலுத்தினால் பின்வரும் வரைபு வகைகள் பெறப்படும்.



உரு 7.1

இங்கு வெவ்வேறு இசைக்கருவிகளைக் கொண்டு ஒரே சுரம் பிறப்பிக்கப்பட்டாலும் அவற்றின் அலைவடிவம் வேறுபட்டது. வெவ்வேறான இந்த அலைவடிவங்கள் காதில் வெவ்வேறு உணர்வுகளை ஏற்படுத்துவதனால் இவை ஒலியின் வெவ்வேறு பண்புகளை வேறுபடுத்த உதவுகின்றது. இரண்டு ஆண்களின் அல்லது இரண்டு பெண்களின் குரல்களில் ஏற்படும் முக்கிய வேறுபாடு அவர்களின் ஒலியின் பண்பு வேறுபடுவதனால் ஏற்படுவதாகும்.

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணம்

மின்துளையிடும் கருவி ஒன்று தொழில்படும் இடத்திலிருந்து குறித்ததூரத்திலுள்ள புள்ளி ஒன்றில் ஒலிச்செறிவு மட்டம் 80 dB. மேற்குறிப்பிட்ட இடத்தில் 4 ஒரே மாதிரியான துளையிடும் கருவிகள் தொழிற்பட்டால் குறித்த புள்ளியில் புதிய செறிவு மட்டம் யாது?

தீர்வு

ஒரு துளையிடும் கருவி தொழில்படுவதால் குறித்த புள்ளியிலுள்ள ஒலிச்செறிவு  $I$  என்க.

∴ 4 துளையிடும் கருவி தொழில்படுவதனால் அப்புள்ளியிலுள்ள ஒலிச்செறிவு  $= 4I$ .

∴ ஒலிச்செறிவு மட்ட அதிகரிப்பு

$$\beta = 10 \log_{10} \left( \frac{4I}{I} \right)$$

$$= 10 \log_{10} (4)$$

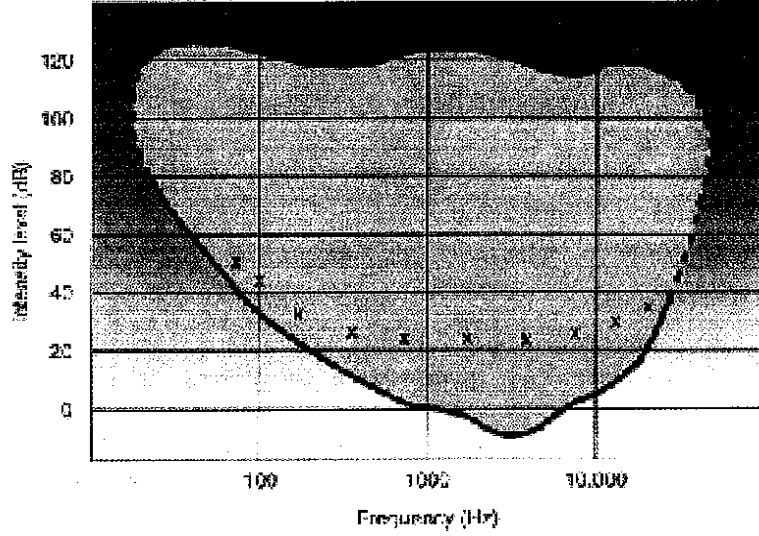
$$= 10 \times 0.602 = 6.02 \text{ dB}$$

$$= 80 + 6.02$$

$$\text{புதிய செறிவுமட்டம்} = 86.02 \text{ dB}$$

கேட்டல் சம்பந்தமான முக்கிய காரணிகள் யாதெனில் மனிதகாதானது கேட்கப்படும் ஒலியின் உரப்பு (செறிவுமட்டம்), சுருதி (மீடறன்) ஆகியவற்றிற்கு எவ்வாறு துலங்குகின்றது என்பதிலாகும். மனித காதானது மேற்குறிப்பிட்ட காரணிகளுக்குக் குறித்த வீச்சத்தினுள் துலங்கும். சதாரண மனித காதானது 20Hz தொடக்கம் 20000Hz மீடறன் வரை கேட்கக்கூடியது. மேற்குறிப்பிட்ட வீச்சத்திற்கு வெளியே மனிதகாது துலங்கமாட்டாது.

ஒரு குறிப்பிட்ட வீச்சினுள் ஒலியைக் கேட்பதற்கு ஒலிச்செறிவு மட்டம் செப்பஞ் செய்யப்படல் வேண்டும் என்பது கீழுள்ள வரைபிலிருந்து தெளிவாகின்றது.



உரு 7.2

மனிதக் காதிற்செறிய ஒலிச்செறிவு மட்ட எதிர் மீறன் வரைபு

மேலுள்ள வரைபிலிருந்து 1000Hzக்கும் 4000Hz மீறனுக்கும் இடைப்பட்ட ஒலியே சாதாரண காதின் மூலம் கேட்கக்கூடிய மிகத்தாழ்ந்த செறிவு மட்டங்களாகும். 1000Hz ஒலியைக் கேட்பதற்கு 20 dB செறிவுமட்டம் போதுமானதானகும். 20 dB செறிவுமட்டத்தில் 100Hz ஒலியை கேட்க முடியாது. சுமார் 35 dB செறிவுமட்டம் இதற்குத் தேவைப்படும். 20000Hz போன்ற உயர்ந்த மீறனின் ஒலியைக் கேட்க, செறிவு மட்டம் 40 dB வரை உயிர்வாயிருத்தல் வேண்டும்.

வரைபின்படி 100 dB க்கும் 120 dB க்கும் இடைப்பட்ட பிரதேசம் நோ நுழைவாயிற்குரியது. 0 dBக்கும் 20 dBக்கும் இடைப்பட்ட பிரதேசம் கேள் தன்மை நுழைவாயிற்குரியதாகும்.

வயது அதிகரிப்புடன் கேட்கும் மீறனின் அளவு குறைகின்றது. இக்குறைபாட்டினால் அவதியுறுவோர் கேட்டல் கருவிகளை உபயோகிப்பதன் மூலம் இதிலிருந்து மீள்கின்றனர். இக்குறைபாட்டினால் அவதியுறும் நபரை விசேட சோதனைகள் மூலம் குறைந்த கேட்டல் தன்மைக் குரிய மீறன் வீச்சம் கண்டறியப்படும். அதன்பின் குறித்த மீறன்களை விரியலாக்க (amplify) கேட்டல்கருவி அமைக்கப்படும். இதன் மூலம் ஒலியின் குறித்த மீறன்கள், நபரின் சாதாரண செறிவு மட்டத்திற்குக் கொண்டு வரப்படும்.

தொடர்பாடலுக்கு ஒலியைப் பயன்படுத்தல் மனித இனத்திற்கு மாத்திரம் எல்லைப்படுத்தப்பட்டதல்ல. சில விலங்குகளுக்கும், பறவைகளுக்கும் உரியதாகும். நாய் போன்ற விலங்குகள் 20000Hz மீறன் வரை தொடர்பாடலுக்குப் பயன்படுத்துகின்றன. இது மனிதர்களின் மீறன் வீச்சிலும் அப்பாற்பட்டது. இவ்வொலிகள் கழியொலிகள் எனப்படும். இவை பலதரப்பட்ட தொழில் நுட்ப தேவைகட்குப் பயன்படுகின்றது.

1. வைத்தியர்கள், கழியொலியைப் பயன்படுத்தி டொப்ளரின் விளைவின் மூலம் இரத்த ஓட்டத்தின் கதியைத் தீர்மானிப்பர்.
2. X கதிர்கள் போன்று இவை தீங்கு விளைவிக்காததால், கருப்பையினுள் இருக்கும் சிசுவைப் பற்றிய விபரங்களை அறிய முடியும்.
3. மருத்துவத்துறையிலுள்ள வேறொரு பயன்பாடு யாதெனில் முளைக்கட்டிகளை அவற்றை குழவுள்ள திசுக்களுக்குச் சிறு சேதத்துடன் நீக்கப்படும்
4. உடலியக்க மருத்துவர்களும் (Chiropractors), உடல் சிகிச்சையாளர்களும் (Physiotherapists) கழியொலியை பயன்படுத்தி முதுகின் கீழ்ப் பகுதியிலுள்ள வலிக்கு நிவாரண மளிக்கின்றனர்.
5. நீரின் கீழுள்ள பொருட்களை அல்லது நீர்மூழ்கிக் கப்பல்களைக் (Submarine) கண்டறிய கழியொலி பயன்படுத்தப்படுகிறது.



## மின்காந்த அலைவுகள்

ஊடகம் ஒன்றிலுள்ள துணிக்கைகளின் அதிர்வினால், பொறிமுறை அலைகள் அவ்வூடகத்தினூடு செலுத்தப்படும் என்பது ஏற்கனவே தெரியும். மறுபுறத்தில் மின்புலமும், காந்தப்புலமும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான தளங்களில் அதிர்வதானால் மின்காந்த அலைகள் கடத்தப்படுகின்றன. (அல்லது பரவுகின்றன).

உரு 8.1 இவ்வாறான மின்காந்த அலையைக் குறிக்கின்றது. இதில் மின்புலம் E இனாலும் காந்தப்புலம் B யினாலும் குறிக்கப்படுகின்றது. E யின் அதிர்வு  $xy$  தளத்திலும் செயல்படுகிறது. இதேவேளை B இன் அதிர்வு  $xz$  தளத்தில் நிகழும். இவ்விரண்டு அதிரும் புலங்களுக்குச் செங்குத்தாக  $x$  - திசையில் அலை முன்னேறும்.

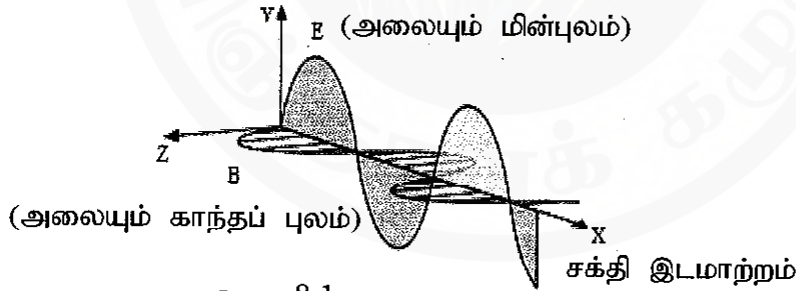
புலங்கள் E, B என்பன ஒரே அவதையிலிருக்கும். (மிகவும் நவீன கொள்கையை உய்யோத்து மின்காந்த அலைகளின் வேகம் (c) ஆனது இரண்டு புலங்களினதும் வீச்சங்களின் விகிதத்திற்குச் சமம் என நிறுவலாம்)

$$\text{அத்துடன் } c = \frac{E_0}{B_0}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \text{ எனவும் கொடுக்கப்படும்}$$

இங்கு  $\mu_0$  - சுயாதீன வெளியின் உட்புகவிடும் இயல்பு.

$\epsilon_0$  - சுயாதீன வெளியின் அனுமதித்திறன்.



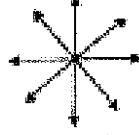
உரு 8.1

புலங்கள் E, B யின் செலுத்துகைக்கு ஊடகம் தேவையற்றது ஆதலினால் மின்காந்த அலைகளின் முன்னேற்றத்திற்கு. ஊடகம் அவசியமற்றது  $299,792,758 \text{ ms}^{-1}$  என்ற வேகத்துடன் வெற்றிடத்தில் செல்லும் எனக் காணப்பட்டது. பரிசோதனை மூலம் பெறப்பட்ட இப்பெறுமானங்கள் வசதிக்காக  $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$  எனக் கணித்தல்களில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மின்காந்த அலைகள் வேறு பல ஊடகங்களினூடும் பயணம் செய்யும். ஆனால் இவ்வூடகங்களில் மின் காந்த அலைகளின் வேகம், வெற்றிடத்திலுள்ள வேகத்திலும் குறைவாகும்.

மின்காந்த அலைகள் (உ + ம :- ஒளி) தளமுனைவாக்கமடையும் எனக் காட்டப்பட்டது. ஒளிப்படவியல் வெளிப்பாடு, புளோர் ஒளிர்வு போன்ற செயல்முறைகளுக்கு மின்புலங்களே முக்கியப்பொறுப்பானதாகும். எனவே முனைவாக்கப்பட்ட மின் புலத்தின் தளத்தைக் காந்த அலையின் நியம முனைவாக்கத் தளமாகக் கொள்ளலாம். மின்காந்த அலைகள் முனைவாக்கமடைவதால் இவ்வலைகள் குறுக்கலைகள் போல் நடந்து கொள்வது போல் தோற்றுகிறது.

மின்காந்த அலைகள் உருவாக்கப்படும் விதத்திலிருந்து அவற்றின் அதிரும் தளங்கள் வெவ்வேறு தளங்களில் அமைந்திருக்கலாம். உதாரணமாக இழைமின் குமிழிலிருந்து வரும் ஒளியானது எல்லாத் தளங்களிலும் அதிர்வுகள் கொண்டது. இருந்தபோதிலும் ஒளியின் முன்வாகக் தளம்  $10^9$  செக்கனுக்கு ஒரு முறை மாறும் எனச் செய்முறையில் காட்டப்பட்டது.

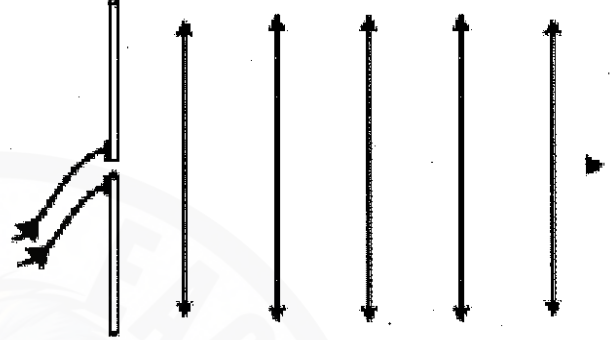
உரு 8.2(a) என்பது எல்லாத் தளங்களிலும் உள்ள அதிர்வுகளைக் காட்டுகிறது. ஆனால் அனேகமான சந்தர்ப்பங்களில் ஒன்றுக் கொன்று செங்குத்தான இரு அதிர்வுகளே படங்களில் காட்டப்படுகின்றன.



உரு 8.2(a)



உரு 8.2(b)



உரு 8.2(c)

மேலுள்ள உரு 8.2 (c) யில் காட்டியபடி, அலையின் முனைவாக்கத் தளத்தைத் தளமுனைவாக்கி அல்லது இரு முனைவாக்க உணர்கொம்பு (bi - polar antenna) ஒன்றினூடு செலுத்தி முனைவாக்க தளத்தை எல்லைப்படுத்தலாம்.

மின்காந்த அலைகளை ஊடகம் ஒன்றினுள் செலுத்தினால், ஊடகத்திலுள்ள துணிக் கைகள் அலையை உறுஞ்சி அலையின் இயக்கத்தை எளிதாக்குகின்றது. ஊடகத்திற்கு ஊடகம் இச்செயல் முறைக்கு எடுக்கும் நேரம் மாறுபடும். ஆதலினால் மின் காந்த அலைகள் வெவ்வேறு ஊடகங்களில் வெவ்வேறு வேகங்களுடன் செல்கின்றன.

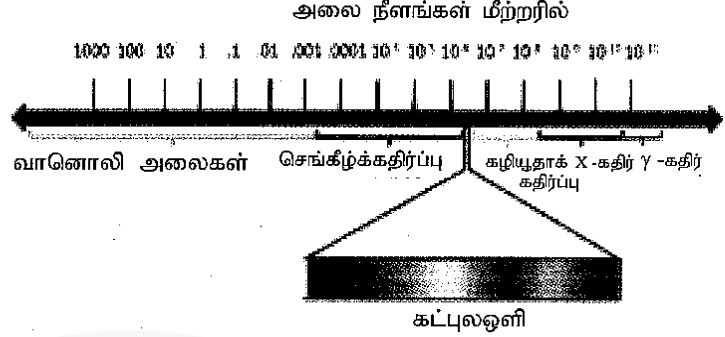
மின்காந்த அலைகள் இயற்கையாக உருவாகும் பல சந்தர்ப்பங்கள் உண்டு சூரியனின் கதிர்ப்பு (UV, கட்புல ஒளி, IR போன்ற) என்பன எம்மை இயற்கையாக அடையும். மின்னிலின் போது ஏற்படும் மின்னிறக்கமானது மின்காந்த அலைகள் உருவாகும் வேறொரு முதலாகும். செயற்கை முறையில் உருவாக்கப்பட்ட மின்காந்த அலைகளான வானொலி அலைகள், இலத்திரனியல் அலையும் சுற்றுகள் முக்கிய இடத்தைப் பிடிக்கின்றது. மின் காந்த அலைகளின் வேறு உற்பத்திகளான “x = கதிர் குழாய்கள்”, “ மக்னித்திரன் ” (Magnetrons). UV கதிர்கள் போன்ற மின்காந்த அலைகள் காய்சியிணைத்தலில், காபன்வில் காய்ச்சி இணைத்தல் போன்றவற்றினால் காலப்படும். இரச இறக்கவிளக்கு, புளோரொளி விளக்கு ஆகியவற்றை ஒளியூட்டும் போது அவை UV கதிர்காலும். மேற்கூறப்பட்ட எல்லாச் செயல் முறையிலும் மின்காந்த அலைகள் செயற்கையாக உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. மேலதிகமாகக் கருத்தாக் கங்கள், கருக்குண்டு வெடிப்புகள் (nuclear bombs), கருவலு பொறிவிருட்சம் (Nuslar Power Plant) போன்றவற்றினால்  $\gamma$  - கதிர்கள் காலப்படுகின்றன.

### மின்காந்தத் திருசியம்

மின்காந்த அலைகள் அகன்ற மீடறன் (அல்லது அலை நீளங்கள்) வீச்சத்தினுள் பரந்திருக்கும். இம்முழுவீச்சம் வெவ்வேறு மீடறன் வலயங்களாகப் பிரிக்கப்படலாம். இவை தமது இயல்புகளில் ஒன்றிலிருந்து மற்றையது வேறுபாட்டைக் காட்டும்.

வெற்றிடத்தில் அல்லது சுயாதீனவெளியில் அலை ஒளியின் கதியான  $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$  உடன் முன்னேறும். இவ்வாறு மின்காந்த அலைகளின் மீற்றன்களின் முழுவீச்சையும் பல வலயங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டிருப்பது மின்காந்தத் திருசியம் எனப்படும். கீழே காட்டப்பட்டுள்ள கீழே குறிப்பிட்ட மின்காந்தத் திருசியமானது மீற்றன், அலைநீளத்தின்படி எவ்வாறு வலையங்கள் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது என்பதைக் காட்டுகிறது. மின் காந்தத் திருசியமானது ஆறு பிரதான வலையங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது.

1. வானொலி அலைகள்
2. செங்கீழ்க்கதிர்ப்பு
3. கட்புலஒளி
4. கழியூதாக்கதிர்ப்பு
5. X - கதிர்கள்
6.  $\gamma$  - கதிர்கள்



கட்புலஒளி

உரு 8.3

## 1. வானொலி அலைகள்

$f = 3\text{Hz}$  ( $\lambda = 10^8 \text{ m}$ ) இலிருந்து  $3\text{THz}$  ( $\lambda = 10^{-4} \text{ m}$ ) வரை வானொலி வலயத்தில் பரந்துள்ளது. இதிலுள்ள அலைகளின் இயல்புகள் ஒன்றிலிருந்து மற்றது வேறுபடும். ஆனால் வெவ்வேறு நோக்கங்களுக்காகப் பயன்படுத்தப்படும். இவ்வலயங்கள் அவற்றின் மீற்றன்களுக்கேற்ப ELF, SLF, ULF, VLF, MF, HF, VHF, UHF, SHF, EHF என வெவ்வேறு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்படும். இங்கு தரப்பட்டுள்ள மின்காந்தத் திருசியம் பற்றியபடம் இப்பிரிவுகளைத் தெளிவாகக் குறிக்கின்றது.

வானொலி வலயமானது கேள்மீற்றன் வலயம், நுண் அலை வலயம் எனப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. கேள்மீற்றன் வீச்சத்தினுள் இருக்கும் வானொலி அலைகளை ஆற்றல்மாற்றி (ஒலிப்பெருக்கி) யானது இவ்வலைகளை ஒலிஅலைகளாக மாற்றினாலேயே மனித காதினால் கேட்கமுடியும். VHF வலயத்திலிருக்கும் அலைகளிலும் குறைந்த மீற்றன்களைக் (30Hz வரை) கொண்ட அலைகள் புவியைச் சுற்றியுள்ள அயனமண்டத்தினால் தெறிப்படையும் ஆதலால் இந்த அலைகள் தாவல் (skip) செயல் முறை போல் ஊடுகடத்தப்படுவதால் அலை தொடர்பாடல் நோக்கங்களுக்காகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. VHF வலயத்திற்கும் அதற்கு மேற்பட்ட மீற்றன்களைக் கொண்ட அலை அயன மண்டலத்தினூடாக ஊடுருவுதலால் புவியிலிருந்து செய்திகளை அகிலத்திற்கு அனுப்புவதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவ்வாறான ஊடுகடத்தல் “பார்வைக் கோட்டு ஊடுகடத்தல்” [Line of sight transmission] எனப் பெயரிடப்படும். (சூறப்படும்) சமபக்க முக்கோணம் ஒன்றின் உச்சிகளில் அமைந்திருக்கும் மூன்று புவிசார் நிலையான செய்மதிகளின் உதவியால் இவ்வலைகள் புவியை நோக்கி மீண்டும் தெறிக்கப்படும். எனவே இது வானொலி, தொலைக்காட்சி முதலியவற்றை புவி முழுவதும் ஊடுகடத்தலுக்கு உபயோகிக்கப்படும். (இந்த எண்ணக்கருவானது உலகத்திற்கு ஆர்தர்.சி.கிளாக் என்பவரால் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது). பார்வைக்கோட்டு ஊடுகடத்தல் காரணமாக புவியைச் சுற்றியுள்ள ஊடுகடத்தல் நிலையங்கள் உயர்ந்த இடங்களில் அமைக்கப்பட்டுள்ளன, அத்துடன் மேலதிகமாகத் தொலைக்காட்சி ஏற்கும் உணர்கொம்புகள் இயலுமான அளவுக்கு மிகவும் உயரமாக வைக்கப்பட்டுள்ளன. தொலைதூர ஊடுகடத்தல் இம்முறை மூலம் எளிதாகக் கப்பட்டுள்ளது.

## 2. செங்கீழ்க்கதிர்ப்பு (Infra red radition)

வானொலி வலயத்திற்கு நேர் மேலே மீடறன்களாக் கொண்ட வலயம், செங்கீழ் வலயமாகும். அலைநீள வீச்சம்  $\lambda = 10^{-3}\text{m} \sim 380\text{mm}$  செங்கீழ் வலயத்திற்குரிய அலைகளாகும். சூரியனிலிருந்து நாம் பெறும் வெப்பத்தின் பெரும்பகுதி செங்கீழ்க்கதிர்களாக ஊடுகடத்தப்படுவதால் வெப்பக் கதிர்ப்பு எனவும் அறியப்படுகிறது. சூரியன் இக்கதிர்களின் பிரதான முதலாகும். சூரியனிலிருந்து புவியை அடையும் கதிர்ப்பின் 50%, செங்கீழ்க்கதிர்ப்பாகும். இக்கதிர்ப்பின் காரணமாகப் புவி சூடாக்கப்படும் அதே நேரத்தில் புவியானது குறைந்த மீடறன்களையுடைய IR கதிர்களை வெளிவிடுகிறது. (கரும்பொருள் கதிர்ப்பு) ஆனால் இக்கதிர்ப்பை நீராவியும், பச்சை வீட்டு வாயுக்களும் உறுஞ்சுவதால் புவிமேற்பரப்பு  $18^\circ\text{C}$  வெப்பநிலையில் பேணப்படுகின்றது. இத்தோற்றப்பாடு “பச்சை வீட்டு விளைவு” எனப்படும். இது புவியின் உயர்வாழ் இனங்களைப் பாதுகாக்கின்றது. IR கதிர்கள், கட்புல ஒளியிலும் பார்க்கக் கூடிய வினைத்திறனுடன் முடுபனியினூடாக ஊடுருவ்வதால் முடுபனியுள்ள காலங்களில் தூரத்திலுள்ள பொருட்களைத் தெளிவாகப் படம்பிடிக்க IR கதிர்களைப் பயன்படுத்தலாம்.

செஞ்சூடாக்கப்பட்ட உலோக மேற்பரப்புகளிலிருந்து IR கதிர்களை செயற்கையான முறையில் சுலபமாக உற்பத்தி செய்யலாம். (மின்வெப்பமாக்கிகள், IR இழைமின் குழிழ்க்கள்) இந்தவகையான IR முதல்களை அறையை வெப்பமாக்கவும், சத்திரசிகிச்சை (Clinical therapy) போன்றவற்றிற்கும் பயன்படுத்தலாம். குறைந்த செறிவுடைய IR முதல்களாக IR LED உபயோகிக்கப்படுகின்றன. இவ்வகையான IR முதல்கள், சேய்மை ஆளுகைகளிலும் (Remote Controlles), பாதுகாப்பு கமெராக்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

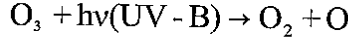
## 3. கட்புல ஒளி (Visible light)

கண்ணுக்கு உணர்ச்சியைக் கொடுக்கக்கூடிய மின்காந்த அலையின் வீச்சம் கட்புலஒளி எனப்படும். அலைநீளங்கள் 380nm (ஊதா) இலிருந்து 760 nm (சிவப்பு) வரையிருக்கும். அவ் வீச்சத்திலுள்ள நிறத்தொடரான சிவப்பு, செம்மஞ்சல், மஞ்சல், பச்சை, நீலம், கருநீலம், ஊதாக்கள் அடங்கும். இவற்றைக் கண்ணினால் இனம் காண முடியும். இது கட்புல திருசியம் (Visible spectrum) எனப்படும். செங்கீழ் (அகச்சிவப்பு) கட்புலஒளி, கழியூதாக்கதிர்ப்பு மூன்றும் ஒளியின் கீழ் வகுக்கப்பட்டுள்ளது. மின்காந்த அலைகளின் பொதுவான இயல்புகளான நேர்கோட்டுச் செலுத்துகை, தெறிப்பு, முறிவு, தலையீடு, கோணல், முனையாக்கும் போன்ற தோற்றப்பாடுகளுக்கு ஒளியானது உட்படுத்தப்படும் இதனால் ஏற்படும் விளைவுகள் கண்ணுக்குத் தெரியும். (உ + ம :- சூரிய, சந்திரகிரகணம், வானவில், விம்பங்கள், கானல் நீர், அத்துடன் நீலவானம்). ஒளியியல் நார்களினூடு தொடர்பாடலுக்கு ஒளிக்கதிர்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

## 4. கழியூதாக்கதிர்ப்பு

சூரியனிலிருந்து இயற்கையாக கழியூதாக்கதிர்ப்பு புவியை அடைகின்றது. சூரியனிலிருந்து வரும் மொத்தக் கதிர்ப்பைக் கருதுகையில் 50% IR கதிர்ப்பும், 40% கட்புல ஒளியாலும் மிகுதி 10% கழியூதாக்கதிர்ப்பாகப் புவியையடைகின்றது. மற்றைய கதிர்களைப் போல் இல்லாது கழியூதாக்கதிர்கள் உடலுக்கு தீங்கு ஏற்படுத்தும் (கொடுக்கும்) கழியூதாக்கதிர்களை மூன்று உப வலயங்களாகப் பிரிக்கலாம். 400 nm இலிருந்து 315nm வரையுள்ள பிரதேசம், UVA வலயம் எனப்படும். 315nm - 280nm வரையுள்ள பிரதேசம், UV - B வலயமாகும். 280nm க்குக் கீழ்ப்பட்டது UV - C வலயத்திற்குரியது. UV - B, UV - C வலயங்களினுள் உள்ள கதிர்கள் மிகவும் தீங்கு விளைவிக்கக்கூடியவை. UV - C கதிர்கள் முற்றாகவும், UV - B, ஏறத்தாழ முற்றாகவும் உறிஞ்சப்படும். [மேல்வளி மண்டலத்திலுள்ள  $\text{O}_2$ , UB - C ஐ உறிஞ்சி ஒசோனை உருவாக்கும். பின்  $\text{O}_3$  ஆவது UV - B கதிர்களினால் உறிஞ்சப்பட்டு  $\text{O}_2$  ஐயும் ஒட்சிசன் அணுவை மீண்டும் தரும்.]





ஆகவே கழியூதாக்கதிர்ப்பின் 77% ஆனது புவியின் மேற்பரப்பை அடையமுன் உறிஞ்சப்படும். ஆகவே 23% மான UV கதிர்கள் புவியை அடையும். [CFC வாயுக்கள்  $O_3$  யுடன் தாக்கமுற்று  $O_2$  உருவாதலைத் தடுக்குமாயின், UV - B கதிர்கள் புவியை அடைக்கூடிய அபாயமுண்டு].

தோல்புற்று நோய், கண்புரை (cataract) போன்ற உடல் நல (சுகாதார) குறைபாடுகளுக்கு UV - B கதிர்களே பொறுப்பாகும். அதே நேரம் மனித எலும்புகள் உறுதியாவதற்கு தேவையான உயிர்ச்சத்து D உருவாவதற்குத் தேவையான சக்தி UV - கதிர்கள் கொடுக்கின்றன.

செயற்கையாக UV கதிர்களை வெளிவிட இரசவில் விளக்குகள் வழமையாக பயன்படுத்தப்படும். UV - B வலயத்திற்குரிய (253.7nm) கதிர்களை இதேவழியில் உருவாக்கி நீரிலுள்ள பக்டீரியாவை அழிக்கப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. UV - LED ஐப் பயன்படுத்திக் குறைந்த செறிவுள்ள UV கற்றைகள் பெறப்படுகின்றன. இம் முதல்களைப் பயன்படுத்திக் நாணயத்தாளிலுள்ள இரகசிய குறிகளையும், முக்கியமான ஆவணங்களையும் அவதானிக்கவும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. புளோர் ஒளிர்வினால் ஏற்படும் UV கதிர்களை இந்த நோக்கத்திற்காகப் பயன்படுத்தலாம். கட்புல ஒளிக்கு அண்மித்த UV கதிர்களை இளவயதுடையவர்களினாலும், குழந்தைகளினாலும் பார்க்கமுடியும் ( $\lambda < 310\text{nm}$ ).

## 5. X - கதிர்கள்

$\lambda = 10^{-8} \text{ m}$  ( $f = 3 \times 10^{16} \text{ Hz}$ ) தொடக்கம்  $\lambda = 10^{-13} \text{ m}$  ( $f = 3 \times 10^{21} \text{ Hz}$ ) வரையுள்ள வலயம் கொண்டிருக்கும் கதிர்கள் X - கதிர்களாகும். இக்கதிர்கள் ஊடகத்தை அயனாக்கக்கூடியதுடன் பல ஊடகங்களினூடாக ஊடுருவக் கூடியதுமாகும். எனவே X - கதிர் ஒளிப்படங்கள் நோய்களை இனங்காண உபயோகிக்கப்படுகின்றது. குறுகிய அலை நீளங்களையுடைய X - கதிர்கள், உலோக இயந்திரங்களின் உள்பகுதிகளின் குறைபாடுகளைக் கண்டறிவதற்கும், விமான நிலையங்களில் பயணப் பொதிகளைப் பரிசீலிப்பதற்கும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. X - கதிர்களினால் கொடுக்கப்படும் தலையீட்டுக் கோலவுருக்களைக் கொண்டு சாலகம் ஒன்றின் கட்டமைப்பை அவதானிக்கலாம்.

## 6. $\gamma$ - கதிர்கள்

$10^{19} \text{ Hz}$  இற்கு மேற்பட்ட மீற்றனைக் ( $\lambda < 3 \times 10^{-11} \text{ m}$ ) கொண்ட மின்காந்த அலைகள்,  $\gamma$  கதிர்கள் எனப்படும். இவை உயர் ஊடுருவும் தன்மையுடையதுடன் உயர்செறிவு காரணமாக தோலில் எரிகாயத்தை ஏற்படுத்துக்கூடியது.  $\gamma$  கதிர்கள் புற்றுநோய்க்குக் காரணமாகிறது.

கதிர் தொழில்பாட்டு மூலகங்களின் தேய்மானத்தின் போது இயற்கையாகவும், அணுத்தாக்கங்களின் போது செயற்கையாகவும்  $\gamma$  - கதிர்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன.  $\gamma$  - கதிர்களினால் அணுகுண்டு வெடிப்பின்போது உடனடியாகவும் நீண்ட காலத்திற்கும் தீங்கை விளைவிக்கக்கூடிய பிரதான காரணியாக  $\gamma$  கதிர் விளங்குகிறது. மின்காந்த அலைத்திருசியத்தில் X - கதிர் வலயமும்,  $\gamma$  - கதிர் வலயமும் ஒன்றின் மீது ஒன்று பொருந்தியிருப்பதை அவதானிக்கலாம். இக்கதிர்கள் உருவாக்கப்படும். வழிமுறைகளாலேயே இவை ஒன்றிலிருந்து மற்றது வேறுபடுகின்றது. வேகமாக அசையும் இலத்திரன்களுக்குச் சடுதியான அமர்முடுகலைக் கொடுப்பதனாலேயே X - கதிர்கள், உருவாக்கப்படுகின்றன. ஆனால் அணுக்களின் கருப்பிளவின் போது  $\gamma$  - கதிர்கள் காலப்படுகின்றது.



$\gamma$ - கதிர்கள் கண்ணுக்குத் தீங்கு விளைவிக்கக் கூடியதாக இருப்பினும் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட நிபந்தனைகளில் புற்று நோய்க் கலங்களை அழிக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. உணவுப் பதார்த்தங்களை, வெங்காயம் போன்றவற்றைப் பாதுகாப்பதற்கு  $\gamma$ - கதிர்கள் கண்ணுக்குத் தீங்கு விளைவிக்கக் கூடியதாக இருப்பினும் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட - கதிர்களைப் பயன்படுத்தலாம். இவை பொருட்கள் பழுதடையும் செயல்முறையைத் தாமதிக்கும். நவீன போர் ஆயுதங்களில்  $\gamma$  - கதிர்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. உடலினது கலங்களின் மரபணுக்களை உருமாற்றக்கக்கூடிய தன்மையினை  $\gamma$  - கதிர்கள் கொண்டிருப்பதால் இக்கதிர்களுக்கு உடலை வெளிப்படுத்துவது தீங்கு விளைவிக்கக்கூடியது. எனினும் இதன் கலங்களை உருமாற்றும் திறனைப் பாவித்துப் புதிய தாவர நாற்றுக்களை உருவாக்கலாம். இயற்கைத் தாவரங்களை  $\gamma$  கதிருக்கு வெளிக்காட்டுவதன் மூலம் அதன் கலங்களை உருமாற்றமடையச்செய்து புதிய பயன்தரத்தக்க நாற்றுக்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. (இது இலங்கையில் பியகமவில் (Biyagama) தொழில்பேட்டை வலையத்தில் நிறைவேற்றப்படுகிறது.)

### Lasers (லேசர்)

Lasers ஐ பற்றிய சரித்திரம் எழுதப்படும்போது அனேகமாக 1960 யுலை இன் ஒரு குறித்த நாளில் இருந்து தொடங்கப்படல் வேண்டும். இந்நாளில் தான் கலிபோனியாவில் Hughos விமான நிறுவனத்தின் T.H Maiman இலகுவான கருதுகோளையுடைய பரிசோதனையைச் செய்தார். இதன்போது தொகுக்கப்பட்ட (synthetic Rulay rod) இலிருந்து செந்நிறமான ஒளிக்கற்றை பிறப்பிக்கப்பட்டது. Lasers இன் கருத்து Light Amplification by Sitmulated Emission of Radiation அதாவது தூண்டிய காலல் கதிர்ப்பின் விளைவான ஒளியின் விரியலாக்கம் என்பதாகும்.

மேலும் இதன் ஆரம்பமானது 1917ஆம் ஆண்டு எல்பேட் ஐயன்ஸ்ரைன் ஆல் முன்வைக்கப்பட்ட தூண்டிய காலல் தத்துவமாகும். அத்துடன் கொலம்பியா பல்கலைக்கழகத்தைச் சேர்ந்த சாள்ஸ் டவுன்ஸ் (Charles Townes) எழுத்தாளர் சாகாபோ (Sahawpow) மேரி லாண்ட் பல்கலைக்கழகத்தை சேர்ந்த வெபர் Weber மொஸ்கோவின் லிபிடீவ் நிறுவகத்தை சேர்ந்த ரஷ்ய விஞ்ஞானிகளான N.Basov, A.M. Prokhorov முன்னோடிகளாக அடையாளப்படுத்தப்படக் கூடியவர்கள்.



உரு 8.4

இரண்டாம் உலகமகா யுத்தத்தின்போது பேராசிரியர் Charlie Townes யுத்த அலுவலத்தார் விடுக்கப்பட்ட அழைப்பில் அவர் அங்கு சென்றபோது காலை வேளையில் ஓய்வு நேரத்தைக் கழிப்பதற்காக அருகிலுள்ள பூங்காவிற்குச் சென்றபோது அவர் தனது இருக்கையில் அமர்ந்தபடி Aesealu மரத்தின் பனிபடிந்த இலைகளை அவதானித்தபோது சூரிய ஒளிக்கதிர்கள் இலையில் பட்டுப் பிரகாசிப்பதையும், அதேவேளை அதன் வெப்பம் பனித்துளிகளையெல்லாம் ஒன்றாகச் சேர்த்துப் பெரிய நீர்த்துளியாக உருவாகி மேல் இலையில் இருந்து கீழ் இலைக்கு விழுந்து இறுதியாக நீர் அருவியை உருவாக்கியதை அவதானித்தார். (உரு 8.4) இந்த அவதானிப்பானது தூண்டிய காலலின் மூலம் ஒரு ஊடகத்திலிருந்து ஒருங்கிணைப்பான போட்டோன்களை உருவாக்கலாம் என்ற எண்ணக்கருவை உருவாக்கியது.

வழக்கத்திற்கு மாறாக முதலில் இருந்து பிறப்பிக்கப்பட்டதே லேசர் ஆகும். இது சூரிய ஒளியிலும் பார்க்கப் பலவழிகளிலும் வேறுபட்ட பிரகாசமானதும் ஆகும். லேசர் கதிர்கள் கொண்டுள்ள போட்டோன்கள் ஆனது ஒரே சக்தியையும் அலைநீளத்தையும் (ஒரு நிறமான) ஒரே திசையிலும் ஒரே அவத்தையிலும் பயணிக்கும் (ஒருங்கிணைவான)

### லேசர் கதிரின் உற்பத்தி

திரவியமொன்றிலிருந்து லேசரின் உற்பத்தியைப் பற்றிப் பார்ப்பதற்கு, ஒளியானது சடத்துடன் தாக்கமடையும்போது இடம்பெறும் செயல் முறையை ஆராயும் தேவையுள்ளது.

ஒளிக்கதிர் திரவியமொன்றுடன் இடைத்தாக்கமடையும் போது மூன்று செயல்முறைகள் இடம்பெறுகின்றன.

அவையாவன

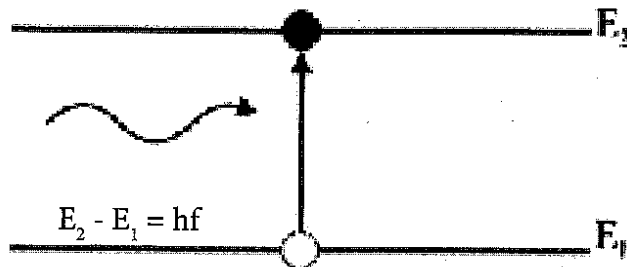
1. உறிஞ்சல்
2. தன்னிச்சையான காலல்
3. தூண்டிய காலல்

இந்தச் செயல்முறைகளினுள் தன்னிச்சைக் காலல் நடைபெற வெளிச்சக்தி முதல்களின் பிரசன்னம் தேவைப்படாது. ஒளிக்கற்றை போதுமானது.

### 1. உறிஞ்சல்

பொதுவாக உறுதியான திரவியங்களில் பெரும்பான்மையான இலத்திரன்கள் தரைநிலையில் அல்லது அதன் அருகில் காணப்படும் வெளிச்சக்தி பிரயோகிக்கும் வரை இந்நிலை மாறாது காணப்படும்.

சமநிலையில் உள்ள திரவியத்தில் வெளி ஒளிக்கதிர் படும்போது தரை நிலையில் உள்ள அணுக்கள் வெளிக்கற்றையிலுள்ள சக்தியை உறிஞ்சி அருட்டப்பட்டு உயர் சக்தி மட்டங்களுக்குச் செல்கின்றன.



உரு 8.5

இச்சக்தி  $\Delta E$ . ஒவ்வொரு தனி இலத்திரனினாலும் ஒளிப் போட்டோன் வடிவில் உறிஞ்சப்படும் அத்துடன் இவ் உறிஞ்சல் செயன்முறையானது எப்போது நடைபெறுமெனில் ஒவ்வொரு போட்டோன்களும்  $\Delta E$  எனும் சக்தியைப் பெற்றிருக்கும்போதே ஆகும். இது சரியாகச் சக்தி மட்டங்களுக்கிடையில் உள்ள சக்தி வேறுபாடாகும்.

இது இவ்வாறு கொடுக்கப்படும்

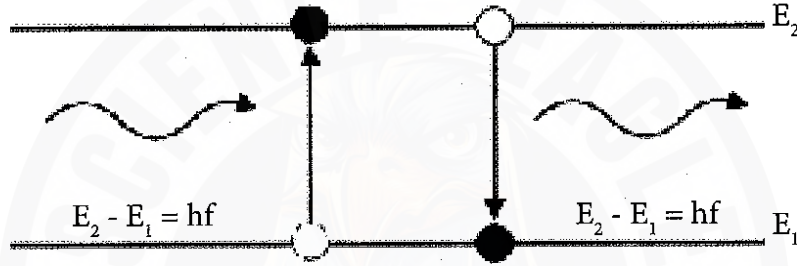
$$\Delta E = E_2 - E_1 = hf$$

இங்கு  $h$  பிளாங்கின் மாறிலி,  $f$  உறிஞ்சப்பட்ட போட்டோனின் மீறண்

## 2. தன்னிச்சையான காலல் (Spontaneous Emission)

தரைநிலைச் சக்திமட்டம்  $E_1$ , இல் உள்ளதும், அருட்டப்பட்ட சக்திமட்டம்  $E_2$  ஐக் கொண்டது மான திரவியமொன்றின் இரு சக்தி மட்டங்களைக் கருதுக.

யாதாயினும் வழிகள் மூலம் (புற முதல்களிலிருந்து சக்தியை உறிஞ்சுவதன் மூலம்) அணுவொன்று தாழ் சக்தி மட்டம்  $E_1$  இலிருந்து உயர் சக்தி மட்டம்  $E_2$  இற்கு அருட்டப்படுகின்ற தென்க.

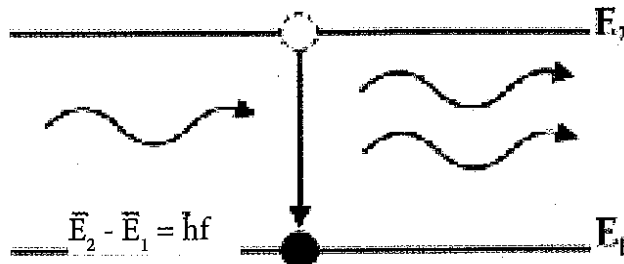


உரு 8.6

(உரு 8.6) அருட்டப்பட்ட இவ்வயுவானது அருட்டப்பட்ட சக்தி மட்டத்திலிருந்து தரைநிலை சக்தி மட்டத்துக்கு மீளவும் இறங்குவதன் மூலம் தனது மேலதிக சக்தியைக் காலும் நாட்டத்தைக் கொண்டிருக்கும். இவ்வாறு மீளவும் இறங்கும் செயன்முறையில் காலப்படும் மேலதிக சக்தியானது ஒளிப்போட்டன்கள் வடிவில் இது கொண்டிருந்த சக்தியாகும். வழமையாக இச்செயன்முறையானது எழுந்தமானமாக நடைபெறும். இக்கதிர்ப்பானது எல்லாத் திசைகளிலும் காலப்படுவதுடன் இது ஒருங்கிணைவும் அற்றதாகும். சாதாரண ஒளி முதல்களில் இச்செயன்முறை மூலமாகவே ஒளி காலப்படுகிறது. உயர்சக்தி மட்டம் ( $E_2$ ) இலிருந்து தாழ்சக்தி மட்டம் ( $E_1$ ) இற்கு அணுவானது சக்தித்தேய்வின்போது காலப்படும் போட்டன்களின் சக்தி  $\Delta E$  ஆனது

$\Delta E = E_2 - E_1 = hf$  என்பதால் தரப்படும். இங்கு  $h$  பிளாங்கின் மாறிலி,  $f$  உறிஞ்சப்பட்ட போட்டோனின் மீறணுமாகும்.

## 3. தூண்டிய காலல் Stimulated Emission



உரு 8.7

எவ்வாறாயினும் அருட்டப்பட்ட அணுவொன்றின் சக்திக்குச் ( $E_2 - E_1$ ) செப்பமாகச் சமனான சக்தியைக் கொண்ட வேறொரு போட்டன் இவ்வருட்டப்பட்ட அணுவை அணுகுமாயின் அவ்வணுவின் உயர் சக்தி மட்டத்திலுள்ள  $E_2$  இலத்திரனானது தாழ்சக்திமட்டத்துக்குச் செல்வதற்குத் தூண்டப்படுவதால் மற்றொரு போட்டனும் காலப்படுகிறது. இது தூண்டப்பட்ட போட்டன் எனப்படும்.

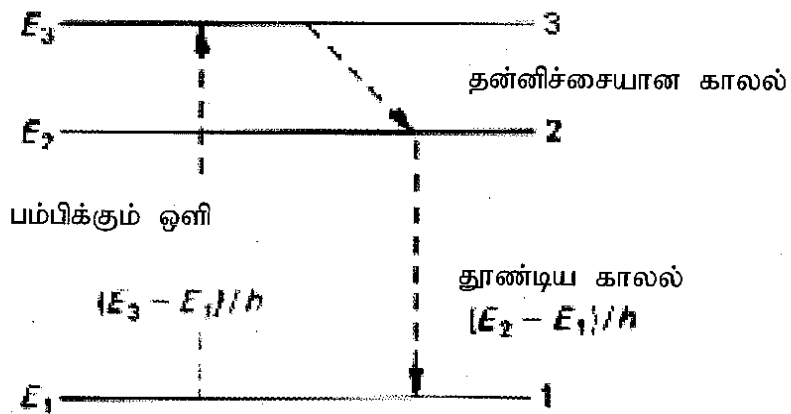
தூண்டப்பட்ட போட்டனானது இதைத் தூண்டிய போட்டனின் திசையிலும், அதிர்வெண்ணிலும், ஒரே அவத்தையிலும் காணப்படுவது குறிப்பிடத்தக்கதாகும். மேலும் தூண்டிய போட்டனும் இதன்போது பாதிப்படைவதில்லை. தூண்டிய போட்டனின் சக்தியும்  $\Delta E = E_2 - E_1 = hf$  என்பதாலேயே தரப்படும்.

லேசர் ஒன்றில் தூண்டிய காலலானது தன்னிச்சையான காலலை விஞ்சுமாறு ஒழுங்கமைக்கப்படும். இதனை அடைவதற்காகத் தாழ்மட்டத்தைவிட உயர் மட்டத்தில் அதிகளவு இலத்திரன்களைக் கொண்டிருத்தல் கட்டாயமானதாகும். இத்தகைய நிபந்தனையானது 'நேர்மாறு நெரிசல்' (Inverted population) எனப்படும். இது இயல்பான நிலைக்கு நேர்மாறானதாகக் காணப்படும் ஒன்று ஒளி விரியலாக்கத்துக்கு இது மிக அத்தியாவசியமானது. வழமையான சந்தர்ப்பத்தில் ஒளியானது திரவியமொன்றினூடாகச் செல்லும்போது அதன் செறிவு குறைக்கப்படும். எனினும் லேசர் திரவியமொன்றில் ஒளியின் செறிவு அதிகரிக்கச் செய்யப்படுகிறது.

நேர்மாறு நெரிசலை உருவாக்கும் ஓர் முறையாக ஒளியியல் பம்பித்தல் (Optical pumping) அறியப்படுவதுடன், ஒளியால் துலக்கமடையக்கூடிய லேசர் திரவியங்களையும் கொண்டுள்ளது.  $E_2$  பெரிது  $E_1$  என்ற நிலையில்  $E_1 E_2$  என்ற இரு சக்தி மட்டங்களைக் கருதுக.  $(E_2 - E_1)/h$ , என்ற மீடறையில் போட்டோன்களை, பம்பிக்கும் கதிர் வீசல் கொண்டிருக்குமானால், போட்டோன் உறிஞ்சல் 2ம் மட்டத்திற்கு உயர்த்தப்படும். எதிர்பாராத நிலையில், 2ம் மட்டத்தில் வேகமாக இலத்திரன் நெரிசல் அதிகரிக்கத் தொடங்கினால், பம்பிக்கும் கதிர்வீசலானது ஊக்கியகாலாலை 2ம் மட்டத்திலிருந்து 1ம் மட்டத்திற்குத் தூண்டும். அது சரியான மீடறனாவதுடன் மேலும் உருவாக்க மடைதல் நடைபெறாது.

உரு 8.8 மூன்று மட்டத்தொகுதி ஒன்றில் பம்பிக்கும் கதிர் வீசல் மீடறன் சக்தி இலிருந்து மட்டம் 3ற்கு இலத்திரன்களை உயர்த்துவதால், அதிலிருந்து அவை தன்னிச்சையான காலாலினால் 2ம் மட்டத்திற்குப் பாய்கின்றன. 2ம் மட்டத்தில் நீண்ட காலம் இலத்திரன்கள் இருக்குமானால், 2ம் மட்டத்திற்கும் 1ம் மட்டத்திற்குமிடையே ஓர் தலைக்கீழ் நெரிசல் ஏற்படலாம். 2ம் மட்டத்திலிருந்து 1ம் மட்டம் நோக்கிய இலத்திரன் பாய்ச்சலால் ஏற்படும் தன்னிச்சையான போட்டோன் காலால், தொடர்ச்சியான போட்டோன்கள் வெளியேறுகின்றன. லேசர் தாக்கமானது இவ்வாறு 2ம் 1ம் மட்டங்களிடையே ஏற்படுகின்றது. அத்துடன் பம்பிக்கும் கதிர் வீசல் ஆனது ஊக்கிய கதிர் வீசலிலும் பார்க்க வித்தியாசமான மீடறனைக் கொண்டுள்ளது.

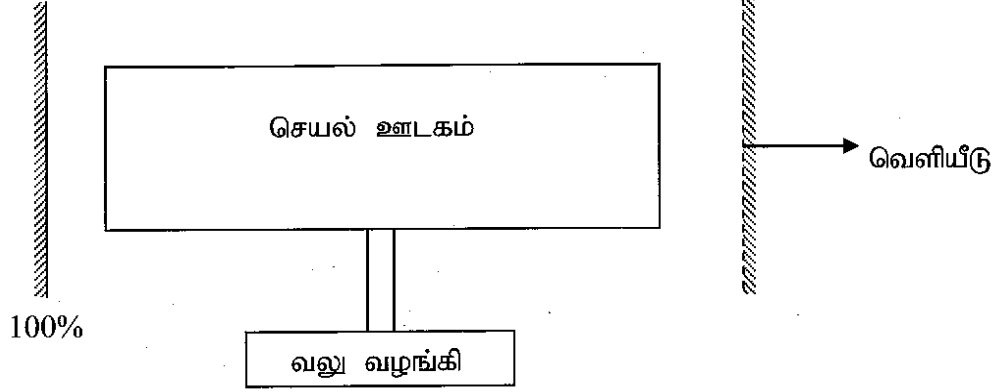
### நடைமுறை லேசர்



உரு 8.8 - மூன்றுமட்ட லேசரின் செயற்பாடு



நடைமுறை லேசர் ஒழுங்கமைப்பொன்று மூன்று பிரதான கூறுகளை உரு 8.9. இல் காட்டப் பட்டவாறு கொண்டிருக்கும்.



உரு 8.9

போட்டோன் கற்றை ஒன்றைப் பிறப்பிக்கக்கூடிய வகையில் அமைந்த தேவையான அணுக்களை (அல்லது மூலக்கூறுகளை) கொண்டிருக்கும் செயல் ஊடகம் அல்லது திரவிய ஊடகம் அடிப்படைத் தேவையாகும். இதனுடன் இவ் ஊடகத்திலுள்ள அணுக்களை (அல்லது மூலக்கூறுகளை) உயர் சக்தி மட்டங்களுக்கு அருட்டுவதற்குத் தேவையான சக்தியை வழங்குவதற்கு வலு வழங்கி ஒன்றும், மற்றும் இப்பரிசோதனை ஒழுங்கமைப்பில் இருந்து ஒருங்கிணைவான போட்டோன்களை உருவாக்கம் செய்தலிற்கு பின்னூட்டலை வழங்கத்தக்க பரியி (resonator) யும் தேவைப்படும். இப்பரியி ஆனது உயர் தெறிப்புடை (100%) ஆடி ஒன்றையும் மற்றும் சற்றுக் குறைவான தெறிவுடைய (90% - 95%) ஆடியுமாக இரு ஆடிகளைக் கொண்டுள்ளது.

நடைமுறை லேசர் ஒன்றில் ஆரம்பத்தில் வலுவழங்கியின் ஆளி இடப்படலானது ஊடகத்திற்குச் சக்தியை வழங்கும். இச்சக்தியானது உறிஞ்சல் செயல்முறையினூடாக ஊடகத்தின் தரை நிலை அணுக்களை அவற்றின் அருட்டப்பட்ட நிலைகளுக்குப் பம்பிக்கச் செய்யும். உரு 8.10(a) ஆனது இதனை விளக்குகிறது.

அருட்டப்பட்ட நிலையில் அதிக எண்ணிக்கையான அணுக்கள் காணப்படும் சந்தர்ப்பத்தில் இவை வலு முதலில் இருந்து உருவாக்கப்படும் போட்டன்களுடன் இடைத்தாக்கமுறும் நாட்டத் தைக் கொண்டிருக்கும். இப்போட்டோன்கள் அருட்டப்பட்ட அணுக்களை இடம்பெயரச்செய்து மீளவும் தரைநிலைகளுக்குச் செல்லத் தூண்டுவதுடன் போட்டன்களையும் காலல் செய்யும் (தூண்டிய காலல்) இத்தூண்டப்பட்ட போட்டன்களும் அவற்றைத் தூண்டிய போட்டன்களுடன் ஒரே அவத்தையில் காணப்படும். இது உரு 8.10(b) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இத்தூண்டிய காலல் செயல்முறை நடைபெறும் அதேவேளையில் சிறிதளவு அருட்டப்பட்ட அணுக்கள் தமது மேலதிக சக்தியைத் தன்னிச்சையான முறையிலும் காலல் செய்யும் நாட்டத்தைக் கொண்டிருப்பதுடன் அவை போட்டன்களை விடுவித்து (தன்னிச்சையான காலல்) மீளவும் தரை நிலையை அடையும். இதன்காரணமாகத் தூண்டிய காலலினால் உருவாகிய போட்டன்களுடன், அச்சுடன் சாய்வான திசையில் இயங்குகின்றன தன்னிச்சையான காலல் மூலம் உருவாகும் போட்டன்களும் காணப்படும். இத்தகைய போட்டன்கள் பிரதான கற்றைக்கு எதுவித பங்களிப்பையும் ஆற்றாதிருப்பதுடன் கற்றையிலிருந்து இழக்கப்படுகின்றன.



தூண்டிய காலல் மூலமாக காலப்பட்ட போட்டன்களுடன் தூண்டிய போட்டன்களும் ஒரே அவத் தையில் அச்சின் வழியே பயணிக்கும்போது அவற்றின் பாதை வழியேயுள்ள அருட்டப்பட்ட அணுக்களுடன் மேலும் இடைத்தாக்கமடைந்திருப்பின் ஒன்றுக்கொன்று ஒத்த அவத்தையிலுள்ள போட்டன்களின் அருவி உருவாக்கமடையும். இச்செயற்பாடானது இவ்வருவியானது யாதாயினுமொரு முனை ஆடிப் பரியியை அடையும் வரையில் நடைபெறும் (உரு 8.10) இம்முனையில் போட்டன்களில் கற்றையானது செயலூடகத்திற்குள் தெறிப்படைந்து பின் மீண்டும் அச்சின் வழியே ஒன்றுக்கொன்று ஒரே அவத்தையில் இயங்கும்.

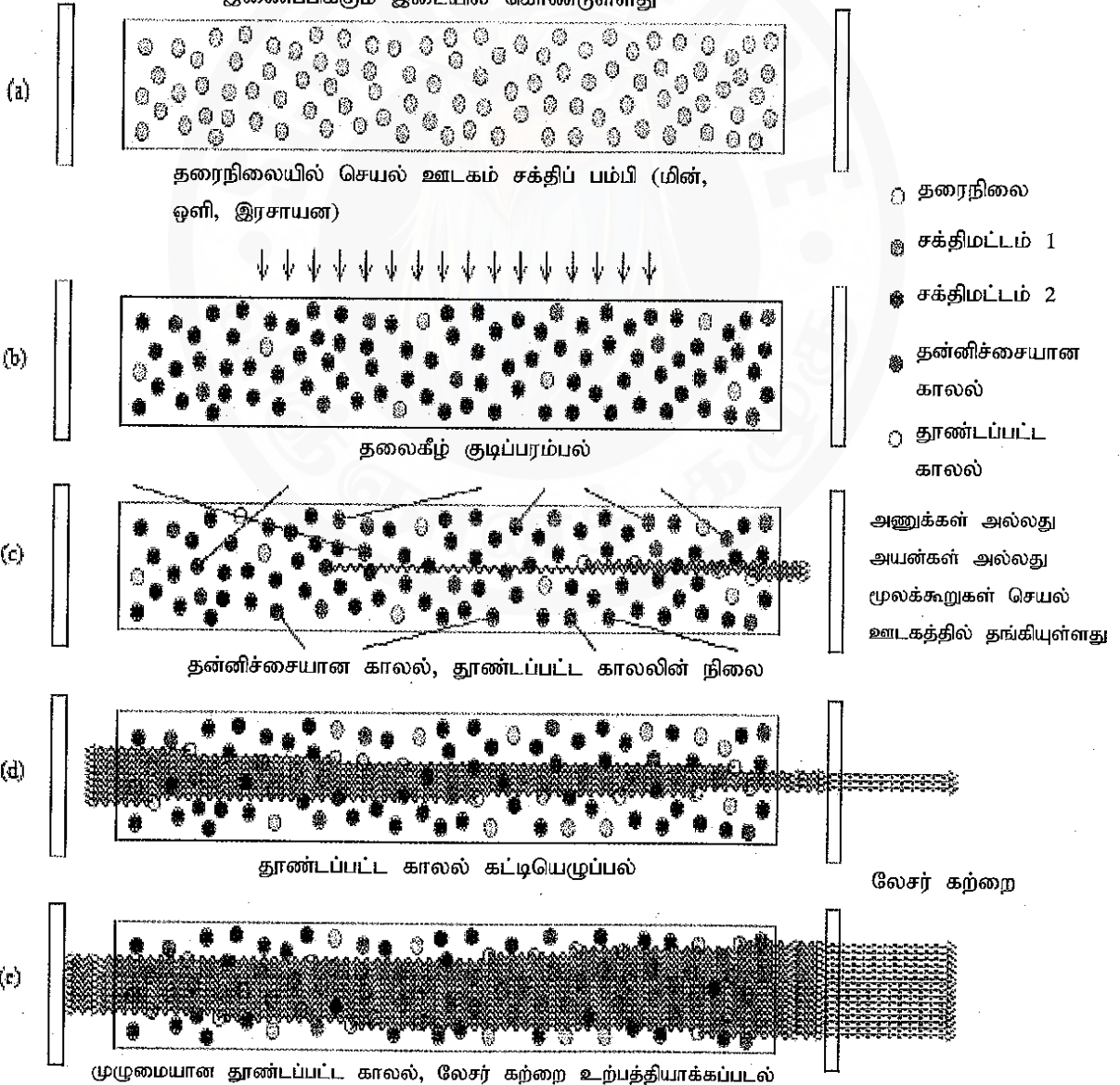
போட்டன்களின் இவ்வாடிப் பரியிகளில் தெறிப்புற்று நடைபெறும் முன்பின்னான இயக்கம் காரணமாகப் போட்டன்களை ஊடகத்தைப் பல தடவைகள் கடப்பதனால் மேலும் மேலும் அருட்டப்பட்ட அணுக்களைப் போட்டனைக் காலுவதற்குத் தூண்டும். இதன் விளைவாக உருவாகும் ஒளியின் செறிவானது பகுதித் தெறிப்படையச்செய்யும் ஆடியினூடு வெளியேற்றுவதற்குப் போதுமானதாயுள்ள போது ஒத்த அவத்தையிலுள்ள மிக உயர் வலுவூடைய ஒளிக்கற்றை வெளியேறும் (உரு 8.10 (c))

உயர் தெறியி

(முற்றாக தெறிப்படைதல்)

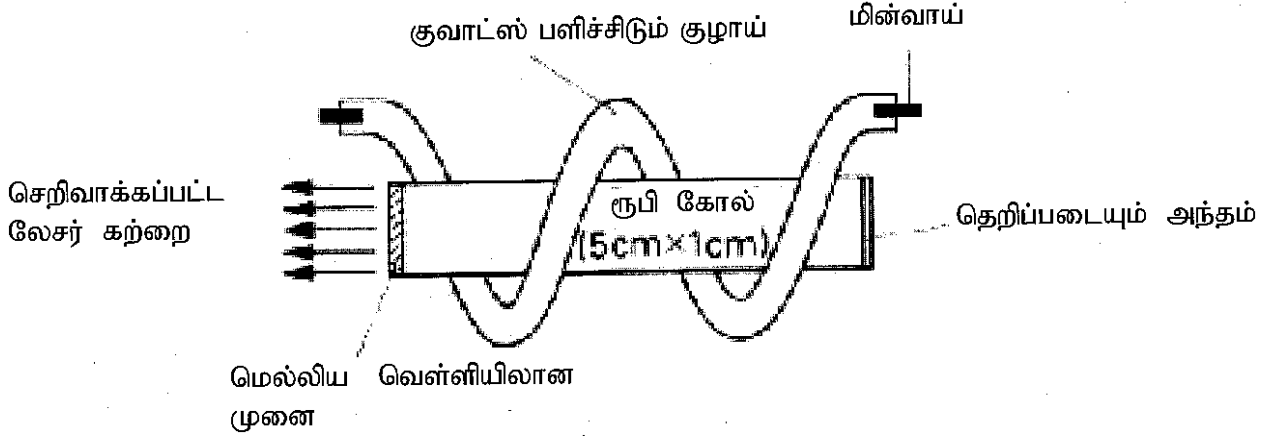
லேசர் பரிவி செயல் ஊடகத்தினை (வாயு, திரவம், திண்மம்) உயர் தெறியியிக்கும் வெளி இணைப்பிக்கும் இடையில் கொண்டுள்ளது

வெளி இணைப்பி (பகுதியாகத் தெறிப்படைதல்)



உரு 8.10

## ரூபி லேசர்



உரு 8.11 ரூபி லேசர்

ரூபி லேசரின் தோற்றுவாயானது ஒளியியலில் லேசர் வரலாற்றை வலுப்படுத்தியிருந்ததுடன் இத்துறை சார்ந்த செயற்பாடுகளையும் மேம்படுத்தியிருந்தது. லேசரில் பல திரவியங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ரூபி கோல் லேசரில், சிறியளவு குறோமியத்தைத் திரவியமாகக் கொண்ட தொகுக்கப்பட்ட அலுமினியம் ஓட்சைட்டுப் பளிங்கு காணப்படுகின்றது. இது ஒரு 3 மட்ட லேசர் வகையாகும். இதன் மட்டம் 3 மிக நெருக்கமான சக்தி மட்டங்களின் பட்டையைக் கொண்டுள்ளது. பம்பிக்கும் கதிர் வீச்சானது, பளிச்சீட்டுக் குழாயிலிருந்து (உரு 8.11) மஞ்சள் - பச்சை ஒளியுள்ள செறிவான பளிச்சீட்டினால் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றது. 1ம் மட்டத்திலிருந்து (தள மட்டம்) பட்டையின் ஏதாவது ஒரு மட்டத்திற்கு இலத்திரன்கள் உயர்கின்றன. அங்கிருந்து அவை தன்னிச்சையாக (metastable) மீயுறுதி மட்டம் 2 இனுள்ளே பாய்கின்றன. இவ்விலத்திரன்கள் சக்திப் பட்டையில்  $10^8$  செக்கனுடன் ஒப்பிடுகையில் கிட்டத்தட்ட 1 மில்லி செக்கன் வரை நிலைத்திருக்க முடியும். ஒரு முழுத் தெறிப்பியாகச் செயற்படும் வகையில் ரூபி கோலின் ஒரு முனை வெள்ளி பூசப்பட்டுள்ளது. அதேவேளை மறுமுனை மெல்லியதாக வெள்ளியாக்கப்பட்டு பகுதி ஊடுகடத்தலுக்கு அனுமதிக்கின்றது. தூண்டிய ஒளி போட்டோன் கோல் மீது அங்குமிங்குமாகத் தெறிப்படைந்து செறிவான கற்றையை உற்பத்தி செய்கின்றது. அக்கற்றையின் ஒரு பகுதி ஓரளவு வெள்ளியாக்கப்பட்ட முனையிலிருந்து பயனுள்ள லேசர் கதிர் வீச்சாக வெளிவருகின்றது.

## ஹீலியம் நேயன் லேசர்

1960 ஆம் ஆண்டின் இறுதியில் நியூ ஜேர்சி இலுள்ள பெல் தொலைபேசி ஆய்வுகூடத்தில் அலி ஜவான் என்பவராலும் அவருடன் இணைந்த பணியாளர்களாலும், He, Ne என்பவற்றைக் கொண்ட வாயுக்கலவையொன்றிலிருந்து மின்னிறக்கம் மூலமாக ஒருங்கிணைவு இயல்புடைய கதிர்ப்பு அவதானிக்கப்பட்டது.

இந்த லேசர் ஹீலியம் நேயன் கலவையைப் பயன்படுத்துகின்றது. ரூபி லேசர் கற்றையானது ஒளியின் குறுகிய துடிப்புகளைக் காவுகின்றது. அதேவேளையில் ஹீலியம் நேயன் லேசர் தொடர்ந்து தொழிற்பட்டுக் குறைந்தளவான ஒளிக்கற்றையை உற்பத்தியாகின்றது. ஒவ்வொரு முனைகளிலும் தட்டையான தளவாடியுள்ள நீண்ட படிக்க குழாயுள் வாயு காணப்படுவது ஒரு வகையாகும். பளிச்சீட்டுக் குழாய்க்குப் பதிலாக, 28 MHz ரேடியோ மீடறன் பிறப்பாக்கியினால் பம்பிங் செய்யப்படுகின்றது. வாயுவில் உள்ள மின் இறக்கமானது உயர் சக்தி மட்டத்திற்கு நேயன் அணுக்களை அருட்டி நேயன் அணுக்களின் நேர்மாறு நெரிசலை உற்பத்தி செய்கின்றது. அவை தாழ் மட்டத்திற்குப் பாய்வதற்குத் தூண்டப்பட்ட போது கதிர் வீச்சானது இதிலிருந்து காலப்படுகின்றது.

## லேசரின் பிரயோகங்கள்

### கைத்தொழிலில் லேசர் (Lasers in Industry)

லேசர் தொகுதிகள் மிகவும் பரந்த வீச்சினுள் உள்ளடக்கப்படும் பல்வேறு வகைப்பட்ட வலு தொடர்பான ஆற்றல்களை ஏற்கனவே சந்தையில் கொண்டுள்ளன.

உலகளாவிய கைத்தொழிற்கூடங்களில் துளையிடல், வெட்டுதல் காய்ச்சியொட்டுதல் மற்றும் குறை கடத்தி உற்பத்தியாக்கம் போன்ற உயர்சக்தித் தேவைப்பாடுகளுடைய வேலைகளில் லேசரானது பிரயோகிக்கப்படுகின்றன. இவ்வொவ்வொரு வகையான பிரயோகத்திலும் சக்தி, வலு, அலை நீளம், கற்றையின் புறவரைப்பு போன்ற தனித்துவமான பரிமாணங்களில் தங்கியுள்ளது 10  $\mu\text{m}$  காபனி ரொட்சைட்டு லேசரானது மிகப்பரந்தளவுப் பாவனையைக் கொண்டதும் முன்னணியிலுள்ளதுமான லேசராகும். இதனையொத்த திண்மநிலை லேசராக 1.06  $\mu\text{m}$  இல் ஒருங்கிணைவு ஒளியைப் பிறப்பிக்கும் Nd YAG லேசரானது காணப்படுகிறது. இதன் குறுகிய அலைநீளமானது உலோகங்களை உடனடியாக உறிஞ்சலை சாத்தியமாக்குவதால் இலத்திரனியல் ஓட்டு வேலைகள், ஓரிடத்துக் காய்ச்சியிணைத்தல் நுண்துளையுருவாக்கம் போன்ற தேவைகளில் மிக விரும்பப்படுவதாகும். லேசரையும் ரோபோவையும் சேர்மானமாகக் கொண்ட 'Combo' என அழைக்கப்படும். இயந்திரமானது கைத்தொழில் நிறுவனங்களை ஆக்கிரமித்துள்ளமையும் பல நிறுவனங்களது தற்போதைய பயன்பாட்டில் இது இருப்பதும் குறிப்பிடத்தக்கதாகும். 'Makerarm' என்னும் உபகரணமானது மிக அண்மைக்காலத்தில் உருவாக்கப்பட்ட லேசர் - ரோபோ சேர்மானத்துக்குச் சிறந்த உதாரணமாகும்.

இது ரோபோ மூலமான வெட்டுதல், 3D அச்சுப்பதிப்பு, வர்ணப்பூசல் புனைவுச் செயற்பாடு (fabrication) கூட்டிணைத்தல் (Assembler) போன்ற எல்லாத் தொழிற்பாடுகளையும் ஒரே இயந்திரத்திலேயே செய்துமுடிக்கும் ஆற்றலைக் கொண்டது.

### மருத்துவத்தில் லேசர் (Lasers in Medicine)

மிக உயர் உறுதிப்பாட்டைக்கொண்ட லேசர் அலையங்களைப் (Laser oscillators) பயன்படுத்தும் உபகரணங்கள் நோய்க்குச் சிகிச்சை வழங்குகின்ற ஏறத்தாழ எல்லாச் சந்தர்ப்பங்களிலும் சத்திர சிகிச்சை நிபுணர்களால் பயன்படுத்தப்படுகின்றன மிக அண்மைக்கால உதாரணமாக மனிதக் கண்ணினது விழித்திரையில் ஏற்பட்ட வேறாக்கிய விழித்திரையை (detach retina) சீர் செய்வதற்காகத் தாழ் சக்தியைக் கொண்ட ரூபி லேசர் பயன்படுத்தப்படுகின்றமையைக் குறிப்பிடலாம். இங்கு பாதிக்கப்பட்ட விழித்திரையானது சில சில இடைவெளியைக் கொண்ட ஏனைய இழையங்களுக்கு எதுவித பாதிப்பும் ஏற்படாதவாறு ஓரிடத்து இணைத்தல் (spot welded) மூலம் மீள இணைக்கப்படுகிறது.

மூளை மற்றும் முள்ளந்தண்டு தொடர்பான சத்திர சிகிச்சைகளை வினைத்திறனுடன் மேற்கொள்வதற்கு லேசரின் பிரயோகமானது மிகவும் சிறந்த வழிகளில் ஒன்றாகும். லேசர் கற்றையானது வெட்டும் கருவிபோன்று தொழிற்படுவதுடன் சிகிச்சையின்போது வெளியேறக்கூடிய இரத்தப் பெருக்கையும் இழிவாக்குகிறது.

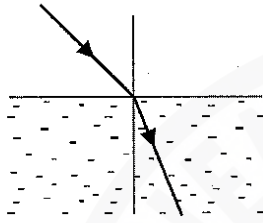
ஒளிக்கதிர்வீச்சு சிகிச்சையானது லேசர் ஒளியையும் புற்றுநோய் இழைய உணர்வாக்கியையும் (Cancer tissue sensitizer) ஒன்றிணைத்து நடைபெறும் செயன்முறையாகும். இங்கு உணர்வாக்கியானது சிவப்பு ஆகன் லேசர் ஒளிக்கு முகம் கொடுக்கும்போது அதி தாக்குதிறனுடைய இரசாயனங்களை உற்பத்தி செய்து நோயாளியின் புற்றுநோய்க்கலங்களை அழிக்கும். இத்தொழிற்பாடுமானது புற்றுநோயைக் கண்டறிதல் (diagnose) தொடர்பான பிரயோகங்களிலும் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இதன்போது வெவ்வேறு புளோரொளிர்வு நிறமூட்டிகளும் நீல ஒளியைக் காலும் கிரிப்தன் லேசர் அலகிடல் ஆகியன ஈடுபடுத்தப்படுகின்றன.

## அத்தியாயம் - 9

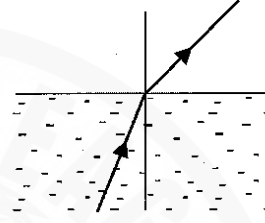
## கேத்திரகணித ஒளியியல்

## ஒளிமுறிவு

சுயதீன வெளியில் அல்லது வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம் அண்ணளவாக  $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$  ஆகக் கொள்ளப்படும். ஆயினும் கண்ணாடி அல்லது நீர் போன்ற ஒளிபுகும் ஊடகத்தினுள் ஒளிசெல்லும் போது அவ்வூடகங்களில் ஒளியின் வேகத்தில் மாற்றம் ஏற்படும் அதே நேரத்தில் அலைநீளத்தில் மாற்றம் ஏற்படும். இம் மாற்றத்தினால் ஒளிக்கதிர்கள் இவ்வூடகங்களினூடு செல்லும் போது அவற்றின் திசையில் விலகல் ஏற்படுகின்றது. ஒரு ஒளிபுகும் ஊடகத்திலிருந்து வேறு ஒரு ஒளிபுகும் ஊடகத்திற்கு ஒளிக்கதிர்கள் செல்லும் போது அவற்றின் திசையில் ஏற்படும் மாற்றம் அல்லது விலகல் ஒளிமுறிவு எனப்படும்.



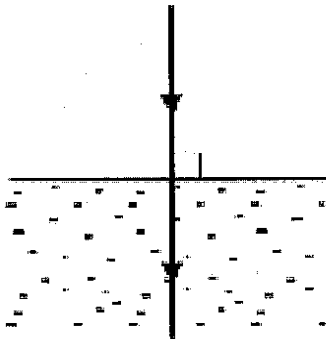
உரு 9.1



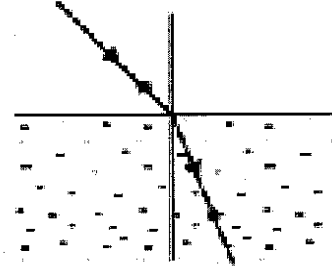
உரு 9.2

ஒளியானது வளியிலிருந்து கண்ணாடி போன்ற ஊடகத்தினுள் இரண்டு ஊடகங்களையும் பிரிக்கும் மேற்பரப்பில் கதிர் முறிவடைகின்றது, அல்லது படு புள்ளியில் வரையப்பட்ட செவ்வனை நோக்கி விலகலடைகின்றது. (உரு 9.1)

ஒரு ஊடகத்திலுள்ள ஒளியின் வேகம் மற்றைய ஊடகத்திலுள்ள ஒளியின் வேகத்திலும் குறையுமாயின் அவ்வூடகமானது ஒளியால் அடர்ந்த ஊடகம் எனக் கருதப்படும். வளி சார்பாக ஒளியால் கண்ணாடி அடர்ந்த ஊடகமாகும். ஒளியானது அடர்ந்த ஊடகத்திலிருந்து ஐதான ஊடகத்திற்குச் செல்லும் போது கதிர் செவ்வனை விலத்தி முறிவடைகின்றது. அல்லது படுபுள்ளியிலுள்ள செவ்வனிலிருந்து விலத்தும் எனினும் படுகதிரான செவ்வன்வழியே செல்லுமாயின் எதுவித விலகலுமின்றி அதே திசையில் செல்லும். முறிகதிரின் திசையைப் புறமாற்றினால் கதிர் ஆரம்ப திசை வழியே செல்லும்.



உரு 9.3



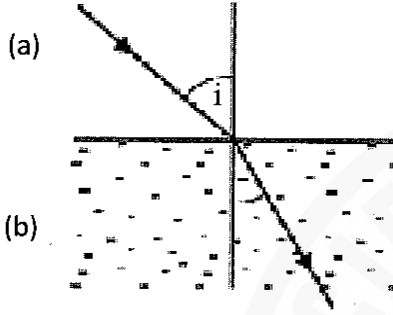
உரு 9.4



### ஒளிமுறிவு விதிகள்

1. படுகதிர், முறிகதிர், இடைமுகத்தில் உள்ள படுபுள்ளியிலுள்ள செவ்வன் ஆகியவை ஒரே தளத்திலிருக்கும்.
2. தரப்பட்ட இரண்டு ஊடகங்களினூடு செல்லும் குறித்த நிறத்தையுடைய எல்லாக் கதிரின் படுகோணத்தின் சைனிற்கும் முறிகோணத்தின் சைனிற்குமுள்ள விகிதம் மாறிலியாகும்.

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

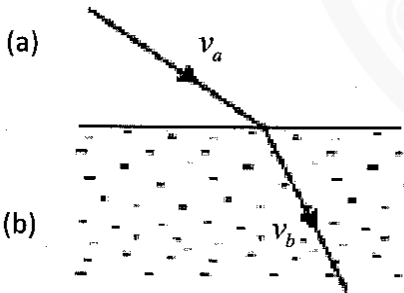


உரு 9.5

1. முதலாம் ஊடகம் (a) ஆனது வெற்றிடம் அல்லது வளியாயின் மேலுள்ள விகிதம் இரண்டாம் ஊடகத்தின் “தனிமுறிவுச்சுட்டி” எனப்படும்.
2. முதலாம் ஊடகம் வெற்றிடம் அல்லது வளி இல்லாவிட்டால், மேலுள்ள விகிதமானது முதலாம் ஊடகம் சார்பாக இரண்டாம் ஊடகத்தின் முறிவுச்சுட்டி எனப்படும்.

$${}_a n_b = \frac{\sin i}{\sin r}$$

முறிவுச்சுட்டியை இரண்டு ஊடகங்களில் ஒளியின் வேகங்கள் சார்பாகவும் அலைநீளம் சார்பாகவும் வெளிப்படுத்தலாம்.



உரு 9.6

$V_a, V_b$  என்பன, a, b என்ற ஊடகங்களில் முறையே ஒளியின் வேகங்களாயின்

$${}_a n_b = \frac{v_a}{v_b} = \frac{f \lambda_a}{f \lambda_b} = \frac{\lambda_a}{\lambda_b}$$



மேலுள்ள படத்தில் ஊடகம் (b) யிலிருந்து ஊடகம் (a)க்கு செல்லும் கதிர் ஒன்றைக் கருதுக.

$${}_b n_a = \frac{V_b}{V_a}$$

$$\therefore {}_b n_a = \frac{1}{{}_b n_a}$$

$$\text{உ + ம } \therefore {}_a n_g = \frac{3}{2} \quad \text{ஆயின் } {}_g n_a = \frac{1}{3/2} = \frac{2}{3}$$

ஒளிக்கதிரானது தரப்பட்ட மூன்று சமாந்தர ஊடகங்கள் a,b,c யினூடு சென்று மீண்டும் ஊடகம் I அடைவதாகக் கருதுக.

(a)  ${}_a n_b = \frac{v_a}{v_b}$

(b)  ${}_b n_c = \frac{v_b}{v_c}$

(c)  ${}_c n_a = \frac{v_c}{v_a}$

(a)  $\therefore {}_a n_b \times {}_b n_c \times {}_c n_a = \frac{v_a}{v_b} \times \frac{v_b}{v_c} \times \frac{v_c}{v_a} = 1$

${}_a n_b \times {}_b n_c = \frac{1}{{}_c n_a}$

${}_a n_c = {}_a n_b \times {}_b n_c$

${}_b n_c = \frac{1}{{}_a n_b \times {}_c n_a} = \frac{{}_a n_c}{{}_a n_b}$

${}_b n_c = \frac{{}_a n_c}{{}_a n_b}$

உரு 9.7

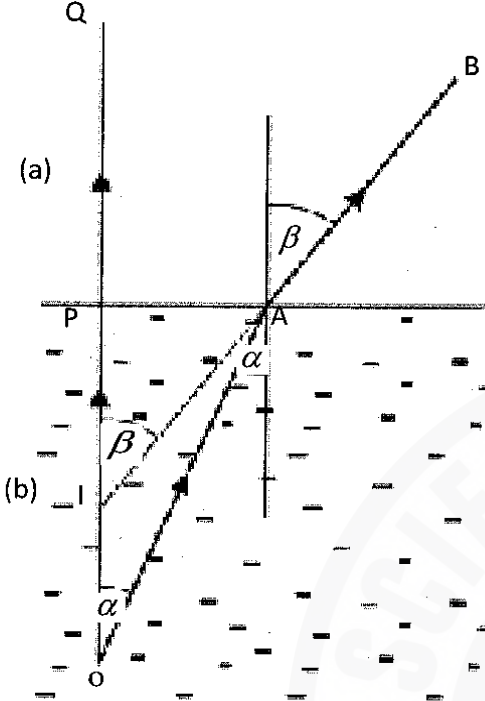
உதாரணம்

$${}_a n_g = \frac{3}{2}, \quad {}_a n_w = \frac{4}{3}$$

$$\therefore {}_w n_g = \frac{{}_a n_g}{{}_a n_w} = \frac{3/2}{4/3} = \frac{9}{8}$$

**முறிவினால் விம்பம் உண்டாதல்**

கண்ணாடி போன்ற செறிந்த ஊடகம் ஒன்றினுள் பொருள் O அமைந்துள்ளது. O விலிருந்து செல்லும் OA என்ற கதிர் AB வழியே செல்கின்றது. இடைமுகத்திற்குச் செங்குத்தாக செல்லும் OP என்ற வேறு ஒருகதிர் எது விதவிலகலுமின்றி PQ வழியே வளிபோன்ற ஐதான ஊடகத்தினுள் செல்கின்றது.



உரு 9.8

முறிவடைந்த கதிர்கள் PQ ஐயும் AB யையும் பெறும் கண்ணொன்றுக்குப் பொருள் O ஆனது I யிலிருப்பதாகத் தோற்றும். இங்கு I என்பது O வின் விம்பமாகும். (உரு 9.8)

ஊடகம் b யிலிருந்து ஊடகம் a க்கு செல்லும் ஒளிக்கதிருக்கு

$${}_b n_a = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

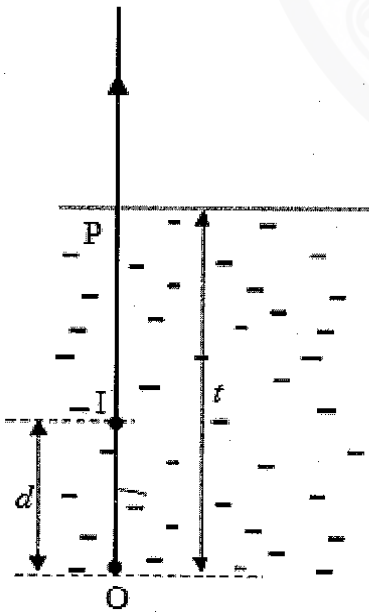
$$\therefore {}_a n_b = \frac{1}{{}_b n_a} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$$

$$= \frac{PA/IA}{PA/OA} = \frac{OA}{IA}$$

P க்கு நிலைக்குத்தாக மேலேயிருந்து அவதானிக்கும் கண்ணொன்றுக்கு A ஆனது P க்கு மிகவும் அண்மையிலிருக்கும்.

$\therefore OA \approx OP$  மற்றும்  $IA \approx IP$

$\therefore {}_a n_b = \frac{OP}{IP} = \frac{\text{உண்மை ஆழம்}}{\text{தோற்ற ஆழம்}}$



உரு 9.9

தோற்ற இடப்பெயர்ச்சி ஒளிமுறிவு காரணமாகப் பொருள் O ஆனது I க்கு இடம்பெயர்ந்துள்ளதாகத் தோன்றும்.

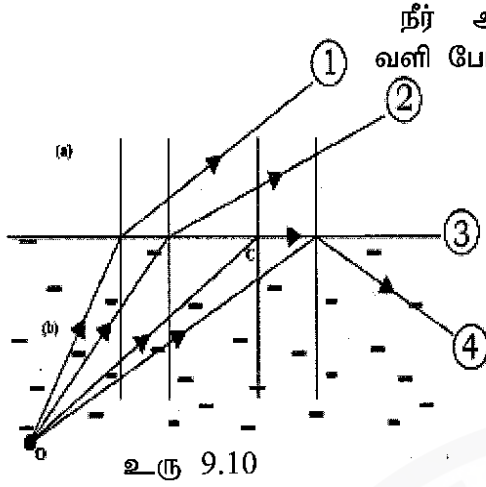
தோற்ற இடப்பெயர்ச்சி (d) = OI = OP - IP

$d = OP - \frac{OP}{{}_a n_b} = OP \left( 1 - \frac{1}{{}_a n_b} \right)$

$d = t \left( 1 - \frac{1}{{}_a n_b} \right)$

t தடிப்புள்ள சமாந்தரப் பக்கங்களையுடைய ஒளிபுகவிடும் குற்றியொன்றின் கீழ் பொருள் ஒன்று எந்த நிலையில் வைக்கப்பட்டாலும் குற்றியால் பொருளுக்குக் கொடுக்கப்படும் இடப்பெயர்ச்சி மேலுள்ளவாறேயிருக்கும்.

**முழு அகத்தெறிப்பு**



நீர் அல்லது கண்ணாடி செறிந்த ஊடகம் (b) யிலிருந்து வளி போன்ற ஐதான ஊடகம் (a) க்கு செல்லும் ஒளியைக் கருதுக.

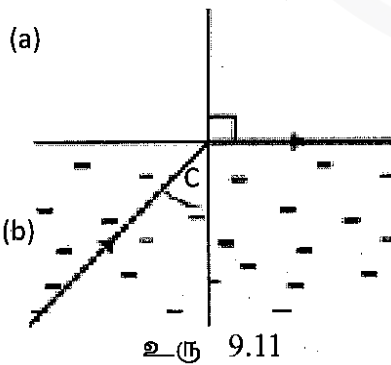
1. ஐதான ஊடகத்தையடையும் போது கதிரானது செவ்வனிலிருந்து விலத்தி இடைமுகத்தைநோக்கி வளையும்.
2. படுகோணத்தை அதிகரிக்கும் போது முறிகதிரானது மேலும் இடைமுகத்தை நோக்கி வளையும்.

3. மேலும் படுகோணத்தை அதிகரிக்க ஒரு நிலைமையில் கதிரானது இரண்டு ஊடகங்களையும் பிரிக்கும் இடைமுகத்தின் வழியே மருவிச் செல்லதுபோல் தோற்றும். இந்நிலைமையிலுள்ள படுகோணம் “அவதிக்கோணம்” எனப்படும்.
4. படுகோணம், அவதிக்கோணத்தை மீறுமிடத்து இடைமுகமானது ஆடிபோல் தொழிற்பட்டுச் செறிந்த ஊடகத்தினுள் கதிரை முற்றாகத் தெறிக்கும்.

(முழுவுட் தெறிப்பு நடைபெற முதல் பகுதித் தெறிப்பு நடைபெறுகின்றது என்பதைக் தெரிந்திருத்தல் வேண்டும்)

முழு அகத் தெறிப்பு நடைபெறுவதற்குரிய நிபந்தனைகள்

1. செறிந்த ஊடகத்திலிருந்து ஐதான ஊடகத்திற்கு ஒளி செல்லல் வேண்டும்.
2. படுகோணம் அவதிக் கோணத்தைக் கட்டாயம் மீறல் வேண்டும்.



ஒளியானது செறிந்த ஊடகம் (b) யிலிருந்து ஐதான ஊடகம் (a) க்குச் செல்லும் போதுள்ள அவதிக்கோண நிலைமையைக் கருதுக. (உரு 9.11)

$${}_b n_a = \frac{\sin c}{\sin 90^\circ} = \frac{\sin c}{1}$$

$$\therefore {}_a n_b = \frac{1}{\sin c}$$

1. தாங்கியொன்றின் அடிப்பாகம் 6cm தடிப்புள்ள கண்ணாடிப்பாளத்தினாலானது. முறிவுச் சுட்டி 3/2 தாங்கியானது 8cm ஆழத்திற்குத் தெளிவான நீரைக்கொண்டுள்ளது. நீரின் முறிவுச் சுட்டி 4/3. தாங்கிக்குமேல் வளியிலிருந்து அவதானிக்கும் ஒருவருக்குக் கண்ணாடியின் அடியிலுள்ள குறி ஒன்றின் தோற்ற இடப்பெயர்ச்சி யாது?

தீர்வு

அவதானி வளியிலிருந்து அவதானிப்பதால், கண்ணாடிப்பானத்தினாலான தோற்ற

இடப்பெயர்ச்சி

$$= 6 \left( 1 - \frac{1}{\frac{3}{2}} \right) = 6 \times \frac{1}{3} = 2 \text{ cm}$$

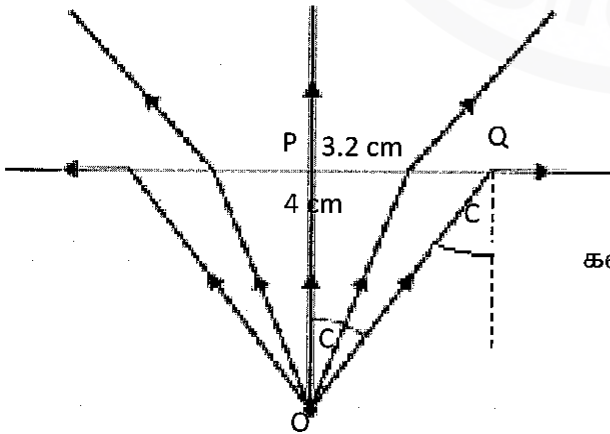
நீரினாலான தோற்ற இடப்பெயர்ச்சி

$$= 8 \left( 1 - \frac{1}{\frac{4}{3}} \right) = 8 \times \frac{1}{4} = 2 \text{ cm}$$

∴ மொத்தத் தோற்ற இடப்பெயர்ச்சி = 2 + 2 = 4 cm

2. 4cm தடிப்புள்ள கண்ணாடிப்பாளம் ஒன்றின் அடியில் ஒளிரும்புள்ளியொன்றுள்ளது. இப்புள்ளி முதலிலிருந்து வெளியேறும் ஒளியானது கண்ணாடிப்பாளத்தின் மேற்பரப்பை அவதிக் கோணத்தில் படும் வரை ஒளியூட்டி வெளியேறும். இக்கோணத்தை மீறும் கதிர்கள் 3.2cm ஆரையுடைய வட்டப் பொட்டை எல்லையாகக் கொண்டு முழு அகத் தெறிப்படையும். கண்ணாடியின் அவதிக் கோணம் யாது? இதிலிருந்து கண்ணாடியின் முறிவுச் சுட்டியைக் காண்க.

கண்ணாடியின் அவதிக் கோணம் C ஆயின்



உரு 9.12

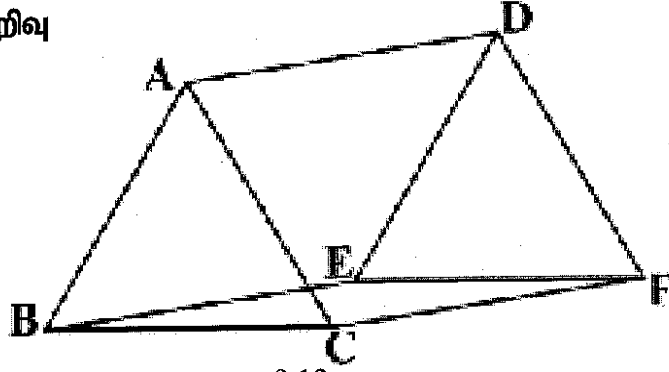
$$\tan c = \frac{3.2}{4.0} = \frac{32}{40} = \frac{4}{5} = 0.8000$$

$$\therefore c = \tan^{-1}(0.8000) = 38^{\circ}40'$$

கண்ணாடியின் முறிவுச் சுட்டி

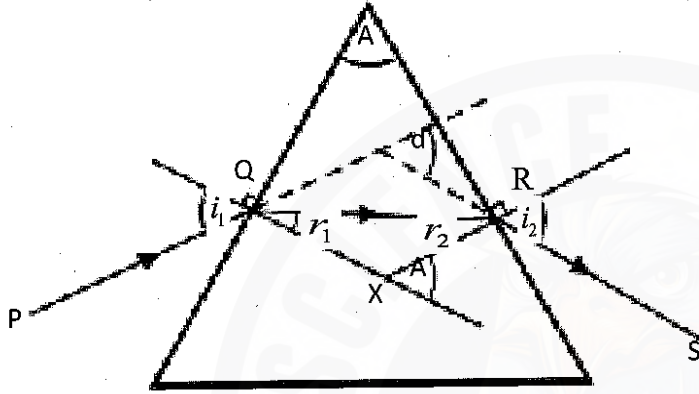
$$n = \frac{1}{\sin c} = \frac{1}{\sin(38^{\circ}40')} = 1.60$$

அரியத்தினூடு ஒளிமுறிவு



உரு 9.13

அரியமானது இரண்டு முக்கோண முகங்களினாலும் மூன்று செவ்வகமுகங்களினாலும் அடக்கப்பட்டது. ABC போன்ற முக்கோணப்பகுதி அரியத்தின் தலைமைப்பகுதி எனப்படும். A என்பது முறிவுக் கோணம் அல்லது அரியக்கோணம் எனப்படும்.



உரு 9.14

PQRS என்பது கண்ணாடி போன்ற ஒளிபுகும் ஊடகத்தினாலான அரியம் ஒன்றினூடு செல்லும் ஒளிக்கதிர்ஒன்றின் பாதையாகும். புள்ளி Q வில் ஒளிக்கதிரானது செறிந்த ஊடகத்தினுள் செல்வதால் செவ்வனை நோக்கி முறிவடைகின்றது. புள்ளி R இல் செறிந்த ஊடகத்திலிருந்து ஐதான ஊடகத்தினுள் செல்வதால் செவ்வனை விலகிமுறிகின்றது. படுகதிர் PQக்கும் வெளிப்படுகதிர் RSக்கும் இடைப்பட்ட கோணம் d, விலகல் கோணமாகும்.

$i_1, i_2, r_1, r_2$  ஆகிய கோணங்கள் மேலே காட்டப்பட்டுள்ளது. A என்பது அரியத்தின் முறி கோணம். கேத்திரகணிதத்தைப் பயன்படுத்திப் பின்வருமாறு.

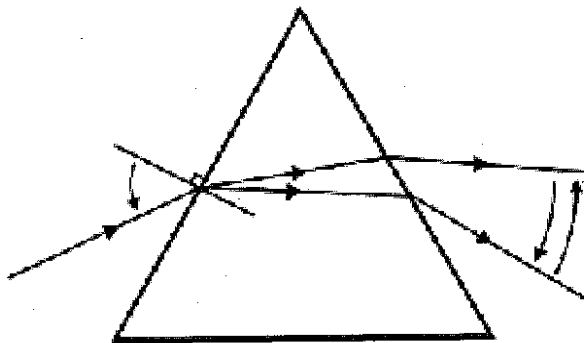
$$r_1 + r_2 = A \dots\dots\dots 9.1$$

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

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

$$i_1 + i_2 - A = d$$

$$\therefore i_1 + i_2 = A + d \dots\dots\dots 9.2$$

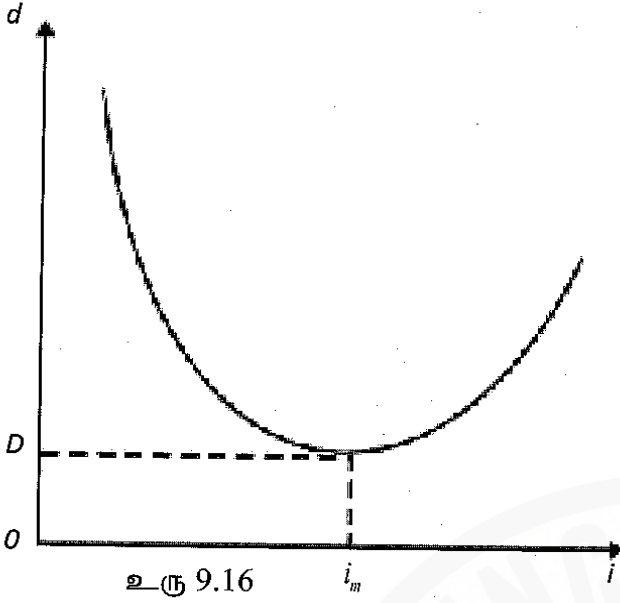


உரு 9.15

படுகோணத்தைச் சிறிய பெறுமானத்திலிருந்து ஆரம்பித்துப் படிப்படியாக அதிகரிக்கும் பொழுது வெளிப்படு கதிரானது விலகல் கோணத்தைக் குறைக்கக் கூடியதான திசையில் இயங்கும் எனக் காட்டலாம். அதன்பின் விலகல் கோணம் இழிவாகும் நிலையை அடைந்தபின் விலகல் கோணம் அதிகரிக்கக் கூடிய திசையில் இயங்கும்.



படுகோணம் ( $i_1$ ) எதிர் விலகல் கோணம் ( $d$ ) வரைபானது உரு 9.16 இலுள்ளது போல் பெறப்படும்.



வரைபானது இழிவு விலகல் உண்டு என்பதைக் காட்டுகிறது. இழிவு விலகல் நிலையில் கதிரானது அரியத்தினூடு சமச்சீராகச் செல்கிறது.

$$i_1 = i_2 = i \text{ மற்றும் } r_1 = r_2 = r$$

$$\therefore 2r = A$$

$$r = \frac{A}{2}$$

$$2i = A + D$$

$$i = \frac{A + D}{2}$$

எனவே அரியத்திரவியத்தின் முறிவுச்சுட்டி

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

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

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணம்

1.50 முறிவுச்சுட்டியைக் கொண்ட கண்ணாடியினால் செய்யப்பட்ட அரியக்கோணம்  $60^\circ$ . இழிவுவிலகல் கோணத்தைக் காண்க.

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

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A + D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{60}{2}\right)} = \frac{\sin\left(\frac{A + D}{2}\right)}{0.5}$$

$$\sin\left(\frac{A + D}{2}\right) = 1.50 \times 0.5 = 0.75$$

$$\frac{A + D}{2} = \sin^{-1}(0.75) = 48^\circ 35'$$

$$D = 2 \times 48^\circ 35' - A$$

$$= 97^\circ 10' - 60^\circ$$

$$D = 37^\circ 10'$$

**அரியம் ஒன்றினால் ஏற்படுத்தப்படும் ஒளிக்கதிர்களின் விலகல்**

கண்ணாடியின் முறிவுச்சுட்டி அண்ணளவாக  
 $n = 1.50$  என எடுப்பின்

அவதிக்கோணம்  $C = \text{Sin}^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) = \text{Sin}^{-1}\left(\frac{1}{1.50}\right)$

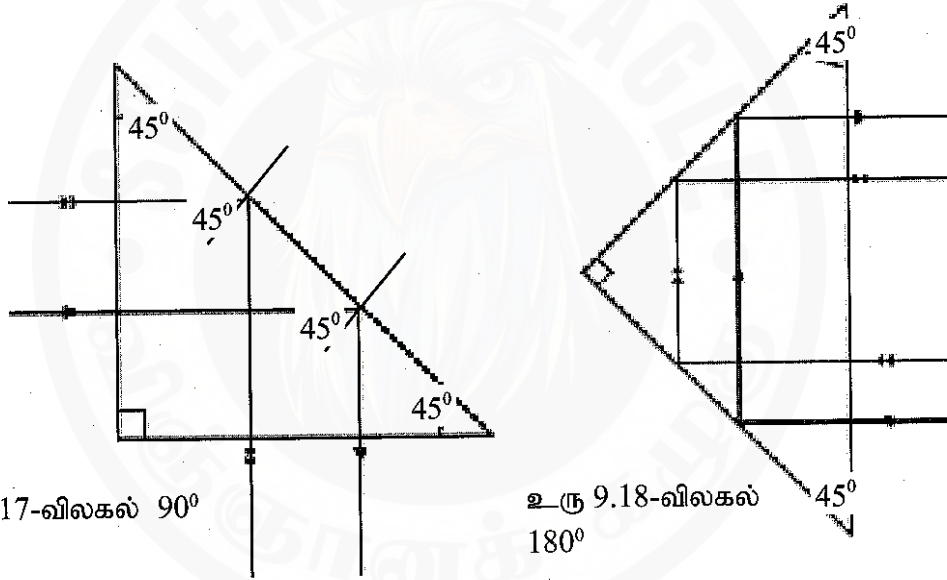
$C = \text{Sin}^{-1}(0.667)$

$C = 42^\circ$

ஆகவே ஒளிக்கதிரொன்று கண்ணாடி வளி இடை முகத்தில்  $42^\circ$ யிலும் கூடிய கோணத்தில் படி அக்கதிர் முழு அகத்தெறிப்படையும்.

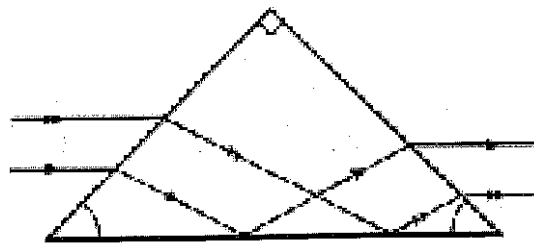
மேற்கூறப்பட்ட இந்த உண்மையை பயன்படுத்தி, இருசமபக்க செங்கோண அரியத்தினால் கீழ்வரும் விலகல்களை ஏற்படுத்தலாம்.

- (1)  $90^\circ$  யினூடு விலகல் (2)  $180^\circ$  யினூடு விலகல் (3)  $360^\circ$  யினூடு விலகல்



உரு 9.17-விலகல்  $90^\circ$

உரு 9.18-விலகல்  $180^\circ$

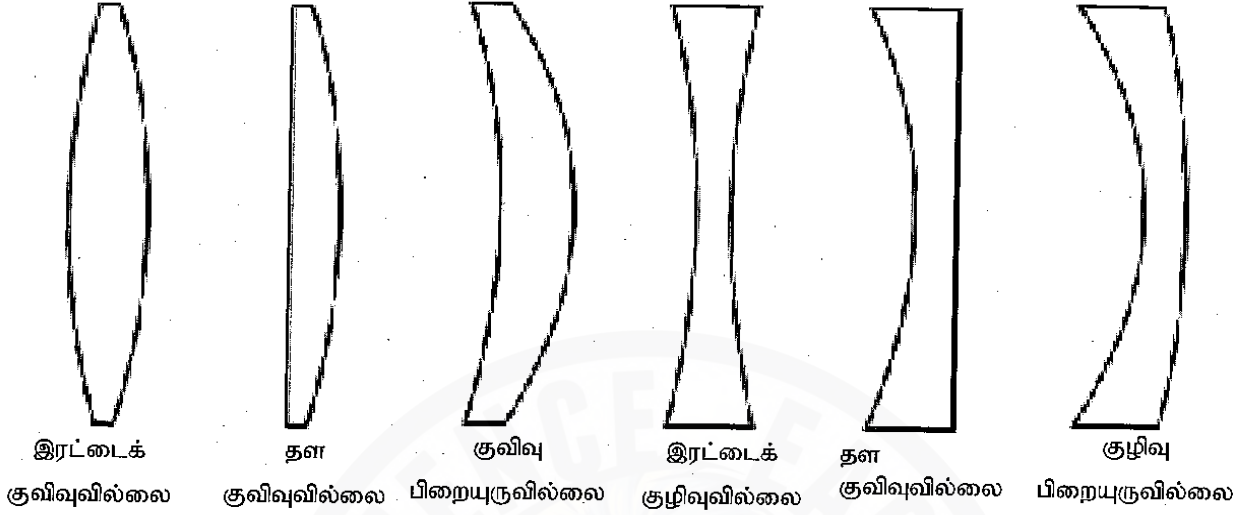


உரு 9.19-விலகல்  $360^\circ$

ஒவ்வொரு வகையிலும் பக்க இடமாறல் நடைபெறும்

### மெல்லிய வில்லைகளினூடு ஒளிமுறிவு

வில்லைகளின் கேத்திரகணித வடிவங்களுக்கு ஏற்ப அவற்றை இரண்டு பெரும் பிரிவுகளாக பிரிக்கலாம். நடுப்பகுதியில் தடிப்பாகவும் ஓரங்களில் மெல்லியதாகவுமுள்ள குவிவுவில்லை (ஒருக்கு வில்லை). நடுப்பகுதியில் மெல்லியதாகவும் ஓரங்களில் தடிப்பாகவுமுள்ள வில்லைகள் குழிவுவில்லைகள் (விரிவில்லை) ஆகும்.

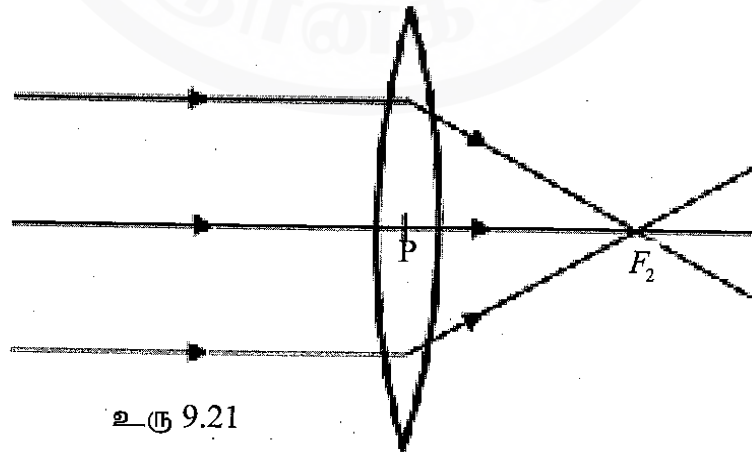


உரு 9.20

குவிவுவில்லைகள் அவற்றினூடு செல்லும் ஒளிக்கற்றைகளைக் குவிப்பதால், அவை குவிக்கும் வில்லைகள் எனப்படும். குழிவுவில்லைகள் அவற்றினூடு செல்லும் ஒளிக்கற்றைகளை விரிப்பதால், அவை விரிவில்லைகள் எனப்படும்.

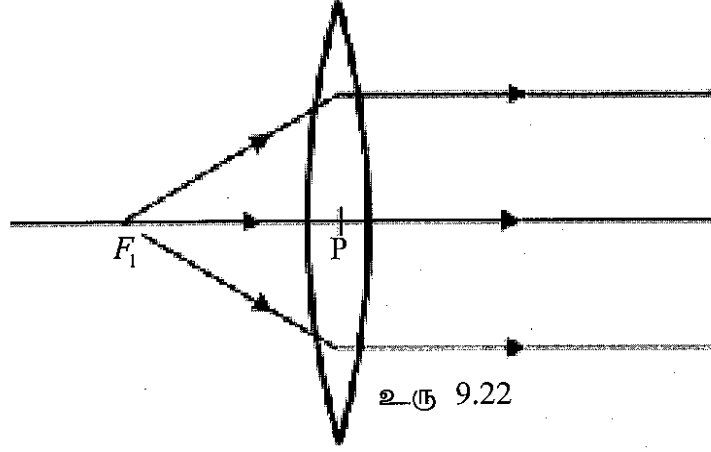
வில்லையின் மத்திய புள்ளி யொன்றினூடு செல்லும் கதிர்கள் எது விதவிலகலின்றிச் செல்லும். அப்புள்ளி “ஒளியியல்மையம்” எனப்படும் வில்லையின் வளைமேற்பரப்புகளின் மையங்களை இணைக்கும் கோடு வில்லையின் “முதலச்சு” எனப்படும்.

### தலைமைக்குவியங்கள்



உரு 9.21

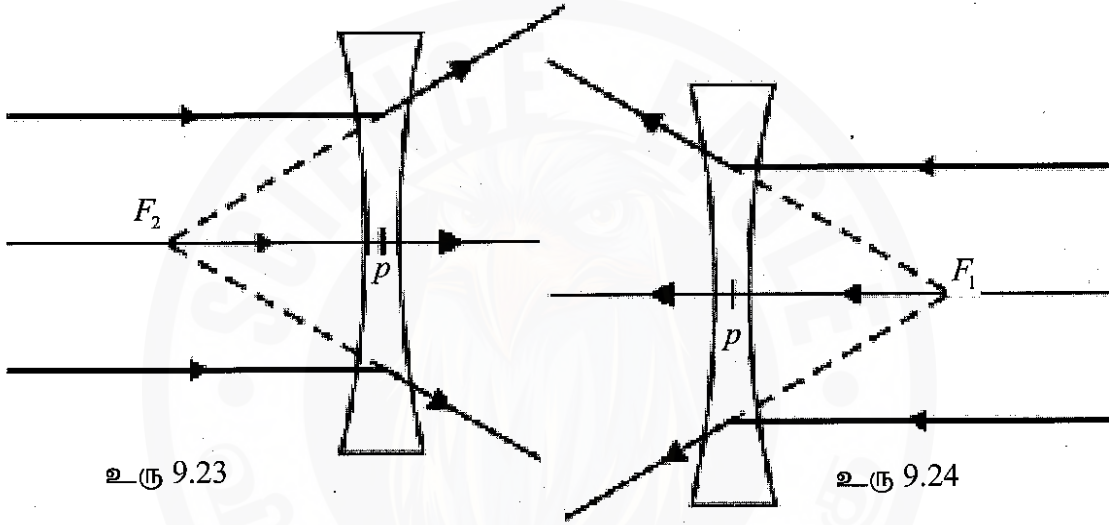
குவிவுவில்லையின் முதலச்சுக்குச் சமாந்தரமாகச் செல்லும் அச்சயக்கதிர்கள் வில்லையின் முறிவடைந்தபின் முதலச்சிலுள்ள பொதுப்புள்ளி  $F_2$  இல் குவியும் (படம் 9.21). வில்லையின் மறுபக்கத்தில் படும். ஒத்த ஒளிக்கதிர்கள் முறிவடைந்தபின் மறுபக்கத்தில் உள்ள பொதுப்புள்ளி  $F_1$  இல் குவியும் (படம் 9.22).



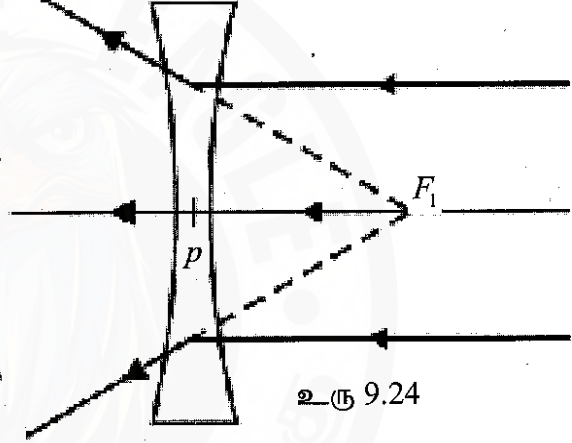
உரு 9.22

$F_1, F_2$  என்ற இப்புள்ளிகள் வில்லையின் தலைமைக் குவியங்கள் எனப்படும்.

குழிவுவில்லைகுரிய தலைமைக்குவியங்கள் பின்வருமாறு அமையும்.



உரு 9.23



உரு 9.24

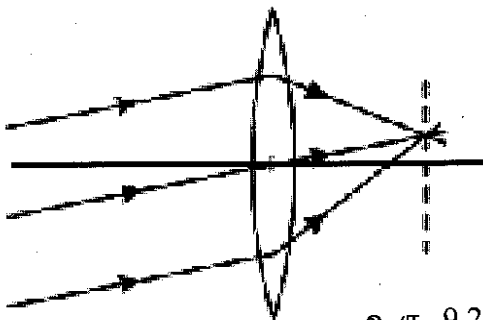
வில்லையின் ஒளியியல் மையத்திலிருந்து தலைமைக்குவியங்களுக்குரிய தூரம் குவியத்தூரம் எனப்படும். எந்த ஒரு வில்லைக்கும் இரண்டு குவியத்தூரங்களும் சமமாகும்.

### குவியத்தளம்

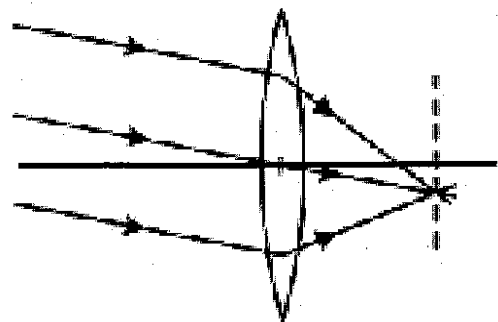
தலைமை அச்சுக்குச் செங்குத்தாகக் குவியங்களினூடு செல்லும் தளங்கள் குவியத்தளங்கள் எனப்படும்.

தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமில்லாத சமாந்தரக் கற்றைகள்

1. குவிவுவில்லையில் முறிவடைந்தபின் வில்லையின் மறுப்பக்கத்தில் குவியத்தளத்திலுள்ள ஒரு புள்ளியில் குவியும்.

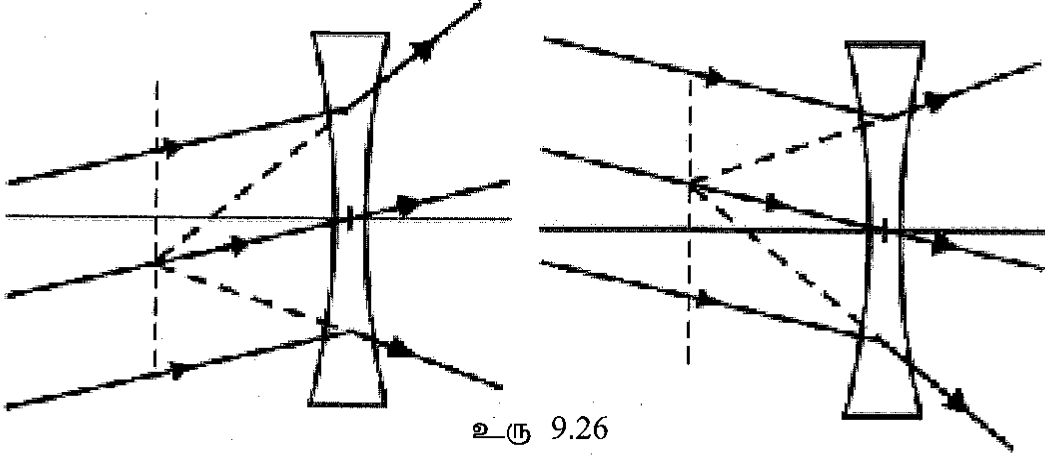


உரு 9.25





2. குழிவுவில்லையில் முறிவடைந்தபின் கதிர் படும் அதேபக்கத்திலுள்ள குவியத்தளத்திலுள்ள புள்ளியிலிருந்து விரிவடைவது போல் தேற்றும்.



உரு 9.26

### வில்லைகளினால் விம்பங்கள் உருவாதல்

வில்லைகளினால் விம்பம் உருவாதலை அமைப்பதற்குப் பொருளின் உச்சப்புள்ளியிலிருந்து வெளிப்படும் இரண்டு கதிர்களை உபயோகித்தல் வேண்டும்.

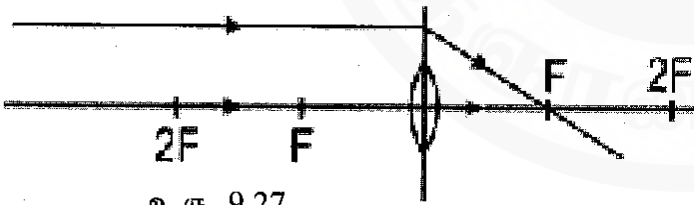
1. வில்லையின் அச்சக்குச் சமாந்தரமான கதிர்
2. வில்லையின் ஒளியியல் மையத்தினூடு செல்லும் கதிர்.

பின்னர் கதிர்கள் வில்லையில் முறிவடைந்தபின் அவை சந்திக்கும் புள்ளியைக் குறித்தல்.

### குவிவு வில்லைகள்

1. பொருள் முடிவிலியில் ( $u = \alpha$ )

விம்பம்

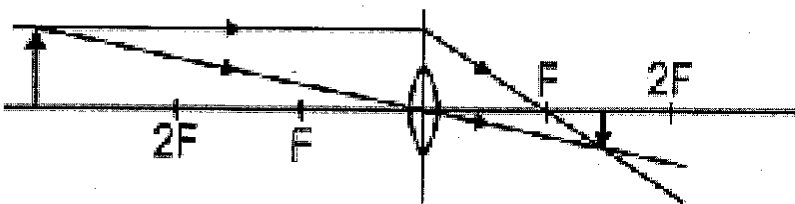


உரு 9.27

F இல் உண்டாகும். உண்மையாகவும் புள்ளி விம்பம் ஆக காணப்படும்.

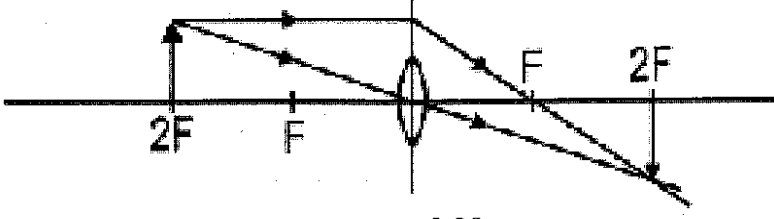
2. பொருள் 2Fக்கு அப்பால் ( $U > 2f$ )

F க்கு 2F க்கும் இடையில், உண்மை ஆனது உருச்சிறுத்தது, தலைகீழானது.



உரு 9.28

3. பொருள்  $2F$  இல் ( $U=2f$ )



உரு 9.29

மறுபக்கத்தில்  $2F$  இல் உண்மை, தலைகீழ், பொருளின் அளவு.

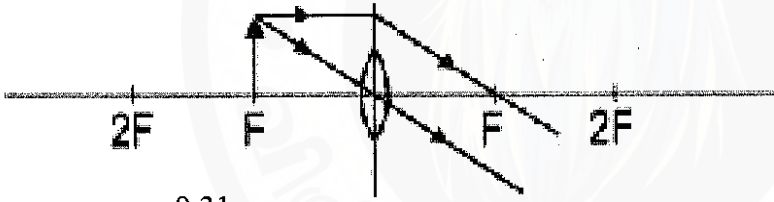
4. பொருள்  $2F$  க்கும்  $F$  க்கும் இடையே ( $2f > U > f$ )



உரு 9.30

மறுபக்கத்தில்  $2F$  க்கு வெளியே உண்மை, தலைகீழ், உருப்பெத்தது.

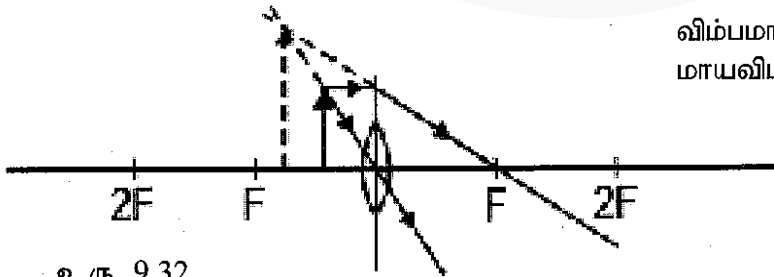
5. பொருள்  $F$  இல் ( $U = f$ )



உரு 9.31

முடிவிலியில் உண்டாகும் உருப் பெருத்தது.

6. பொருள்  $F$  இனுள் ( $u < f$ )

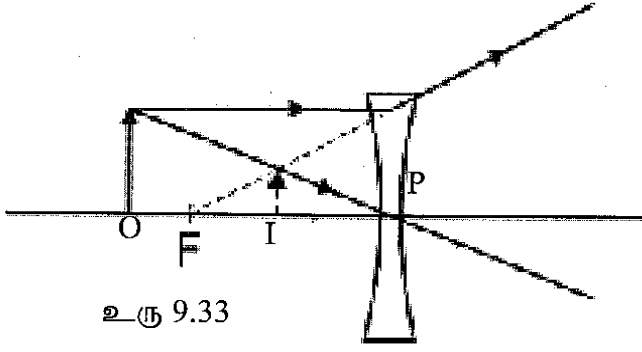


உரு 9.32

விம்பமானது, நிமிர்ந்தது உருப்பெருத்தது. மாயவிம்பம்

குவிவுல்லைகளினால் உண்டாக்கப்படும் உண்மை விம்பங்களைப் பொருளினால் இடமாற்றம் செய்யலாம். இவ்வாறு பொருளையும், விம்பத்தையும் இடமாற்றத்தக்கதான (Interchangable) இவ்வாறான புள்ளிகள் இணைப்புள்ளிகள் எனப்படும்.

**குழிவுவில்லைகளினால் விம்பம் உருவாதல்**

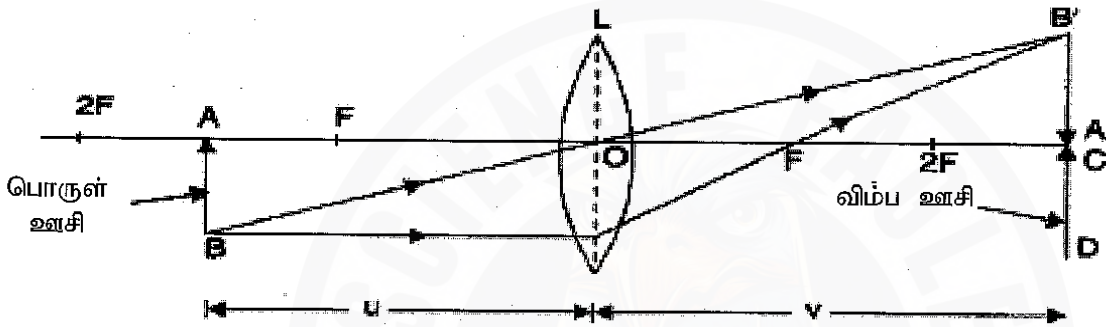


உரு 9.33

பொருளின் எந்த நிலைக்கும் விம்பமானது மாயமானது, உருச்சிறுத்தது, நிமிர்ந்தது, குவியத்திற்கும் வில்லைக்கும் இடையில் பெறப்படும்.

**குவிவுவில்லையினால் உருவாக்கப்படும் உண்மை விம்பங்களின் இருப்பிடத்தையறிதல்**

உண்மை விம்பங்களின் நிலைகளை அறியப் பரவையன்மையின்றிய முறை பயன்படுத்தப்படுகின்றது.



உரு 9.34

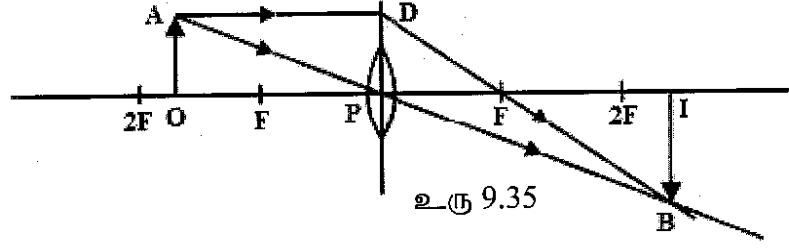
தலைகீழான உண்மை விம்பம் I உருவாகக்கதாக வில்லை L ஐயும் பொருள் ஊசி O வையும் ஒரே அச்சில் வைக்க.

இவ்விம்பத்தின் நிலையை இனம்காண, இடம் காண் ஊசி O ஐ அசைத்து O உம் I யும் பரவையன்மையின்றிப் பொருந்தும் நிலை பெறப்படும் வரை செப்பஞ் செய்க. அவதானி தலைமை அச்சுக்குச் செங்குத்தாகக் கண்ணைப் பக்கவாட்டில் அசைத்தவாறு  $O_1$  ஐ செப்பஞ்செய்து விம்பம் I யின் நுனியும்  $O_1$  இன் நுனியும் பொருத்தி அவற்றிக்கு இடையில் சார்பு இயக்கம் இல்லாதிருக்கும் நிலையைப் பெறல் வேண்டும்.

விம்பத்தின் நிலையைக் குறித்தபின் பொருள் தூரமும் விம்பத்தூரமும் அளக்கப்படும். இப்பெறுமானங்கள் பொருள்தூரம், விம்பத்தூரம், குவியத்தூரத்துடன் தொடர்புபடும். கணித்தலில் பயன்படுத்தப்படும்.

## மெல்லிய வில்லைக்கான சூத்திரம்

பொருளையும் விம்பத்தையும் கொண்ட எந்த ஒரு கதிர்ப்படத்தையும் உபயோகித்துப் பொருள் தூரம், விம்பத்தூரம், வில்லையின் குவியத்தூரத்தைத் தொடர்புபடுத்தும் வில்லைச் சூத்திரத்தைப் பெறலாம்.



இயல்பொத்த முக்கோணங்கள் IBP, OAP இலிருந்து

$$\frac{IB}{OA} = \frac{IP}{OP} \dots\dots\dots 9.3$$

இயல்பொத்த முக்கோணங்கள் IBF, PDF இலிருந்து

$$\frac{IB}{PD} = \frac{IF}{PF} \dots\dots\dots 9.4$$

இங்கு PD = OA

① ② இலிருந்து

$$\frac{IP}{OP} = \frac{IF}{PF}$$

$$IP \times PF = IF \times OP$$

$$IP \times PF = (IP - PF)OP$$

$$IP \times PF = IP \times OP - PF \times OP$$

IP.PF.OP ஆல் வகுக்க.

$$\frac{1}{OP} = \frac{1}{IF} - \frac{1}{IP}$$

$$\therefore \frac{1}{OP} + \frac{1}{OP} = \frac{1}{IF} \dots\dots\dots 9.5$$

இரண்டு வகையான வில்லைகளுக்கும் இரண்டு வகையான விம்பங்களுக்கு (உண்மை, மாயம்) ஒரு பொதுச்சூத்திரத்தைப் பெறுவதற்கு குறிவழக்கு ஒன்றைப் பிரயோகிக்க.

தெக்காட்டின் குறிவழக்கு

எல்லாத்தூரங்களும் ஒளியியல் மையத்திலிருந்து அளக்கப்படுகிறது. படுகதிரின் திசையில் அளக்கப்படும் தூரங்களை மறை எனவும் படுகதிருக்கு எதிர்த்திசையில் அளக்கப்படும் தூரங்கள் நேர் எனவும் கொள்ளப்படும்.

$$\text{ஏகபரிமாண உருப்பெருக்கம் (m)} = \frac{\text{விம்ப உயரம்}}{\text{பொருள் உயரம்}} = \frac{OP}{IP} = \left| \frac{v}{u} \right|$$

கதிர்ப்படத்திற்கு மேலுள்ள குறிவழக்கைப் பிரயோகிப்பின்

$$IP = -v; \quad OP = +u; \quad IF = -f$$

$$\therefore \text{இலிருந்து } \frac{1}{-v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{-f}$$

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

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணங்கள்

1. குவிவுவில்லை ஒன்றின் முன்னால் 10cm தூரத்தில் பொருள் ஒன்று வைக்கப்பட்டபோது உருப்பெருக்கம் 4 ஐ யுடைய உண்மை விம்பம் பெறப்பட்டது. வில்லையின் குவியத்தூரம் யாது? உருப்பெருக்கம் 4 ஐ யுடைய மாயவிம்பம் ஒன்றைப் பெறுவதற்குப் பொருள் எங்கு வைக்கப்படல் வேண்டும்.

தீர்வு

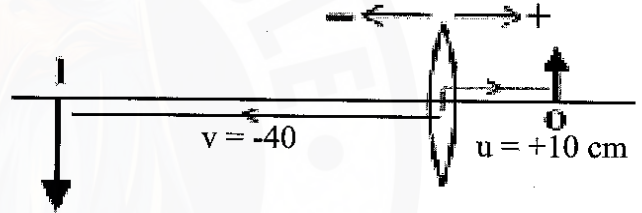
$$\begin{aligned} \text{உருப்பெருக்கம் (m)} &= \frac{v}{u} = 4 \\ &= \frac{v}{10} = 4 \Rightarrow v = 40 \text{ cm} \end{aligned}$$

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

$$\frac{1}{-40} - \frac{1}{10} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{-5}{40} = \frac{1}{f}$$

$$f = -8 \text{ cm}$$



$$\text{மாயவிம்பத்திற்கு } \therefore \frac{v}{u} = 4 \Rightarrow v = 4u$$

விம்பம் மாயமானதால் பொருளின் பக்கத்தில் விம்பம் பெறப்படும்.

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

$$\frac{1}{4u} - \frac{1}{u} = \frac{1}{-8}$$

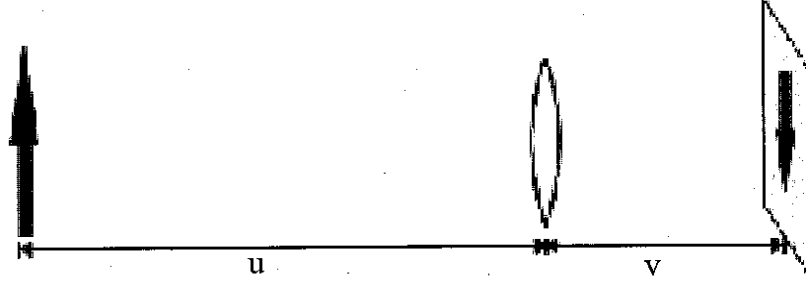
$$\frac{-3}{4u} = \frac{-1}{8}$$

$$u = \frac{+3 \times 8}{4} = \underline{\underline{6 \text{ cm}}}$$



2. குவிவுவில்லை ஒன்றின் அச்சில் சிறிய ஒளிர் பொருளை வைத்தபோது திரையில் உருப்பெருக்கம் 2 ஐ உடைய துல்லிய விம்பம் பெறப்பட்டது. திரையை வில்லையிலிருந்து 20 cm விலகி அசைத்த பின் பொருளைச் செப்பம் செய்த போது உருப்பெருக்கம் 3 ஐ உடைய விம்பம் திரையில் பெறப்பட்டது. வில்லையின் குவியத்தூரம் யாது.

தீர்வு



உரு 9.37

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

குறிவுழக்கை எல்லாக் கணியங்களுக்கும் பிரயோகிக்க

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

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

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

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

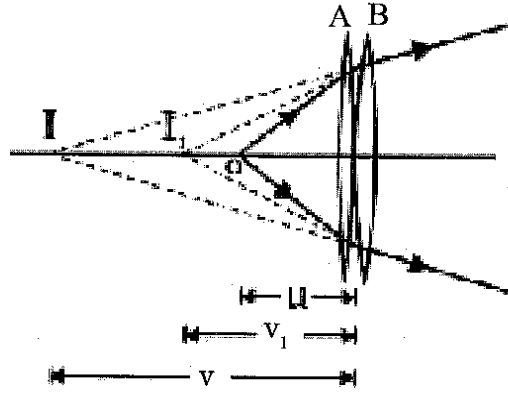
$$1\text{ம் விம்பத்திற்கு } 1 + 2 = \frac{v_1}{f} \dots \dots \dots (1)$$

$$2\text{ம் விம்பத்திற்கு } 1 + 3 = \frac{v_2}{f} \dots \dots \dots (2)$$

$$(1) - (2) \quad 1 = \frac{v_2 - v_1}{f} = \frac{20}{f}$$

$$\therefore f = 20\text{cm}$$

**வில்லைகளின் சேர்மானம்**



உரு 9.38

$f_1, f_2$  குவியத்தூரங்களைக் கொண்ட A, B என்னும் இரண்டு மெல்லிய வில்லைகள் படத்தில் காட்டியவாறு ஒன்றுடன் ஒன்று தொடுகையிலுள்ளது. வில்லைகளின் பொது அச்சில் O என்னும் சிறிய பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது.

வில்லை B இல்லாலிட்டால் O விலிருந்து செல்லும் கதிர்கள் வில்லை Aயில் முறிவடைந்த பின்  $I_1$  இலிருந்து விரிவடைவது போல் தோற்றம்.

வில்லைச்சூத்திரத்தை இம்முறிவுக்குப் பிரயோகிக்க

$$\frac{1}{v_1} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1} \dots\dots\dots 9.6$$

எனினும் வில்லை B தொடுகையிலிருப்பதால் Aயிலிருந்து செல்லும் கதிர்கள் Bயினூடு முறிவடையும் I யில் இறுதி விம்பத்தை உருவாக்கும். இங்கு B க்கு I பொருளாகத் தொழில்படுவதாக கருதலாம். இரண்டாம் முறிவுக்கு  $V_1$  பொருள்தூரம் எனவும் V, இறுதி விம்பத்தூரம் எனவும் கருதினால்

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{v_1} = \frac{1}{f_2} \dots\dots\dots 9.7$$

9.6 + 9.7

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \dots\dots\dots 9.8$$

இவ்வில்லைச் சேர்மானமானது f குவியத்தூரமுடைய தனியொரு வில்லைக்குச் சமானமாயின்

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \dots\dots\dots 9.9$$

9.8, 9.9 இலிருந்து

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

மேலுள்ள சமன்பாடு வில்லைச் சேர்மானத்தின் குவியத்தூரத்தைத் தரும். உரிய குறிவழக்கைப் பிரயோகிக்கையில் இருவகையான வில்லைகளுக்கும் சமன்பாடு பிரயோகிக்கப்படலாம்.

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணம்

30cm குவியத்தூரத்தையுடைய குவிவுவில்லை ஒன்று 45cm குவியத்தூரத்தையுடைய குழிவு வில்லையுடன் தொடுகையிலுள்ளது. சேர்மானத்திறன் குவியத் தூரம் யாது? இது ஒருங்கு வில்லையா அல்லது விரிவுவில்லையா?

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{-30} + \frac{1}{45} = \frac{-3+2}{90} = \frac{-1}{90}$$

குறிமறையானதால் சேர்மானம் குவிவு வில்லையாகத் தொழில்படும்.

இம்முடிவானது குழிவுவில்லை, குவிவு வில்லையிலும் கூடிய குவியத்தூரத்தைக் கொண்டிருந்தாலும் குவிவுவில்லையானது ஆற்றல் மிக்கது என்ற எண்ணத்தை ஏற்படுகின்றது.

எனவே வில்லை ஒன்றின் ஆற்றலைக் குவியத் தூரத்தின் நிகர்மாற்று  $\frac{1}{f}$  தீர்மானிக் கின்றதேயொழிய குவியத்தூரம்  $f$  தீர்மானிப்பதில்லை.

$$\text{வில்லை ஒன்றின் வலு } P = \frac{1}{f}$$

அலகு :- தையொத்த (D). இது 1m குவியத்தூரத்தையுடைய வில்லை ஒன்றின் வலுவாகும்.

குறிவழக்கு

குவிவுவில்லையின் வலு நேரானது , குழிவு வில்லையின் வலு மறையானது. எனவே தெக்காட்டின் குறிவழக்கின்படி வலுவானது பின்வருமாறு கொடுக்கப்படும்.

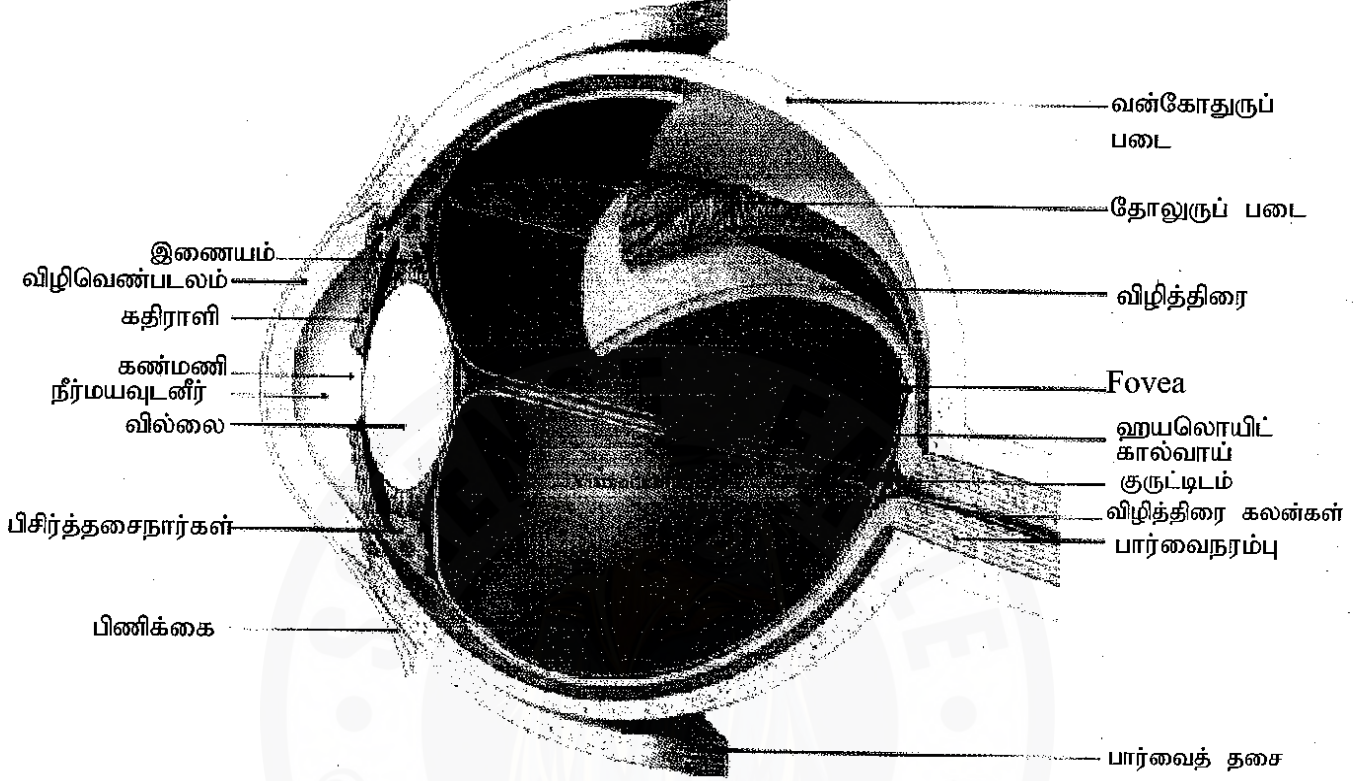
$$P = -\frac{1}{f}$$

குவிவுவில்லை : +D

குழிவு வில்லை: -D

## மனிதகண்

கண்ணானது மனித உடலின் ஒரு பகுதியாகும். இது பார்வையுணர்வை தருகின்றது.



உரு 10.1

மேலேயுள்ளபடி கண்ணின் முக்கிய பகுதி, கண் வில்லையாகும். இது ஓர் குவிவுவில்லை. இது ஒளி உட்புகவிடும் பாகுபோன்ற பளிங்குப் பதார்த்தத்தினால் ஆக்கப்பட்டது. இதுவே கண்ணினால் பார்க்கப்படும் பொருள்களின் விம்பத்தை உருவாக்குவதற்குப் பொறுப்பாகவுள்ளது. இவ்விம்பங்கள் தலைகீழானவை இவை விழித்திரையில் விழும். இங்கு விழித்திரை, திரைபோலத் தொழிற்படும். பார்வை நரம்பானது மில்லியன் கணக்கான நார்களைக் கொண்டது.

இவை தகவல்களை விழித்திரையிலுள்ள கலங்கள் மூலம் முளைக்கு ஊடுகடத்துகின்றன.

கண்மணி என்பது வில்லையின் முன்னாலுள்ள ஒரு துவாரமாகும். இதன் மூலம் ஒளி கண்ணை அடைகின்றது. கதிராளி என்பது வெவ்வேறு அளவுள்ள உதரவிதானமாகும் (Diphragm). இது கண்மணியின் அளவைச் சரி செய்வதன் மூலம் கண்ணை அடையும் ஒளியின் அளவைக் கட்டுப்படுத்துகின்றது.

விழிவெண்படலம் என்பது வில்லையின் முன்னாலுள்ள வலிமையான தெளிவான வீக்கமாகும் (bulge). இதற்கும் வில்லைக்கும் இடைப்பட்ட வெளியானது நீர் போன்ற ஊடுகடத்தக்கூடிய நீர்மயவுடனீரினால் நிரப்பப்பட்டிருக்கும்.

வெவ்வேறு தூரத்திலுள்ள பொருட்களின் விம்பத்தாரத்தை வில்லைக்கும் விழித்திரைக்கும் இடையிலுள்ள தூரமாகப் பேணுவதற்குப் பிசிர்ந்தசைநார்கள் வில்லையின் வடிவத்தைக் கட்டுப்படுத்தி அதன் குவியத்தாரத்தைச் செப்பஞ்செய்கின்றது. இவ்வாறு வில்லையை நெருக்கிய அல்லது தளர்ந்த நிலையில் வைக்கும் செயல்பாடு “தன்னமைவு” எனப்படும்.

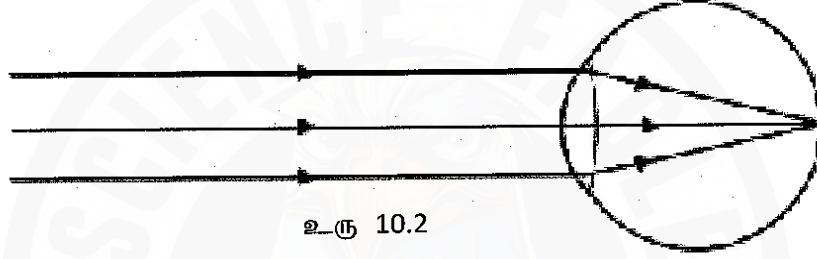
## கண்ணின் தெளிவுப்பார்வைக்குரிய வீச்சம்

ஒவ்வொரு கண்ணுக்கும் பொருட்களைத் தெளிவாகப் பார்க்கக்கூடிய திட்டமான வீச்சமொன்றுண்டு. இவற்றிற்கிடையில் பொருளொன்று உள்ளபோது கண்ணானது தெளிவாகப் பார்க்கும். இவ்வீச்சத்தில் கண்ணுக்குக் கிட்டவுள்ள புள்ளி, “அண்மைப்புள்ளி” எனப்படும். கண்ணிலிருந்து இத்தூரம் “தெளிவுப்பார்வையின் இழிவுத்தூரம்” எனப்படும். தொலைவிலுள்ள தெளிவாகப் பார்க்கக்கூடிய புள்ளி “சேய்மைப்புள்ளி” எனப்படும்.

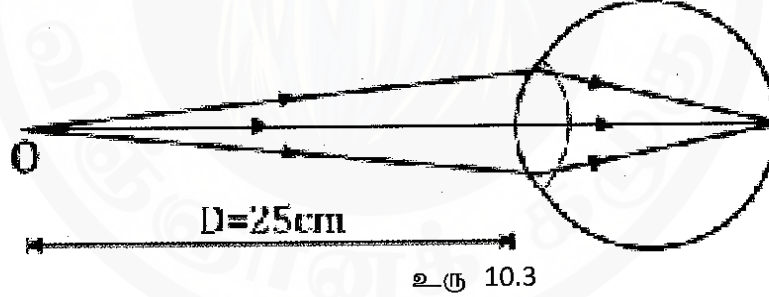
குறைபாடில்லாத கண்ணுக்கு அண்மைப்புள்ளி கண்ணிலிருந்து ஏறத்தாழ 25cm ஆகும். சேய்மைப்புள்ளி முடிவிலியாகும். இதுவே குறைபாடற்ற கண்ணின் “தெளிவுப் பார்வையின் வீச்சம்” ஆகும். குறித்த கண்ணிற்கு அண்மைப்புள்ளியும் சேய்மைப் புள்ளியும் மேற்குறித்த பெறுமானத்தில் இருந்து மாறுபடலாம். இக்கண்ணானது பார்வைக் குறைபாடுடைய கண் எனப்படும்.

பொருட்களின் விம்பங்களைக் குவியப்படுத்தல்

## 1. சேய்மைப்புள்ளி



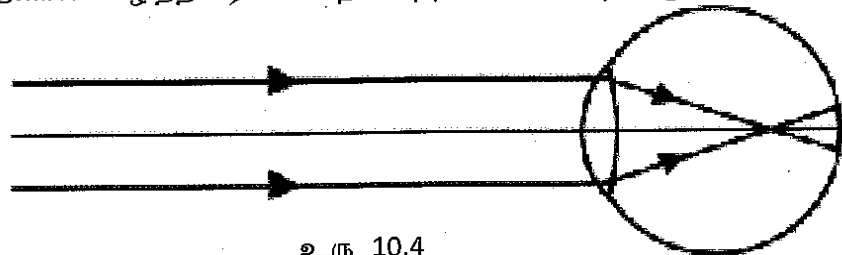
## 2. குறைபாடற்ற கண்ணின் அண்மைப்புள்ளி



## பார்வைக் குறைப்பாடுகள்

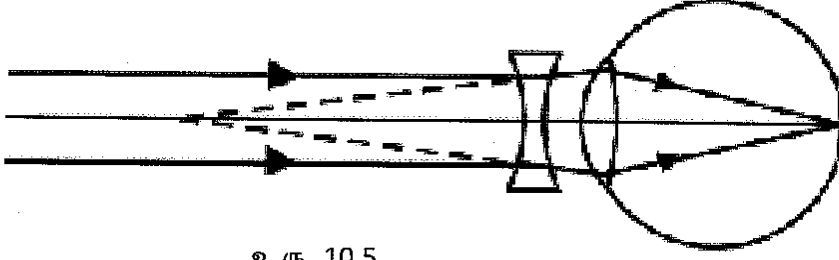
## 1. குறும்பார்வை (அண்மைப்பார்வை)

கண்ணிலிருந்து முடிவிலி தூரத்திலுள்ள பொருள்களைப் பார்க்க இயலாமலிப்பதே குறும்பார்வையாகும். தூரப்பொருளிலிருந்து வரும் சமாந்தரக் கதிர்கள் கண்வில்லையில் முறிவடைந்தபின் விழித்திரைக்குப் பதிலாக விழித்திரைக்கு முன்னாலுள்ள புள்ளியில் குவிக்கப்படுவதாலே இது நடைபெறுகிறது. இதனால் விழித்திரையில் தெளிவற்றவிம்பம் பெறப்படும்.





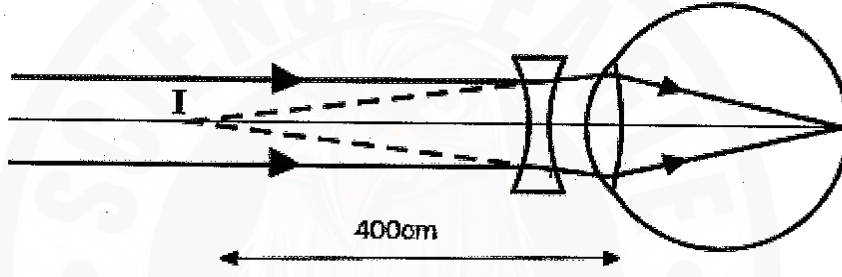
பொருத்தமான விரிவில்லையை உபயோகிப்பதன் மூலம் குவியப்புள்ளியை விளித்திரை நோக்கிப் பின் நகர்த்தி இக்குறைபாட்டை நிவர்த்தி செய்யலாம்.



உரு 10.5

உ+ம்:-

குறும்பார்வைக் குறைபாடுள்ள நபர் ஒருவரின் சேய்மைப்புள்ளி, கண்ணிலிருந்து 400cm இலுள்ளது. முடிவிலி தூரத்திலுள்ள பொருட்களைத் தெளிவாகப் பார்ப்பதற்கு, முடிவிலியிலுள்ள பொருளின் விம்பத்தைக் கண்ணிலிருந்து 400cm இல் உண்டாக்கக் கூடிய விரிவில்லையென்றை உபயோகித்தல் வேண்டும்.



உரு 10.6

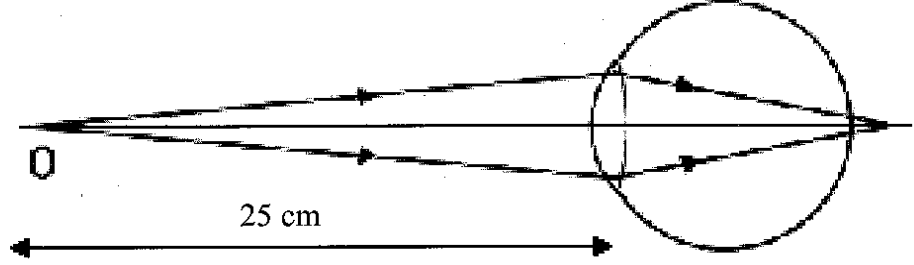
$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ ஐ பிரயோகிக்க}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{400} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 400 \text{ cm}$$

400cm குவியத்தூரத்தையுடைய விரிவில்லையை தெரிவு செய்தல் வேண்டும்.

## 2. நீள்பார்வை

அண்மைப்புள்ளியாகிய 25cm உள்ள பொருட்களைத் தெளிவாகப் பார்க்க முடியா திருப்பது நீள் பார்வை ஆகும். சாதாரண அண்மைத்தூரமாகிய 25cm தூரத்திலுள்ள பொருளில் இருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் கண்வில்லையில்பட்டு முறிவடைந்த பின் விழித்திரைக்குப் பின்னால் குவிப்பதால் விழித்திரையில் (தெளிவான) விம்பம் அமையாது.



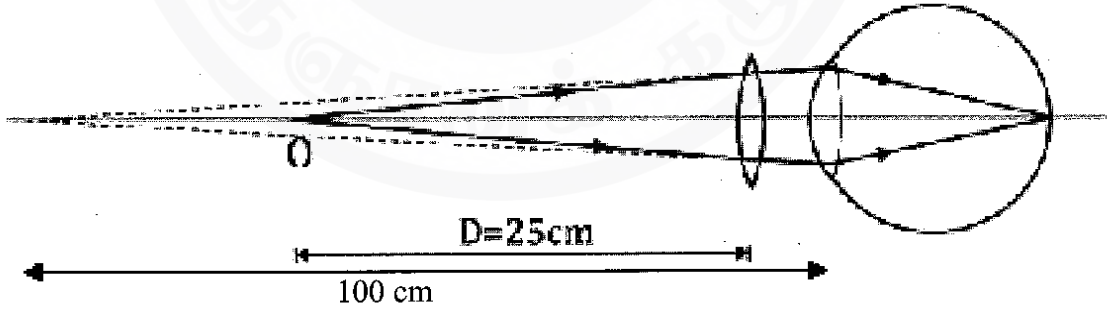
உரு 10.7

இக்குறைபாட்டை நிவர்த்தி செய்வதற்குத் தகுந்த குவிவில்லையைப் பாவிப்பதன் மூலம் குவியப்புள்ளியை விளித்திரைக்கு நகர்த்தலாம்.



உரு 10.8

உ+ம்:- நீள்பார்வையுடைய நபர் ஒருவரின் அண்மைப்புள்ளி, கண்ணிலிருந்து 100cm இலுள்ளது. கண்ணிலிருந்து 25cm அருகிலுள்ள பொருட்களை அவர் தெளிவாகப் பார்ப்பதற்கு 25cm தூரத்திலுள்ள பொருளின் விம்பத்தை 100cm இல் கொடுக்கக் கூடிய குவிவு வில்லை ஒன்றைப் பயன்படுத்தல் வேண்டும்.



உரு 10.9

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ : பிரயோகிப்பின்}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{100} - \frac{1}{25} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{-100}{3} = \underline{\underline{-33\frac{1}{3} \text{ cm}}}$$

∴ 33 1/3 cm குவியத்தூரமுடைய குவிவுவில்லையைப் பயன்படுத்தல் வேண்டும்.

### 3. வெள்ளெழுத்து

வயது முதிர்வுடன் இக்குறைபாடு ஏற்படுகின்றது. குறித்த நபர்களுக்குக் கிட்டவுள்ள பொருட்களைக் குவிக்கும் திறன் படிப்படியாகக் குறையும். கண் விகாரம் (கண்வலி), மங்கலான ஒளியில் பார்ப்பதில் சிரமம், சிறிய பொருட்களைக் குவிப்பதில் சிரமம் போன்றவை ஆரம்ப அறிகுறிகளாகும். 40 - 50 வயதிலுள்ளவர்கட்கு இக்குறைபாடு வழக்கமாக விரித்தியடையத் தொடங்கும். பொருத்தமான வில்லையைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் இக்குறைபாட்டை நிவர்த்தி செய்யலாம்.

### 4. புள்ளிக்குவியமின்மை

விழிவெண்படலத்தின் முன்பகுதியிலுள்ள முறிவு மேற்பரப்பிலுள்ள வெவ்வேறு தளங்கள் வெவ்வேறான வளைவுகளைக் கொண்டிருப்பதால் இக்குறைபாடு ஏற்படுகிறது. உதாரணமாக கிடை, நிலைக்குத்துத் தளங்களின் வளைவுகளில் வித்தியாச மேற்படுவதால், அத்தளங்களின் குவியக் கோடுகள் வேறுபட தெளிவான (கூர்மையான) விம்பம் பெறப்படமாட்டாது. கண்ணானது ஒரே நேரத்தில் இரண்டையும் குவிக்க முயற்சிப்பதால் கண்ணில் விகாரமேற்படுகின்றது. இக்குறைபாட்டை உருளை வில்லைகளைப் பயன்படுத்தி நிவர்த்தி செய்யலாம்.

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணம்

குறுப்பார்வைக்குறைபாடுடைய நபர் ஒருவரின் சேய்மைப்புள்ளி 100cm இலுள்ளது அண்மைப் புள்ளி கண்ணிலிருந்து 20cm இலுள்ளது. தொலைவிலுள்ள பொருட்களைப் பார்ப்பதற்கு எவ்வகையான வில்லை தேவைப்படும்?

இவ்வில்லையை அணியும் போது அவரின் அண்மைப் புள்ளி யாது?

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

$$\Rightarrow \frac{1}{100} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 100 \text{ cm}$$

∴ 100cm குவியத்தாரத்தையுடைய விரிவில்லை தேவைப்படும்.

இவ்வில்லையை அணியும் போது அண்மைப்புள்ளியைக் காண்க.

U = ? , V = 20cm , f = 100cm.

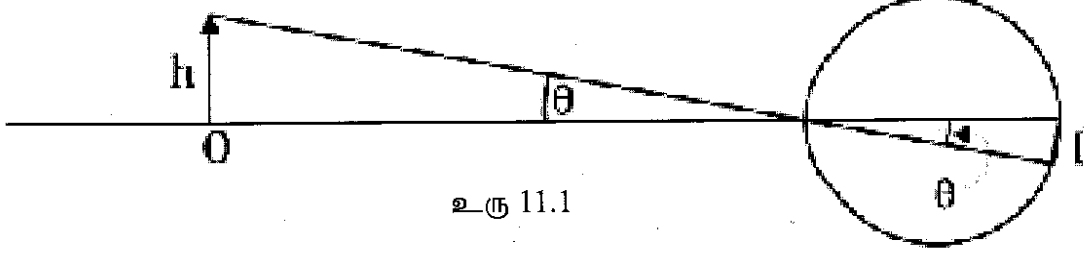
$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ உபயோகிக்க}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{20} - \frac{1}{u} = \frac{1}{100} \Rightarrow u = \underline{\underline{25 \text{ cm}}}$$

∴ வில்லையை அணியும் போது கண்ணிலிருந்து அண்மைப் புள்ளியின் தூரம் = 25cm

## ஒளியியல் கருவிகள்

### பார்வைக் கோணம்



உரு 11.1

ஒரு பொருள் O ஆனது கண் ஒன்றின் முன்னே வைக்கப்பட்டிருப்பதாகக் கருதுக. I என்பது விழித்திரையில் அதன் விம்பம் என்க. பொருள் கண்ணில் எதிரமைக்கும் கோணம்  $\theta$  ஆனது 'பார்வைக் கோணம்' எனப்படும். இது படத்தில் காட்டியவாறு விம்பம் I யினால் எதிரமைக்கும் குத்தெதிர்க் கோணம்  $\theta$  க்குச் சமனாகும். ஆகவே பார்வைக் கோணம் பெரிதானால் விழித்திரையில் உண்டாகும் விம்பம் பெரிதாகும் என்பது வெளிப்படையாகும்.

ஆகவே பொருளினால் கண்ணில் அமைக்கப்படும் பார்வைக் கோணத்தை அதிகரிப்பதன் மூலம் பெரிய பார்வைக் கோணத்தை ஏற்படுத்தக் கூடிய விம்பங்களை கண்ணில் ஏற்படுத்தக் கூடிய வகையில் ஒளியியல் கருவிகள் வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளன.

பொருளினதும் விம்பத்தினதும் பருமனிலும் பார்க்கப் பார்வைக் கோணத்திற்குக் கூடிய முக்கி த்துவம் கொடுப்பதன் மூலம் ஒளியியல் கருவி ஒன்றினால் உண்டாக்கப்படும் உருப்பெருக்கங்கள் ஏகபரிமாண உருப்பெருக்கத்திற்குப் பதிலாகக் கோண உருப்பெருக்கத்தினால் அளக்கப்படுகிறது பொதுவாக கோண உருப்பெருக்கத்தின் வரைவிலக்கணம்.

$$m = \frac{\text{விம்பம் கண்ணில் எதிரமைக்கும் கோணம்}}{\text{பொருள் வெற்றுக்கண்ணில் எதிரமைக்கும் கோணம்}}$$

எனினும் கருவியின் குறித்த ஒரு செப்பஞ் செய்கைக்கு பொருளினதும் விம்பத்தினதும் குறித்த நிலைகளுக்கேற்ப மேற்கூறப்பட்ட வரைவிலக்கணத்தில் மாற்றம் செய்யலாம்.

### நுணுக்குக்காட்டிகள்

கண்ணுக்கு மிக அருகில் வைக்கப்படும் மிகச் சிறிய பொருட்களின் விம்பங்களைப் பெரி-தாக்கி அவற்றைப் பார்ப்பதற்கு உபயோகிக்கப்படும் ஒளியியல் கருவிகள் நுணுக்குக் காட்டிகள் எனப்படும். நுணுக்குக்காட்டியை உபயோகிக்கும் போது இறுதி விம்பமானது கண்ணின் அண்மைப் புள்ளியில் (25cm) உண்டாக்கப்பட வேண்டும் என்பது வழக்கமாகும். இந் நிலையில் நுணுக்குக் காட்டியானது இயல்பான செப்பம் செய்கையிலிருப்பதாகக் கூறப்படும்.

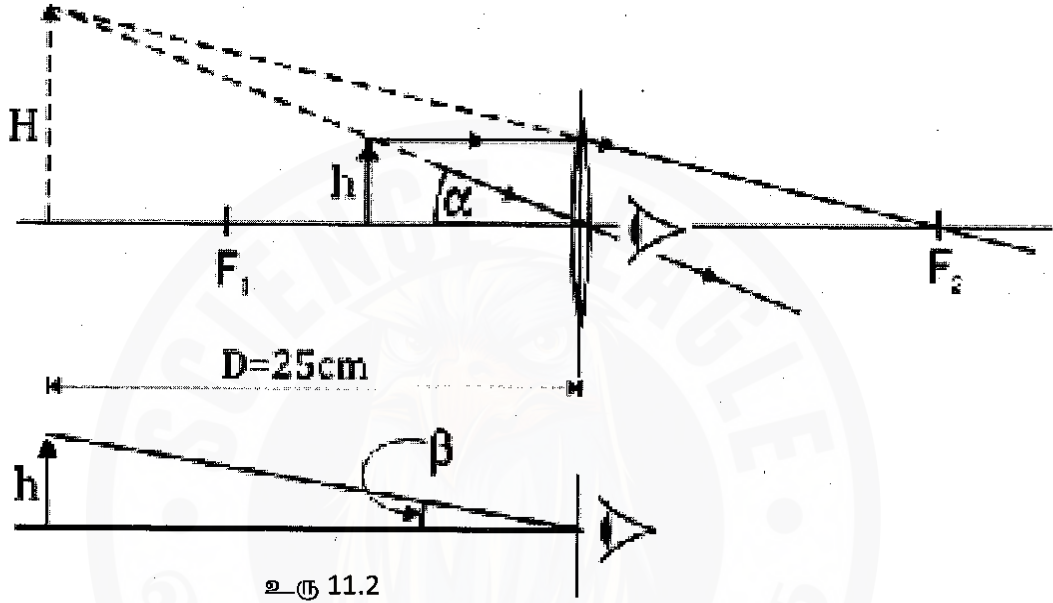
இயல்பான செப்பம் செய்கையில் நுணுக்குக்காட்டி ஒன்றின் கோண உருப்பெருக்கம் பின்வருமாறு வரையறுக்கப்படும்.

$$\text{கோண உருப்பெருக்கம் (m)} = \frac{\text{இறுதி விம்பம் தெளிவுப்பார்வையின் இழிவுத் தூரத்தில் இருக்கையில் கண்ணில் அமைக்கும் கோணம்}}{\text{பொருள் தெளிவுப்பார்வையின் இழிவுத் தூரத்தில் இருக்கையில் வெற்றுக்கண்ணில் அமைக்கும் கோணம்}}$$

நுணுக்குக்காட்டியில் இறுதிவிம்பம் தெளிவுப்பார்வையின் இழிவுத்தூரத்தில் உள்ளதான இயல்பான செப்பம் செய்கையிலேயே உயர் உருப்பெருக்கவலு பெறப்படுகிறது என்பதைக் குறிப்பிடவேண்டும்.

### எளிய நுணுக்குக்காட்டி

எளிய நுணுக்குக்காட்டி என்பது உருப்பெருக்கும் வில்லை எனவும் அறியப்படும். இது சிறிய குவியத் தூரத்தையுடைய குவிவுவில்லையைக் கொண்டிருக்கும். பார்க்கவேண்டிய பொருள் வில்லையின் முன்னால் அதன் தலைமைக் குவியத்தினுள் வைக்கப்பட்டு அதன் மாயமான உருப் பெருத்த நிமிர்ந்த விம்பம் பெறப்படும். பொருளின் நிலையைச் செப்பருசெய்வதன் மூலம் அண்மைப் புள்ளியில் விம்பம் பெறப்படின் நுணுக்குக்காட்டியானது இயல்பான செப்பம் செய்கையிலிருக்கும்.



$$\text{கோண உருப்பெருக்கம் } (m) = \frac{\alpha}{\beta} \approx \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{H/d}{h/D} = \frac{H}{h}$$

ஆகவே எளிய நுணுக்குக்காட்டிக்குக் கோண உருப்பெருக்கம் ஏகபரிமாண உருப்பெருக்கத்திற்குச் சமமாகும்.

$$\frac{H}{h} = \frac{\text{விம்பத்தின் உயரம்}}{\text{பொருளின் உயரம்}}$$

கேத்திர கணித முறையினால்

$$\frac{H}{h} = \frac{v}{u} \text{ என நிறுவலாம்}$$

∴ எளிய நுணுக்குக்காட்டிக்கு இயல்பான செப்பம் செய்கையில்

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

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ என்ற சமன்பாட்டில்}$$

குறிவழக்கைப் பிரயோகிப்பின்

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



V இனால் சமன்பாடு பெருக்கப்படிந்

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

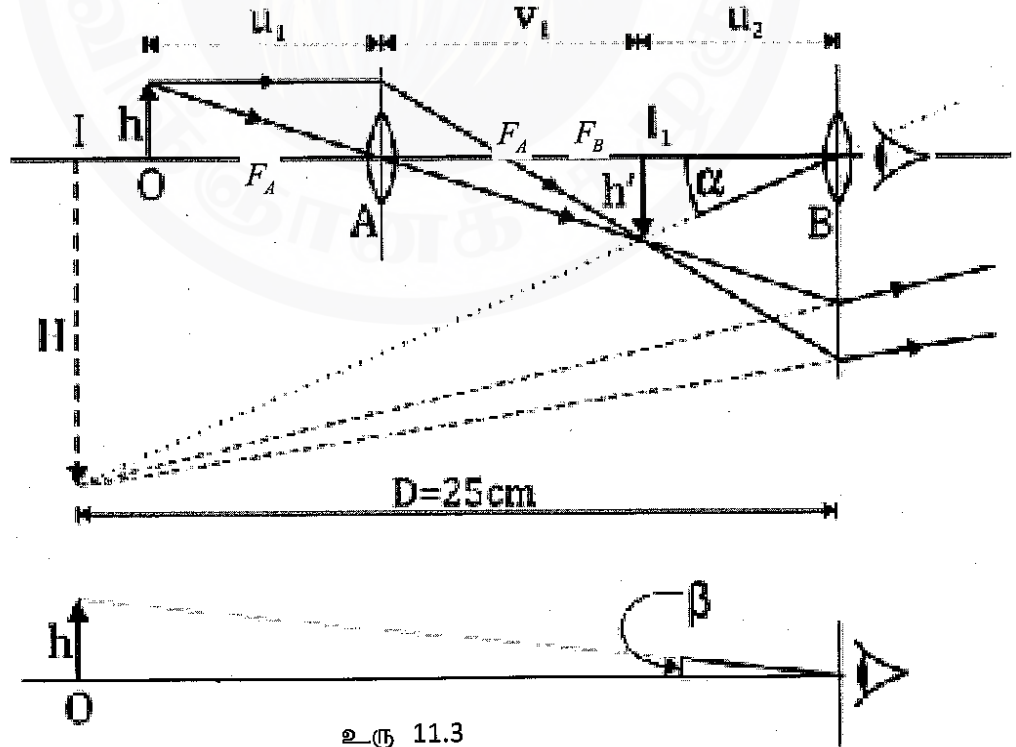
$$1 - m = \frac{-D}{f}$$

$$m = 1 + \left| \frac{D}{f} \right|$$

### கூட்டு நுணுக்குக்காட்டி

கூட்டு நுணுக்குக்காட்டி விம்பத்தை இருமுறை உருப்பெருக்கி உயர் உருப் பெருக்கம் பெறுவதற்கு இரண்டு வில்லைகள் உபயோகிக்கப்படுகிறது. பொருளுக்கு அருகிலுள்ள குறுகிய குவியத்தூரமுள்ள குவிவுவில்லை 'பொருளி' எனப்படும். கண்ணுக்கு அருகிலுள்ள குறுகிய குவியத்தூரத்தையுடைய குவிவு வில்லை 'பார்வைத்துண்டு' எனப்படும். இதன் குவியத்தூரம் பொருளியினதும் நீண்டதாகும்.

பொருளானது பொருள் வில்லையில் குவியத்திற்குச் சற்று வெளியில் வைப்பதன் மூலம் உண்மையான தலை கீழான உருப்பெருத்த விம்பம்  $I_1$  பெறப்படும். பார்வைத்துண்டின் தலைமைக் குவியத்தினுள் விம்பம்  $I_1$  பெறப்படுமாறு பார்வைத்துண்டு வைக்கப்படும். விம்பம்  $I_1$  ஆனது பார்வைத் துண்டுக்குப் பொருளாகத் தொழிற்பட்டு மேலதிக உருப்பெருக்கத்தைக் கொண்ட தலைகீழான மாயமான இறுதி விம்பத்தைக் கொடுக்கும். பார்வைத்துண்டைச் செய்பம் செய்வதன் மூலம் இறுதி விம்பம் அண்மைப் புள்ளியில் பெறப்படின் நுணுக்குக் காட்டி இயல்பான செய்ப நிலையில் இருக்கம்.



$$\text{கோண உருப்பெருக்கம் } (m) = \frac{\alpha}{\beta} \approx \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{H/D}{h/D} = H/h = \frac{H}{h_1} \cdot \frac{h_1}{h}$$

$$m = \frac{D}{u_2} \cdot \frac{v_1}{u_1} \dots\dots\dots 3.11.1$$

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ ஐ பிரயோகிக்க குறிவழக்கின்படி}$$

$$\text{பார்வைத்துண்டு B} : \frac{1}{D} - \frac{1}{u_2} = \frac{1}{-f_B}$$

மேலுள்ள சமன்பாட்டை D யினால் பெருக்கின்

$$1 - \frac{D}{u_2} = -\frac{D}{f_B} \Rightarrow \frac{D}{u_2} = 1 + \left| \frac{D}{f_B} \right|$$

$$\text{பொருளி A க்கு} : \frac{1}{-v_1} - \frac{1}{u_1} = \frac{1}{-f_A}$$

$$\frac{1}{v_1} + \frac{1}{u_1} = \frac{1}{f_A}$$

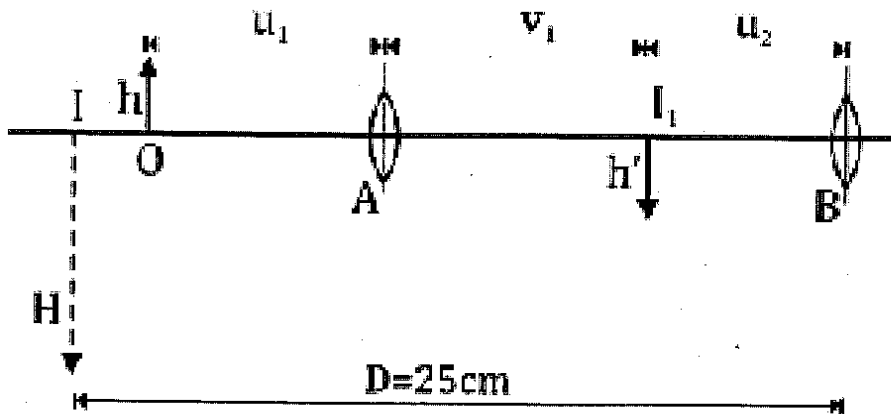
$$V_1 \text{ ஆல் பெருக்கு } 1 + \frac{v_1}{u_1} = \frac{v_1}{f_A} \Rightarrow \frac{v_1}{u_1} = \left| \frac{v_1}{f_A} \right| - 1$$

சமன்பாடு ஒன்றில்  $\frac{D}{u_2}$  க்கும்  $\frac{v_1}{u_1}$  க்கும் பிரதியிடின் 11.1

$$m = \left\{ 1 + \left| \frac{D}{f_B} \right| \right\} \left\{ \left| \frac{v_1}{f_A} \right| - 1 \right\}$$

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணம்

கூட்டு நுணுக்குக்காட்டி ஒன்றின் பொருளியின் குவியத்தூரம் 2cm பார்வைத்துண்டின் குவியத்தூரம் 5cm பொருளியிலிருந்து 2.5cm தூரத்தில் பொருள் ஒன்று வைக்கப்பட்டுப் பார்வைத்துண்டிலிருந்து 25cm இவ் இறுதி விம்பம் பெறப்பட்டது. நுணுக்குக்காட்டியால் பெறப்பட்ட உருப் பெருக்கத்தையும் வில்லைகளுக்கிடையிலுள்ள வேறாக்கத்தையும் காண்க.



உரு 11.4

$$\text{முன்பு நிறுவியதன்படி } m = \frac{D}{u_2} \cdot \frac{v_1}{u_1} = m_A \times m_B$$

பார்வைத்துண்டுக்கு

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

$$\frac{1}{25} - \frac{1}{u_2} = \frac{1}{-5}$$

$$\frac{1}{u_2} = \frac{1}{25} + \frac{1}{5} = \frac{6}{25}$$

$$m_B = \frac{D}{u_2} = \frac{25}{25/6} = 6 \quad \text{----- 1}$$

பொருளுக்கு

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

$$\frac{1}{v_1} - \frac{1}{2.5} = \frac{1}{-2}$$

$$\frac{1}{v_1} = \frac{1}{25} - \frac{1}{2} = \frac{-5}{50} = \frac{-1}{10}$$

$$v_1 = -10$$

$$m_A = \frac{v_1}{u_1} = \frac{10}{2.5} = 4 \quad \text{----- 2}$$

1, 2 இலிருந்து கோண உருப்பெருக்கம்  $m = m_A \times m_B = 4 \times 6 = 24$

$$\text{வில்லைகளுக்கிடத்தூரம் } v_1 + u_2 = 10 + \frac{25}{6} = \frac{85}{6} = 14\frac{1}{6} \text{ cm}$$

## தொலைக்காட்டிகள்

வானியல் பொருட்கள் போன்ற தொலைவிலுள்ள பொருட்களின் உருப்பெருத்த தெளிவான விம்பங்களை அவதானிப்பதற்கு உபயோகிக்கப்படும் ஒளியியல் கருவிகள் தொலைக்காட்டிகளாகும்.

தொலைக்காட்டிகளை உபயோகிக்கும் போது இறுதிவிம்பம் முடிவிலியில் உண்டாக்குவது வழக்கமாகும். இறுதிவிம்பம் முடிவிலியில் பெறப்படின தொலைக்காட்டியானது இயல்பான செப்பஞ் செய்கையிலிருப்பதாகக் கூறப்படும். இயல்பான செப்பநிலையில் தொலைக்காட்டி ஒன்றின் கோண உருப்பெருக்கம் அல்லது உருப்பெருக்கும் வலு பின்வருமாறு வரையறுக்கப்படும்.

$$\text{கோண உருப்பெருக்கம்}(m) = \frac{\text{இறுதி விம்பம் முடிவிலியில் இருக்கையில் கண்ணில் எதிரமைக்கும் கோணம்}}{\text{பொருள் முடிவிலியில் இருக்கையில் வெற்றுக் கண்ணில் எதிரமைக்கும் கோணம்}}$$

இயல்பான செப்பம் செய்கையில் முடிவிலியில் உண்டான விம்பத்தைக் கண்ணானது தளர்ந்த (ஓய்வு) நிலையில் பார்ப்பது ஒரு அனுகூலமாகும்.

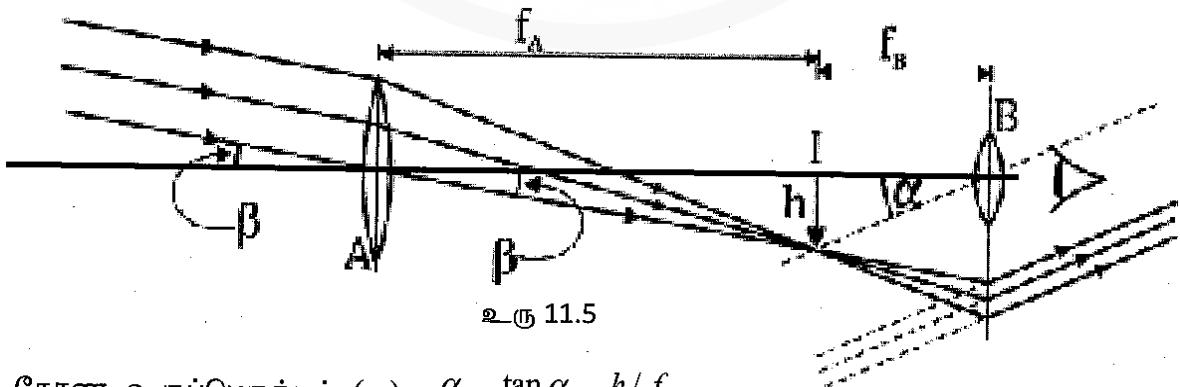
### வானியல் தொலைக்காட்டி

வானியல் தொலைக்காட்டியானது நீண்ட குவியத்தாரத்தைக் கொண்ட குவிவு வில்லையை பொருள் வில்லையாகவும் குறுகிய குவியத்தாரத்தையுடைய குவிவு வில்லையை பார்வைத்துண்டாகவும் கொண்டுள்ளது.

பொருளியானது தொலைவிலுள்ள பொருளின் உண்மையான தலைகீழ் உருப்பெருத்த விம்பத்தை அதன் இரண்டாம் தலைமைக்குவியத்தில் கொடுக்கும். பார்வைத்துண்டுக்கு இவ்விம்பமானது அதன் தலைமைக்குவியத்தினுள் விழுத்தக்கதாக வைக்கப்படும்போது.

இவ்விம்பமானது பார்வைத்துண்டுக்குப் பொருளாக தொழில்பட்டு மாயமான தலைகீழான உருப்பெருத்த இறுதி விம்பத்தைக் கொடுக்கும். பார்வைத்துண்டைச் செப்பஞ் செய்வதன் மூலம் இறுதி விம்பத்தை முடிவிலியில் பெறலாம். இந்நிலையில் தொலைக்காட்டி இயல்பான செப்ப நிலையிலிருக்கும். பொருளியினால் உண்டாக்கப்பட்ட விம்பம் I பார்வைத்துண்டின் தலைமைக் குவியத்துடன் பொருந்தும் நிலையிலேயே இது நடைபெறும்.

### இயல்பான செப்பம் செய்கை



உரு 11.5

$$\text{கோண உருப்பெருக்கம் } (m) = \frac{\alpha}{\beta} \approx \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{h/f_B}{h/f_A}$$

$$\left| \frac{f_A}{f_B} \right|$$

$$\text{வில்லைகளுக்கிடையிலுள்ள தூரம்} = |f_A| + |f_B|$$

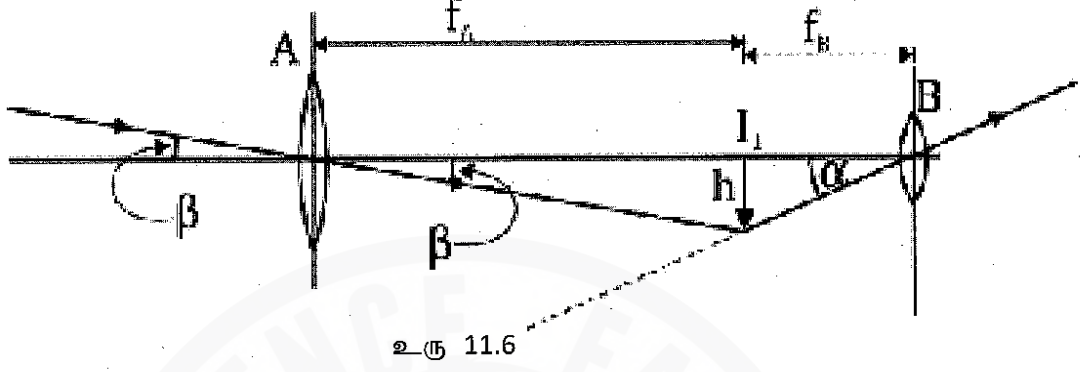
செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணங்கள்

வானியல் தொலைக்காட்டி ஒன்றின் இயல்பான செப்பம் செய்கையில் குவிவுவில்லை களுக்கிடையில் உள்ள நோக்கம் 100cm பெறப்பட்ட கோணப்பெரிதாக்கம் 24 பொருளியினதும் பார்வைத்துண்டினதும் குவியத்தூரங்களைக் காண்க.

கிட்டவுள்ள பொருள் ஒன்றின் மீது குவிப்பதற்குப் பார்வைத்துண்டானது 4cm வெளியே இழுக்கப்பட வேண்டியுள்ளது. பொருளியிலிருந்து பொருளின் தூரம் யாது ?

புதிய செப்பம் செய்கையின் பின் கோண உருப்பெருக்கம் யாது ?

தீர்வு :



$$m = \frac{f_A}{f_B} = 24 \dots\dots\dots 11.4$$

$$f_A + f_B = 100 \dots\dots\dots 11.5$$

சமன்பாடுகள் (1), (2) ஐ தீர்த்தால்

$$f_A = 96cm$$

$$f_B = 4cm$$

கிட்டவுள்ள பொருளுக்கும் இறுதிவிம்பம் முடிவிலியில் பெறப்படுவதாகக் கருதுக. பார்வைத் துண்டை 4cm வெளியே இழுப்பதால் முதலாவது விம்பம் I<sub>1</sub> பொருளியிலிருந்து 100cm இல் பெறப்படும்.

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ பொருள் வில்லைக்கு பாவிப்பின்}$$

$$\frac{1}{-100} - \frac{1}{u} = \frac{1}{-96}$$

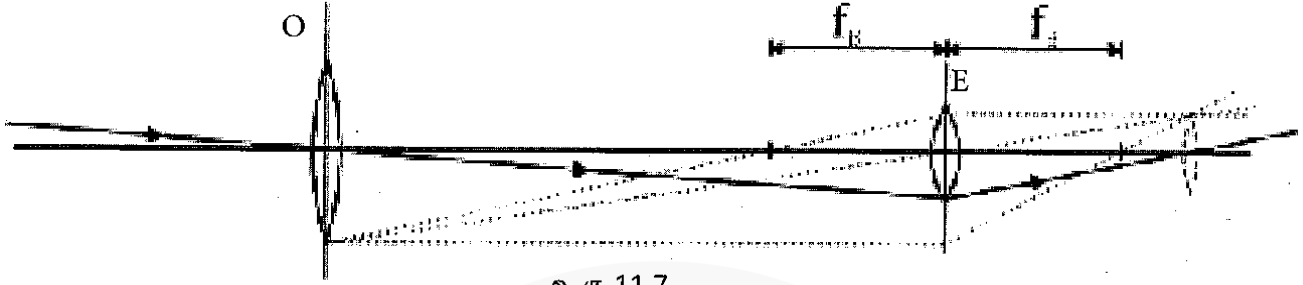
$$\frac{1}{u} = \frac{1}{96} - \frac{1}{100} = \frac{100-96}{9600} = \frac{4}{9600}$$

பொருள் தூரம்	$u = 2400 \text{ cm}$	புதிய கோண பெரிதாக்கம்	$= \frac{\alpha}{\beta} \approx \frac{\tan \alpha}{\tan \beta}$
			$= h/4$
			$= h/2400 + 104$
			$= 2504 / 4$
			$= 626$



## கண் வளையம்

நுணுக்குக்காட்டியூடாகவும், தொலைக்காட்டியூடாகவும் உருவாகும் விம்பத்தை அவதானிக்கும் போது கண் வைக்கப்படும் நிலையும் முக்கிய காரணியாக அமைகிறது. விம்பத்தின் பிரகாசத்தைக் கருதும்போது கண்ணின் அமைவு கருத்தில் கொள்ளப்படுகிறது. இரண்டு (பொருள் வில்லை, பார்வை வில்லை) வில்லைகள் கொண்ட ஒளியியல் கருவியால் உண்டாகும் விம்பத்தைக் கருதும் போது



உரு 11.7

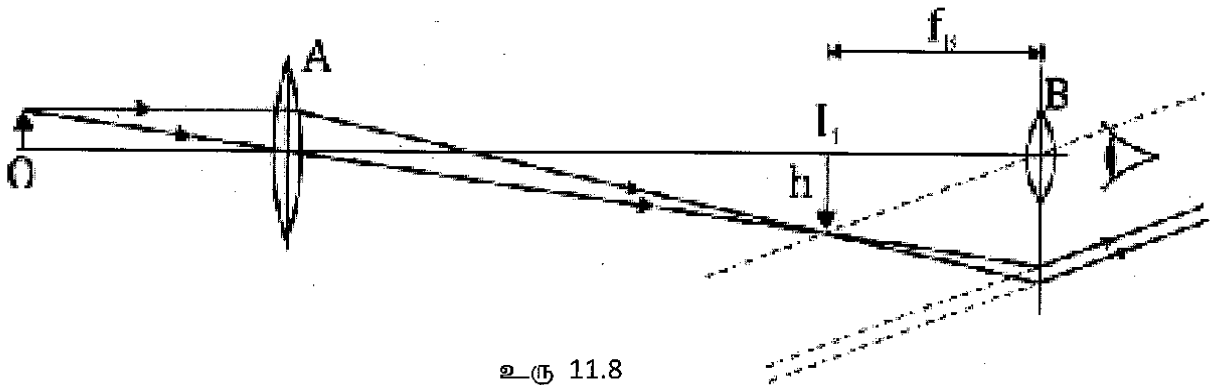
பொருள் O வின் ஒளியியல் மையத்தினாடாகச் செல்லும் கதிர் பார்வைத்துண்டு E யினூடு முறிந்த பின் கருவியின் அச்சை ஓர் குறித்த புள்ளியில் இடைவெட்டுகிறது. இப்புள்ளியில் பார்வைத்துண்டானது பொருளின் விம்பத்தை உண்டாக்குகிறது. இதுவே கண்வளையமாகும். இதுவே இறுதி விம்பத்தை அவதானிப்பதற்குக் கண் வைக்கப்படவேண்டிய சிறந்த நிலையாகும். ஏனெனில் பொருளினூடு செல்லும் ஒளிக்கதிரெல்லாம் பார்வைத்துண்டினூடு சென்று இக்கண்வளையத்தில் ஒருமுகப்படுத்தப்படுவதால் உயர்வான பிரகாசத்தை அளிக்கிறது.

கண்வளையத்தின் நிலையைக் காணும்போது பொருள் வில்லையானது பொருளாக எடுக்கப்பட்டுக் கண்வில்லைக்கு வில்லைச் சமன்பாட்டைப் பாவிக்கும்போது விம்பநிலை கண்வளையமாகும்.

இயல்பான செப்பம் செய்கையில் அல்லாத நுணுக்குக்காட்டிகளினதும் தொலைக்காட்டிகளினதும் சந்தர்ப்பங்கள் காணப்படுகிறது.

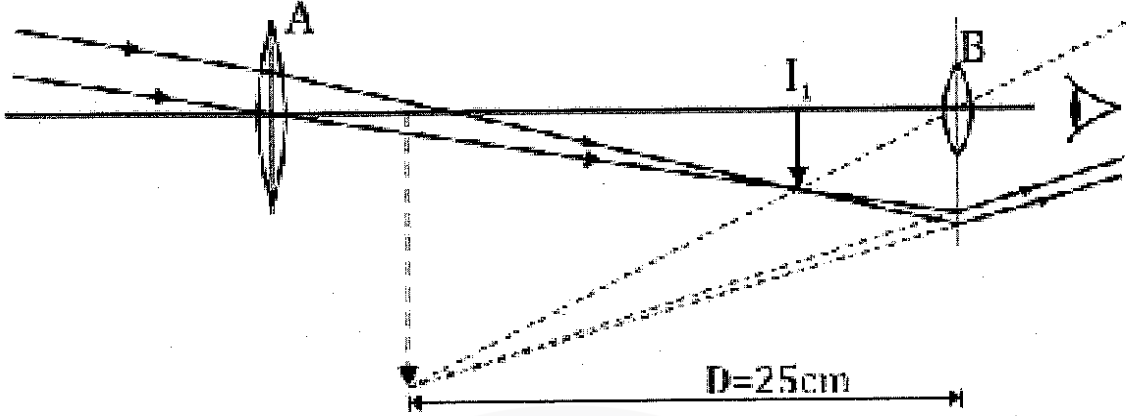
## உதாரணமாக

(1) கூட்டு நுணுக்குக்காட்டியில் இறுதி விம்பம் முடிவிலிக்குச் செப்பஞ் செய்தல்.



உரு 11.8

(2) வானியல் தொலைக்காட்டியில் இறுதிவிம்பம் தெளிவுப்பார்வையின் இழிவுத்தூரத்திற்குச் செய்பம் செய்யப்படுதல்.



உரு 11.9

#### Reference

Breithaupt, J. (2003) Understanding Physics For Advanced Level - Fourth Edition. Nelson Throne, Cheltenham, UK.

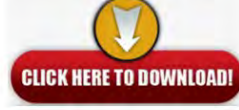
Edmonds Jr., D. S. (1993). Cioffari's Experiments in College Physics - Ninth Edition. D. C. Heath and Company, Massachusetts, USA.

Muncaster, R. (1993). A-level Physics - Fourth Edition. Stanley Thornes (Publishers) Ltd, Cheltenham, UK.

Nelkon, M. & Ogborn, J. M. (1987). Advanced Level Practical Physics - Fourth Edition. Heinemann Educational Books, London, UK.

Tyler, F. (1961). A Laboratory Manual of Physics - Second Edition. Edward Arnold Publishers Limited, London, UK.

**பௌதீகவியல் வளநூல்**  
(தனித்தனி அலகுகளாக பிரிக்கப்பட்டுள்ளது)  
(UNIT WISE – TAMIL MEDIUM)



**இரசாயனவியல் வளநூல்**  
(தனித்தனி அலகுகளாக பிரிக்கப்பட்டுள்ளது)  
(UNIT WISE – TAMIL MEDIUM)



**உயிரியல் வளநூல்**  
(TAMIL MEDIUM)



இன்றும் பல பயனுள்ள தகவல்களைப் Telegram இல் பெற்றுக் கொள்ள எமது Channel இல் இணைந்திருங்கள்



/ **ScienceEagle**

**CLICK HERE TO JOIN**

எமது Updates களை உடனுக்குடன் உங்கள் வாட்ஸ்அப் இல் ( Broadcast Service ) ஊடாக பெற்றுக்கொள்ள இன்றே செயற்படுததுங்கள்



**072-5161322**

**CLICK HERE**

**www.ScienceEagle.com**

இலங்கையின் உயர்தர கணித விஞ்ஞான பிரிவிற்கான தனித்துவமான இணையதளம்