

உயர்தர  
மாணவர் பௌதிகம்

க. ரொ. த. ம. (உயர்தர) தே. உ. க. த. ம.  
வகுப்புக்களுக்குரியது.

ஒளியியலும் ஒளியியலும்

PHYSICS  
for G. C. E. (A. L.) & H. N. C. E.  
Students.

ஆலோசகர்  
திரு. அ. கருணாகரர் B. Sc. (Lond) Dip-in-Ed. (Cey.)  
யாழ்ப்பாணம்: இந்துக்கல்லூரி,  
யாழ்ப்பாணம்.

## முகவுரை

இந்நூல் உயர்தர மாணவரிடையே பெளதிகத்தில் இரண்டாம் பாகமாகும் இது ஒளியியலையும் ஒலியியலையும் கொண்டுள்ளது. தேர்வு வினாக்கள் இந்நூலின் ஒவ்வொரு அத்தியாயத்தின் இறுதியிலும் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன இவ்வினாக்களுக்கே தற்போதைய க. பொ. த. ப. உயர்தரப் பரீட்சையில் நூற்றுக்கு ஐம்பது வீதப்புள்ளிகள் வழங்கப்படுகின்றன. ஆகவே இந்நூலுக்கு இவை ஓர் அணிகலமாக அமைகின்றன. மாணவர்கள் ஒவ்வொரு அத்தியாயத்தையும் படித்தபின் இவ்வினாக்கள் மூலம் தங்களைச் சோதித்தகி கொள்ளலாம்; மாணவர்களும் ஆசிரியர்களும் உயர்தர மாணவரிடையே பெளதிகத்தில் முதற்பாகத்தை வரவேற்றது போல் இப்பாகத்தையும் வரவேற்பார்கள் என்பது எனது திடமான நம்பிக்கை.

யாழ்ப்பாணம்

அ. கருணாகரர்

அச்சுப்பதிவு  
நாமகள் அச்சகம், யாழ்ப்பாணம்.

## பொருளடக்கம்

### ஒளியியல்

அத்தியாயம் 1.	ஒளியும் நேர்கோட்டுச் செல்லுகையும்	1— 5
அத்தியாயம் 2.	தளமேற்பரப்புக்களில் தெறிப்பு	6— 22
அத்தியாயம் 3.	கோளவரடிகளில் தெறிப்பு	23— 47
அத்தியாயம் 4.	தளமேற்பரப்புக்களில் ஒளிமுறிவு	48— 71
அத்தியாயம் 5.	அரியங்களினூடு முறிவு	72— 94
அத்தியாயம் 6.	நிறப்பிரிக்கையும் திருசியங்களும்	95—112
அத்தியாயம் 7.	வளைந்த கோளமேற்பரப்பில் முறிவு	113—150
அத்தியாயம் 8.	கமரா, கண், கண்ணில் குறைகள்	151—173
அத்தியாயம் 9.	ஒளியியற் கருவிகள்	174—207
அத்தியாயம் 10.	ஒளியளவியல்	208—232
அத்தியாயம் 11.	ஒளியின் வேகம்	233—243
அத்தியாயம் 12.	ஒளியின் கொள்கைகள்	244—259
அத்தியாயம் 13.	முனைவாக்கம்	260—269

### ஒலியியல்

அத்தியாயம் 14.	ஒளியின் உறிபத்தி, அலை இயக்கம்	270—287
அத்தியாயம் 15.	ஒளியின் சிறப்பியல்புகள் குணங்கள், வேகம்	288—309
அத்தியாயம் 16.	ஒளியின் மேற்பொருத்துகை	310—326
அத்தியாயம் 17.	நிலையான அலைகள்	327—382
அத்தியாயம் 18.	அதிர்வெண்ணைத் துணியும் முறைகள் தொப்பினர் விளைவு	383—401

## ஒளியியல்

### அத்தியாயம் 1

#### ஒளியும் நேர்கோட்டுச் செல்லுகையும்

ஒளி

ஒளி என்பது பார்வை என்னும் உணர்ச்சியை உண்டாக்கும் ஒரு புறம்பான பௌதிக ஏதுவாகும். ஒரு பொருளிலிருந்து வெளிவரும் ஒளி கண்ணை அடைந்ததும் மறுபக்கத்திலிருக்கும் விழித்திரையில் விழும். அங்கு நரம்பு முடிவிடங்கள் ஏராளமாகக் காணப்படுவதால், அவை இவ்வொளியால் அருட்டப்படும். அப்பொழுது ஏற்படும் நரம்புக் கணத்தாக்குகள் மூளையால் பார்வையாக விளக்கப்படும். ஒரு பொருளிலிருந்து வரும் ஒளி கண்ணை அடைந்தாலொழிய அப் பொருள் கண்ணுக்குப் புலப்படமாட்டாது. எனினும் ஒளி சத்தின் (விசை கதிர்ச்சத்தி) ரூபமாக இருப்பதால் அது கண்ணுக்குப் புலப்படாததொன்றாகும்.

ஒளியின் தன்மை

ஒளி, சில தோற்றப்பாடுகளில் அலைகள் போன்றும் வேறு சில வற்றில் துணிக்கைகள் போன்றும் செயற்படுகின்றது. இது, ஒளியின் இரு தன்மைப்பாட்டைக் காட்டுகின்றது. இவ்வலைகள் நேடியோ அலைகளைப் போன்றன. ஆனால் நீளத்தைப் பொறுத்தளவில் மிகக் குறுகியன. உதாரணமாக, குறுகிய நேடியோ அலைகள் சுமார் 20 மீற்றர் தொடக்கம் 30 மீற்றர் வரையும், ஒளி அலைகள்  $4 \times 10^{-5}$  சமீ. தொடக்கம்  $7 \times 10^{-5}$  சமீ. வரையும் நீளமுடையன. இவை குறுக்கு மின்காந்த அலைகள் எனப்படும். வெற்றிடத்தில் இவற்றின் வேகம் செக்கனுக்கு 186,000 மைல்களாகும். திரவிய ஊடகங்களில் இதனிலும் குறையவும் இருக்கும். ஒளியின் அலைநீளம் குறுக, அதன் செயற்பாடு கூடுதலாகத் துணிக்கைத் தன்மையதாக இருக்கும். பேகம் படிக காட்சிகளில் உபயோகிக்கப்படும் ஒளியின்கலம் ஒளியின் இச் செயற்பாட்டுக்கு ஓர் உதாரணமாகும்.

ஒளியானது கற்பிக்கப்படும் பொழுது, அது பரந்த வெளியில் ஊடுருவிச் செல்லும் ஈதர் என்னும் ஊடகத்தினூடு செல்லும் குறுக்கலை எனச் சொல்லப்படும். ஆனால் ஈதர் உண்டோ, இல்லையோ ஒருவருக்கும் தெரியாத தொன்றாகும். எனினும் இதன் உதவிகொண்டு பெரும்பாலான ஒளியின் தன்மைகளை விளக்கலாம்.

சில வரைவிலக்கணங்கள்

ஒளிப் பொருள்: ஒளியை வெளியே காலும் பொருள் தற்செருளிர்ப் பொருள் எனப்படும்.

உதாரணம்:- சூரியன், விளக்கொளி, மெழுதிரிச் சுவாலை

ஆயினும் பெரும்பாலான பொருள்கள் ஒளிராப் பொருள்கள் ஆகும்; அவை தற்செருளிர்ப் பொருள்களிலிருந்து வரும் ஒளியைப் பெறுவதன் மூலம் கண்ணுக்குப் புலப்படுகின்றன.

பொருளொன்றினூடு ஒளி செல்லுமாயின் அது ஓர் ஒளியியல் ஊடகம் எனப்படும். ஊடகத்தின் ஒவ்வொரு புள்ளியினதும் இயல்புகள், ஒரே மாதிரியிருப்பின் அது ஒளிமான ஊடகம் எனவும் மாறின் அது பல்வினமான ஊடகம் எனவும் பெயர் பெறும்.

ஒளியைத் தன்னூடு செல்லவிடத் தக்கதும் வேறு பொருள்களை அதற் கூடாகப் பரக்காத தக்கதாகவும் இருப்பின், அவ்ஊடகம் ஒளிபுகுவிடும் ஊடகம் எனப்படும்.

ஒளியைத் தன்னூடு செல்லவிடாத ஊடகம் ஒளிபுகுவிடாத ஊடகம் எனப்படும். உதாரணம்:- சந்திரன், கல் முதலியன.

ஒளிகசி பொருள்:

ஒளியை ஓரளவிற்குத் தன்னூடு செல்லவிடத் தக்கதும், வேறு பொருள்களை அதற்கூடாகப் பரக்க இயலாததாகவும் இருப்பின், அப்பொருள் ஒளிகசி பொருள் எனப்படும்.

உதாரணம்:- தேய்த்த கண்ணாடி, எண்ணெய்த்தாவி.

ஓர் ஊடகத்தினூடு ஒளி செல்லும் பாதை கதிர் எனப்படும். இது ஒளிமான ஊடகத்தில் நேர்கோட்டில் செல்லும், அதன் திசையை அக் கோட்டில் குறிக்கப்படும் அம்புக்குறி காட்டும். கதிர்களின் ஒரு கூட்டம் கற்றை எனப்படும். சமாந்தரக் கதிர்களைக் கொண்ட ஒரு கூட்டம் சமாந்தரக் கற்றை என்றும், ஒரு புள்ளியில் ஒருங்குகின்ற கதிர்களைக் கொண்ட கூட்டம் ஒருங்கு கற்றை என்றும், ஒரு புள்ளியிலிருந்து விரியும் கதிர்களைக் கொண்ட ஒரு கூட்டம் விரியும் கற்றை என்றும் சொல்லப்படும்.

ஒளியின் வேகம் செக்கனுக்கு 186000 மைல்கள் அல்லது செக்கனுக்கு  $3 \times 10^{10}$  சமீ. ஆகும். ஒளிராப் பொருளில் ஒளி விழும் பொழுது, விழும் ஒளியின் ஒரு பகுதி எல்லா திசைகளிலும் சிதறும். இச் சிதறும் ஒளி கண்ணில் படும்பொழுது அப்பொருள் கண்ணுக்குப் புலப்படும்;

ஒளியியலின் பிரிவுகள்:

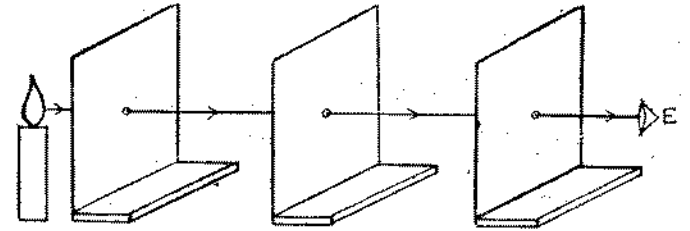
ஒளியியல் (1) கேத்திரகணித ஒளியியல் (2) பௌதிக ஒளியியல் என இரு பெரும் பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது.

கதிர்கள், கற்றைகள் என்பவற்றினது அடிப்படையில் கீழ் கேத்திரகணித முறையால் ஒளி கற்றல் கேத்திரகணித ஒளியியல் என்றும்; தலையீடு, முனைவாக்கம், கோணல்; ஒளியின் தன்மை என்பவற்றைக் கொண்ட பகுதி பௌதிக ஒளியியல் என்றும் பெயர் பெறும்.

கேத்திரகணித ஒளியியல் மூன்று பொது விதிகளை ஆதாரமாகக் கொண்டுள்ளது. அவையாவன: (i) ஒளி நேர்கோட்டில் செல்லும் விதி (ii) தெறிப்புவிதி (iii) முறிவுவிதி; இவ்வத்தியாயத்தில் ஒளியின் நேர்கோட்டுச் செல்லுகை கருத்திற் கொள்ளப்படும்;

ஒளியின் நேர்கோட்டுச் செல்லுகை:-

ஒளிமுதலுக்கும் கண்ணுக்குமிடையே ஒரு சிறு தடுப்பு வைக்கப் படி அல்லவொளி முதல் கண்ணுக்குப் புலப்படுவதில்லை. இது ஒளி நேர்கோட்டில் செல்கின்ற தென்பதைக் காட்டுகின்றது; இவ்வுண்மையை வகுமாறு பரிசோதிக்கலாம்.



படம்: 1

நடுவில் சிறு துவாரங்கள் தளைக்கப்பட்ட மூன்று அட்டைகளை எடுக்குக. பின்பு இவ்வட்டைகளைத் துவாரங்கள் மூன்றும் ஒரு நேர் கோட்டில் இருக்குமாறு சரி செய்க (படம்: 1). ஒரு நேரிய மெல்லிய கம்பியை மூன்று துவாரங்களுக்கும் கூடாகவும் புகுத்தி நேர்கோட்டில் இருக்கும் வண்ணம் சரி செய்தபின் அகற்றிவிடுக. ஒரு மெழுதிரிச் சுவாலையை முதல் அட்டையின் முன்னால் வைக்க, கடைசி அட்டையின் துவாரத்துக்குப் பின்னால் ஓர் அவதானியின் கண் இருப்பின் அவதானிக்குச் சுவாலையின் ஒரு புள்ளி தெரியுமாகும். ஓர் அட்டை இப்பொழுது சற்று பெயர்க்கப்படிச் சுவாலையின் அப் புள்ளி தெரிவதில்லை. இங்கு சுவாலைக்கும் கண்ணுக்கும் இடையிலுள்ள ஊடகம்

வளி ஆகும். ஆகவே இப் பரிசோதனை ஓர் ஒளிமான் ஊடகத்தில் ஒளி நேர்கோட்டில் செல்கின்றதென்பதைக் காட்டுகின்றது.

குறிப்பு:- ஒளி நேர்கோட்டில் செல்வது அண்ணளவான தென்றும், மூலைகளில் வளைகிறதென்றும் பின் வகுப்புகளில் ஒளி கற்கும் பொழுது அறியப்படும்.

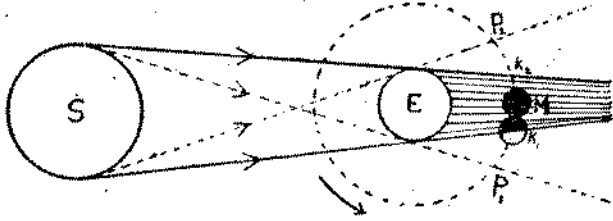
மேலும் பேரணின் இழிவு நேரத் தத்துவத்தின்படி, ஒரு புள்ளியிலிருந்து இன்னொரு புள்ளிக்கு மிகக் குறைந்த நேரத்தில் எப்பொழுதும் ஒளி செல்லத்தக்கதாக அப் புள்ளிகளுக்கிடையே ஒளிக்கதிரின் பாதை அமையுமென அறியப்படுகிறது. இதிலிருந்து முக்கியமான விளைவொன்றான கதிர்களின் நேர்மாறுக்கல் வெளிப்படையாகிறது. அதாவது கதிர்களின் பாதை நேர்மாறுக்கப்படி, அவை தாம் வந்த ஆரம்பப் பாதையிலேயே திரும்பியும் செல்வனவாகும்.

ஒளியின் நேர்கோட்டுச் செல்லுகையை ஊசித்தளைக் கமராப் பரிசோதனை, நிழல்கள் உண்டாதல், கிரகணங்கள் உண்டாதல், மேலும் உறுதிப்படுத்துகின்றன.

கிரகணங்கள்

வான் பொருளொன்றின் நிழல் இன்னொரு வான் பொருளின் மீது விழும்பொழுது கிரகணம் உண்டாகின்றது;

சந்திர கிரகணம்



படம் 2

சூரியனால் ஏற்படும் பூமியின் நிழலானது, நிறைவணுகு நிழலால் சூழப்பட்ட ஒரு கருநிழல் கூம்பைக் கொண்டுள்ளது. படம் 2 ஆனது சூரியன் S, பூமி E, சந்திரன் M ஆகியவற்றையும் பூமியால் விளைந்துள்ள கருநிழல் கூம்பையும் காட்டுகின்றது. P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> என்பவை சந்திரனின் ஒழுக்கில் நிறைவணுகு நிழல் பிரதேசத்தின் எல்லைப் புள்ளிகளாகும். K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> என்பவை அதே ஒழுக்கில் கருநிழல் கூம்பின் எல்லைப் புள்ளிகளாகும். பூமியைச் சுற்றிவரும் சந்திரன் கருநிழல் கூம்புக்குள் புகும்பொழுது கிரகணம் உண்டாகின்றது. சந்திரன் கருநிழல் கூம்புக்குள் அதாவது K<sub>1</sub> K<sub>2</sub> க்குள் இருக்கும் பொழுது உண்டாகும் கிரகணம் முழுக்கிரகணம் ஆகும். சந்திரனின் ஒரு பகுதி கருநிழலுக்குள்ளும் மீதிப் பகுதி அதற்கு வெளியிலும் இருக்கும்பொழுது பகுதிக்

கிரகணம் உண்டாகும். சந்திரன் P<sub>1</sub> இலிருந்து K<sub>1</sub> க்குச் செல்லும் பொழுது சூரியனிலிருந்து அதுபெறும் ஒளி படிப்படியாகக் குறையும். ஆகவே கிரகணம் நிகழ்வதற்கு முன்னதாகச் சந்திரனின் துலக்கம் மிகும். சந்திரகிரகணம் எப்பொழுதும் பெளர்ணமிகளில் நிகழும். அவ் வேளைகளில் பூமியானது சூரியனுக்கும் சந்திரனுக்கும் இடையில் இருக்கும். ஆயினும் ஒவ்வொரு பெளர்ணமியிலும் இது நிகழ்வதில்லை. ஏனெனில் சந்திரனின் ஒழுக்கு சூரியனைச் சுற்றி பூமியில் ஒழுக்குக்கு கமார் 5° சாய்வில் இருப்பதால், சந்திரனின் பாதை முற்றாக பூமியின் நிழல் கூம்புக்கு வெளியில் இருக்க நேரிடும். பூமியினது ஒழுக்கின் தளத்தை சந்திரனின் பாதை இரு புள்ளிகளில் வெட்டும். அப் புள்ளிகள் கணுக்கள் எனப்படும். கணுக்களை இணைக்கும்கோடு வெகு மெதுவாகச் சுழலும். கணுக்களும், சூரியனும், பூமியும் ஒரே நேர் கோட்டில் இருக்கும்பொழுது சந்திரன், கணுவில் அல்லது அதற்கு அருகில் வரின் கிரகணம் உண்டாகும். கருநிழல் கூம்பின் உச்சி சந்திரனின் ஒழுக்குக்கு அப்பால் இருப்பதால் இங்கு ஒரு பொழுதும் கணுக்கள் கிரகணம் உண்டாகமாட்டாது.

சூரிய கிரகணம்

சூரியகிரகணம் அமாவாசையில் நிகழும். அப்பொழுது சந்திரன் சூரியனுக்கும் பூமிக்கும் இடையில் இருக்கும். சூரியன் சந்திரனிலும் மிகப் பெரிதானதால் சந்திரனின் பிரதிபலனத்தில் கருநிழல் கூம்பும் நிறைவணுகுநிழற் பகுதியும் உண்டாகும். இவை சில நேரங்களில் பூமியின் மேற்பரப்பைத் தொடும். சில நேரங்களில் தொடமாட்டா: இதற்கு இரு காரணங்கள் உள். அவையாவன: (1) பூமியைச் சுற்றி சந்திரனினது ஒழுக்கின் தளம், சூரியனைச் சுற்றி பூமியின் ஒழுக்கின் தளத்துக்கு 5° சாய்வில் இருக்கின்றது. (2) பூமியைச் சுற்றி சந்திரனின் ஒழுக்கு ஒரு நீள்வளையமாக இருக்கின்றது. இவற்றால் சில நேரங்களில் பூமியின் மேற்பரப்பு சந்திரனின் கருநிழல் கூம்பின் உச்சிக்கு இப்பாலும், சில நேரங்களில் அப்பாலும் வரும். எனவேதான் ஒவ்வொரு அமாவாசையிலும் சூரியகிரகணம் உண்டாவதில்லை.

வினாக்கள்

1. ஒளிகசிபொருள், கதிர், ஒருங்குகிறை என்றால் என்ன? ஒளிமான் ஊடகத்தில் ஒளி நேர்கோட்டில் செல்லும் என்பதனைக் காட்ட ஒரு பரிசோதனை விவரிக்க.
2. கருநிழல், நிறைவணுகு நிழல் என்றால் என்ன? ஒளிமுதல், தடுப்பிலும் பெரிதாக இருக்கும் பொழுது அவை உண்டாகின்றன என்பதை விளக்குக.
3. சந்திரகிரகணம், சூரியகிரகணம் உண்டாதலை வேண்டிய வரிப் படங்களுடன் விளக்குக. கணுக்கள் கிரகணம் என்றால் என்ன? இது ஏன் சந்திர கிரகணங்களில் உண்டாவதில்லை?

## அத்தியாயம் 2

### தளமேற்பரப்புகளில் தெறிப்பு

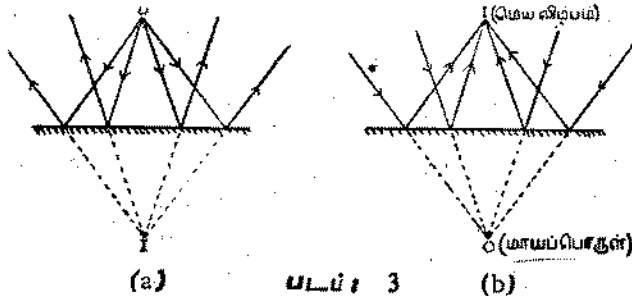
ஒளி ஒரு மேற்பரப்பில் படின், அதன் ஒரு பகுதி மேற்பரப்பால் உறிஞ்சப்படும், ஒரு பகுதி தெறிக்கப்படும். ஒரு பகுதி முறிவடை யப்படும். இப்பகுதிகளின் பருமன்கள் ஒளிப்படும் மேற்பரப்பின் தன் மையைப் பொறுத்ததாகும். தெறிப்பு விதிகள் தொன்று தொட்ட காலத்திலிருந்தே தெரிந்தனவாகும். அவ்விதிகளாவன:

- படுகதிர், தெறிக்கதிர், மேற்பரப்பின் படுபுள்ளியிலுள்ள செவ்வன் இவையாவும் ஒருதளத்தில் உள்.
- படுகோணமும், தெறிக்கோணமும் ஒன்றுக்கொன்று சமன்.

இவ்விதிகள் அறிமுறையின்படியும், பரிசோதனையின் படியும் உண்மையெனக் காணப்பட்டுள்ளன. ஓர் உயர்தலக்கமுள்ள ஒப்ப மான மேற்பரப்பு ஆடிபோல் தொழிற்படும். தெறிப்பு முகம் தள மாயின், அது தளவாடி எனவும், கோளமாயின் கோளவாடி என வும் பெயர் பெறும். ஒரு மேற்பரப்பு எவ்வளவுக்கு ஒப்பமானதோ அவ்வளவுக்கு ஒளித்தெறிப்பும் ஒழுங்காக இருக்கும்;

ஒரு தளமேற்பரப்பு நிறை ஒப்பமாக இருப்பின் அக்கு படும் ஒளி ஒழுங்காகத் தெறிப்படையும். நிறை ஒப்பமில்லாதிருப்பின், படும் ஒளி பரவல் தெறிப்படையும். ஆயினும் இரு மேற்பரப்புகளிலும் தெறிப்பு, தெறிப்பு விதிகளுக்கமையவே நிகழும். ஒரு சமாந்தரக் கற்றை தெறிமேற்பரப்பில் பட்டுச் சமாந்தரக் கற்றையாகத் தெறிப்படையின் அம் மேற்பரப்பு நிறை ஒப்பமான மேற்பரப்பென வும், அங்குமிக்குமாகத் தெறிப்படையின் அம் மேற்பரப்பு ஒப்ப மில்லாத மேற்பரப்பெனவும் கொள்ளப்படும்.

தளவாடியில் தோன்றும் விம்பங்கள்:

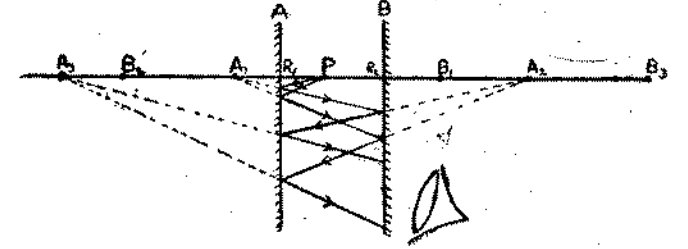


படம் 3

படம் 3 (a) இல் காட்டியவாறு O என்னும் பொருளிலிருந்து விரிசுற்றை ஆடியில் படும்பொழுது ஒரு மாயவிம்பம் தோன்றும் படம் 3 (b) இல் காட்டியவாறு ஓர் ஒருங்கு கற்றை ஆடியில் படும் பொழுது ஒரு மெய்விம்பம் ஆடிக்கு முன்னால் ஏற்படும். முதலாம் சந்தர்ப்பத்தில் ஒரு மெய்ப்பொருள் தளவாடியில் மாயவிம்பத்தையும் இரண்டாம் சந்தர்ப்பத்தில் ஒரு மாயப்பொருள் தளவாடியில் ஒரு மெய்விம்பத்தையும் உண்டாக்குவதைக் காணமுடிகிறது. ஆயினும் விம்ப தூரங்களும் பொருட்டுரங்களும் ஆடியிலிருந்து சமனாகவே இருக்கும்.

ஓர் ஆடிகளின்மீது அடுத்தடுத்த தெறிப்புக்களினால் உண்டாகும் விம்பங்கள்

- சமாந்தர ஆடிகள்:



படம் 4

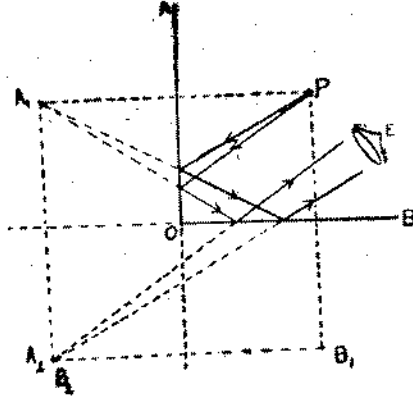
A, B என்னும் இருசமாந்தர ஆடிகளுக்கிடையே ஓர் ஒளிர் புள்ளிப் பொருள் P வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆடிகளுக்கிடையே ஓர் அவதானி பார்ச்சும்பொழுது எண்ணற்ற விம்பங்களை காணப்படும் P இலிருந்து  $PR_1, PR_2$  என்னும் செங்குத்துக்களைக் கீறி நீட்டிவிடுக. இக்கோட்டியே எல்லா விம்பங்களும் இருக்கக் காணப்படும்.  $PR_1 = x$  எனவும்,  $PR_2 = y$  எனவும் கொள்க.

இரு விம்பத் தொகுதிகள், ஒன்று A இற் கூடாகவும், மற்றது B இற் கூடாகவும் தெரியுமாகும். முதல் Aல் தெறிப்பு ஆரம்பிக்கும் பொழுது உண்டாகும் விம்பங்களைக் கருதுக. A இல் P இன் விம்பம்  $A_1$  ஆகும். அப்பொழுது  $A_1R_1 = x$ . பின்பு  $A_1$  ஒரு பொருளாக B இல் தெறிப்பு நிகழும்பொழுது இருப்பின்,  $A_2$  ஆனது B இல் விம்பமாக இருக்கும். அப்பொழுது  $A_1R_2 = A_2R_2 = 2x + y$ . அடுக்காறியோல்  $A_2$  பொருளாக A இல் நிகழும் தெறிப்புக்கு இருக்கும் பொழுது  $A_3$ , A இல் விம்பமாகத் தோற்றும். தொடர்ந்து இந் நிகழ்வுகள் மேன்மேலும் நடைபெறும். அடுத்த தொகுதி விம்பங்கள்

B இல் தெறிப்பு முதல் ஆரம்பிக்கும் பொழுது உண்டாகும். மேல் விவரித்தவாறே இங்கும் தொடர்ச்சியாக விம்பங்கள் தோன்றும். படம் 4 இல் சில விம்பங்களை குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இங்கு பின்வரும் பெறுபெறுகள் பெறப்படும். A இல் தெறிப்பு ஆரம்பிக்கும் பொழுது ஏற்படும் விம்பங்களுக்கு  $PA_1 = 2x$ ;  $PA_2 = 2x + 2y$ ;  $PA_3 = 4x + 2y$ ;  $PA_4 = 4x + 4y$ ; இவ்வாறே மற்றவைக்கும் பெறப்படும். B இல் தெறிப்பு ஆரம்பிக்கும் பொழுது ஏற்படும் விம்பங்களுக்கு  $PB_1 = 2y$ ;  $PB_2 = 2y + 2x$ ;  $PB_3 = 4y + 2x$ ; இவ்வாறே மற்றவைக்கும் பெறப்படும்.

இரண்டு ஆடிகளுக்கிடையாகவும் விம்பங்களை நோக்கும் பொழுது அவை எண்ணற்றவையாக இருக்கும். எனினும் சில விம்பங்களே துலக்கமாக இருக்கும். மற்றவை மங்கலாகக் காணப்படும். ஏனெனில் ஒவ்வொரு தரமும் தெறிக்கும்பொழுது ஒளிச்சேறிவு ஒரு மாறா விகிதத்தில் குன்றுகின்றது. படம் 4 இல் ஓர் அவதானி விம்பம்  $A_3$  ஐப் பார்ப்பதற்கான கதிர்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன.

இரண்டு ஆடிகள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்கையில் தோன்றும் விம்பங்கள்

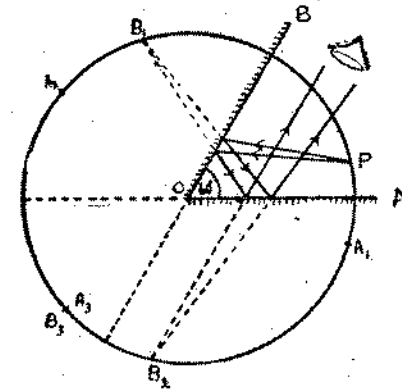


படம்: 5

OA, OB என்னும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்கும் ஆடிகளுக்கிடையே ஓர் ஒளிர் புள்ளி இருப்பின் அவற்றினூடு தோன்றும் விம்பங்கள் வருமாறு கணக்கிடப்படும்? P இலிருந்து OA இல் தெறிப்புறும் கதிர்கள் OB இல் படும்பொழுது  $A_1$  இலிருந்து வருவனபோல் உள் ஆனால்  $A_1$  ஆனது OA இல் தோன்றும் P இன் விம்பமாகும். இதேபோல் OB இல் P இலிருந்து முதல் தெறிப்பும்

கதிர்கள் OA இல் படும்பொழுது  $B_1$  இலிருந்து வருவனபோல் இருக்கும். மேலும் சில கதிர்கள் இரண்டு ஆடிகளிலும் அடுத்தடுத்துத் தெறிப்புறுகின்றன. உதாரணமாக P இலிருந்து OA இல் படும் கதிர்கள் தெறிப்பிறு,  $A_1$  இலிருந்து வருவனபோல் OB இல் பட்டுத் தெறிப்பும். இத் தெறிக்கதிர்கள்  $A_2$  இலிருந்து வருவன போல் இருக்கும். இதேபோல் OB இல் முதல் தெறிப்பும் கதிர்களும்  $B_1$  இலிருந்து வருவனபோல் OA இல் பட்டுத் தெறிப்பும். இத் தெறிக்கதிர்கள்  $B_2$  இலிருந்து வருவனபோல் தோன்றும். கேத்திர கணித முறையால்  $A_2$  உம்  $B_2$  உம் ஒரே புள்ளியில் உள்ளவெனச் சுவபமாகக் காட்ட முடியுமாகும். அத்துடன் இவ்விம்பங்கள் இரண்டு ஆடிகளுக்கும் பின்னால் உண்டாவதால் இதன்பின்பு வேறு விம்பங்கள் உண்டாவதில்லை. ஆகவே மூன்று விம்பங்கள் இறுதியாகக் காணப்படும். அவையும் பொருளும்  $PA_1A_2B_1$  என்னும் செவ்வகத்தின் உச்சிகளில் இருக்கக் காணப்படும். பொருளும் விம்பங்களும் O விலிருந்து சமதூரங்களில் இருப்பதால் O யை மையமாகவும் OP ஐ ஆரையாகவும், கொண்ட ஒரு வட்டத்தின் பரிதியில் இவை இருக்கும்.

$60^\circ$  சாய்வில் இருக்கும் இரண்டு ஆடிகளுக்கிடையே தோற்றும் விம்பங்கள்



படம்: 6

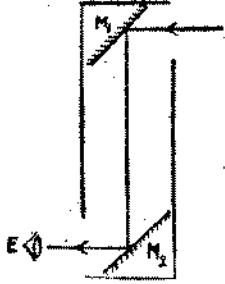
$60^\circ$  சாய்வில் இருக்கும் இரண்டு ஆடிகளுக்கிடையே P என்னும் புள்ளிப் பொருளொன்று இருக்கும் பொழுது P இன் இறுதி விம்பங்களானவை  $A_3, B_3$  இல் ஒன்றுடன் ஒன்று பொருந்தும். இங்கு விம்பங்களின் மொத்த எண்ணிக்கை ஐந்து ஆகும். படம் 6. விம்பம்  $B_2$  ஐப் பார்ப்பதற்கான கதிர்ப்படத்தைக் காட்டுகின்றது. இவ்

விம்பங்கள் யாவும் O வை மையமாகவும் OP ஐ ஆரையாகவும் கொண்ட வட்டத்தின் பரிதியில் இருக்கும்.

மேற்கூறிய இரண்டு எடுத்துக் காட்டுகளையும் கொண்டு,  $180^\circ$  இன் உபமடங்கு  $\theta$  வை இடைக்கோணமாகக் கொள்ளும் இரண்டு ஆடிகளுக்கிடையே ஒரு புள்ளிப்பொருள் இருப்பின் தோன்றும் விம்பங்களின் எண்ணிக்கையை  $\left(\frac{360}{\theta} - 1\right)$  என்னும் கோவையிலுள் பெறமுடியுமாகும்.

அடுத்தடுத்த தெறிப்புக்களின் பிரயோகங்கள்:

(i) எளிய சூழ்பொருள் காட்டி



படம்: 7

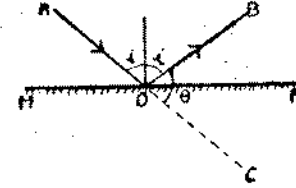
ஒரு பொருளானது கவர் போன்ற தடுப்புக்குப் பின்னால் இருப்பின் அதனைச் சுலபமாகப் பார்ப்பதற்கு சூழ் பொருள் காட்டி ஓர் உகந்த அமைப்பாக விளங்குகின்றது. இதன் அமைப்பு படம்: 7 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.  $M_1, M_2$  என்னும் இரு தளவாடிகள் ஒரு நீளமான குழாய்க்குள் அதன் தலைமை அச்சுக்கு  $45^\circ$  சாய்வில் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. ஒரு வெகு தூரத்தில் இருக்கும் பொருளொன்றின் ஒளி இவ் வாடிகளில் அடுத்தடுத்துத் தெறிப்படைந்து அவதானியின் கண்களை அடைகின்றன. இக் கருவி ஓர் அகழியில் இருந்து வெளியில் நிகழும் சம்பவங்களைப் பார்க்கப் பயன்படத்தக்கதாகும். நீர்மூழ்கிக் கப்பல்களிலிருந்து சமுத்திரத்தின் மேல் இருக்கும் பொருள்களைப் பார்க்கவும் இத்தகைய கருவியே பெரிதும் பயன்படுகிறது.

படம்: 7

(ii) பன்னிறவுருக்காட்டி:

இக்கருவி, ஒரே பருமனுடைய மூன்று தளவாடித் துண்டுகளைக் கொண்டுள்ளது. இவை ஓர் உருளைக்குழாய்க்குள் ஒன்றுக்கொன்று  $60^\circ$  சாய்வில் இருக்கும் வண்ணம் தாங்கப்படுகின்றன. இக் குழாய்க்குள் பொருந்தும் இருவட்டக் கண்ணாடித் தகடுகளுக்கிடையே நிற மூட்டப்பட்ட சிறுமணிகள் அடைக்கப்பட்டு குழாயின் ஒரு முனையில் வைக்கப்படுகின்றன. மறுமுனையிலிருக்கும் தோக்குத் துவாரத்துக் கூடாகப் பார்க்குமிடத்து மணிகளின் அலங்காரமான தோற்றம் தெரியும். இது, நிறமூட்டப்பட்ட மணிகளின் ஒளி அடுத்தடுத்து சாய்ந்த மூன்று ஆடிகளிலும் தெறிப்பதால் ஏற்படுகின்றதாகும்.

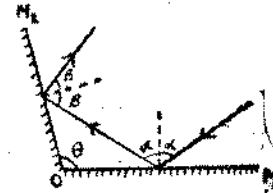
தெறிப்பினால் விளையும் கோண விலகல்:



படம்: 8

ஒளி ஒரு மேற்பரப்பில் தெறிப்படையும் பொழுது தளது தொடக்கப் பாதையிலிருந்து விலகுகின்றது. படம் 8 இல் படுகதிர் AO ஆனது MM' என்னும் மேற்பரப்பு இல்லாவிடில் OC வழியே செல்லும். ஆனால் மேற்பரப்பு இருப்பதால் தெறிப்பின் காரணமாக OB வழியே செல்கின்றது. கதிர் அடையும் விலகல்  $\theta$  ஆனது  $e = 180 - 2i$  என்பதால் பெறப்படும்.

அடுத்தடுத்த தெறிப்புக்களின் காரணமாக ஏற்படும் விலகல்:

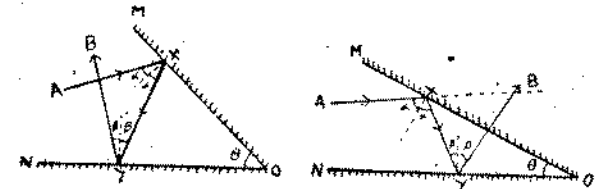


படம்: 9

படம் 9 இல் காட்டியவாறு  $\theta$  எனும் இடைக் கோணத்தையுடைய இரண்டு ஆடிகளில் ஓர் ஒளிக்கதிர் அடுத்தடுத்துத் தெறிப்படைவதால் ஏற்படும் விலகல்  $d$  வருமாறு துணியப்படும். கதிரானது  $\alpha$  என்னும் படுகோணத்தடன் முதல் ஆடியில் பட்டு தெறிப்படைகின்றது. அப்பொழுது ஏற்படும் விலகல்  $180 - 2\alpha$  ஆகும் இரண்டாவது ஆடியில், படுகோணம்  $\beta$  ஆயின் அங்கு விலகல்  $180 - 2\beta$  ஆகும். ஆகவே மொத்த விலகல்  $360 - 2(\alpha + \beta)$  ஆகும். ஆனால்  $\alpha + \beta = \theta$

$$\therefore \text{விலகல் } d = 360 - 2\theta$$

இவ்விலகல் வலஞ்சுழியாகவுள்ளது; இடஞ் சுழியாக விலகல் கணிக் கருபடி அது  $2\theta$  விரிசுச் சமனாகும். அத்தடன் இங்கு ஆரம்பக் கதிரின் திசைக்கும் இறுதிக் கதிரின் திசைக்கும் இடையேயுள்ள கோணமும்  $2\theta$  ஆகும்.



(a)

படம்: 10

(b)



படம் 10(a) ஐ நோக்கும்பொழுது, OM இல் AX என்னும் படுகதிர்  $180 - 2\alpha$  என்னும் விலகலை வலஞ்சுழியாகவும் பின்பு ON இல் XY என்னும் கதிர்  $180 - 2\beta$  என்னும் விலகலையும் வலஞ்சுழியாக அடையும். ஆகவே தேறும் விலகல்

$$d = 360 - 2(\alpha + \beta) \text{ ஆகும்.}$$

$$\begin{aligned} \text{ஆனால் } \triangle XYO \text{ இல் } \angle NYX &= \angle YOX + \angle YXO \\ 90 + \beta &= \theta + 90 - \alpha \\ \therefore \alpha + \beta &= \theta \end{aligned}$$

$$\therefore \text{வலஞ்சுழியாகத் தேறிய விலகல் } d = 360 - 2\theta$$

எனவே இடஞ்சுழியாகத் தேறும் விலகல் =  $2\theta$  ஆகும்.

படம் 10(b) இல் காட்டியவாறு கதிர் AX அடுத்தடுத்துத் தெறிப்படையும்போது ஏற்படும் விலகல்  $d$  வருமாறு துணியப்படும். AX என்னும் படுகதிர்  $\alpha$  என்னும் படுகோணத்துடன் OM இல் படுகின்றது. அப்பொழுது XY என்னும் திசையில் தெறிக்கும். ஆகவே வலஞ்சுழியாக ஏற்பட்ட விலகல்  $2(90 - \alpha) = 180 - 2\alpha$  ஆகும். XY என்னும் தெறிக்கதிர் இப்பொழுது ON இல்  $\beta$  என்னும் படுகோணத்துடன் விழுகின்றது. அப்பொழுது தெறிக்கதிர் YB இடஞ்சுழியாக ஆக்கும் விலகல்  $2(90 - \beta) = 180 - 2\beta$  ஆகும். ஆகவே இறுதியாக இடஞ்சுழியாகத் தேறும் விலகல்,

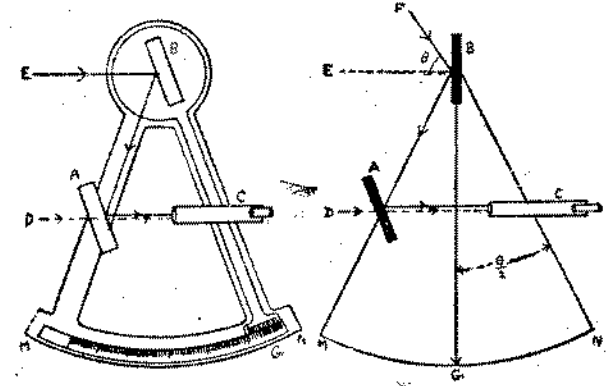
$$d = 180 - 2\beta - (180 - 2\alpha) = 2(\alpha - \beta)$$

$$\begin{aligned} \triangle XYO \text{ இல், } \angle XYN &= \angle YOX + \angle YXO \\ 90 - \beta &= \theta + 90 - \alpha \\ \alpha - \beta &= \theta \end{aligned}$$

$$\therefore \text{இடஞ்சுழியாகத் தேறிய விலகல் } d = 2(\alpha - \beta) = 2\theta$$

இவ் விளக்கங்களிலிருந்து இரண்டு ஆடிகளில் அடுத்தடுத்துத் தெறிப்பு நிகழ்வதன் மூலம் பெறப்படும் விலகல் படுகோணங்களில் தங்குவதில்லை என்பதும், ஆனால் ஆடிகளுக்கிடையிலுள்ள கோணத்தில் தங்குகின்றது என்பதும் வெளிப்படையாகிறது. மேலும்  $\theta = 90^\circ$  ஆயின் அதாவது ஆடிகள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருப்பின் ஆரம்பப் படுகதிரும் இறுதித் தெறிக்கதிரும் ஒன்றுக்கொன்று சமாந்தரமாகவும், அவற்றின் திசைகள் ஒன்றுக்கொன்று எதிராகவும் இருக்கும் எனவும் காணப்படும்.

சட்டிமம்



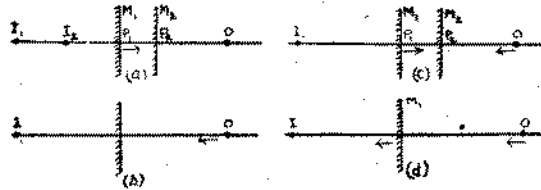
(a) படம் 11 (b)

சட்டிமம் என்னும் கருவியில் இரண்டு ஆடிகளுக்கிடையே அடுத்தடுத்துத் தெறிப்பு நிகழும் தோற்றப்பாடு பிரயோகிக்கப்படுகிறது. இது பெரும்பாலும் கப்பல்களிலிருந்து வரின் பொருள்களின் உயரங்களை அல்லது ஏற்றங்களை அளக்கப் பயன்படுகின்றது. A என்பது ஒரு நிலையான ஆடியாகும். ஆனால் இதன் மேற்பரப்பின் அரைவாசிப் பங்கே வெள்ளி பூசப்பட்டது. எஞ்சியது வெள்ளி பூசப்படாததாகும். இப்பகுதிக்கூடாக தொலைகாட்டி மூலம் அடிவானத்தை DAC வழியே பார்க்க முடியுமாகும். ஆகவே இது "அடிவானக் கண்ணாடி" எனப்படும். B என்னும் இரண்டாம் ஆடி "சட்டிக் கண்ணாடி" எனப்படும். இதன் மூலமும் அடிவானம் தொலை காட்டிக்கூடாகப் பார்க்க முடியுமாகும். அப்பொழுது அடிவானத்திலிருந்து வரும் EB என்னும் கதிர் B இல் பட்டு BA வழியே தெறிப்படைந்து A இல் பட்டு அங்கும் தெறிப்புற்று AC வழியே தொலைகாட்டிக்குச் செல்லும். இந்நிலையில் A, B என்னும் இரண்டு ஆடிகளும் சமாந்தரமாக இருக்கும்; அப்பொழுது ஓர் அவதானி தொலைகாட்டிக் கூடாக அடிவானத்திலிருந்து நேரடியாக A இன் வெள்ளி பூசப்படாத பாகத்தினூடு வரும் கதிரையும், அடிவானத்திலிருந்து A இன் வெள்ளி பூசப்பட்ட பாகத்திலும், B இலும் அடுத்தடுத்துத் தெறிப்புற்று வரும் கதிரையும் ஒரே நேரத்தில் பார்க்க முடியுமாகும். ஆடி B ஆனது B பற்றி சுழலத்தக்கதாகப் புயம் BG இல் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. G இல் ஒரு வேணியர் அளவுதிட்டமும் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றது; அது ஒரு நிலையான அளவுதிட்டம் MN மீது சுழலத்தக்கதாகும். A உம், B உம் சமாந்தரமாக இருக்கும் நேரத்தில் வேணியர் ஆனது MN என்னும் அளவுதிட்டம்

டத்தில் பூச்சியத்தை வாசிக்கும். அப்பொழுது தொலைகாட்டிக் கூடாகப் பார்க்கும் அடிவானத்தின் இரு பகுதிகளும் ஒரு தொடர்ந்த நேர்கோட்டில் தோற்றும்.

குரியல் அல்லது ஒரு நட்சத்திரத்தின் ஏற்றம் காணவேண்டுமாயின் ஆடி Bஐக் காவும் புயம் BG, படம் 10 (b) இல் காட்டப்படும் ஒரு நிலைக்குச் சுழற்றப்படும். அப்பொழுது பொருளிலிருந்து வரும் FB என்னும் கதிர் Bஇல் தெறிப்படைந்து BAC வழியே வருவதால் பொருள் பார்க்கக் கூடியதாக இருக்கும். அத்துடன் FBE என்னும் ஏற்றக்கோணம், MN இல் வேணியர் குறிக்கும் கோணத்தின் இருமடங்காகும். ஆனால் அளவுத்திட்டம் MN இல் ஏற்றத்தை நேரடியாக வாசிக்கும் பொருட்டு அதனில் ஒவ்வொரு பாகை சுழற்சி ஆனது  $2^\circ$  எனக் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. ஆகவே அளவுத்திட்டத்தின் வாசிப்பு நேரடியாக, பொருளின் ஏற்றத்தைத் தரத்தக்கதாகும்.

இயங்கும் ஆடியில் விம்பத்தின் பெயர்ச்சி:



படம் 12

(a) U என்னும் பொருள் நிலையாக இருக்க ஆடி பொருளை நோக்கி அசையின்:  $M_1$  இலிருந்து பொருட்டேரம்  $d$  எனின்  $OI_1 = 2d$  ஆகும்.  $M_1$  ஆனது  $x$  தூரத்துக்கூடாக  $M_2$  க்கு அசையின்  $OM_2 = d - x$ . அப்பொழுது  $OI_2 = 2(d - x)$  ஆகவே விம்பம் அசைந்த தூரம்  $2d - 2(d - x) = 2x$  ஆகும். இதன் பிரகாரம் பொருள் நிலையாக இருக்க ஆடியானது  $V$  என்னும் வேகத்துடன் பெருகி நோக்கி அசையின் பொருள் சார்பாக விம்பத்தின் வேகம்  $2V$  ஆகும். ஆடி பொருளை விவி அசையும் பொழுதும் பொருள் சார்பாக விம்பத்தின் வேகமும்  $2V$  ஆகும்.

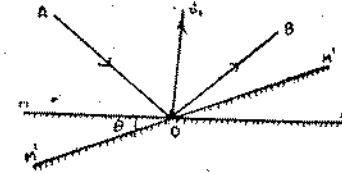
(b) ஆடி நிலையாக இருக்கப் பொருள் அசையின்: ஆடியிலிருந்து பொருட்டேரம்  $d$  ஆகும். ஆகவே பொருளுக்கும் விம்பத்துக்கு முள்ள தூரம்  $2d$  ஆகும். பொருள்  $V$  வேகத்துடன் ஆடியை நோக்கி அசையின் ஒரு செக்கனுக்குப்பின் பொருட்டேரம்  $d - V$

ஆகும் ஆகவே ஆடி சார்பாக விம்பத்தின் வேகம்  $V$  உம் அதன் பொருள் சார்பாகவும்  $2V$  யுமாகும்.

(c) பொருளும் ஆடியும் ஒன்றையொன்று நோக்கி அணுகின்: பொருளின் வேகம்  $V$  எனவும் ஆடியின் வேகம்  $U$  எனவும் கொள்க. ஆடி சார்பாக பொருளின் வேகம்  $U + V$ . ஆரம்பத்தில் ஆடியிலிருந்து பொருட்டேரம்  $d$  எனின் ஒரு செக்கனுக்குப் பின் பொருட்டேரம் ஆடியிலிருந்து  $d - (U + V)$  ஆகும். ஆகவே விம்பதூரமும்  $d - (U + V)$  ஆகும். இதிலிருந்து ஆடிசார்பாக விம்பத்தின் வேகம்  $(U + V)$  ஆகும். பொருள் சார்பாக விம்பத்தின் வேகம்  $2d - 2\{d - (U + V)\} = 2(U + V)$  ஆகும்.

(d) பொருளும் ஆடியும் ஒரே திசையில் விவி இயங்கும் பொழுது பொருள் சார்பாக விம்பத்தின் வேகத்தை மேல் விளக்கியவாறு கணிக்துக் கொள்க.

படுகதிர் மாறுதிருக்க ஆடி சுழற்றப்படும் பொழுது தெறிக்கதிரின் நிலை:-



படம் 13

AO ஆனது MM இல் ஒரு படுகதிர். அதன் தெறிக்கதிர் OB; அப்பொழுது AO இன் படுகோணம்  $i$  ஆயின்  $\angle AOB = 2i$ . ஆடி  $\theta$  விற கூடாகச் சுழற்றப்பட்டு  $M^1 M^1$  இல் இருக்கும் பொழுது தெறிக்கதிர்  $OB_1$  வழியே இருக்கிறதாகும். ஆடி  $\theta$  விற கூடாகச் சுழல, O வினுள்ள செவ்வனும்  $\theta$  விற்கூடாகச் சுழலும். ஆகவே இப்பொழுது படுகோணம்  $(i - \theta)$  ஆகும், ஆகவே  $\angle AOB_1 = 2(i - \theta)$

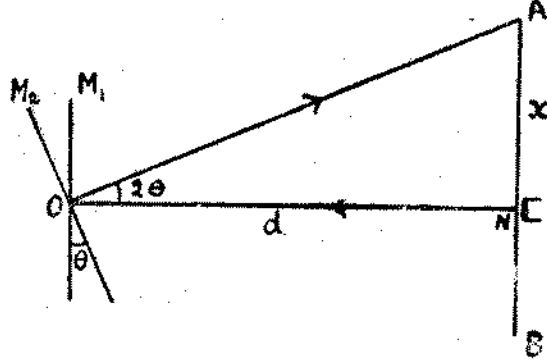
$$\therefore \angle BOB_1 = 2i - 2(i - \theta)$$

$$= 2\theta$$

$\therefore$  தெறிக்கதிர்  $2\theta$  விற்கூடாகச் சுழற்றப்பட்டுள்ளது.

அதாவது படுகதிரின் திசை மாறுதிரூக்க ஆடி  $\theta$  வீற்கூடாகச் சுழற்றப்படின் தெறிகதிர்  $2\theta$  வீற்கூடாகச் சுழற்றப்படும்.

இத் தத்துவம் ஆடிக்க கல்வனோமானிகளின் ஒளியியனெம்பு கோலில் உபயோகிக்கப்படுகிறது;



படம்: 14

ஆடிக்க கல்வனோமானிகளில்  $M_1$  என்னும் விறைப்பர்சப் பொருத்தப்பட்ட சிறு ஆடி, மின்னோட்டம் பாயும் நேரங்களில் சுழற்றப்படும். அப்பொழுது ஒரு நிலையான விளக்கிலிருந்து (L) விழும் ஒளியானது ஆடி  $M_1$  இலிருக்கும் பொழுது ON வழியே தெறிப்படையும்.  $M_2$  விற்கு ஆடி சுழற்றப்படும் பொழுது OA வழியே தெறிப்படையும். AB என்னும் அளவுத்திட்டத்தில் ஒளிப் பொட்டு A இல் விழும். ஒளியின் படுகதிரினது திசை NO வழியே எப்பொழுதும் இருக்கும்.

ஆகவே ஆடி  $\theta$  வீற்கூடாகத் திரும்ப, தெறிகதிர் OA ஆனது  $2\theta$  வீற்கூடாகத் திரும்பும். செங்கோண  $\triangle ONA$  இல் தான்  $2\theta = \frac{x}{2d}$

ஆகவே x உம், d உம் தெரியப்படின்  $\theta$  கணிக்கப்படும்.

உத்திகணக்குகள்:

- 5 அடி உயரமுள்ள ஒரு மனிதன் தனது வீம்பத்தை ஒரு நிலைக்குத்துத் தளவாடிக் கூடாகப் பார்க்கின்றான்; அவன் கண் மட்டம் தரையிலிருந்து 4 அடி 6 அங்குல உயரத்திலுள்ளது. மனிதன் தன்னை முற்றாகப் பார்ப்பதற்கு வேண்டிய ஆடியின் மிகக் குறைந்த நீளத்தைக் காண்க. இதை விளக்க ஒரு கதிர்ப்படமும் வரைக.

படம் 15 இல் AB மனிதனையும் CD மிகக்குறைந்த ஆடியையும் குறிக்கின்றன. B தலையின் உச்சியையும், A அடியையும் E கண்மட்டத்தையும் குறிக்கின்றன. B இலிருந்து வரும்கதிர், E இல் விழத் தக்கதாக C இல் படுகின்றது.

$\triangle BCE$  ஓர் இருசமபக்க முக்கோணமாகவும் CN, BE க்குச் செவ்வகையும் இருக்கின்றன.

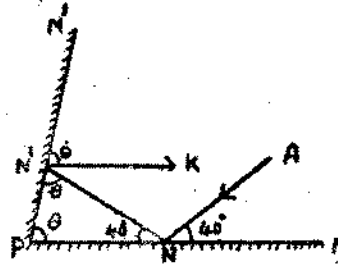
$\therefore BN = EN = 3$  அங்குலம் ( $BN = \frac{1}{2}BE$ ) மேற்காட்டியதுபோல் A இலிருந்து வரும் கதிர், E இல் விழத்தக்கதாக D இல் படுகின்றது.  $\triangle ADE$  ஓர் இரு சமபக்க முக்கோணம். அத்துடன் DM, AE க்குச் செவ்வகமும்.

$$AE = 4' 6''$$

$$\therefore EM = 2' 3''$$

$$\therefore \text{ஆனால் } CD = MN = ME + EN = 2' 6''$$

$$\therefore \text{ஆடியின் மிகக் குறைந்த நீளம்} = 2' 6'' \text{ ஆகும்.}$$



படம்: 16

$$\text{படம் 16 இன்படி } \angle ANM = 40^\circ$$

$$\therefore \angle ANM = \angle PNN' = 40^\circ$$

$$N'K \parallel PN \text{ ஆனதால்}$$

$$\therefore \angle PNN' = \angle NN'K = 40^\circ$$

$$\therefore \angle PN'N + \angle M'N'K = 2\theta = 140^\circ$$

$$\text{ஆனால் } \angle PN'N = \angle M'N'K = 70^\circ$$

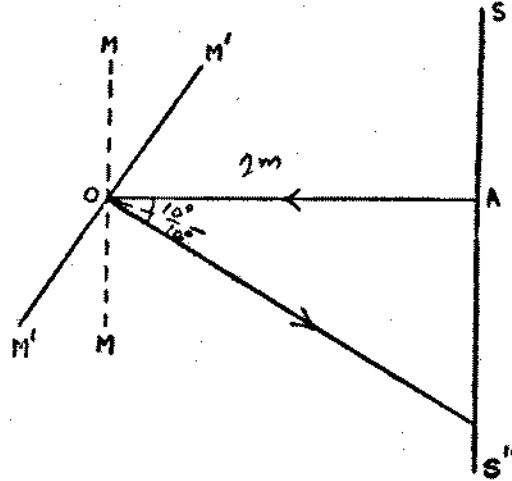
$$\text{மேலும் } \angle N'PN = \angle M'N'K = \theta = 70^\circ$$

$$\therefore \angle N'PN = 70^\circ$$

2. ஓர் ஒளிக்கதிர் ஒரு கிடை யான தளவாடியுடன்  $40^\circ$  ஆக்கத் தக்கவண்ணம் விழுகின்றது. ஓர் இரண்டாம் ஆடியை எவ்வாறு ஒழுங்கு செய்யின் அதனில் படும் முதலாம் ஆடியிலிருந்து வரும் தெறிகதிர் இவ்வாடியில் கிடை யாகத் தெறிப்படையும். இதனை வரிப்படம் மூலம் விளக்குக.

∴ இந் நிபந்தனையை நிறைவேற்றுவதற்கு இரண்டாம் ஆடி முதலாவதாவ கிடையாடியுடன்  $70^\circ$  ஆக்கல் வேண்டும்.

3. ஒரு சிறு தளவாடி, கல்வனோமானிச் சுருளுடன் பொருத்தப் பட்டுள்ளது. AO என்னும் கதிர் ஆடியில் படுகின்றது. இவ்வாடிக்குச் சமாந்தரமாக இருக்கும்  $SS'$  என்னும் அளவுத்திட்டத்தில் ஆடியில் தெறிப்படையும் கதிர் படுமாகும். ஆடிக்கும் அளவுத்திட்டத்துக்குமிடையிலுள்ள தூரம் 1 மீற்றர். கல்வனோமானிச் சுருளுக்கிடாக ஒரு மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது ஆடியின் திரும்பல்  $10^\circ$  ஆகும். அப்பொழுது ஆடி  $M'M$  என்னும் நிலையில் இருக்கும். ஒளிப்புள்ளி அளவுத்திட்டத்தில் அசைந்த தூரத்தைக் காண்க.



படம் 17

ஆடி  $10^\circ$  திரும்பும் பொழுது, தெறிக்கதிர்  $20^\circ$  க் கடாகத் திரும்பிற்று.

செங்கோண  $\triangle OAR$  இல்

$$\text{தான் } 20^\circ = \frac{AR}{100}$$

$$\therefore AR = 100 \text{ தான் } 20^\circ$$

$$= 100 \times 0.364$$

$$= 36.4 \text{ சமீ.}$$

$$\text{ஒளிப்புள்ளி அசைந்த தூரம்} = 36.4 \text{ சமீ.}$$

## தேர்வு வினாக்கள்

- A, B என்னும் இரு மேற்பரப்புகளில் ஒரு சமாந்தர ஒளிக் கற்றை விழுகின்றது. அப்பொழுது A இல் தெறிப்படையும் கதிர்கள் சமாந்தரக் கற்றையாகச் செல்கின்றன. B இல் தெறிப்படையும் கதிர்கள் அங்குமிங்குமாகச் செல்கின்றன. இவற்றைப் பற்றித் தரப்படும் பின்வரும் கூற்றுக்களுள் சரியானவை எவை?

  - A இல் தெறிப்பு தெறிப்புவிதிக்கமையவும் B இல் தெறிப்பு தெறிப்புவிதிக்கு அமையாமலும் நிகழ்கின்றன.
  - A இலும் B இலும் நிகழும் தெறிப்புகள் ஒழுங்கான தெறிப்புகள் ஆகும்.
  - A ஆனது நிறை ஒப்பமான பரப்பும் B ஒரு நிறை ஒப்ப மில்லாத பரப்பும் ஆகும்.
  - A இலும் B இலும் தெறிப்பு விதிசளுக்கமையவே தெறிப்புகள் நிகழ்கின்றன. ஆனால் A ஒப்பமானதாகவும் B நிறை ஒப்பமில்லாததாகவும் இருக்கும்.
    - a உம் b உம்
    - a உம் c உம்
    - c மட்டும்
    - c உம் d உம்
    - d மட்டும்
- இரு தளவாடிகள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்கின்றன; முதலாம் ஆடியில் படும் கதிர் ஆடியுடன்  $60^\circ$  ஆக்குகின்றது. இதனில் தெறிப்படையும் கதிர் இரண்டாம் ஆடியில் பட்டுத் தெறிப்படையும் பொழுது அத் தெறிப்படையும் கதிர்.

  - ஆரம்பப் படுகதிருக்குச் சமாந்தரமாகவும் அதன் திசைக்கு எதிராகவும் செல்லும்.
  - ஆரம்பப் படுகதிருக்குச் சமாந்தரமாகவும் அதன் திசையுடையதாகவும் செல்லும்.
  - இரண்டாம் ஆடிக்குச் செங்குத்தாகச் செல்லும்.
  - இரண்டாம் ஆடியுடன்  $60^\circ$  ஆக்கிக்கொண்டு செல்லும்.
  - இரண்டாம் ஆடியில் படுபுள்ளியிலுள்ள செவ்வனுடன்  $30^\circ$  ஆக்கிக்கொண்டு செல்லும்.
- இரு தளவாடிகளுக்கிடையேயுள்ள கோணம்  $72^\circ$  ஆகும். அவற்றிடையே ஒரு கவாலை வைக்கப்பட்டு தெரியப்படும் விம்பங்களின் எண்ணிக்கை

  - 5
  - 4
  - 3
  - 6
  - எண்ணற்றவை

4. இரு தளவாடிகள் ஒன்றுக்கொன்று 40° சாய்வில் இருக்கின்றன. ஒரு படுகதிர் 45° சாய்வில் ஓர் ஆடியில் பட்டுத் தெறிப்படைந்து மீண்டும் இரண்டாம் ஆடியில் பட்டுத் தெறிப்படையும். இறுதித் தெறிப்படையும் சதிரின் திசைக்கும் தொடக்கப், படுகதிரின் திசைக்குமிடையிலுள்ள கோணம்.

(i) 40° (ii) 90° (iii) 45° (iv) 130° (v) 80°

5. ஒரு தளவாடியின் மீது ஓர் ஒருங்கு கற்றை விழுமாயின்

- (i) பொருள் மெய்யும் விம்பம் மாயமுமாகும்  
(ii) பொருளும் விம்பமும் மாயமாகும்  
(iii) பொருளும் விம்பமும் மெய்யாகும்.  
(iv) பொருள் மாயமும் விம்பம் மெய்யுமாகும்  
(v) விம்பம் ஏற்படுவதில்லை

6. 10 அங்குலத்துக்கப்பால் இருக்கும் A, B என்னும் இரு நிலைக்குத்தத் தளவாடிகளுக்கிடையே ஒரு புள்ளிப் பொருள் ஆனது A இலிருந்து 3 அங்குல தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. A இல் முதல் தெறிப்பு ஆரம்பித்து அதனில் இதன் இரண்டாம் தெறிப்பு நிகழும் பொழுது தோற்றும் விம்பத்தின் தூரம் A இலிருந்து

(i) 3" (ii) 13" (iii) 23" (iv) 7" (v) 6"

7. ஒரு தளவாடிக்கு முன்னால் ஒரு பொருள் உளது. பொருள் தளவாடியை நோக்கி 10 அடி/செக். வேகத்துடன் அசையுமாயின், ஆடி சார்பாக விம்பத்தின் வேகம்

(i) 10 (ii) 20 (iii) 5 (iv) 15  
(v) 25 அடி/செக். ஆகும்.

8. மேற்கேள்வியில் பொருள் சார்பாக விம்பத்தின் வேகம்

(i) 10 (ii) 20 (iii) 30 (iv) 25  
(v) 5 அடி/செக். ஆகும்.

9. ஒரு தளவாடிக்கு முன்னால் ஒரு பொருள் உளது; பொருள் ஆடியை நோக்கி 30 அடி/செக். வேகத்துடனும், ஆடி 20 அடி/செக். வேகத்துடனும் பொருளை நோக்கியும் இயங்குகின்றன. விம்பத்தின் வேகம் ஆடி சார்பாக

(i) 50 (ii) 10 (iii) 60 (iv) 40  
(v) 100 அடி/செக் ஆகும்.

10. மேற்கேள்வியில் பொருள் சார்பாக விம்பத்தின் வேகம்

(i) 50 (ii) 10 (iii) 60 (iv) 40  
(v) 100 அடி/செக், ஆகும்.

11. அதே கேள்வியில் பூமி சார்பாக விம்பத்தின் வேகம்

(i) 50 (ii) 70 (iii) 60 (iv) 40 (v) 100

12. WOMAN என்னும் சொல் தளவாடியினூடு பார்க்கும்பொழுது வருமாறு தோற்றும்

(i) WOMAN (ii) NAMWO (iii) |/|AMOW  
(iv) NAOMW (v) NMAOW

### வினாக்கள்

1. ஒரு கடை 24 அடி அகலமானது. அதன் எதிர்ச்சுவர்களின் மேல் தளவாடிகள் முற்றாகப் பொருத்தப் பட்டிருக்கின்றன. ஒரு சுவரிலிருந்து ஒரு மனிதன் 10 அடி தூரத்தில் நிற்கின்றான். ஒவ்வொரு ஆடியிலும் தோற்றும் மூன்றாம் விம்பம் அவனிலிருந்து என்ன தூரத்தில் உள்? [விடை: 68 அடி; 76 அடி.]

2. ஒரு மேசையில் இருக்கும் ஒரு மனிதன் 3 அடி தூரத்தில் தொங்கும் ஒரு சிறு ஆடியைப் பார்க்கின்றான். ஆடி அவன் கண்மட்டத்துக்கு 2 அடி மேல் இருக்கின்றது. அவன் தனக்குப் பின்னால் 8 அடி தூரத்தில் இருக்கும் ஒரு அலமாரிப் பலகையில் இருக்கும் மணிக்கூட்டைப் பார்க்கின்றான். மணிக்கூடு கண்மட்டத்துக்கு 1 அடி மேல் இருக்கின்றது. தளவாடி நிலைக்குத்துடன் ஆக்கும் கோணத்தைக் காண்க. [விடை: 19° 27']

3. 6 அங்குலத்துக்கப்பால் இருக்கும் இரு சமாந்தரத் தளவாடிகளுக்கிடையே ஒரு புள்ளிப்பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. அடுத்த தடுத்த எத்தனை தெறிப்புக்களின் பின் பொருளுக்கும் விம்பத்துக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் 36 அங்குலமாகும்? [விடை: 6]

4. இரு தளவாடிகள் ஒன்றுக்கொன்று θ என்னும் நிலையான கோணத்தில் சாய்ந்திருக்கின்றன. அடுத்தடுத்து இரு தெறிப்புகள் அனுபவித்துக்கொண்டு வரும் கதிரொன்றின் விலகல் முதல் ஆடியிலுள்ள படுகோணம் எவ்வாறாயினும், எப்பொழுதும் 2θ எனக் காட்டுக.

5. (i) ஒளியியனெம்புகோல் (ii) சட்டிமம் என்பவற்றை விவரிக்க.

6. இரு தளவாடிகள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்கின்றன. ஓர் ஒளிக்கதிர் இரண்டு ஆடிகளிலும் அடுத்தடுத்துத் தெறிப்புற்று வெளிவரும்பொழுது அக்கதிர் தொடக்கக்கதிரின் திசைக்குச் சமாந்தரமாகவுளதெனக் காட்டுக;
7. 6 அடி உயரமுள்ள ஒரு மனிதன் தனது தலையின் உச்சியையும் காலில் அடியையும் மட்டுமட்டாகப் பார்க்கத்தக்கவாறு ஒரு தளவாடியின் முன் நிிற்கின்றான். அப்பொழுது ஆடியின் நீளத்தைக் காண்க. [விடை: 3 அடி]
8. ஒரு மனிதன் தளவாடியொன்றை நோக்கி நகரும் பொழுது அவன் விம்பமும் அவன் அணுகும் வேகத்தில் அணுகும் எனவும், அத்துடன் ஆடி அவனை நோக்கி அணுகின் விம்பம் ஆடியின் இருமடங்கு வேகத்தில் அணுகும் எனவும் காட்டுக.

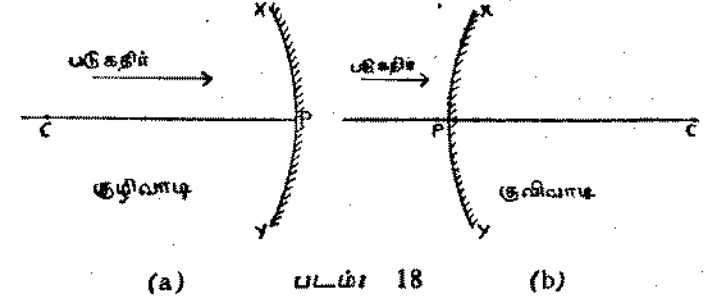
## அத்தியாயம் 3

### கோளவாடிகளில் தெறிப்பு

கோளவாடிகள் தொன்றுதொட்ட காலத்தில் இருந்தே உபயோகிக்கப்பட்டு வந்தன. திறகாலத்தில் இவை மோட்டர்சீ காரர்களிலும், வேறு வாகனங்களிலும், துருவு விளக்குகளிலும் உபயோகிக்கப்படுகின்றன.

சில வரைவிலக்கணங்கள்

கோளவாடிகள் இருவகை. அவையாவன: (i) குழிவாடிகள் (ii) குவிவாடிகள். இவை கோள ஒரு ஒன்றினை ஒரு தளத்தால் வெட்டப்படும்பொழுது உண்டாகின்றன. இவற்றின் தோற்றங்கள் படம் 18 (a) இலும் (b) இலும் காட்டப்படுகின்றன.



கோளவாடியின் முனைவு

கோளவாடியின் தெறிமேற்பரப்பின் மையம் அவ்வாடியின் முனைவு எனப்படும். மேற்படங்களில் முனைவுகளை P ஆல் குறிக்கப்படுகின்றன.

வளைவு மையம்

ஒரு கோளவாடி கோளமொன்றின் ஒரு பகுதியாக அமைவதால் கோளத்தின் மையம் கோளவாடியின் வளைவுமையம் எனப்படும். இவை படங்களில் C ஆல் குறிக்கப்படும்.

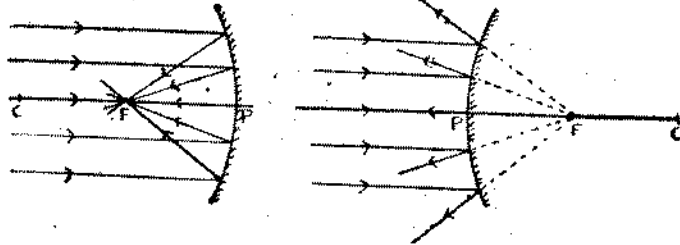
வளைவிஞ்சை

கோளத்தின் பகுதியாக அமையும் கோளவாடியின் வளைவிஞ்சை அக்கோளத்தின் ஆரையாகும்;

தலைமை அச்ச

வளைவுமையத்தையும் முனைவையும் இணைக்கும் நேர்கோடு ஆடியின் தலைமை அச்ச எனப்படும்;

குவியம்



படம்: 19

தலைமை அச்சக்குச் சமாதரமாகவும் அண்மைமாகவும் உள்ள கதிர்கள் கோளவாடியில் தெறிப்படைந்தபின் தலைமை அச்சில் ஒரு புள்ளியில் சந்திக்கும் அல்லது தலைமை அச்சில் ஒரு புள்ளியிலிருந்து விரிவதுபோல் தோற்றும். இப்புள்ளி கோளவாடியின் குவியம் எனப்படும்.

துவாரம்

கோளவாடியின் தலைமை வெட்டுமுகம் வளைவு மையத்தில் எதிரமைக்கும் கோணம் துவாரம் எனப்படும்.

$$\text{அதாவது துவாரம்} = \angle XCY \quad (\text{படம் 18})$$

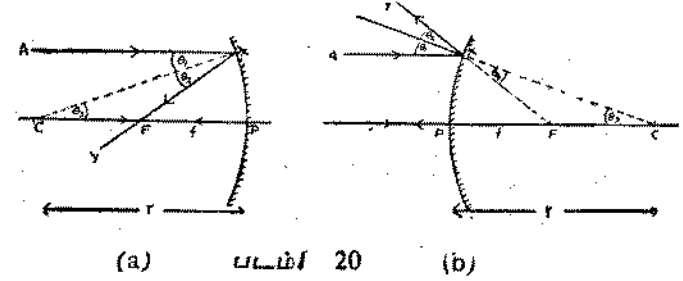
$$= \frac{\text{வில் } XPY}{r} \quad (r = \text{வளைவினாரை})$$

குறிவழக்கு

புதுத் தெக்கசட்டின் குறிவழக்கே இப்புத்தகத்தில் உபயோகிக்கப்படும். இவ் வழக்கின்படி படுகதிரின் திசைக்கெதிராக அளக்கப்படும் தூரங்கள் எதிர் (மறை) (-) எனவும் படுகதிரின் திசை வழியே அளக்கப்படும் தூரங்கள் நேர் (+) எனவும் கொள்ளப்படும். இவ் வழக்கு ஆள்கூற்றுக் கேத்திரகணித வழக்கின்படியிருப்பதால் இடப்பச்சத்துக்கு அளக்கப்படும் தூரங்கள் எதிர் எனவும் வலப்பச்சத்துக்கு அளக்கப்படும் தூரங்கள் நேர் எனவும் கொள்ளப்படும்.

ஆடிகளில் முனைவுக்கு இடப்பக்கத்தில் பொருள் வைக்கப்படுவது இவ்வழக்கை கலப்பப்படுத்துமாகும். அத்துடன் முனைவில் இருந்தே தூரங்கள் அளக்கப்படும்.

குவிவத்தூரத்துக்கும் வளைவினாரைக்கும் உள்ள தொடர்பு:



தலைமை அச்சக்குச் சமாதரமான AX என்னும் கதிரைக் கருத்திற்கொள்க. X இல் CX ஆனது செவ்வகை இருப்பதால் XY தெறிக்கதராகும். அப்பொழுது

(a) குழிவாடிக்கு

$$\theta_1 = \theta_2 \text{ \& } \theta_1 = \theta_3$$

$$\therefore \theta_2 = \theta_3$$

(b) குவிவாடிக்கு

$$\theta_1 = \theta_2 \text{ \& } \theta_1 = \theta_3 \text{ \& } \theta_2 = \theta_4$$

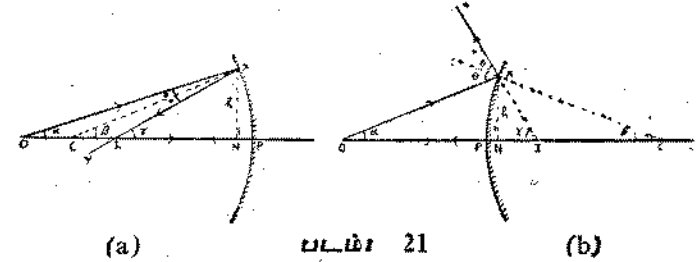
$$\therefore \theta_3 = \theta_4$$

ஆகவே  $XF = FC$ . ஆனால் அச்ச அயற்கதிர்களுக்கு  $XF = PF$  அண்ணளவாக.

$$\therefore PF = FC$$

$$\text{அதாவது } f = \frac{r}{2}$$

u, v, f என்பவற்றிற்கிடையேயுள்ள தொடர்பு



O விளிருக்கும் புள்ளிப்பொருளொன்றிலிருந்து வரும் OX, OP என்னும் கதிர்களைக் கருத்திற் கொள்க. இவற்றின் தெறிகதிர்கள் XY உம் PO வும் ஆகும். இவை I இல் வெட்டுகின்றனவால் I ஆனது O வின் வீம்பமாகும். படம் 21 இல்  $\theta$  என குறிக்கப்பட்ட கோணங்கள் தெறிப்பு விதியின் பிரகாரம் சமமாகும்.

குழிவாடிக்கு

$$\gamma = \theta + \beta$$

$$\beta = \theta + \alpha$$

$$\therefore \gamma = 2\beta - \alpha \text{ ---- (i)}$$

குவிவாடிக்கு

$$\gamma = \theta + \beta$$

$$\theta = \beta + \alpha$$

$$\therefore \gamma = 2\beta + \alpha \text{ ---- (ii)}$$

X இலிருந்து தலைமை அச்சுக்குக் கீறப்படும் செங்குத்தின் அடி N எனின், அப்பொழுது கோணங்கள் ஆரையன்களிலிருக்கும்பொழுது அயல் அச்சுக்கதிர்களுக்கு  $\gamma = \frac{h}{IN}$ ;  $\beta = \frac{h}{CN}$ ;  $\alpha = \frac{h}{ON}$

மேலும் N ஆனது P யுடன் அண்ணளவாகப் பொருந்தவதால்  $\gamma = \frac{h}{IP}$ ;  $\beta = \frac{h}{CP}$ ;  $\alpha = \frac{h}{OP}$  ஆகும். இப் பெறுமானங்கள் சமன்பாடுகள் (i) இலும் (ii) இலும் பிரதியிடப்படின்,

$$\frac{h}{IP} = \frac{2h}{CP} - \frac{h}{OP}; \quad \frac{h}{IP} = \frac{2h}{CP} + \frac{h}{OP} \text{ என்பன பெறப்படும்.}$$

இப்பொழுது இவற்றிற்குக் குறிவழக்குப் பிரயோகிக்கப்படின்,

குழிவாடிக்கு

$$u = -OP$$

$$v = -IP$$

$$r = -CP$$

குவிவாடிக்கு

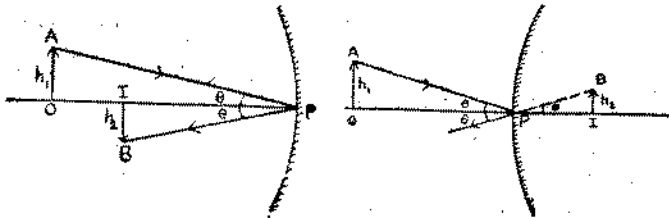
$$u = -OP$$

$$v = +IP$$

$$r = +CP$$

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} = \frac{2}{r} \text{ ---- (iii) பெறப்படும்.}$$

நேர்கோட்டு உருப்பெருக்கம்



(a)

படம்: 22

(b)

விம்பத்தின் உயரத்துக்கும் பொருளின் உயரத்துக்கும் உள்ள விகிதம் உருப்பெருக்கம் எனப்படும். உருப்பெருக்கம் m ஆலும், விம்பத்தின் உயரம்  $h_2$  ஆலும், பொருளின் உயரம்  $h_1$  ஆலும் குறிக்கப்படின்

$$m = \frac{h_2}{h_1} \text{ ஆகும்.}$$

படம் 22 (a) இலும் (b) இலும் OA பொருளையும் IB விம்பத்தையும் குறிக்கின்றன.

முக்கோணங்கள் AOP உம் BIP உம் வடிவொத்தன.

$$\Delta \frac{IB}{OA} = \frac{IP}{OP}$$

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

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

இதனை  $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  என்னுஞ் சமன்பாட்டில் பிரதியிடுக.

அப்பொழுது

$$m = \frac{v}{f} - 1 \text{ உம் } \frac{1}{m} = \frac{u}{f} - 1 \text{ உம் பெறப்படும்.}$$

மேற்பரப்பு உருப்பெருக்கம்

பொருளுக்கு நீளமும் அகலமும் இருப்பின், ஆடியின் தலைமை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக பொருள் இருக்கும்பொழுது பெறப்படும் விம்பத்துக்கும் நீளமும் அகலமும் இருக்கும். ஆகவே விம்பம் நீளத்திலும் அகலத்திலும் உருப்பெருக்கம் அடையும்.

மேற்பரப்பு உருப்பெருக்கம் =

$$\frac{(\text{விம்பத்தின் நீளம்}) \times (\text{விம்பத்தின் அகலம்})}{(\text{பொருளின் நீளம்}) \times (\text{பொருளின் அகலம்})}$$

$$= \frac{v}{u} \times \frac{v}{u} = \frac{v^2}{u^2} = m^2$$

நியூற்றனின் குத்திரம்

பொருட்டோடும் விம்பதூரமும் ஆடியின் முனைவில் இருந்து அளக்கப்படாது குவியத்திலிருந்து அளக்கப்படுவதைக் கருத்திற்கொள்ளு. குவியத்திலிருந்து பொருளின் தூரம்  $x_1$  எனவும் விம்பத்தின் தூரம்  $x_2$  எனவும் கொள்க;



அப்பொழுது:

$$x_1 = u - f; \quad x_2 = v - f$$

$$\therefore x_1 x_2 = (u - f)(v - f)$$

$$x_1 x_2 = uv - f(u + v) + f^2 \quad \text{--- (1)}$$

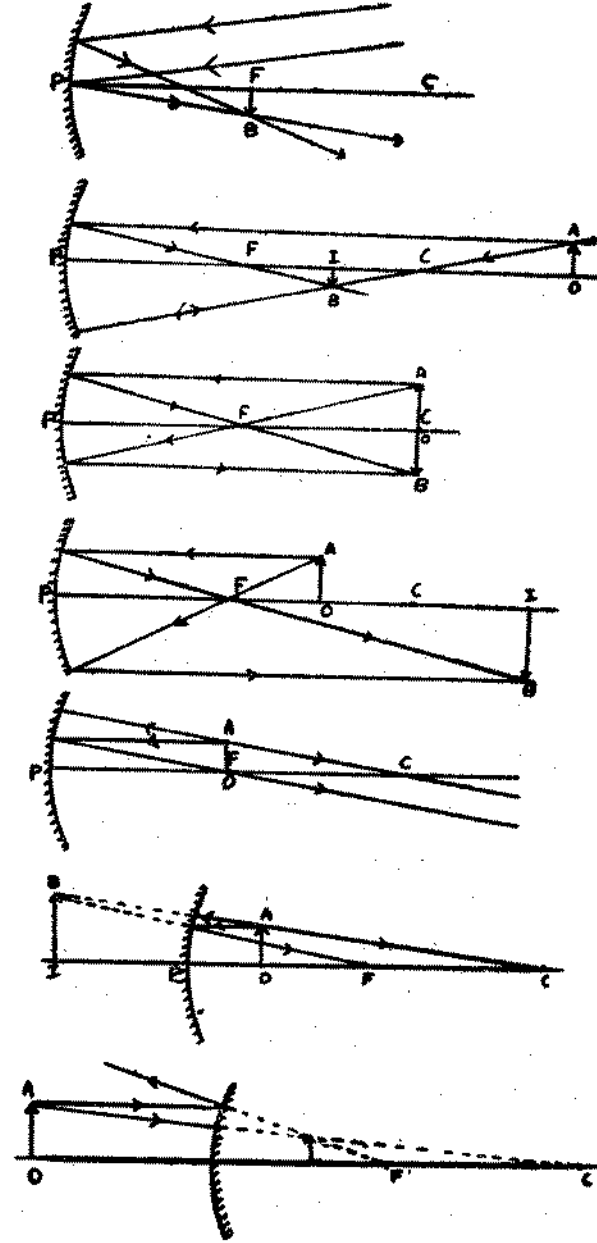
$$\text{ஆனால் } \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ அல்லது } \frac{u + v}{uv} = \frac{1}{f}$$

$$\text{அது } f(u + v) = uv \text{ அல்லது } uv - f(u + v) = 0$$

இனி,  $uv - f(u + v) = 0$  என்பதை சமன்பாடு (1) இல் பிரதியிடின்.

$$x_1 x_2 = f^2 \text{ பெறப்படும்.} \quad \text{--- (2)}$$

$x_1$  இனதும்  $x_2$  இனதும் பெருக்கம் ஒரு மாறிலியும் நேரானதுமாகும். ஆகவே பொருளும் விம்பமும் குவியத்தின் ஒரு பக்கத்திலேயே இருக்கவேண்டுமாகும்.



1. பொருள் முடிவிலியில் விம்பம் F இல் மெய்யானது. தலைகீழானது, சிறியது.

2. பொருள் C க்கு அப்பால்; விம்பம் C இற்கும் F இற்குமிடையில், மெய்யானது. தலைகீழானது, சிறியது.

3. பொருள் C இல் விம்பம் C யில், மெய்யானது தலைகீழானது பொருளளவானது.

4. பொருள் C க்கும் F க்கு மிடையில், விம்பம் C க்கு வெளியே மெய்யானது. தலைகீழானது. உருப்பெருத்தது.

5. பொருள் F இல் விம்பம் முடிவிலியில்.

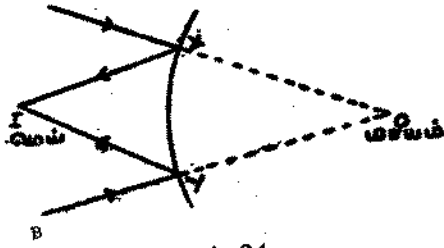
6. பொருள் F க்கும் P க்கும் இடையில் விம்பம் ஆடியின்பின்னே, மாயமானது. நிமிர்ந்தது, உருப்பெருத்தது.

7. குவிவாடியில் பொருளின் எந்நிலைக்கும், விம்பம் ஆடிக்குப்பின்னே மாயமானது, நிமிர்ந்தது, சிறுத்தது.

குவிவாடியும் மாயப்பொருளும்

குவிவாடி அப்பொழுதும் ஒரு பொருளின் மாய விம்பத்தையே உண்டாக்கும். ஆயினும் சில சந்தர்ப்பங்களில் குவிவாடி ஒரு மாயப் பொருளின் மெய்விம்பத்தையும் உண்டாக்கும். அதற்குரிய கதிர்ப்படம் படம் 24 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ஒரு புள்ளியில் போய் ஒரு கத் தகை கற்றை அதர்யது AX; BY இனால் எல்லைப்படுத்தப்பட்ட ஒளிக்கற்றை ஆடியில் படின் அது தெறிப்படைந்து I இல் ஒரு மெய்விம்பத்தை உண்டாக்கும்;

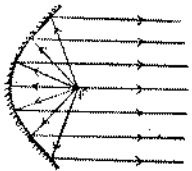


படம் 24

ஆடிகளின் உபயோகங்கள்

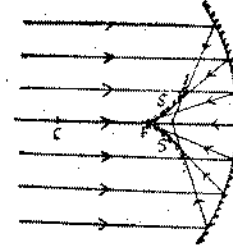
1. குழிவாடிகள் முகச்சவரஞ் செய்யும்பொழுது முகத்தைப் பார்ப்பதற்கு உபயோகிக்கப்படுகின்றது. ஏனெனில் இங்கு முகம் ஆடிக்குக் கிட்ட அதன் முனைவுக்கும் குவியத்துக்குமிடையில் இருக்கும். அப்பொழுது முகத்தின் உருப் பெருத்த மாயவிம்பம் தோன்றும்.
2. குவிவாடிகள் மோட்டார் வாகனங்களில் கார்ச் சாரதிகள் இலகு வாகத் தங்களுக்குப் பின் உள்ள பொருள்களைப் பார்ப்பதற்கு பயன்படும் இத்தகைய ஆடி கார்ச் சாரதியின் வலப் பக்கத்தில் காருக்கு வெளியிலே பொருத்தப்படும். அப்பொழுது தெருவில் பின்னே வரும் வாகனங்களின் உருச்சிறுத்த விம்பங்கள் ஆடிக் குள் தெரியும். மேலும் ஆடியினூடு பார்க்கத்தகை புலமும் பெரி தானதாக இருக்கும்.
3. தளவாடிகள் அணிமேசைகளில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அவற்றி னூடு நிமிர்ந்த மாய, பொருளளவு விம்பம் தோன்றும்.

பரவளைவுத் திண்ம ஆடி



படம் 25

பரவளைவுத் திண்ம ஆடியில் அகன்ற சமாந்தர ஒளிக்கற்றை தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாகப் படுமாயின், அக்கற்றை தெறிப்படைந்து அதன் குவியத்தில் சந்திகும். இத்தகைய தன்மையின் காரணத்தால் இது துருவு விளக்குகளில் உபயோகிக்கப்படுகிறது.

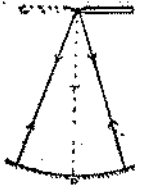


படம் 26

ஒரு குழிவாடியில் அகன்ற சமாந்தரக் கற்றை படின் அவற்றின் தெறிகதிர்கள் ஒரு புள்ளியில் சந்திக்கமாட்டா. ஆனால் அக் தெறிகதிர்கள் குழிவாடியின் குவியத்தில் உச்சியையுடையதான ஓர் எரிநிலை மேற்பரப்பைத் தொடுவதைப்போல் தோற்றமும் (படம் 26). எனவே தான் இவ்வாடி துருவு விளக்குகளில் உபயோகிக்கப்படுவதில்லை.

ஆடிகளின் குவியத்தாரம், வளைவினாரை ஆடியவற்றைத் துணிதல், குழிவாடி

முறை I: O என்னும் ஊசி ஆடிக்கு மேல் பிடிக்கப்பட்டு மேலும் சீழும் நகர்த்தப்படும். அப்பொழுது ஒரு கட்டத்தில் ஊசியும் அதன் விம்பமும் ஒரு கோட்டில் பொருந்துவது போல் தோற்றமும். இந்நிலையில் செப்பமாக இடமாறு தோற்றவழு இல்லாதவாறு ஊசியும் விம்பமும் பொருந்துமாறு சரிசெய்யப்படும். அப்பொழுது ஊசிக்கும் ஆடியின் முனைவுக்கும் உள்ள



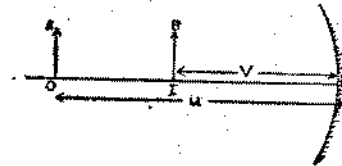
தாரம் ஆடியின் வளைவினாரையைத் தரும். இதிலிருந்து  $f = \frac{r}{2}$  உபயோகித்து  $f$  துணியப்படும்.

இப் பரிசோதனையில்  $r$  ஐ அளக்கும்பொழுது வழு ஏற்படலாம். அது மட்டுமன்றி இடமாறு தோற்றத்துக்கிச்சரி செய்யும் பொழுதும் வழு ஏற்படலாம். பலமுறை பெற்ற வாசிப்புகளின் சராசரியைக் கொண்டு உண்மை  $r$  இனை அறியலாம்.

முறை II

இணைக்குவியங்கள்

பொருளினது இடமும் விம்பத்தினது இடமும் பரிவர்த்தனை செய்யத்தக்கதாக அமையின் அவ்விடங்கள் இணைக்குவியங்கள் எனப்படும்.



படம் 28

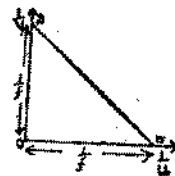
OA என்னும் ஊசி ஆடிக்கு முன் வைக்கப்பட்டு அதன் விம்பம், IB என்னும் துருவு ஊசியால் இடமாறு தோற்ற வழுவின்றிக் காணப்படும். அப்பொழுது பொருளின் தூரம்  $u$  வும் விம்பத்தின் தூரம்  $v$  உம் அளக்கப்படும். இவ்விடங்கள் இணைக்குவிவங்களைத் தவிர  $v$  ஆனது  $u$  ஆகவும்  $u$  ஆனது  $v$  ஆகவும் மாறும். ஆகவே ஒரு தரத்தில் ஒரு சோடி  $u$  க்களும்  $v$  க்களும் பெறப்படும். இவ்வாறு பொருளின் வெவ்வேறு நிலைகளுக்கு  $u$  க்களும்  $v$  க்களும் அளக்கப்பட்டு அட்டவணைப்படுத்தப்படும். அட்டவணை வருமாறு அமையும்:

$u$ சமீ.	$v$ சமீ.	$\frac{1}{u}$ சமீ. <sup>-1</sup>	$\frac{1}{v}$ சமீ. <sup>-1</sup>	$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$	$f = \frac{uv}{u+v}$ சமீ.

அட்டவணையிலுள்ள இறுதி நிரலிலுள்ள  $f$  இன்களினது சராசரிப் பெறுமானம்  $f$  இன் திருத்தப் பருமனைத் தரும். இது சூத் திரத்தைக் கொண்டு பெற்ற பெறுமானமாகும்:

வரைபு முறை:

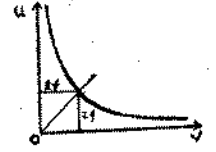
(a)  $\frac{1}{v}$  ஐ Y அச்சிலும்  $\frac{1}{u}$  ஐ X அச்சிலும் கொண்டு ஒரு வரைபு அமைக்கப்படும் பொழுது அது படம் 29 இல் காட்டியவாறு அமையும்; இங்கு வெட்டுத்துண்டுகள் OA, OB முடியே  $\frac{1}{f}$  இன் சூச் சமனாகும்;



படம் 29

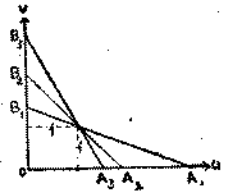
$$\therefore f = \frac{1}{\frac{1}{OA}} = \frac{1}{OB}$$

(b)  $u$  ஐ Y அச்சிலும்  $v$  ஐ X அச்சிலும் கொண்டு வரைபொன்று அமைக்கப்படும் பொழுது அது ஒரு செங்கோண அதிபரவளைவாக அமையும் (படம் 30). கோணம் XOY இன் இருசம வெட்டி வரைபை வெட்டும் புள்ளியினது ஆள்கூறுகள்  $2f, 2f$  ஆகும். இதிலிருந்து  $f$  துணியப்படும்.



படம் 30

(c)  $v$  இன் பெறுமானங்களை Y அச்சிலும்,  $u$  இன் பெறுமானங்களை X அச்சிலும் குறிக்க. பின்பு ஒவ்வொரு  $u$  இனது பெறுமானத்தைக் குறிக்கும் புள்ளியையும் அதற்கொத்த  $v$  இன் பெறுமானத்தைக் குறிக்கும் புள்ளியையும் ஒவ்வொரு நேர்க்கோட்டால் இணைக்க. இக்கோடுகள் ஒரு புள்ளி P இல் வெட்டும். P இன் ஆள்கூறுகள்  $x, y$  ஆகும்; இவ்வாறு  $f$  துணியப்படும். இதை வருமாறு நிறுவிக்காட்டலாம்.



படம் 31

நிறுவல்

P இன் ஆள்கூறுகள்  $x, y$  என்க.

$$OA_1 = u_1; \quad OB_1 = v_1$$

ஒரு நேர்க்கோட்டின் சமன்பாட்டிலிருந்து

$$\frac{x}{u_1} + \frac{y}{v_1} = 1$$

$$\therefore x + \frac{u_1}{v_1} y = u_1 \quad \text{--- (i)}$$

இவ்வாறு  $OA_2 = u_2; OB_2 = v_2$  அத்துடன் P ஆனது  $A_2 B_2$  என்னும் கோட்டிலும் இருக்கின்றது.

$$\therefore \frac{x}{u_2} + \frac{y}{v_2} = 1$$

$$\therefore x + \frac{u_2}{v_2} y = u_2 \quad \text{--- (ii)}$$

$$(i) - (ii) \quad \left( \frac{u_1}{v_1} - \frac{u_2}{v_2} \right) y = u_1 - u_2 \quad \text{--- (iii)}$$

$$\begin{aligned} \text{அத்துடன்} \quad \frac{1}{v_1} + \frac{1}{u_1} &= \frac{1}{f} \\ \text{அலிதது} \quad \frac{u_1}{v_1} + 1 &= \frac{u_1}{f} \\ \frac{u_1}{v_1} &= \frac{u_1}{f} - 1 \\ \frac{1}{v_2} + \frac{1}{u_2} &= \frac{1}{f} \\ \therefore \frac{u_2}{v_2} &= \frac{u_2}{f} - 1 \end{aligned}$$

$\frac{u_1}{v_1}$  இனதும்  $\frac{u_2}{v_2}$  இனதும் பெறுமானங்களை (iii) இல் பிரதி யிடுக.

$$\begin{aligned} \left( \frac{u_1}{f} - 1 - \frac{u_2}{f} + 1 \right) y &= u_1 - u_2 \\ (u_1 - u_2) \frac{1}{f} y &= u_1 - u_2 \\ \therefore y &= f \end{aligned}$$

இதேபோல்  $x = f$  எனக் காட்டலாம்.

$$\therefore f = x = y$$

$\therefore$  P இன் ஆங்குறுகள் f, f ஆகும்;

கோளமானி முறை:

இது இருவகை ஆடிகளினதும் வளைவினாரைகளைத் துணியப் பயன் படுத்தப்படும்.

கோளமானியை கோளமேற்பரப்பில் வைத்து அதன் நிலையான வெளிக் கால்களையும், அசையும் நடுக்காலையும் மேற்பரப்பைத் தொடத்தக்கவாறு சரிசெய்க. அப்பொழுது கோளமானியின் வாசிப்பை எடுக்குக. கோளமானியை இப்பொழுது அதனினிருந்து நீக்கி ஒரு தளக் கண்ணாடித் தட்டின்மீது வைத்து வெளிக்காலையும் நடுக்காலையும் இம்மேற்பரப்பையும் தொடுமாறு சரிசெய்க. அப்பொழு தும் கோளமானியின் வாசிப்பை எடுக்குக. இவ்விரு வாசிப்புக்களின் வித்தியாசம் h ஐக் கணிக்க. பின்பு கோளமானியின் நான்கு கால் களின் நிலையங்களை ஓர் அட்டையின் மீது வைத்துக் குறிக்குக.

நடுக்காலின் நிலையத்தக்கும் மற்ற ஒரு காலின் நிலையத்துக்கும் உள்ள தூரம் a ஐ அளந்தறிக. அப் பொழுது a உம் h உம் தெரிந்த கணியங்களாக இருப்பதால்,

$$r = \frac{a^2}{2h} + \frac{h}{2}$$

என்னுஞ் சூத்திரத்தில் இவற் றின் பெறுமானங்களைப் பிரதியிட்டு r ஐத் துணியலாம்.

சூத்திரத்தை நிறுவல்

நடுக்கால் அசைந்த தூரத்தை h என்க.

நடுக்காலுக்கும் மற்றொரு காலுக்குமுள்ள தூரத்தை a என்க.

இப்பொழுது படம் 32 ஐ நோக்குக. இது, ஒரு வெளிக்காலுக் கும் நடுக்காலுக்கும் ஊடாகவுள்ள வெட்டுமுகத்தைக் காட்டுகின்றது. இங்கு இரு நாண்கள் O வில் ஒன்றையொன்று வெட்டுகின்றன. ஆகவே கேத்திரகணித முறைப்படி

$$h(2r - h) = a \times a$$

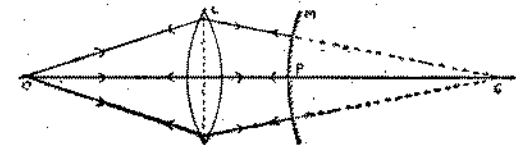
$$= a^2$$

$$2rh - h^2 = a^2$$

படம்: 32

$$r = \frac{a^2 + h^2}{2h} = \frac{a^2}{2h} + \frac{h}{2}$$

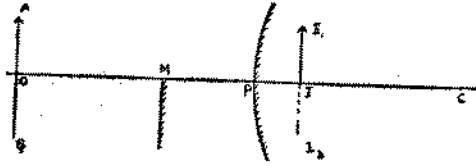
கோளவாடியின் வளைவினாரையும் குவியத்தூரத்தையும் காணல் முறை: I



படம்: 33

ஒரு குவிவில்லைக்கு முன் O என்னும் பொருளை வைத்து அதன் மெய்வீம்பத்தைக் காண்க. அது C இல் இருக்கிறதாயும் பின்பு M என்னும் குவிவாடியை L க்கும் C க்கும் இடையே வைத்து O வில் விம்பம் வரத்தக்கவாறு M ஐச் சரிசெய்க. அப்பொழுது வில்லையில் முறிவடைந்து செல்லும் கதிர்கள் ஆடியில் செங்குத்தாக அவ்வப் புள்ளிகளில் விழுகின்றனவாகும். இதனால் கதிர்கள் ஆடியில் தெறிப்படைந்தபின் வந்த பாதையில் திருப்திகின்றனவால் விம்பம் O வில் ஏற்படுகின்றது. இதனால் ஆடியில் படும் கதிர்கள் ஆடிக்குப் பின்னால் நீட்டப்படிவ் C இல் சந்திக்கும். ஆகவே PC ஆடியின் வளைவினரை r ஆகும், பரிசோதனையை O வின் வெவ்வேறு நிலையங்களுக்குச் சரி செய்து r இன் சராசரிப் பெறுமானத்தைக் கணித்துக் கொள்க. இதிலிருந்து  $f = \frac{r}{2}$  ஆகும்.

முறை II



படம் 34

AB என்னும் பொருளைக் குவிவாடிக்கும் M என்னும் தளவாடிக்கும் முன்னால் வைக்குக. குவிவாடிக் கூடாகத் தோற்றும் AB இன் விம்பம்  $I_1$  உம், தளவாடிக் கூடாகத் தோற்றும் அதன் விம்பம்  $I_2$  உம் இடமாறு தோற்றவமுவின்றிப் பொருந்தும் வரை M ஐச் சரிசெய்க;

அப்பொழுது  $PO = u$  ஆகும்.

$$\begin{aligned} PI &= MI - MP = MO - MP \text{ ஆகும்;} \\ &= MO - MP = v \end{aligned}$$

இப்பெறுமானங்களை அளந்து  $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  என்னுஞ் சூத் திரத்தில் u, v க்களுக்குப் பிரதியிட்டு f ஐத் துணிக. இதிலிருந்து  $r = 2f$  ஐக் கொண்டு r ஐயும் காண்க.

உத்திக் கணக்குகள்

1. 20 சமீ. நீளமுள்ள ஒரு நேர்கோட்டுப் பொருள் 40 சமீ. வளை வினொரையுடைய குழிவாடியினது அச்சின் வழியே கிடக்கின்றது; பொருளின் கிட்டிய முனை ஆடியிலிருந்து 25 சமீ. தூரத்தில் உளது. விம்பத்தின் நேர்கோட்டு, உருப்பெருக்கத்தைக் கணிக்க.

முதல் பொருளினது கிட்டிய முனையின் விம்ப தூரத்தைக் காண்க.

இங்கு

$$u = -25 \text{ சமீ. (புதுத்தெக்காட்டின் குறிவழக்கின்படி)}$$

$$f = -20 \text{ சமீ.}$$

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

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{-25} = \frac{1}{-20}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{25} - \frac{1}{20}$$

$$= \frac{4-5}{100} = \frac{-1}{100}$$

$$v = -100 \text{ சமீ.}$$

ஆடிக்கு முன்னால் இம் முனையின் விம்பத்தின் தூரம் = 100 சமீ; இனி பொருளினது எட்டிய முனையின் விம்பதூரத்தைக் காண்க;

இங்கு

$$u = -(20 + 25) = -45 \text{ சமீ.}$$

$$f = -20 \text{ சமீ.}$$

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

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{-45} = \frac{1}{-20}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{45} - \frac{1}{20}$$

$$= \frac{4-9}{180} = \frac{-5}{180}$$

$$v = -36$$

ஆடிக்கு முன்னால் எட்டிய முனையினது விம்பதார = 36 சமீ.

∴ விம்பத்தின் நீளம் = 100 - 36 = 64 சமீ

$$\Delta \text{ உருப்பெருக்கம்} = \frac{64}{20} = 3.2$$

2. ஒரு குழிவாடி பொருளொன்றின் இரு மடங்கு உருப்பெருக்க முள்ள விம்பத்தை ஒரு திரையில் உண்டாக்குகின்றது, பொருளும் திரையும் இப்பொழுது நான்கு மடங்கு உருப்பெருக்க முள்ள விம்பத்தைப் பெறும் பொருட்டு நகர்த்தப்படுகின்றன; அப்பொழுது திரை 20 சமீ. க் கூடாக நகர்த்தப்பட்டின்பொருளின் நகர்வையும் ஆடியின் குவியத்தூரத்தையும் காண்க.

இங்கு  $m = \frac{v}{f} - 1$  என்னும் சூத்திரத்தை உபயோகிக்க

$$2 = \frac{v}{f} - 1 \quad \text{-----(1)}$$

$m = 4$  ஆகும்பொழுது, விம்பதாரம்  $v + 20$  ஆகும்.

$$\therefore 4 = \frac{v + 20}{f} - 1 \quad \text{-----(2)}$$

$$3f = v \quad \text{-----(3)}$$

$$5f = v + 20 \quad \text{-----(4)}$$

$$(4)-(3) \quad 2f = 20$$

$$f = 10 \text{ சமீ.}$$

(3) இதிலிருந்து  $v = 30$  சமீ.

அத்துடன்  $v + 20 = 50$  சமீ.

இனி  $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  இல்  $v, f$  இல் பெறுமானங்களை பிரதியிடுக.

$$-\frac{1}{30} + \frac{1}{u} = \frac{1}{10}$$

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

$$\Delta \quad u = -15$$

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

$$-\frac{1}{50} + \frac{1}{u} = -\frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{u} = -\frac{1}{10} + \frac{1}{50} = \frac{-5 + 1}{50}$$

$$= -\frac{4}{50}$$

$$\therefore u = -12.5$$

∴ பொருளின் நகர்வு = 15 - 12.5 = 2.5 சமீ..

3. ஒரு குவிவாடியிலிருந்து ஒரு பொருள், 30 சமீ. தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. குவிவாடியின் குவியத்தூரம் 20 சமீ. ஆயின் விம்பதாரத்தையும் உருப்பெருக்கத்தையும் காண்க;

புதுத்தெக்காட்டின் குறிவழக்கின்படி

$$u = -30 \text{ சமீ.}$$

$$f = +20 \text{ சமீ.}$$

∴  $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  இல் இவற்றைப் பிரதியிடுக.

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

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{3 + 2}{60}$$

$$= \frac{5}{60}$$

$$\therefore v = +12 \text{ சமீ.}$$

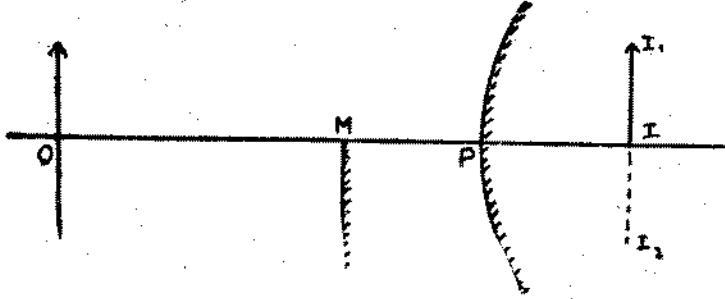
∴ விம்பம் ஆடிக்குப்பின்னால் 12 சமீ. தூரத்தில் உளது.

$$\Delta \text{ உருப்பெருக்கம்} = \frac{12}{30} = \frac{2}{5}$$

$$= 0.4 \text{ ஆகும்}$$

4. ஒரு குவிவாடிக்கு முன்னால் 40 சமீ. தூரத்தில் ஓர் ஊசி நிலைக் குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ளது; ஒரு தளவாடித்துண்டு குவிவாடி

கும் ஊசிக்குமிடையே பிடிக்கப்பட்டு நகர்த்தப்படும் பொழுது, குவிவாடியிலிருந்து 10 சமீ. தூரத்தில் தளவாடி இருக்கும் பொழுது குவிவாடியினூடும் தளவாடியினூடும் தெரியும் விம்பங்கள் ஒரே நேர்கோட்டில் பொருந்தக் காணப்பட்டன. குவிவாடியின் வளைவினாரையைக் கணிக்க.



படம்: 35

$$\begin{aligned} \text{இங்கு விம்பதூரம்} &= MI - MP \\ &= OM - MP \\ &= 30 - 10 = 20 \text{ சமீ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{குறிவழக்குப்படி; } u &= -40 \\ v &= +20 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{2}{r} \text{ இல் } u, v \text{ க்குப் பெறுமானங்களைப் பிரதியிடுக.}$$

$$\frac{1}{20} - \frac{1}{40} = \frac{2}{r}$$

$$\frac{2 - 1}{40} = \frac{2}{r}$$

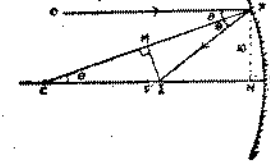
$$\frac{1}{40} = \frac{2}{r}$$

$$r = 80$$

∴ குவிவாடியின் வளைவினாரை = 80 சமீ;

5. 20 சமீ. அகலமுள்ள ஒரு சமாந்தர ஒளிக்கற்றை தனது நடுக்கதிர் தலைமை அச்சில் இருக்கத்தக்கவாறு 25 சமீ. வளைவினாரை யுடைய குழிவாடி யொன்றிற் படுகின்றது; அப்பொழுது கதி

றையின் எல்லைக்கதிர்கள் தலைமை அச்சில் வெட்டும் புள்ளிக்கும் குவியத்துக்கும் இடையிலுள்ள தூரத்தைக் காண்க;



படம்: 36

படம் 36 இல் காட்டியவாறு  $\triangle CIX$  ஓர் இருசமபக்க முக்கோணமாகும். IM ஆனது CX க்குச் செங்குத்தாக வரையப்பட்டுள்ளது. எனவே கேத்திரகணிதப்படி

$$CM = MX = \frac{26}{2} = 13 \text{ சமீ.}$$

செங்கோண  $\triangle CNX$  இல்

$$\text{கோசைன் } \theta = \frac{NX}{CX} = \frac{10}{26} = \frac{5}{13}$$

$$\therefore \text{கோசைன் } \theta = \frac{12}{13}$$

இப்பொழுது செங்கோண  $\triangle CMI$  இல்

$$\text{கோசைன் } \theta = \frac{CM}{CI}$$

$$\therefore CI = \frac{CM}{\text{கோசைன் } \theta} = \frac{13 \times 13}{12}$$

$$= \frac{169}{12} = 14\frac{1}{12}$$

$$\therefore FI = CI - CF$$

$$= 14\frac{1}{12} - 13 = 1\frac{1}{12} \text{ அங்.}$$

தேர்வு வினாக்கள்

1. 10 சமீ., 20 சமீ., 25 சமீ. குவியத்தூரங்கையுடைய மூன்று கோளவாடிகளும் ஒரு தளவாடித்துண்டும் முறையே 20 சமீ. நீளமுள்ள நான்கு உருளைக் குழாய்களினது ஒவ்வொரு முனையிலும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இக் குழாய்கள் ஒவ்வொன்றின்

தும் மறுமுனையில் ஒரே பொருளை வைத்துப் பார்த்தபொழுது இரு குழாய்களில் தெரிந்த விம்பங்கள் ஒரே பருமனுடையன வாகவும் ஆனால் ஒன்று திமிர்ந்ததாகவும் மற்றது தலைகீழானதாகவும் காணப்பட்டன. ஆகவே அவ்விரு குழாய்களுக்குள் எரிக்கும் ஆடிகள்

- (i) ஒன்றில் 10 சமீ. குவியத்தாரமுள்ள குழிவாடியும் மற்றதில் 25 சமீ. குவியத்தாரமுள்ள ஒரு குவிவாடியுமாக இருக்கலாம்.
- (ii) ஒன்றினில் 20 சமீ. குவியத்தாரமுள்ள குழிவாடியும் மற்றதில் தளவாடித் துண்டுமாகவும் இருக்கலாம்.
- (iii) ஒன்றினில் 10 சமீ குவியத்தாரமுள்ள குழிவாடியும் மற்றதில் தளவாடித்துண்டுமாகவும் இருக்கலாம்.
- (iv) ஒன்றினில் 25 சமீ. குவியத்தாரமுள்ள குவிவாடியும் மற்றதில் தளவாடித்துண்டுமாகவும் இருக்கலாம்.
- (v) ஒன்றினில் 20 சமீ. குவியத்தாரமுள்ள குழிவாடியும் மற்றதில் 25 சமீ. குவியத்தாரமுள்ள குவிவாடியுமாகவும் இருக்கலாம்.

2. ஒரு குழிவாடியின் குவியத்தில் இருந்து குவியத்துக்கு வெளியேயுள்ள ஒரு பொருளின் தூரம் 25 சமீ. ஆகும். இதன் விம்பத்தின் தூரம் பொருள் இருக்கும் பக்கமாக குவியத்திலிருந்து 9 சமீ. ஆகும். இக் குழிவாடியின் குவியத்தூரம்.  
(i) 34 சமீ; (ii) 15 சமீ. (iii) 2.8 சமீ. (iv) 50 சமீ. (v) 45 சமீ

3. 20 சமீ. குவியத்தாரமுள்ள ஒரு குழிவாடிக்கு முன் ஒரு பொருள் இருக்கும் பொழுது அதன் நான்கு மடங்கு உருப்பெருக்கம் உள்ள விம்பம் ஒன்று பெறப்பட்டது. பொருளின்  $\frac{1}{2}$  மடங்கு உருப்பெருக்கம் உள்ள விம்பத்தைப் பெறுதற்கு விம்பம் அசையப்பட்ட தூரம்  
(i) 75 சமீ. (ii) 25 சமீ. (iii) 100 சமீ. (iv) 80 சமீ. (v) 20 சமீ.

4. ஒரு குழிவாடியின் முன் ஒரு பொருள் வைக்கப்பட்டு பொருட்டூரங்கள் u உம் மெய்விம்பதூரங்கள் v உம் அளக்கப்பட்டன. பின்பு (u+v) ஐ Y அச்சிலும் uv ஐ X அச்சிலும் கொண்டு வரைபு அமைக்கப்படும் பொழுது பெற்ற நேர்கோட்டின் சாய்வு வீதி தம் 0.5 ஆகும்; ஆகவே ஆடியின் குவியத்தூரம்  
(i) 40 (ii) 100 (iii) 50 (iv) 20 (v) 10 சமீ.

5. ஒரு குழிவாடிக்கு முன் பொருளொன்று வெவ்வேறு நிலைகளில் வைக்கப்பட்டு அதன் பொருட்டூரங்கள் u உம் அதற்குரிய மெய் விம்பங்களின் உருப்பெருக்கங்கள் m உம் அளக்கப்பட்டன. பின்பு உறிபத்தித் தானத்தைக் கொண்ட Y அச்சிலும் X அச்சிலும்  $\frac{1}{m}$  உம் u வும் குறிக்கப்பட்டன. அப்பொழுது X அச்சில் ஒரு வெட்டுத்துண்டை ஆக்கும் ஒரு நேர்கோடு பெறப்பட்டது. இவ்வரைபிலிருந்து தரப்படும் கூற்றுக்களில் சரியானது எது?

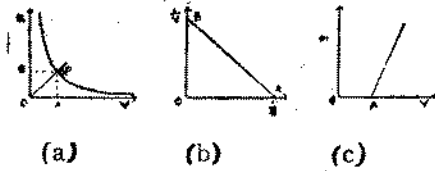
- (a) வரைபின் சாய்வுவீதிமும் X அச்சில் உள்ள வெட்டுத் துண்டும் குழிவாடியின் i ஐத் தரும்.
- (b) வரைபின் சாய்வு வீதிதம் f ஐயும் X அச்சிலுள்ள வெட்டுத் துண்டு  $\frac{1}{f}$  ஐயும் தரும்.
- (c) வரைபின் சாய்வுவீதிதம்  $\frac{1}{f}$  ஐயும் X அச்சிலுள்ள வெட்டுத் துண்டு f ஐயும் தரும்.
- (i) a மட்டும் (ii) a உம் b உம் (iii) b உம் c உம்
- (iv) c மட்டும் (v) a உம் c உம்

6. ஒரு குவிவாடிக்கு முன் 5 சமீ. தூரத்தில் ஒரு தளவாடித்துண்டு வைக்கப்பட்டு ஒரு பொருள், குவிவாடிக்கடாகத் தெரியும் இதன் விம்பமும் தளவாடித் துண்டுக்கடாகத் தெரியும் விம்பமும் ஒன்றும்படி சரி செய்யப்பட்டது. அப்பொழுது பொருளின் தூரம் குவி ஆடியிலிருந்து 25 சமீ. ஆகும். ஆகவே குவிவாடியின் வளைவிஞரை  
(i) 37.5 சமீ. (ii) 30 சமீ. (iii) 20 சமீ.  
(iv) 50 சமீ; (v) 75 சமீ.

7. பின்வரும் கூற்றுக்களுள் மிகச் சரியானவை எவை?  
(a) ஒரு குவிவாடியில் எப்பொழுதும் மாய விம்பத்தையே பெறலாம்.  
(b) ஒரு குவிவாடியில் எப்பொழுதும் பொருளொன்றின் மாய விம்பம் கோன்றலாம். ஆயினும் ஓர் ஒருங்கு ஒளிக்கற்றை பைக் கொண்டு மெய்விம்பத்தையும் பெறலாம்.  
(c) ஒரு குழிவாடியில் பொருளொன்றின் மாயவிம்பத்தையும் பெறலாம். மெய்விம்பத்தையும் பெறலாம்.  
(i) a (ii) a, b (iii) a, c (iv) c (v) b, c



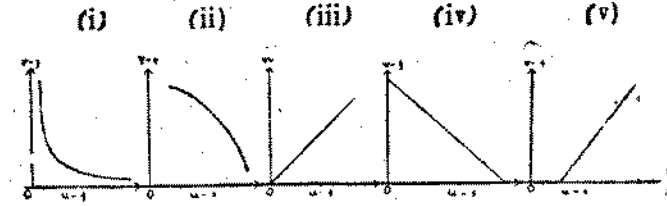
8. ஒரு குழிவாடியில் உருச் சிறுத்த தலைகிழான மெய் விம்பத்தைப் பெறுதற்கு
- பொருள் C க்கு அப்பாலும் விம்பம் C க்கும் F க்கும் இடையிலும் இருத்தல் வேண்டும்.
  - பொருளும் விம்பமும் C க்கு கப்பால் இருத்தல் வேண்டும்.
  - பொருளும் விம்பமும் C இல் இருத்தல் வேண்டும்.
  - பொருள் C க்கும் F க்கும் இடையிலும் விம்பம் C க்கு கப்பாலும் இருத்தல் வேண்டும்.
  - பொருள் F இற்குள்ளும் விம்பம் ஆடிக்குப் பின்னாலும் இருத்தல் வேண்டும்.
9. மேல் வரைபுகள் ஒரு குழிவாடிக்குக் கீறப்பட்டன. இவ் வரைபுகளிலிருந்து சில முடிபுகள் தரப்பட்டன. அவற்றுள் சரியானவை எவை?



படம்: 37

- வரைபு (a) இல்  $OA = f$ ;  $OB = f$ ; அத்துடன் வரைபு (b) இல்  $OA = \frac{1}{f}$ ;  $OB = \frac{1}{f}$
  - வரைபு (a) இல்  $OA = 2f$ ;  $OB = 2f$  அத்துடன் வரைபு (b) இல்  $OA = \frac{1}{f}$ ;  $OB = \frac{1}{f}$
  - வரைபு (b) இல்  $OA = \frac{1}{2f}$ ;  $OB = \frac{1}{2f}$  அத்துடன் வரைபு (c) இல்  $OA = f$
  - வரைபு (a) இல்  $OA = 2f$ ;  $OB = 2f$  அத்துடன் வரைபு (c) இல்  $OA = f$
- d உம் f உம் (ii) e உம் f உம் (iii) d உம் g உம்
  - f உம் g உம் (v) e உம் g உம்

10. துருவுள்ளிக்குக் கூடு உகந்ததாக அமையும் ஓர் ஆடி
- குழிவாடி (ii) குவிவாடி (iii) பரவளைவுத்திண்மஆடி
  - தளவாடி (v) செங்கோண ஆரியம்
11. ஒரு கோள ஆடியின் குவியத்தூரம்  $f$ , வெவ்வேறு பொருள் தூரம்  $u$ , விம்பத்தூரம்  $v$  என்பன அளக்கப்பட்டு  $(u - f)$ ,  $(v - f)$  என்பவற்றை X, Y அச்சுகளில் கொண்டு வரையப் பட்ட வரைபின் அமைப்பு



படம்: 38

12. கோள ஆடியில் செய்யப்பட்ட பரிசோதனையின் போது பெறப்பட்ட  $u, v$  பெறுமானங்களைக் கொண்டு X அச்சில்  $\left(\frac{v + 1}{v}\right)$  ஐயும் Y அச்சில்  $\left(\frac{u + 1}{u}\right)$  ஐயும் கொண்டு வரைபு அமைக்கப்பட்டது. வரைபின் Y அச்சில், வெட்டுத்துண்டு C, சாய்வுவிதம்  $m$  எனின்

- ஆடியின்  $f = \frac{1}{C - 2}$ ,  $m = -1$
- ஆடியின்  $f = \frac{1}{C + 2}$ ,  $m = f$
- ஆடியின்  $f = C + 2$ ,  $m = \frac{1}{f}$
- ஆடியின்  $f = -\frac{1}{C - 2}$ ,  $m = -2$
- ஆடியின்  $f = -\frac{1}{2 + C}$ ,  $m = 1$

வினாக்கள்

1. ஒரு பொருள் (i) 6 சமீ. (ii) 3 சமீ. தூரத்தில் 5 சமீ. குவியத்தூரமுள்ள ஒரு குழிவாடிக்கு முன் வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் அளவுத்திட்டத்துக்கேற்ப விம்பத்

தைக் கீறி, கணிப்பு முறையால் விம்ப தூரத்தையும் உருப் பெருக்கத்தையும் காண்க.

[விடை: (i) 30,  $m = 5$  (ii) 7.5,  $m = 2.5$ ]

2. ஒரு குவிவாடியின் குவியத்தூரம் 8 அங்குலம். ஆடியிலிருந்து பொருட்டூரம் (i) 10 அங்குலம் (ii) 4 அங்குலம் ஆக இருக்கும் பொழுது விம்பத்தை அளவுத்திட்டப்படி கீறி கணிப்பு முறையாக விம்பதூரத்தையும் உருப்பெருக்கத்தையும் காண்க.

[விடை: (i) 4 $\frac{1}{2}$ ,  $m = \frac{1}{2}$  (ii) 2 $\frac{1}{2}$ ,  $m = \frac{1}{2}$ ]

3. ஒரு பொருள் ஒரு குழிவாடியின் தலைமை அச்சில் வைக்கப்பட்டு மும்மடங்கு உருப்பெருக்கமுள்ள ஒரு மாயவிம்பம் முதலாகவும் பின்பு அதே உருப்பெருக்கமுள்ள ஒரு மெய் விம்பமும் பெறப்பட்டது. குழிவாடியின் வளைவினாரை  $b$  சமீ. ஆயின், இரு விம்பங்களுக்கும் மிடையே யுள்ள தூரத்தைக் காண்க

[விடை: 3b]

4. 6 அடி நீளமுள்ள ஒரு கோல் குவிவாடியொன்றின் தலைமை அச்சில் கிடத்தப்பட்டது. அதன் வளைவினாரை 3 அடி ஆகும். ஆடியிலிருந்து கோலின் கிட்டிய முனை 2 அடி ஆகும். ஆடியில் கோலின் நீளத்தைக் காண்க. [விடை: 0.4 அடி]

5. ஒரு குழிவாடியால் பொருளொன்றின் மும்மடங்கு உருப்பெருக்கப்பட்ட விம்பம் ஒரு திரையில் பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. பின்பு பொருளின் நாண்கு மடங்கு உருப்பெருக்கமுள்ள விம்ப மொன்றைப் பெறும் முகமாக பொருளும் திரையும் நகர்த்தப்பட்டுள்ளது. அப்பொழுது திரை 30 சமீ. நகர்த்தப்பட்டிருப்பின் ஆடியின் குவியத்தூரத்தையும் பொருளின் நகர்வையும் காண்க.

[விடை: 30, 2.5 சமீ.]

6. (i) குழிவாடியின் (ii) குவிவாடியின் குவியத்தூரத்தைத் திருத்தமாக அளப்பதற்குக் கந்த முறையை விளக்கிப் பின் விவரிக்க.

7. ஒரு குவிவாடிக்கு  $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  என்னும் சூத்திரத்தைப் பெறுக.

ஓர் ஒளிர் பொருள் 30 சமீ. தூரத்தில் ஒரு குவிவாடியிலிருந்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு தளவாடி, இரு ஆடிகளினூடும் தோற்றும் விம்பங்கள் ஒன்றத்தக்கவாறு சரிசெய்யப்பட்டுள்ளது. அப்பொழுது தளவாடி பொருளிலிருந்து 22 சமீ. தூரத்திலிருப்பின் குவிவாடியின் வளைவினாரை என்ன?

[விடை: 52.5 சமீ.]

8. (a) கோளமானி முறையால் (b) ஒளியியல் முறையால் ஒரு குவிவாடியின் வளைவினாரையை எவ்வாறு தனியலாம்?

இரு சமாந்தர ஒளிக்கதிர்கள் 5 அங்குல வளைவினாரையுடைய குழிவாடியில் தெறிப்புறுகின்றன. ஒரு கதிர் தலைமை அச்சுக்குக் செல்கின்றது. மற்றது தலைமை அச்சிலிருந்து 3 அங்குல உயரத்தில் செல்கின்றது. தெறிப்புற்றபின் இக்கதிர்கள் தலைமை அச்சில் சந்திக்கும் புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தைக் காண்க.

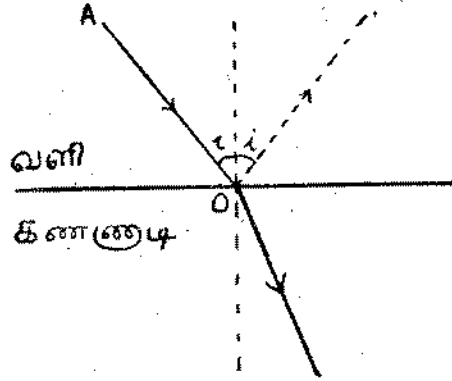
[விடை: 5 $\frac{1}{2}$  அங்குலம்]

9. 5 சமீ. வளைவினாரையுடைய ஒரு குழிவாடியின் வட்ட ஓரத்தின் ஆரை 4 சமீ. ஆகும். இதன் விளிம்பைச் சுற்றியிருக்கும் பகுதியொன்றைத் தவிர மற்ற எல்லாப் பாகங்களும் கறுப்பாக்கப்பட்டுள்ளது. தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாகச் செல்லும் ஓர் ஒளிக்கற்றை ஆடியில் விழுகின்றது. ஒளிமுதலச்சில் வந்து குவியும் புள்ளிக்கும் வளைவுமையத்துக்குமிடையேயுள்ள தூரத்தைக் காண்க. [விடை: 4 $\frac{1}{6}$  சமீ.]

## அத்தியாயம் 4

### தளமேற்பரப்புக்களில் ஒளிமுறிவு

ஒர் ஊடகத்தினூடு செல்லும் ஒளி ஒளிக்கற்றை அவ்வூடகத்திலிருந்து இன்னொரு ஊடகத்தைப் பிரிக்கும் மேற்பரப்பின் மீது



படம் 39

விழும் பொழுது அதன் ஒருபகுதி வந்த ஊடகத்தினுள் தெறிப்புறுகின்றது. மீதி அடுத்த ஊடகத்தினுட்புகுகின்றது. இவ்வொளி இரண்டாம் ஊடகத்தினுள் புகும்பொழுது புகும் புள்ளியில் முறிவடைகின்றது. ஒளிக்கற்றையின் இம் முறிவு ஒளிமுறிவு எனப்படும். இத்தோற்றப்பாடு படம் 39 இல் காட்டப்படுகின்றது. அங்கு படுகதிரை AO வும் முறிகதிரை OB உம் படுகோணத்தை  $i$  உம் முறிவுக் கோணத்தை  $r$  உம் குறிக்கின்றன.

ஒளிமுறிவு இருவிதிகளுக்கிணங்க நிகழ்கின்றது. அவ்விதிகளாவன:-

- படுகதிர் முறிகதிர், படுபுள்ளியிலுள்ள செவ்வன் இவையாவும் ஒரு தளத்திலுள்ள.
- தரப்பட்ட சர் ஊடகங்களுக்கும் படுகோணத்தின் சைனுக்கும் முறிவுக்கோணத்தின் சைனுக்கும் உள்ள விகிதம் ஒரு தரப்பட்ட நிறத்துக்கு ஒரு மாறிலியாகும்.

$$\text{அதாவது } \mu = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} \text{ (சினெலின் விதி)}$$

இங்கு  $\mu$  என்னும் மாறிலி ஒருதரப்பட்ட நிறத்துக்கு முதலாம் ஊடகம் சார்பாக இரண்டாம் ஊடகத்தின் முறிவுக் குணகம் எனப்படும். எந்த சர் ஊடகங்களுக்கும் இதன் பெறுமானம் படுகதிரின் நிறத்தில் பொறுத்ததொன்றாகும். சிவப்புக்குக் கூடவும் திருசியத்தில் காணப்படும் நிறங்களினது ஒழுங்கின்படி படிப்படியாகக் குறைந்து ஊதாவுக்கு இழிவாகவும் இருக்கும். ஆனால் இப்பெறுமானங்களுக்கிடையே யுள்ள வித்தியாசம் மிக மிகச் சிறிதாகும். ஒளியின் நிறம் குறிக்கப்படாவிடில், மஞ்சள் ஒளிக் குறிய  $\mu$  வின் பெறுமானமே முறிவுக்குணகத்தின் பெறுமானமெனக் கொள்ளப்படும்.

மேலும்  $a$  என்னும் ஊடகத்தில் செல்லும் ஒளிக்கதிர்  $b$  என்னும் ஊடகத்தினூடு முறிவுபெற்றுச் செல்லும்பொழுது, இங்கு முறிவுக்குணகம் என்னும்பொழுது  $a$  சார்பாக  $b$  இன் முறிவுக் குணகம் ஆகும். இதன் குறியீடு  $\mu_2$  ஆகும். இவ்வாறு,  $\mu_1, \mu_2$  என்னும் பொழுது ஊடகம் 1 சார்பாக ஊடகம் 2 இன் முறிவுக்குணகம் ஆகும். அத்துடன் படுகதிர் 1 இலும் முறிகதிர் 2 இலும் இருக்கின்றன வென்பதும் புலப்படும்.

#### தனிமுறிவுக்குணகம்

வெற்றிடத்திலிருந்து செல்லும் ஒளி ஒளிக்கதிர் திரவிய ஊடகமொன்றிற்கூடாக முறிவடைந்து செல்லும்பொழுது வெற்றிடம் சார்பாகத் திரவியத்தின் முறிவுக்குணகம் பெறப்படும். இது தனிமுறிவுக்குணகம் எனப்பெயர்பெறும். அப்பொழுது  $\mu$  என்னும் தனிக்குறியீடில் இது குறிக்கப்படும். செய்முறையில் வளிசார்பாக ஒரு திரவியத்தின் முறிவுக்குணகத்தை  $\mu$  தனிமுறிவுக்குணகம் எனக் கொள்ளப்படுகின்றது; இது திண்ம, திரவ ஊடகங்களுக்குச் சாலும் பொருத்துமாகும்.

முறிவுக்குணகம் வேகங்களின் விகித சார்பாகவும் வருமாறு வரையறுக்கப்படும்.

ஒளிக்கதிர் ஊடகம் 1 இலிருந்து ஊடகம் 2 இற்குள் முறிந்து செல்லும் பொழுது,

$$\mu_2 = \frac{\text{ஊடகம் 1 இல் ஒளியின் வேகம்}}{\text{ஊடகம் 2 இல் ஒளியின் வேகம்}} \text{ ஆகும்.}$$

இதேபோல் ஒளி வெற்றிடத்திலிருந்து ஒரு திரவியத்திற்குள் முறிந்து செல்லும்பொழுது தனிமுறிவுக்குணகம்

$$\mu = \frac{\text{வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம்}}{\text{திரவியத்தில் ஒளியின் வேகம்}} \text{ ஆகும்.}$$

ஆகவே, இச் சூத்திரத்தைக் கொண்டு, திரவியத்தின் தனி முறிவுக்குணகமும், வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகமும் தரப்படின் திரவியத்தில் ஒளியின் வேகம் துணியமுடியுமாகும்.

எடுத்துக்காட்டு:

வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம் =  $3 \times 10^{10}$  சமீ./செக.

கண்ணாடியின் முறிவுக்குணகம் = 1.5

$$\begin{aligned} \text{கண்ணாடியில் ஒளியின் வேகம்} &= \frac{\text{வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம்}}{\text{தனி முறிவுக்குணகம்}} \\ &= \frac{3 \times 10^{10}}{1.5} \text{ சமீ./செ.} \\ &= 2 \times 10^{10} \text{ சமீ./செக} \end{aligned}$$

ஒளியால் அடர்ந்த, ஒளியால் ஐதான ஊடகங்கள்:

ஒரு தரப்பட்ட நிற ஒளிக்கூறிய சர் ஊடகங்களினது தனிமுறிவுக் குணகங்களுள், உயர்முறிவுக்குணகப் பெறுமானத்தையுடைய ஊடகத்தை ஒளியால் அடர்ந்த ஊடகம் என்றும், மற்றதை ஒளியால் ஐதான ஊடகம் என்றும் சொல்லப்படும்.

உதாரணமாக:

கண்ணாடியின் தனி முறிவுக்குணகம் = 1.5

நீரின் ,, ,, = 1.33

வளியின் ,, ,, = 1.00029

ஆகவே இங்கு கண்ணாடி நீரிலும் ஒளியால் அடர்ந்த தென்றும், நீர் வளியிலும் ஒளியால் அடர்ந்த தென்றும் சொல்லப்படும்.

முறிவுக்குணகங்களுக்கிடையேயுள்ள தொடர்பு

$$\text{படம் 39 இல் } {}_a\mu_g = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} \text{ \& } {}_g\mu_a = \frac{\text{சைன் } r}{\text{சைன் } i}$$

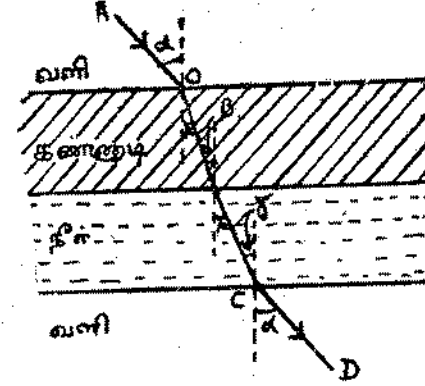
$$\therefore {}_a\mu_g = \frac{1}{{}_g\mu_a}$$

எனவே  ${}_a\mu_g = 1.5$  ஆயின்;  ${}_g\mu_a = \frac{1}{1.5} = 0.67$  ஆகும்;

${}_a\mu_w = 1.33$  ஆயின்;  ${}_w\mu_a = \frac{1}{1.33} = 0.75$  ஆகும்.

$$\text{அடுத்து } {}_a\mu_g \times {}_g\mu_a = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} \times \frac{\text{சைன் } r}{\text{சைன் } i} = 1$$

வளியிலுள்ள AO என்னும் படுகதிரைக் கருத்திற் கொல்க. இது கண்ணாடியின் எல்லைபிறி பட்டு அதற்குள் முறிந்து செல்கின்றது:



படம் 40

இதிலிருந்து பின்பு நீர்க்குள் முறிந்தும் இறுதியாக வளியில் வெளியேறுகின்றது. இவ்வூடகங்களின் எல்லைகள் சமாந்தரமாக இருப்பதால் வெளிப்படுகதிர் பரிசோதனையின்படி படுகதிர் AO இற்குச் சமாந்தரமாகவுளதாகும்.

$$\text{ஆகவே } \frac{\text{சைன் } \alpha}{\text{சைன் } \beta} \times \frac{\text{சைன் } \beta}{\text{சைன் } \gamma} \times \frac{\text{சைன் } \gamma}{\text{சைன் } \alpha} = 1$$

$$\therefore {}_a\mu_g \times {}_g\mu_w \times {}_w\mu_a = 1$$

$$\therefore {}_a\mu_w = \frac{1}{{}_a\mu_g \times {}_w\mu_a}$$

மேலும்  ${}_w\mu_a = \frac{1}{{}_a\mu_w}$  என முன்பே தெரியுமாகும்

$$\therefore {}_a\mu_w = \frac{{}_a\mu_g}{{}_a\mu_g}$$

அல்லது  ${}_w\mu_g = \frac{{}_a\mu_g}{{}_a\mu_w}$

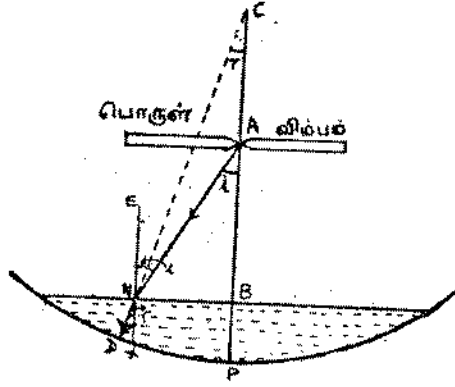
உதாரணமாக  ${}_a\mu_g = 1.5$  எனவும்

${}_a\mu_w = 1.33$  எனவும் தரப்படின்

$${}_w\mu_g = \frac{{}_a\mu_g}{{}_a\mu_w} = \frac{1.5}{1.33}$$

= 1.15 ஆகும்





படம் 42

N இல் ENX ஆனது திரவமேற்பரப்புக்குச் செவ்வலை ஆகும்; ஆகவே கோணம் ENA = கோணம் NAB = படுகோணம் i அத்துடன் கோணம் XND = NCB = முறிவுக்கோணம் r ஆகும் முக்கோணங்கள் ANB இலும் CNB இலும்,

$$\text{சைன் } i = \frac{NB}{NA}; \text{ சைன் } r = \frac{NB}{NC}$$

$$\therefore \mu = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \frac{NB}{NA} \times \frac{NC}{NB} = \frac{NC}{NA}$$

NC, NA ஆகியன தலைமை அச்சுக்கு அருகே இருப்பதால்

NC = BC எனவும், NA = BA எனவும் அண்ணளவாகக் கொள்ளப்படும்.

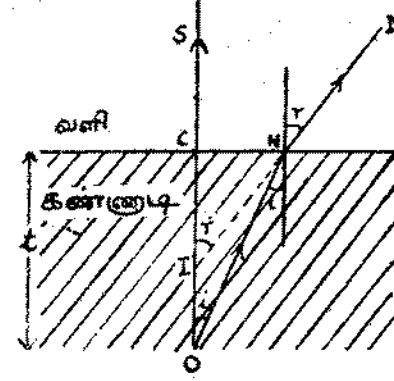
$$\therefore \mu = \frac{CB}{AB}$$

மேலும் திரவத்தின் ஆழம் AB உடன் ஒப்பிடப்படும் பொழுது கிறிதென்பதால், CB = CP; AB = AP அண்ணளவாக,

$$\text{எனவே } \mu = \frac{CP}{AP} \quad (\text{அண்ணளவாக})$$

இங்கு CP உம் AP உம் நேரடியாக ஒரு மீற்றர் சட்டத்தைக் கொண்டு அளக்கப்படும்; அளத்தலின்போது வழக்கள் ஏற்படக்கூடும்;

மெய்யாழம் தோற்ற ஆழம் சார்பாக முறிவுக்குணகத்தைத் துணிதல்;



படம் 43

ஒர் ஊடகத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து ஓர் ஆழத்தில் இருக்கும் O என்னும் பொருளைக் கருத்திற் கொள்க. O இலிருந்து புறப்படும் OC என்னும் கதிர் மேற்பரப்பிற்குச் செங்குத்தாக இருப்பதால் அது CS வழியே வளியில் செல்லும். OC க்கு கருகேயுள்ள ON என்னும் கதிர் N இல் முறிந்து ND வழியே செல்லும். O க்கு நேர் மேலாக நின்று O வை நோக்கும் ஓர் அவதானிக்கு பொருள் I இல் தோற்றும். இது DN உம் SC உம் சந்திக்கும் புகளியாகும். இவ்விதம் நோக்கும் பொழுது நோக்குபவர் கண்ணில் ஒரு கூம்புக் கதிர்கள் பொருளிலிருந்து படும்.

ஊடகத்தில் படுகோணம் i எனவும், வளியில் முறிவுக்கோணம் r எனவும் கொள்க.  $\mu$  சைன் i = மாறிவி என்பதறிவிணங்க

$$\mu \text{ சைன் } i = 1 \times \text{சைன் } r \text{ பெறப்படும்}$$

$$\Delta OCN \text{ இல் சைன் } i = \frac{NC}{NO}$$

$$\Delta ICN \text{ இல் சைன் } r = \frac{NC}{NI}$$

O வுக்கு நேர்மேலே அவதானி நிற்பதால், NO, NI அண்ணளவாக CO, CI என்பவற்றிற்கு அண்ணளவாகச் சமனெனக் கொள்ளப்படும்.

$$\therefore \mu \frac{NC}{CO} = \frac{NC}{CI}$$

$$\therefore \mu = \frac{CO}{CI}$$

$$\therefore \mu = \frac{\text{மெய்யாழம்}}{\text{தோற்றவாழம்}}$$

மெய்யாழம்  $t$  எனில்; தோற்றவாழம் =  $\frac{t}{\mu}$  ஆகும்.

$$\begin{aligned} \text{எனவே இடப்பெயர்ச்சி } d &= t - \frac{t}{\mu} \\ &= t \left( 1 - \frac{1}{\mu} \right) \end{aligned}$$

எடுத்துக்காட்டு

9 அடி ஆழ நீரில் ஒரு பொருள் இருப்பின் அதன் தோற்ற வாழத்தையும், இடப்பெயர்ச்சியையும் காண்க. ( $\mu = \frac{4}{3}$ )

$$\mu = \frac{\text{மெய்யாழம்}}{\text{தோற்றவாழம்}}$$

$$\therefore \text{தோற்றவாழம்} = \frac{9 \times 3}{4} = \frac{27}{4}$$

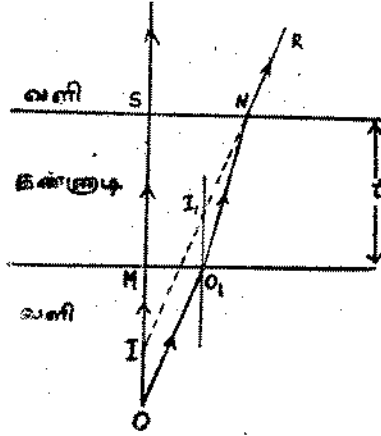
$$= 6\frac{3}{4} \text{ அடி}$$

$$\text{இடப்பெயர்ச்சி} = 9 - 6\frac{3}{4}$$

$$= 2\frac{1}{4} \text{ அடி}$$

சமாந்தரக் கண்ணாடிக்குறிக்குக் கீழ் பொருள் இருப்பின்

$t$  என்னும் தடிப்புடைய கண்ணாடிக் குறியொன்றிற்குக் கீழ் வளியில் ஒரு தூரத்தில் இருக்கும்  $O$  என்னும் பொருளைக் கருத்திற்கொள்க.  $OM$  என்னுள் செங்குத்துக் கதிர்  $MS$  வழியே சென்று



படம் 44

குற்றியிலிருந்து வெளியேறும்,  $OM$  க்கு அருகேயுள்ள  $OO_1$  என்னும் கதிர்  $O_1N$  வழியே முறிந்து  $NR$  வழியே வெளியேறும். கண்ணாடிக் குற்றிக்கு மேலுள்ள அவதானி பொருளை  $I$  இல் அதாவது  $RN$  உம்  $SM$  உம் சந்திக்கும் புள்ளியில் காணத்தக்கதாக இருக்கும்.

$O_1$  இலுள்ள செவ்வன் ஆனது  $IN$  ஐ  $I_1$  இல் வெட்டின்.  $O_1 I_1$  க்கு  $OM$  சமாந்தரமாகும். அத்துடன்  $OO_1$  க்கு  $IR$  சமாந்தரமாகும். எனவே உருவம்  $OO_1 I_1 I$  ஓர் இணைகரம். இதன் பிரகாரம்  $O_1 I_1 = OI$ . எனவே  $O_1$  இலுள்ள பொருளின் தோற்றநிலை  $I_1$  இல் ஆகும். ஆனால்  $O_1 I_1 = OI$  ஆனதால் பொருள் குற்றிக்குக் கீழ் எங்கே இருப்பினும் இடப்பெயர்ச்சி பொருளின் நிலையால் பாதிக்கப்படவில்லையென்பது வெளிப்படை. இங்கும் இடப்பெயர்ச்சி

$$OI = t \left( 1 - \frac{1}{\mu} \right) \text{ ஆகும்.}$$

மெய்யாழம் தோற்றவாழம் என்பவற்றிற்கான பொதுச் சூத்திரம்

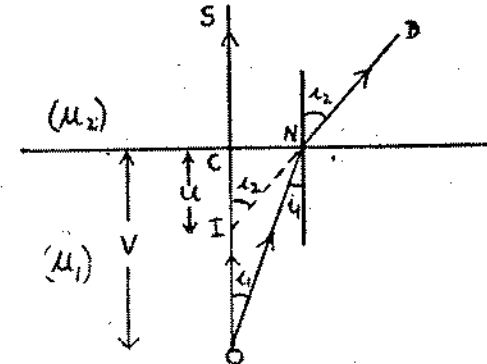
$N$  இல் படுகோணம்  $i_1$  உம் முறிவுக்கோணம்  $i_2$  வுமாகும். ஆகவே  $\mu$  சைன்  $i =$  மாறிலிக்கிணங்க

$$\mu_1 \text{ சைன் } i_1 = \mu_2 \text{ சைன் } i_2$$

$$\Delta OCN \text{ இல்; சைன் } i_1 = \frac{NC}{NO}$$

$$\Delta ICN \text{ இல்; சைன் } i_2 = \frac{NC}{NI}$$

$$\therefore \mu_1 \frac{NC}{NO} = \mu_2 \frac{NC}{NI}$$



படம் 45

$$\therefore \frac{\mu_1}{NO} = \frac{\mu_2}{NI}$$

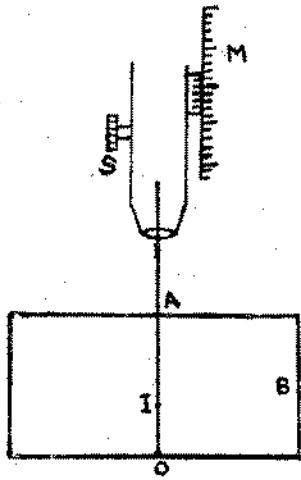
ON ஆனது OC க்கருகேயுள்ளதாயிருப்பதால் NO = CO; NI = CI  
அண்ணளவாக,

$$\frac{\mu_1}{CO} = \frac{\mu_2}{CI}$$

$$\therefore \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2}{v}$$

அதாவது

தோற்றவாழ முறையால் முறிவுக்குணகம் துணிதல்



படம்: 46

நீரின் தெளிவான விம்பம் தோற்றும். அந்நிலையில் காட்டியின் வாசிப்பு 'a' ஐக் குறிக்க. அடுத்து குறிக்கு மேல் கண்ணாடியை வைத்து அதன் தெளிவான விம்பம் பார்த்துக்கொண்டே இருக்கும் வரை நுணுக்குக் காட்டியைச் சரிசெய்க. அப்பொழுது காட்டியின் வாசிப்பு 'b' ஆகும். இதன் பின்பு குறிக்கு மேல் வைத்து தெளிவான விம்பத்துக்கு நுணுக்குக்காட்டியின் வாசிப்பைப் பெறுக. அது 'c' ஆகும்.

$$\text{ஆகவே மெய்யாழம்} = c - a \text{ சமீ.}$$

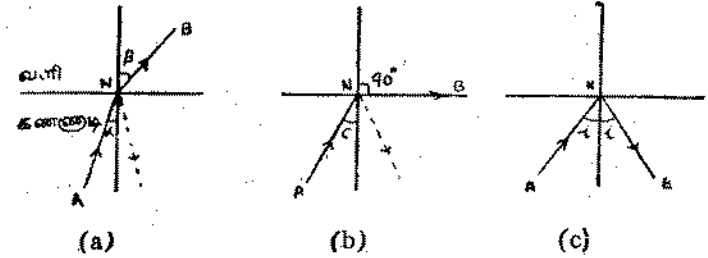
$$\text{தோற்றவாழம்} = c - b \text{ சமீ.}$$

$$\therefore \mu = \frac{\text{மெய்யாழம்}}{\text{தோற்றவாழம்}} = \frac{c-a}{c-b}$$

இங்கு பொருள்வில்லை தன் தலைமை அச்சக்கருகிலுள்ள கதிர்களைச் செல்ல விடுவதால் இம்முறை அறிமுறை நிபந்தனைக் கேற்ப நிகழ்கின்றது. ஆகவே இங்கே துணியப்படும் பெறுமானம் செம்மை யுடையதெனக் கொள்ளப்படும்.

நீரின் முறிவுக்குணகமும் இம்முறையால் துணியப்படும்; இதனில் ஒரு குண்டுகையைப் பொருளாக உபயோகிக்கலாம். நீரின் மட்டத்தை அளப்பதற்கு இலைக்கப்போடியம் பொடியை உபயோகித்து மட்டலாம்.

முழுவுட்டெறிப்பும் அவதிக் கோணமும்



படம் 47

ஒளி ஓர் ஒளியால் அடர்ந்த ஊடகத்திலிருந்து ஒளியால் ஐதான ஊடகத்துட் செல்லும் பொழுது செல்வனை விலகி முறிகின்றது. அதாவது முறிவுக்கோணம் படுகோணத்திலும் பெரிதாகும் (படம் 47 a). படுகோணம் படிப்படியாக அதிகரிக்கப்படும்பொழுது முறிவுக்கோணமும் அவ்வாறே அதிகரிக்கும். ஒரு கட்டத்தில் முறிவுக்கோணம் 90° ஆகும் அப்பொழுது, முறிக்கதிர் பிரிக்கும் பரப்பை மருவிச் செல்லும் (படம் 47 b). இந்நிலையில் உள்ள படுகோணம் அவ்வுடகங்களுக்கிரிய அவதிக் கோணம் (c) எனப்படும். இதற்கு மேலும் படுகோணம் அதிகரிக்கப்படின் ஒளியானது பிரிக்கும் பரப்பில் முழுமையாகத் தெறிப்படையும்; இத் தோற்றப்பாடு முழுவுட்டெறிப்பு எனப்படும்.

ஆகவே முழுவுட்டெறிப்புக்கு வேண்டிய நிபந்தனைகள்

(i) ஒளி, ஒளியால் அடர்ந்த ஊடகத்திலிருந்து ஐதான ஊடகத்துள் செல்லல் வேண்டும்.

(ii) படுகோணம் அவதிக் கோணத்திலும் பெரிதாக இருத்தல் வேண்டும்.

மேலும் அவதிக் கோணம் உதாரணமாகக் கண்ணாடி — வளி ஊடகங்களுக்கு c எனின்



$$\sin A = \frac{\text{சைன் } c}{\text{சைன் } 90^\circ} = \text{சைன் } c^\circ$$

$$\therefore \sin A = \frac{1}{\text{சைன் } c^\circ}$$

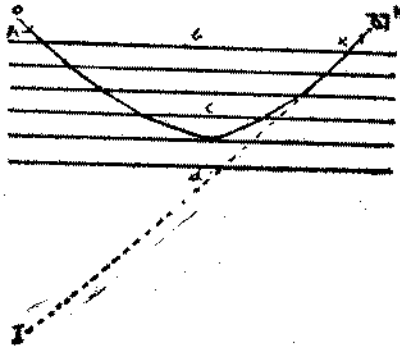
இதன் பெறுமானம் ஊடகங்களின் தன்மையிலும், ஒளியின் நிறத் திலும் தங்கியுள்ளது.

கண்ணாடி - வளி ஊடகங்களுக்கு	$C = 42^\circ$	(அண்ணளவாக)
நீர் - வளி	$C = 48.5^\circ$	
கண்ணாடி - நீர்	$C = 63^\circ$	(,, ,,)

முழுவுட்டெறிப்பின் சில விளைவுகள்:

(i) கானஸீர்

கானஸீர் முழுவுட்டெறிப்பின் ஒரு தோற்றப்பாடாகும். வளைந்திரங்களில் வளியின் வெப்பம் மணல் தரைகளை நோக்கி உயர்ந்து கொண்டு போகும். இதனால் வளியின் அடர்த்தி bcd என்னும் திசையில் வழியே குறைந்துகொண்டு போகும். ஒரு மரத்திலிருந்து வரும் OA என்னும் கீழ்முகக் கதிர் செவ்வனிலிருந்து மேலும் மேலும் முறிந்து செல்லும்; ஆனால் ஒரு வளிப்படையில் உதாரணமாக C இல் அவதிக் கோணத்தை அடையும். அந்நிலையில் கதிர் முழுவுட்டெறிப்புற்று மேல்முகமாக CK வழியே செல்லும். தாரத்தில் நிற்கும் அவதானி M, பொருள் O வை I இல் காண்பார். எனவே அவதானிக்கு ஒரு தடாகத்தில் பொருளின் விம்பம் தெறிப்பினால் தோற்றுவதைப் போல் இருக்கும். இத்தோற்றப்பாடு கானஸீர் எனப் பெயர்பெறும்.



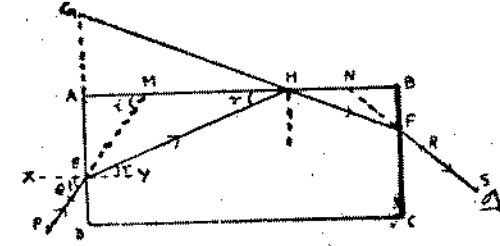
படம்: 48

(ii) வைரம் 2.4 முறிவுக்குணகத்தையுடையது. வைரத்திலிருந்து வளிக்கு அவதிக் கோணம் ஏறத்தாழ  $24^\circ$  ஆகும். வைரத்தின் முகக்

கள், புதும் ஒளியை மீண்டும் மீண்டும் முழுவள் தெறிப்புறச் செய்து ஒரு அல்லது இரு முகங்களுக்கிடாக வெளியேறச் செய்யத்தக்கவாறு வெட்டப்படுகின்றன. எனவே இம் முகங்கள் மின்னுகின்றன. இதனால் வைரம் துலக்கமுள்ளதாகிறது.

முழுவுட்டெறிப்பு முறையால் முறிவுக்குணகத்தைத் துணிதல்

(1) திண்மம் (கண்ணாடி)



படம்: 49

ஒரு கடதாசித்தானை வரைபலகையின்மீது பொருத்தி அதனில் ஒரு செவ்வகக் கண்ணாடிக்குறியியை வைக்க; இதன் புறவுருவைத் தாளில் வரைக. பின்பு P, Q என்னும் ஈர் ஊசிகளை AD என்னும் முகத்துக்குச் சாய்வான கோட்டில் குத்துக. அப்பொழுது PQ என்னும் கதிர் AD இல் முறிந்து AB இல் படும். இம்முறிக்கதிர் AB இல் படும்பொழுது, கண்ணாடி - வளி அவதிக் கோணத்திலும் பெரிய ஒரு படுகோணத்தையுடையதாக அமையும். ஆகவே, முழுவுட்டெறிப்பு அங்கு நிகழ்ந்து BC என்னும் முகத்திற்குடாக வெளியேறும். BC க்குடாகப் பார்த்துக்கொண்டு P, Q என்னும் ஊசிகளின் விம்பங்களுடன் ஒரே நேர்கோட்டில் இருக்கத்தக்கவாறு R, S என்னும் ஈர் ஊசிகளைக் குத்துக. ஊசிகளின் நிலைகளைக் குறிக்க; பின்பு அமைப்பை வருமாறு செய்க.

PQ என்பதை AD ஐ E இலும் AB ஐ M இலும் வெட்டுமாறு நீட்டுக. SRஐயும் BC ஐ F இலும் AB ஐ N இலும் வெட்டுமாறு நீட்டுக; DAஐ EA=AG ஆகுமாறு G க்கு நீட்டுக. FGஐ இணைக்க. இக்கோடு ABஐ H இல் வெட்டும். EH ஐ இணைக்க. EH கண்ணாடிக்குறியியின் முறிக்கதிர் பாதையைக் குறிக்கும் இக்கதிர் ஆனது HF வழியே முழுவுட்டெறிப்படையும்.

E இல் XEY ஆனது AD இல் செவ்வகாகும்.

$$\therefore \angle XEP = i; \quad \angle HEY = r$$

$$\text{ஆனால்} \quad \angle XEP = \angle AME = i$$

$$\angle HEY = \angle AHE = r$$

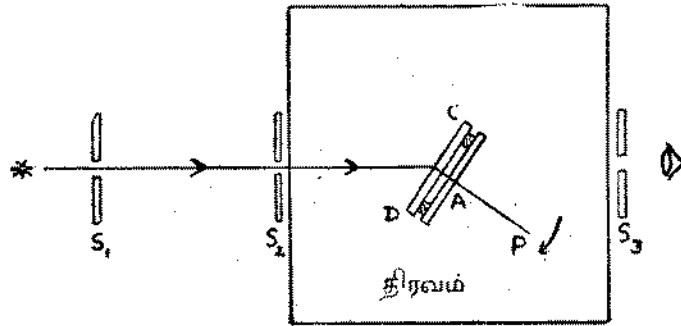
$$\therefore \mu = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \frac{AE}{ME} / \frac{AE}{HE} = \frac{HE}{ME}$$

$$\text{இதேபோல் } \mu = \frac{FH}{FN}$$

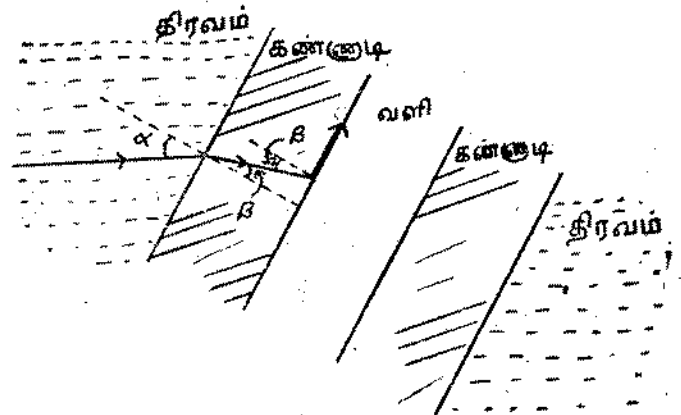
ஆகவே HE, ME இன் நீளங்களை அளப்பதன் மூலமும் FH, FN இன் நீளங்களை அளப்பதன் மூலமும் முறிவுக்குணகத்தைத் துணிந்து கொள்ளலாம்.

## (2) திரவம்

இம்முறையில் முறிவுக்குணகம் காணப்படப்போகும் திரவமானது ஒரு செவ்வகப் பாத்திரத்தில் கொள்ளப்படுகிறது. பாத்திரம் மெல்



படம் 50 (a)



படம் 50 (b)

விய சிறந்தவகைக் கண்ணாடியால் அமைக்கப்பட்டதாகும். பாத்திரத்தினுள் ஒரு வளி-கலம் அமிழ்த்தப்படும். இக்கலம், நுணுக்குக் காட்டி வழுக்கிகள் இரண்டை ஒன்றாகக் கனடா மரப் பிசினால் பொருத்தி அமைக்கப்பட்டதாகும். இவ்வழுக்கிகளுக்கிடையே வளிப் படலம் உண்டு. மேலும் வளி-கலம் கௌரியொன்றில் தாங்கப்பட்டு ஒரு நிலைக்குத்துக் கோலில் பொருத்தப்படுகிறது. கோலுடன் ஒரு காட்டி பாகைமரனியொன்றின் மீது சுழலத்தக்கவாறு பொருத்தப்படும். இத்தகைய ஒழுங்கு படம் 50 (a) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

கொள்கை:

இப் பரிசோதனையில் ஓர் ஒருநிற ஒளியானது திரவத்தின் அமிழ்த்தப்பட்ட வளி-கலத்தினூடு செலுத்தப்படுகிறது. அப்பொழுது அவதிக் கோணத்தைப் பெறும் முகமாக அவதானிப்புகள் குறிக்கப்படும். இது தெரியின் முறிவுக்குணகம்

$\mu = \frac{1}{\text{சைன் } C}$  என்னும் சூத்திரத்தை உபயோகித்துப் பெறப்படும்;

படம் 50 (b) ஐப் பார்க்க

$$\frac{\text{சைன் } \alpha}{\text{சைன் } \beta} = {}_1\mu_2$$

$$\therefore \text{சைன் } \alpha = {}_1\mu_2 \text{ சைன் } \beta \quad \text{---(1)}$$

$$\frac{1}{\text{சைன் } \beta} = \mu_2$$

$$\therefore \text{சைன் } \beta = \frac{1}{\mu_2} = {}_2\mu_1 \quad \text{---(2)}$$

இதனை (1) இல் பிரதியிடுக.

$$\text{சைன் } \alpha = {}_1\mu_2 \times {}_2\mu_1$$

$$= {}_1\mu_1$$

$$\therefore \mu_1 = \frac{1}{\text{சைன் } \alpha}$$

இங்கு இச் சமன்பாட்டில்  $\alpha$  திரவ - வளிக்குரிய அவதிக் கோணத்தைக் குறிக்கின்றது.

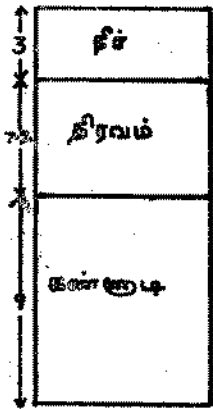
முறை

கலத்தின் ஒரு பக்கத்தில் ஓர் ஒரு நிற ஒளியை வைக்க. இத்தகும் கலத்திற்கும் இடையில்  $S_1, S_2$  என்னும் இரு திரைகள் உள்ள; அவற்றில் 1 மி. மி. அகலமுடைய பிளவுகள் உண்டு. கலத்தின் மற்ற பக்கத்திலும்  $S_3$  என்னும் திரை உண்டு. கலத்தைத் திரவத்தால்

நிரம்பித் திரைகளின் நிலைகளை, ஒளி அவற்றின் பிளவுகளினூடு கலத்துக்குச் செங்குத்தாக செல்வத்தக்கவாறு சரி செய்க. இவ்வாறு செல்லும் ஒளி  $S_2$  இனூடும் பாரீக்கத்தக்கவாறு இருத்தல் வேண்டும். வளி — கலத்தை ஒளிக்கற்றைக்குச் செங்குத்தாக இருக்கத்தக்கவாறு பாத்திரத்தினுள் வைக்க. பின்பு E இனிருந்து பாரீக்கும்பொழுது ஒளி மறையும்வரை வலப்பக்கமாக கலத்தைச் சுழற்றுக. அப்பொழுது காட்டி AP பாகைமானியில் குறிக்கும் வாசிப்பை எடுக்க. இவ்வாறு இடப்பக்கமாகவும் சுழற்றி வாசிப்பை எடுக்க இவ்விதம் பலதடவைகள் பரிசோதனையைச் செய்து சராசரி அவதிக்கோணத்தைக் காண்க. அவதிக்கோணம் கணித்தபின்  $\mu = \frac{1}{\text{கோண C}}$  இல் C இன் பெறுமாணத்தைப் பிரதியிட்டு  $\mu$  வைக்காண்க. இங்கு இரு வாசிப்புகளுக்கு மிடையேயுள்ள வித்தியாசம்  $2C$  ஐத் தரும்.

உத்திக் கணக்குகள்

- ஒரு தாங்கி 9 சமீ. தடிப்பும்  $1.5$  முறிவுக்குணகமும் உடைய ஒரு கண்ணாடிக்குற்றியைக் கொண்டுள்ளது. இதற்குமேல்  $7.2$  சமீ. தடிப்பும்  $1.44$  முறிவுக்குணகமும் உடைய ஒரு திரவம் உண்டு. இத்திரவத்துக்கு மேல்  $4$  சமீ. தடிப்பும்  $\frac{4}{3}$  முறிவுக்குணகமும் உடைய நீர் உண்டு. தாங்கியின் அடித்தளத்தில் இருக்கும் பொருளொன்றின் தோற்றநிலை மேல் இருந்து பார்ப்பதற்கு அடியிலிருந்து என்ன தூரத்தில் இருக்கும்?



படம்: 51

O வைப் பொருள் என்க. ஊடகங்களின் எல்லைகள் சமாந்தரமாவதால் O வின் முழு இடப்பெயர்ச்சி ஒவ்வொரு ஊடகத்தினால் ஆகும். இடப்பெயர்ச்சிகளின் கூட்டுத்தொகையாகும்.

கண்ணாடிக்கு

$$d = t \left(1 - \frac{1}{\mu}\right) = 9 \left(1 - \frac{1}{1.5}\right) = 3 \text{ சமீ.}$$

திரவத்துக்கு

$$d = t \left(1 - \frac{1}{\mu}\right) = 7.2 \left(1 - \frac{1}{1.44}\right) = 7.2 \times \frac{44}{144} = 2.2 \text{ சமீ.}$$

நீருக்கு

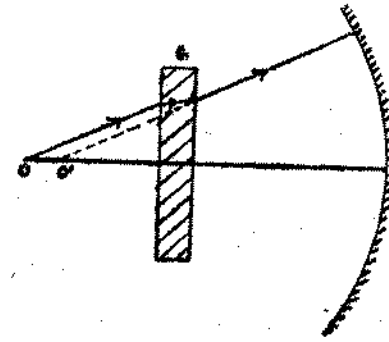
$$d = t \left(1 - \frac{1}{\mu}\right) = 4 \left(1 - \frac{3}{4}\right) = 4 \times \frac{1}{4} = 1 \text{ சமீ.}$$

∴ மொத்த இடப்பெயர்ச்சி =  $6.2$  சமீ.

∴ அடித்தளத்திலிருந்து பொருளின் தோற்றநிலை =  $6.2$  சமீ.

- ஒரு சிறு பொருள்  $30$  சமீ. வளைவினரையுடைய குழிவாடியினது முனைவிலிருந்து  $40$  சமீ. தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது.  $1.5$  முறிவுக்குணகமும்  $12$  சமீ. தடிப்பும் உடைய ஒரு சமாந்தரப்பக்கக் கண்ணாடிக்குற்றி அடிக்கும் பொருளுக்குமிடையில் தலைமை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டின், விம்பதாரத்திலும் பருமனிலும் எவ்வளவால் மாற்றம் நிகழும்?

புத்தெக்காட்டின் குறிவழக்கு இங்கு உபயோகிக்கப்படுகிறது.



படம்: 52

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{2}{r}$$

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{40} = -\frac{2}{30}$$

$$\frac{1}{v} = -\frac{2}{30} + \frac{1}{40} = \frac{-8 + 3}{120} = \frac{-5}{120}$$

∴

$$v = -24$$

$$|v| = 24 \text{ சமீ.}$$

$$\begin{aligned} \text{இப்பொழுது இடப்பெயர்ச்சி } OO' &= d \left( 1 - \frac{1}{\mu} \right) \\ &= 12 \left( 1 - \frac{2}{3} \right) \\ &= 12 \times \frac{1}{3} = 4 \text{ சமீ.} \\ \text{உருப்பெருக்கம்} &= \frac{24}{40} = \cdot 6 \end{aligned}$$

ஆகவே இப்பொழுது பொருள் ஆனது O' இல் இருப்பதுபோல் கணிப்புக்களில் செய்யப்படும். ஏனெனில் ஆடியில் படுகதிர் ஆனது O' இலிருக்கும் பொருளிலிருந்து வருவதுபோல் தோற்று கின்றது.

$$\begin{aligned} \therefore \text{புது } u &= -36 \\ \therefore \frac{1}{v} + \frac{1}{u} &= \frac{2}{r} \text{ இல்} \\ \frac{1}{v} - \frac{1}{36} &= -\frac{2}{30} \\ \frac{1}{v} &= -\frac{2}{30} + \frac{1}{36} = \frac{-12 + 5}{180} \\ &= \frac{-7}{180} \end{aligned}$$

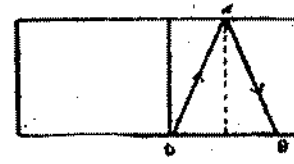
$$\therefore v = \frac{180}{-7} = -25 \frac{5}{7} \text{ சமீ.}$$

$$\therefore v \text{ இல் மாற்றம்} = 1 \frac{5}{7} \text{ சமீ.}$$

$$\text{அத்துடன் உருப்பெருக்கம்} = \frac{180}{7 \times 36} = \frac{5}{7}$$

$$\begin{aligned} \text{உருப்பெருக்கத்தில் மாற்றம்} &= \frac{5}{7} - \frac{3}{5} \\ &= \frac{4}{35} \end{aligned}$$

3. 4 சமீ. தடிப்புடைய கண்ணாடிக்குறியின் அடித்தளத்தில் ஒரு ஒளிப்புள்ளி வைக்கப்பட்டு அதன் ஒளிக்கதிர் மேல்முகத்தில் முற்றாக முழுவட்டெறிப்படாது அம் முழுவட்டெறிகதிர்கள் கீழ் முகத்தில் 6.4 சமீ. ஆரையுடைய ஒரு வட்டத்தை ஆக்குகின்றன. கண்ணாடியின் முறிவுக் குணகம் என்ன?



படம் 53

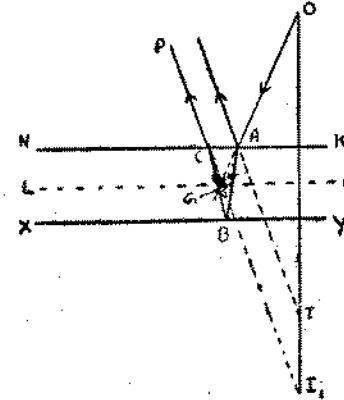
செங்கோண  $\triangle OAN$  இல்  $OA = 3.2$  சமீ.;  $NA = 4$  சமீ.

$$\therefore \text{தான் } C^\circ = \frac{3.2}{4} = \cdot 8$$

$$\therefore \text{சைன் } C^\circ = \frac{\cdot 8}{1.28}$$

$$\begin{aligned} \therefore \mu &= \frac{1}{\text{சைன் } C} = \frac{1.28}{\cdot 8} \\ &= \frac{12.8}{8} = 1.6 \end{aligned}$$

4. ஒரு தளவாடி ஆனது  $\frac{3}{2}$  முறிவுக் குணகமும் 1 சமீ. தடிப்புடைய கண்ணாடியாலானது. இதன் பின்பக்கம் வெள்ளி பூசப்பட்டது. ஆடியின் முகத்திலிருந்து 50 சமீ. தூரத்தில் நிற்கும் ஒருவன் ஆடியைச் செங்குத்தாகப் பார்க்கும்பொழுது முன்பக்கத்திலிருந்து தனது விம்பத்தை என்ன தூரத்தில் காண்பான்?



படம் 54

பொருள் O விண் விம்பம்  $I_1$ , LM இல் படுகதிர் தெறிப்பதால் ஏற்படுகிறதாகும்.

O விண் தெளிவான விம்பம்  $I_1$  இல் இருக்கும். விம்பம்  $I_1$  தோன்றும் பொழுது நீட்டப்பட்ட OA உம் நீட்டப்பட்ட PC உம் G இல் சந்திக்கின்றன. எனவே XY இல் தெறிப்பு நிகழ்வதற்குப் பதிலாக LM என்னும் தளத்தில் தெறிப்பு முற்றாக G என்னும் புள்ளியில் நிகழாமெனக் கொள்ளப்படும். அதாவது இங்கு LM தெறிப்பு முகமாகத் தொழிற்படும்.

$$BG = t \left( 1 - \frac{1}{\mu} \right) \\ = 1 \left( 1 - \frac{2}{3} \right) = \frac{1}{3} \text{ சமீ.}$$

$$KM = \frac{2}{3} \text{ சமீ.}$$

- ∴ LM இலிருந்து பொருள் O வின் தூரம் =  $50 + \frac{1}{3} = 50\frac{1}{3}$  சமீ.  
 ∴ I<sub>1</sub> ஆனது LM இலிருந்து =  $50\frac{1}{3}$  சமீ. ஆகும்.  
 ∴ முன்பக்க முகத்திலிருந்து I<sub>1</sub> இன் தூரம் =  $50\frac{1}{3} + \frac{1}{3}$   
 =  $51\frac{1}{3}$  சமீ.

### தேர்வு வினாக்கள்

1.  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$  என்னும் முறிவுக்குணகங்கள்  $\frac{3}{2}$  உம்  $\frac{4}{3}$  உம் ஆகும். இவற்றிலிருந்து  $\mu_1, \mu_2$  இன் பெறுமானம்  
 (i)  $\frac{3}{2}$  (ii)  $\frac{4}{3}$  (iii) 2 (iv)  $\frac{3}{2}$  (v) 4
2. வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம்  $3 \times 10^{10}$  சமீ. (செகி. கண்ணாடியினதும் நீரினதும் முறிவுக்குணகங்கள்  $\frac{3}{2}$  உம்  $\frac{4}{3}$  உம் ஆகும். ஆகவே கண்ணாடியில் ஒளியின் வேகத்துக்கும் நீரில் ஒளியின் வேகத்துக்கும் உள்ள விகிதம் ஆனது  
 (i)  $\frac{3}{2}$  (ii)  $\frac{4}{3}$  (iii) 2 (iv)  $\frac{3}{2}$  (v)  $\frac{4}{3}$
3.  $\mu_g = 1.5$ ,  $\mu_w = 1.3$  ஆயின், 1.15  
 (i)  $\mu_a$  (ii)  $\mu_w$  (iii)  $\mu_a$  (iv)  $\mu_g \times \mu_w$   
 (v)  $\mu_g$
4. ஒரு கண்ணாடிக்குற்றியின் தடிப்பு 10 சமீ. ஆகும். அதன் பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகம் 1.5. கண்ணாடிக்குற்றிக்குக் கீழ் இருக்கும் பொருளொன்றை அதற்கு நிரைக்குத்தாகக் கண்ணாடியின் மேற்பக்கத்திலிருந்து பார்க்கும்பொழுது பொருளின் இடப்பெயர்ச்சி  
 (i) 3.33 (ii) 0.3 (iii) 6.66 (iv) 10 (v) 15
5. ஒரு சாடியின் அடியில் ஓர் ஊசி வைக்கப்பட்டுள்ளது. இதற்கு மேல் 4.5 சமீ. உயரத்துக்கு 1.5 முறிவுக்குணகமுடைய நிரவமும் அதற்கு மேல் 6 சமீ. உயரத்துக்கு  $\frac{4}{3}$  முறிவுக்குணகமுள்ள நீரும் விடப்பட்டன. சாடியின் அடித்தளத்திலிருந்து பொருளின் தோற்றநிலை  
 (i) 1.5 (ii) 7.5 (iii) 1.5 (iv) 3 (v) 9

### 6. பின்வரும் கூற்றுக்களுள் சரியானவை எவை?

- (a)  $t$  என்னும் தடிப்பும்  $\mu$  என்னும் முறிவுக்குணகமும் உடைய ஒரு குற்றிக்குக் கீழ் அதன் அடித்தளத்துடன் பொருள் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் பொழுது மட்டுமே மேல்நிலை நோக்கும்பொழுது அதன் இடப்பெயர்ச்சி  $t \left( 1 - \frac{1}{\mu} \right)$  ஆகும்.
  - (b) மேற்சொன்ன குற்றிக்குக்கீழ் பொருள் எங்கிருப்பினும் பொருளின் இடப்பெயர்ச்சி  $t \left( 1 - \frac{1}{\mu} \right)$  ஆகும்.
  - (c) ஒளி ஆடர்ந்த ஊடகத்திலிருந்து ஐதான ஊடகத்துள் செல்லும்பொழுது அவதிக் கோணம் ஐதான ஊடகத்திலேயே ஏற்படுமாகும்.
  - (d) ஒளிமுறிவு ஏற்படுவது ஈர் ஊடகங்களுக்கிடாக ஒளி வித்தியாசமான வேகங்களுடன் செல்வதால்.  
 (i) A உம் B உம் C உம் (ii) A உம் C உம் (iii) B உம் D உம்  
 (iv) A, B, C, D (v) B உம் C உம் D உம்
7.  $\mu_g = \frac{3}{2}$ ; கண்ணாடி — வளியின்  $C = 42^\circ$   
 $\mu_w = \frac{4}{3}$ ; நீர் — வளியின்  $C = 48.5^\circ$   
 இத் தரவுகளைக் கொண்டு பெறப்படும் கண்ணாடி—நீர் இனது  $C^\circ$   
 (i)  $45.25^\circ$  (ii)  $63^\circ$  (iii)  $84^\circ$  (iv)  $97^\circ$  (v)  $30^\circ$
  8. AB என்னும் படுகதிர் சமாந்தரப்பக்கக் கண்ணாடிக்குற்றியின் ஒரு முகத்தில் புள்ளி B இல் படுகின்றது. இதன் முறிவுகதிர் எதிர்ப்பக்கத்தில் C என்னும் புள்ளியிலிருந்து வெளிப்படுகிறது. நீட்டப்பட்ட AB இப்பக்கத்தை D இல் சந்திக்கின்றது. அப்பொழுது CD அளக்கப்படும். இவ்வாறு வெவ்வேறு படுகோணங்களுக்கு CD அளக்கப்பட்டு, CD—Y அச்சிலும், (தான்—தான்) X அச்சிலும் குறிக்கப்பட்டு பெறப்படும் வரையின் சாய்வுவீதம்  
 (i) குற்றியின் தடிப்பைத் தரும்  
 (ii) குற்றியின் அகலத்தைத் தரும்  
 (iii) குற்றியின் முறிவுக்குணகத்தைத் தரும்  
 (iv) குற்றியின் பரப்பைத் தரும்  
 (v) குற்றியின் நீளத்தைத் தரும்

9. நீரில் பகுதியாக அமிழ்த்தப்பட்ட நேரிய கோல், வளியில் மேல் தின்றுபார்க்கும் பொழுது மேற்பரப்புடன்  $45^\circ$  சாய்ந்திருப்பது போல் தோற்றுகின்றது. கோலின் உண்மையான சாய்வு மேற்பரப்புடன் என்ன?

- (i)  $53^\circ$  (ii)  $49^\circ$  (iii)  $45^\circ$  (iv)  $8^\circ$  (v)  $98^\circ$

### வினாக்கள்

1. ஓர் ஒளிக்கதிர்  $35^\circ$  படுகோணத்தில் (i) வளியிலிருந்து கண்ணாடியில் (ii) கண்ணாடியிலிருந்து வளியில் (iii) நீரிலிருந்து கண்ணாடியில் வீழுகின்றது. ( $\mu_g = 1.5$ ,  $\mu_w = 1.33$ ) ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் முறிவுக்கோணத்தைக் கணிக்க.

[விடை: (i)  $22.5^\circ$  (ii)  $59.4^\circ$  (iii)  $30.6^\circ$ ]

2. தோற்றவாழ்முறையால் நீரின் முறிவுக்குணகத்தைக் காணும் முறையை விவரிக்க. இம்முறையின் கொள்கையைத் தருக.

3. ஒரு பாத்திரம் 10 சமீ தடிப்புடைய கண்ணாடிக்குற்றியைக் கொண்டுள்ளது. குற்றியின் அடியில் ஒரு பொருள் வைக்கப்பட்டு நேர்மேலே கண்ணாடியினூடு இடைப்பார்க்கும் பொழுது இதன் தோற்ற இடப்பெயர்ச்சி என்ன? கண்ணாடிக்குற்றியின் மேல் 6 சமீ தடிப்புடைய நீர்ப்படை வைக்கப்பட்டு நேர்மேலிருந்து ஈர் ஊடகங்களுக்கிடாகவும் பார்க்கும்பொழுது பொருளின் இடப்பெயர்ச்சி என்னவாகும்.

[விடை:  $3\frac{1}{2}$ ,  $4\frac{1}{2}$  சமீ.]

4. சிறிதளவு திரவம் தரப்பட்டின், குழிவாடியொன்றைக் கொண்டு அதன் முறிவுக்குணகத்தை எவ்விதம் துணியளம் என்பதை விவரிக்க. இம்முறையின் கொள்கையைத் தருக.

5. வளி - கலம் முறையால் திரவத்தின் முறிவுக்குணகத்தைக் காணும் முறையை விவரிக்க. முறையின் கொள்கையைத் தருக. திருத்தமான பேறு பெறுதற்கு ஏன் வெள்ளொளி உபயோகிப்பதில்லை?

6. 9 அங்குல தடிப்புடைய செவ்வகக் கண்ணாடிக்குற்றி 6 அங்குல தடிப்புள்ள நீர்ப்படையையும் அதற்குமேல் 4 அங்குல தடிப்புள்ள எண்ணெய்ப்படையையும் கொண்டுள்ளது; கண்ணாடி, நீர், எண்ணெய் ஆகியவற்றின் முறிவுக்குணகங்கள் முறையே 1.5, 1.33, 1.1 ஆயின்; குற்றியின் அடியிலுள்ள பொருளொன்றின் இடப்பெயர்ச்சியை நேர்மேலிருந்து பார்க்கும்பொழுது கணிக்க.

[விடை:  $4.86$  அங்குலம்]

7. 8 சமீ: வளைவினாரையுடைய குழிவாடியிலிருந்து 12 சமீ. தூரத்தில் ஒருபொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. பொருளுக்கும் ஆடிக்குமிடையில் தலைமை அச்சக்குச் செங்குத்தாக 3 சமீ. தடிப்புள்ள செவ்வகக் கண்ணாடிக்குற்றி வைக்கப்படுவின் விம்ப நிலையில் ஏற்படும் இடப்பெயர்ச்சியைக் கணிக்க.  $\mu_g = 1.5$

[விடை:  $\frac{1}{2}$  சமீ.]

8. ஒரு மாதிரிக் கண்ணாடியின் முறிவுக்குணகம் நீல ஒளிக்கு  $1.643$  உம் சிவப்பு ஒளிக்கு  $1.618$  உம் ஆகும். கண்ணாடியில் இவ்விரு நிறங்களுக்குமுரிய ஒளியின் வேகங்களின் வித்தியாசத்தைக் கணிக்க. வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம்  $3 \times 10^{10}$  மீற்றர் / செக். எனக் கொள்க. [விடை:  $2.82 \times 10^6$  மீற்றர்/செக்.]

9. ஒரு செவ்வக மெல்லிய கண்ணாடித்தாங்கி 30 அங்குல ஆழத்துக்கு நீரைக் கொண்டுள்ளது. சூரிய ஒளிக்கதிர்கள் தாங்கியிலுள்ள நீரிற்கூடாகச் செல்லும் பொழுது ஏற்படும் பக்கப்பெயர்ச்சியை முதற்தத்துவத்திலிருந்து காண்க. சூரியனின் ஏற்றக்கோணம்  $50^\circ$ . நீரின் முறிவுக்குணகம்  $\frac{4}{3}$

[விடை:  $6.63$  அங்.]

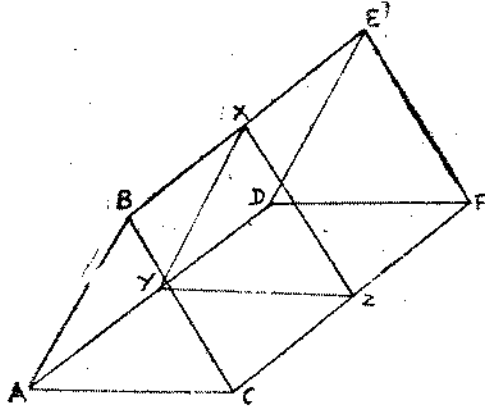
10. ஒரு தளவாடி  $\frac{1}{2}$  அங்குலத் தடிப்புள்ள ஒரு கண்ணாடித்தாங்கி கொண்டுள்ளது. இதன் பின்பக்கம் வெள்ளி பூசப்பட்டது. ஆடிக்குமுன்  $\frac{1}{2}$  அங்குல தூரத்தில் ஒரு புள்ளி இருப்பின், அதனில்  $60^\circ$  க்கும்  $65^\circ$  க்கும் இடையில் படுகோணங்களை ஆக்கத்தக்கவாறு விழும் கதிர்களினால் உண்டாக்கப்படும் மாயவிம்பத்தின் தூரத்தைக் காண்க. அத்துடன் பொருளிலிருந்து ஏறத்தாழச் செவ்வகக் கண்ணாடியில் விழும் கதிர்களினால் உண்டாக்கப்படும் விம்பத்திலிருந்து மேற்கூறிய விம்பத்தின் தூரம் என்ன?  $\mu = 1.65$

[விடை: புள்ளியிலிருந்து  $1.18$  அங்குலம்;  $0.125$  அங்.]

## அத்தியாயம் 5

### அரியங்களினூடு முறிவு

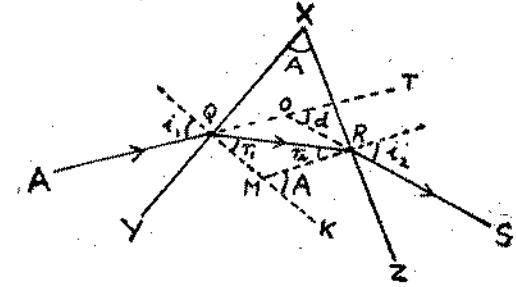
ஒளியியலில் அரியம் என்னும் பதம் துலக்கமான தளமேறி பரப்புக்களால் அடைக்கப்பட்ட ஓர் ஒளிபுகவிடும் ஊடகத்தையே கருதும்; இத் தளமேறிபரப்புகள் சமாந்தர நேர்கோடுகளில் இடை வெட்டும். பிரதானமாக ஒரு முக்கோணி அரியமே இங்கு கருத்திற் கொள்ளப்படும். இது படம் 55 இல் காட்டியவாறு அமையும்.



படம் 55

ஒரு முறிவரியத்தில் இரு தளமேறிபரப்புக்களே முக்கியமானவை. அவை முறிமேறிபரப்புக்கள் எனப் பெயர்பெறும். படம் 55 இல் ABED உம் CBEF உம் அத்தகைய மேறிபரப்புக்களாகும். இவ்விரு மேறிபரப்புக்களும் BE என்னும் நேர்கோட்டில் இடை வெட்டுகின்றன. இக்கோடு முறிவோரம் எனப்படும். அத்துடன் இவ்விரு மேறிபரப்புக்களுக்குமிடையேயுள்ள கோணம் முறிக்கோணம் எனப்படும். மேலும் ACFD என்னும் தளம் அரியத்தின் அடித்தளம் எனவும், முறிவோரம் BE க்குச் செங்குத்தாக வெட்டப்படும் XYZ என்னும் தளம் அரியத்தின் தலைமை வெட்டுமுகம் எனவும் பெயர்பெறும்;

### ஓர் அரியத்தினூடு முறிவு



படம் 56

A என்னும் முறிக்கோணத்தையுடைய அரியமொன்றின் முகம் XY இல் படும் வளிப்பிலுள்ள AQ என்னும் கதிரைக் கருத்திற் கொள்க. இங்கு XYZ அரியத்தின் தலைமைவெட்டு முகமாகும் (படம் 56) அத்துடன்  $i_1$ ,  $r_1$  உம்  $i_2$ ,  $r_2$  உம் Q, R என்னும் புள்ளிகளிலுள்ள படுக்கோணங்களும், முறிக்கோணங்களுமாகும்; மேலும்  $\mu$  அரியத்தினது திரவியத்தின் முறிவுக்குணகமுமாகும்.

$$\text{இங்கு சைன் } i_1 = \mu \text{ சைன் } r_1 \quad \text{--- (i)}$$

$$\text{சைன் } i_2 = \mu \text{ சைன் } r_2 \quad \text{--- (ii)}$$

அடுத்து Q லிலும் R இலும் QM, RM செவ்வகங்களாகும் எனவே XQMR ஒரு வட்ட நாறிகரமாகும்:

$$\therefore \angle RME = \angle YXZ = \angle A$$

மேலும்  $\triangle QMR$  இல்

$$A = r_1 + r_2 \quad \text{--- (iii)}$$

இதேபோல்  $\triangle OQR$  இல்

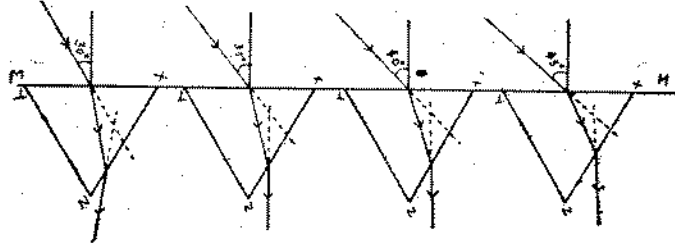
$$d = (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2) \quad \text{--- (iv)}$$

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

ஆகவே சமன்பாடுகள் (i) - (iv), அரியத்தினூடு முறிவு நிகழும் பொழுது ஏற்படத்தக்க தொடர்புகளைக் காட்டுகின்றனவாகும்.

இழிவு விலகல்:

படம் 56 இல் படுகதிர் AQ க்குரிய விலகல் கோணம்  $d$  ஆனது கோணம் TOS இனால் குறிக்கப்படும். எனவே விலகற்கோணம்  $d$  இன் மாறல் படுக்கோணத்தோடு எவ்விதம் அமையுமென்பதை பரிசோதனைவாயிலாக வருமாறு அரிய முடியுமாகும்;



படம்: 57

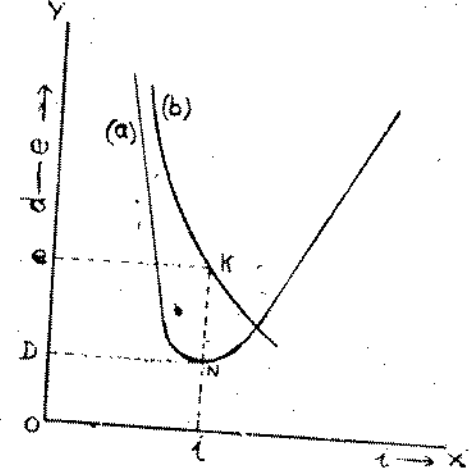
ஒரு வரை பலகையின் மீது வெள்ளைத் தாளொன்றைப் பொருத்தி MM என்னும் நேர்கோட்டைக் கீறிக். பின்பு படம் 57 இல் காட்டிய வற்று படுகோணங்கள்  $30^\circ$  க்கும்  $60^\circ$  க்கும் இடையில் இருக்கத் தக்கவற்று  $5^\circ$  இடைகளில் படுகதிர்களை வரைக. அரியத்தின் ஒரு முறிமேற்பரப்பு. கோடு MM இல் இருத்தல் வேண்டும். அடுத்து ஊசிகளின் உதவிகொண்டு அவ்வப் படுகதிர்களுக்கும் வெளிப்படு கதிர்களைக் கீறிக். படுகதிர்களைப் நீட்டுக. அப்பொழுது அவற்றின் திசைகளுக்கிடையேயுள்ள கோணங்கள் விலகற் கோணங்களைத் தரும். இவ்வாறு பலமுறைகள் பரிசோதனையைச் செய்து படுகோணம்  $i$ , வெளிப்படுகோணம்  $e$ , விலகற்கோணம்  $d$  ஆகியவற்றை வருமாறு அட்டவணைப்படுத்துக.

படுகோணம் $i$	வெளிப்படுகோணம் $e$	விலகற்கோணம் $d$

இப் பெறுபெறுகளைக் கொண்டு விலகற்கோணங்களினதும் வெளிப்படுகோணங்களினதும் பெறுமானங்களை ஒரே Y அச்சிலும் படுகோணங்களின் பெறுமானங்களை X அச்சிலும் குறிக்க. அப்பொழுது இரு வரைபுகள் (a), (b) பெறப்படும். வரைபு (a) விலகற்கோணத்துக்கும் படுகோணத்திற்குமுரியதாகவும் வரைபு (b) வெளிப்படுகோணத்திற்கும் படுகோணத்திற்குமுரியதாகவும் இருக்கும்.

இவ்வரைபுகளிலிருந்து சில முடிவுகள் பெறப்படும்:

- (i) படுகோணம் அதிகரிக்கப்படும் பொழுது விலகற்கோணம் குன்றி இழிவடைந்து பின் அதிகரிக்கின்றதை வரைபு (a) மூலம் காணமுடிகிறது. இவ்விழிவு விலகற்கோணம் D இனால் குறிக்கப்படும். அப்பொழுது அரியம் இழிவுவிலகல் நிலையில் இருக்கிறதென்பதும்.



படம்: 58

- (ii) படுகோணம் அதிகரிக்கும் பொழுது வெளிப்படு கோணம் குன்றுகிறதை வரைபு (b) காட்டுகின்றது. இப்பொழுது வரைபு (a) இன் இழிவுப்பெறுமானம் N இல் கூடாகச் செல்லத்தக்கவாறு OX இலுள்ள புள்ளி  $i$  இலிருந்து ஒரு செங்குத்தை வரைக. அது வரைபு (b) ஐ K இல் வெட்டும். அடுத்து K இலிருந்து OX இற்குச் சமநீரமாகக் கோடொன்றைக் கீறிக். அது OY ஐ  $e$  இல் வெட்டும். அப்பொழுது  $e$  உம்  $i$  உம் குறிக்கும் பெறுமானங்களை அவதானிக்க. அவை சமனாக இருக்கக் காணப்படும். அதாவது அரியமொன்று இழிவு விலகல் நிலையில் இருக்கும் பொழுது படுகோணம்  $i =$  வெளிப்படுகோணம்  $e$ . கருங்கச் சொல்லின் இந்நிலையில் கதிரானது அரியத்தினூடு சமச்சீராகச் செல்லுமாகும்.

ஓர் அரியத்தின் இழிவு விலகல் நிலையில் படுகோணம்  $i =$  வெளிப்படுகோணம் என்பதை நிறுவல்:

மேற்காட்டியவற்று வரைபு மூலமும் இதனை நிறுவலாம்: அவ் வது கணிதமுறைப்படி வருமாறும் நிறுவலாம்.

$$\mu = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r}$$



கதிர்களின் நேர்மாறுக்கலின்படி வெளிப்படுகோணம்  $e$ , படுகோணமாகும். இதற்கு முறிவுக்கோணம்  $r_1$  எனின்.

$$\mu = \frac{\text{கோணம் } e}{\text{கோணம் } r_1} \quad \text{--- (2)}$$

படுகோணம்  $i$  க்கும், படுகோணம்  $e$  க்கும் உண்டாகும் விலகற் கோணம்  $\delta$  ஒரே அளவினதாகும். ஆகவே இவ்விரு படுகோணங்களுக்கும்

$$\delta = i + e - A \quad \text{--- (3)}$$

$$A = r + r_1 \quad \text{--- (4)}$$

விலகல் இழிவாகும் பொழுது

$$\frac{d\delta}{di} = 0$$

இப்பொழுது சமன்பாடு (3) ஐ  $i$  ஐக் குறித்து வகையிடுக.

$$\text{அப்பொழுது } \frac{d\delta}{di} = 1 + \frac{de}{di} \text{ பெறப்படும்.} \quad \text{--- (5)}$$

எனவே இழிவு விலகலுக்கு

$$\frac{de}{di} + 1 = 0$$

$$\therefore de + di = 0 \quad \text{--- (6)}$$

இனிச் சமன்பாடு (1) ஐ  $i$  ஐக் குறித்தும் சமன்பாடு (2) ஐ  $e$  ஐக் குறித்தும் வகையிடுக.

$$\text{அப்பொழுது கோசைன் } i \text{ di} = \mu \text{ கோசைன் } r \text{ dr} \quad \text{--- (7)}$$

$$\text{கோசைன் } e \text{ de} = \mu \text{ கோசைன் } r_1 \text{ dr}_1 \quad \text{--- (8)}$$

$$\therefore de + di = \frac{\mu \text{ கோசைன் } r_1 \text{ dr}_1}{\text{கோசைன் } e} + \frac{\mu \text{ கோசைன் } r \text{ dr}}{\text{கோசைன் } i}$$

சமன்பாடு (6) இலிருந்து அறியப்படுவது

$$\frac{\mu \text{ கோசைன் } r_1 \text{ dr}_1}{\text{கோசைன் } e} = - \frac{\mu \text{ கோசைன் } r \text{ dr}}{\text{கோசைன் } i} \quad \text{--- (9)}$$

மேலும்  $A = r + r_1$ ; இதனை  $r_1$  ஐக் குறித்து வகையிடும்பொழுது  $dr + dr_1 = 0$  பெறப்படும்.

$$\text{அதாவது } dr = - dr_1$$

இவற்றை (9) இல் பிரயோகிக்கப்படும்பொழுது கீழ்வரும் சமன்பாடு பெறப்படும்.

$$\frac{\text{கோசைன் } r_1}{\text{கோசைன் } e} = \frac{\text{கோசைன் } r}{\text{கோசைன் } i}$$

$$\frac{\text{கோசைன் }^2 r_1}{\text{கோசைன் }^2 e} = \frac{\text{கோசைன் }^2 r}{\text{கோசைன் }^2 i}$$

$$\frac{1 - \text{கோசைன் }^2 r_1}{1 - \text{கோசைன் }^2 e} = \frac{1 - \text{கோசைன் }^2 r}{1 - \text{கோசைன் }^2 i}$$

$\text{கோசைன் }^2 e = \mu^2 \text{ கோசைன் }^2 r_1$ ;  $\text{கோசைன் }^2 i = \mu^2 \text{ கோசைன் }^2 r$  இவற்றை மேற் சமன்பாட்டில் பிரதியிடுக.

$$\text{அப்பொழுது } \frac{1 - \text{கோசைன் }^2 r_1}{1 - \mu^2 \text{ கோசைன் }^2 r_1} = \frac{1 - \text{கோசைன் }^2 r}{1 - \mu^2 \text{ கோசைன் }^2 r}$$

இதனை குறுக்குப் பெருக்கம் செய்து சுருக்குக.

$$1 - \mu^2 \text{ கோசைன் }^2 r - \text{கோசைன் }^2 r_1 + \mu^2 \text{ கோசைன் }^2 r \cdot \text{கோசைன் }^2 r_1$$

$$= 1 - \mu^2 \text{ கோசைன் }^2 r_1 - \text{கோசைன் }^2 r + \mu^2 \text{ கோசைன் }^2 r_1 \cdot \text{கோசைன் }^2 r$$

$$\text{இதிலிருந்து } \text{கோசைன் }^2 r (1 - \mu^2) = \text{கோசைன் }^2 r_1 (1 - \mu^2)$$

$$\therefore \text{கோசைன் }^2 r = \text{கோசைன் }^2 r_1$$

$$\frac{r}{\text{கோசைன் }^2 i} = r_1$$

$$\text{ஆனால் } \text{கோசைன் }^2 i = \mu^2 \text{ கோசைன் }^2 r$$

$$\text{கோசைன் }^2 e = \mu^2 \text{ கோசைன் }^2 r_1$$

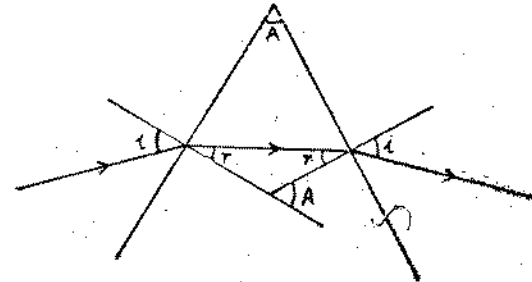
$$\text{கோசைன் }^2 i = \text{கோசைன் }^2 e \quad (\because r = r_1)$$

$$i = e$$

குறிப்பு- ஓர் அரியத்தின் முறிவுக்குணகம் தன்னைச் சூழும் ஊடகத்தின் முறிவுக்குணகத்திலும் பெரிதாக இருப்பின், அரியத்தினூடு செல்லும் முறிகதிரும் வெளியேறும் வெளிப்படுகதிரும் அரியத்தின் அடித்தளத்தை நோக்கிச் செல்வனவாகும்.

ஆனால் அரியத்தின் முறிவுக்குணகம் அதனைச் சூழும் ஊடகத்தின் முறிவுக்குணகத்திலும் சிறிதாக இருப்பின், அரியத்தினூடு செல்லும் முறிகதிரும் வெளியேறும் வெளிப்படுகதிரும் அரியத்தின் அடித்தளத்தை விவகிச் செல்வனவாகும்.

முறிகோணம்  $A$  க்கும் இழிவுவிலகற் கோணம்  $D$  க்கும்  $\mu$  வுக்கும் உள்ள தொடர்பு



அரியம் இழிவுவிலகல் நிலையில் இருக்கும் பொழுது அதனுடைய செல்லும் கதிர் உதாரணமாக PQRS போன்றது சமச்சீராகச் செல்லும். அப்பொழுது படுகோணமும், வெளிப்படுகோணமும்  $i$  இனாலும் முறிவுக்கோணங்கள்  $r$  இனாலும் குறிக்கப்படும்.

$$\text{இங்கு } i - r + i - r = D \quad \text{----- (i)}$$

$$r + r = A \quad \text{----- (ii)}$$

$$\text{(ii) இலிருந்து } r = \frac{A}{2}$$

இதனை (i) இல் பிரதியிடுக. அப்பொழுது

$$2i = A + D$$

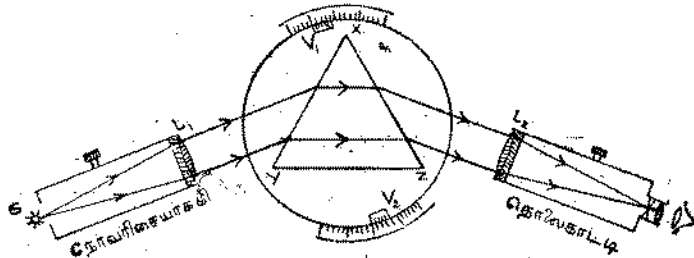
$$\therefore i = \frac{A + D}{2}$$

$$\therefore \mu = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \frac{\text{சைன் } \frac{A + D}{2}}{\text{சைன் } \frac{A}{2}}$$

இச் சூத்திரம் அரியத்தினது திரவியத்தின் முறிவுக்குணகத்தை அளப்பதற்கு ஒரு செம்மையான முறையைத் தருகின்றதாகும். இவ்வாறு முறிவுக்குணகத்தைத் தண்பதற்கு ஓர் உகந்த சருவி திருசிய மாணி ஆகும். இதனை உபயோகித்து அரியச்சீரணம் A யையும் இழிவு விலகற்சீரணம் D யையும் செம்மையாக அளக்கலாம். இக்கருவியின் விபரங்கள் வருமாறு:

திருசியமாணி மூன்று பாகங்களைப் பிரதானமாகக் கொண்டுள்ளது. அவையாவன

(i) நேர்வரிசையாக்கி (ii) மேசை (iii) தொலைகாட்டி.  
இப்பாகங்கள் படம் 60 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம்: 60

(i) நேர்வரிசையாக்கி

இது ஓர் ஒருங்கும் நிறந்தரா வில்லையையும் அதன் குவியத்தில் S என்னும் பிளவையும் கொண்டுள்ளது. பிளவு ஓர் ஒளிமுதலுக்கு முன்னால் வைக்கப்பட்டு அதன் அகலம் செப்பஞ் செய்யப்படும். எனவே பிளவு ஓர் ஒளிமுதல் போல் தொழிற்படும். அத்துடன்  $L_1$  இலிருந்து வெளிவரும் கதிர்கள் சமாந்தரமாக இருக்கும். வில்லைக்கும் பிளவுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் திருகரணி ஒழுங்கொன்றினால் செப்பமாக்கப்படும்.

(ii) அரியத்தின் மேசை

இது ஒரு நிலைக்குத்து அச்சுபற்றி சுழற்றப்படத்தக்கதாகும். இதற்கு மட்டமாகும் திருகரணிகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இவற்றை உபயோகித்து மேசை மட்டமாக்கப்பட்டு அதனுடன்  $V_1, V_2$  என்னும் வேணியர் அளவுத்திட்டங்களும், இதனுடன் உள. இவையின் சுழற்சி வேணியர்களின் உதவியினால் வட்ட அளவுத்திட்டத்தில் அளந்து கொள்ளப்படும். இதன் சுழற்சி அச்சம் தொலைகாட்டி போது அரியம் இம்மேசையின் மேலேயே வைக்கப்படும். அதனால் இது அரியத்தின் மேசை எனப் பெயர் பெற்றுள்ளது.

(iii) தொலைகாட்டி

இது ஒரு வானியற் தொலைகாட்டியாகும். இதன் பார்வைத் துண்டும், பொருள் வில்லையும் நிறந்தரா வில்லைகளாகும். இதனுள் குறுக்கக் கம்பிகள் உண்டு அரியத்திலிருந்து வெளிவரும் சமாந்தரக்கதிர்களைப் பொருள் வில்லையில் விழும்பொழுது ஏற்படும் திருசியம் பார்வைத் துண்டினால் நோக்கப்படும் பார்வைத்துண்டின் இடத்தில் ஓர் ஒளிப்படத்தட்டு வைக்கப்பட்டின் திருசியத்தின் படம் பெறப்படும்.

சுருங்கச் செல்லின் திருசியமானியில் அரியத்தின் மேசையும் தொலைகாட்டியும், ஓரக்க பற்றி சுழலத்தக்க பாகங்களாகவும், நேர்வரிசையாக்கி அசையாத பாகமாகவும் அமைகின்றன.

திருசியமானியைச் செப்பஞ் செய்தல்

இங்கு திருசியமானியுடன், அரியமும் ஓர் ஒருநிற வொளியும் தேவையாகும். ஒரு நிறவொளிக்குச் சோடியவொளி பிரயோகிக்கப்படும்.

(1) குறுக்குக் கம்பிகளைச் செப்பஞ் செய்தல்

குறுக்குக் கம்பிகளைத் தெளிவாகவும் கண் விகாரப்படாதவாறு நோக்கத்தக்கதாகவும் பார்வைத்துண்டின் முன்பின் அசைத்துச் சரி

செய்க. இதனைச் சுலபமாக வெள்ளைச் சுவரொன்றை பார்வைத் துண்டினூடு நோக்கிக்கொண்டு அதனை மூன்பின் அசைப்பதன் மூலம் குறுக்குக் கம்பிகளின் தெளிவான விம்பத்தைப் பெறலாம். பின்பு பரிசோதனை முடியும்வரை இச் செய்ப்புச் செய்தலைக் குழப்பலாகாது.

### (2) தொலைகாட்டியைச் செய்ப்புச் செய்தல்

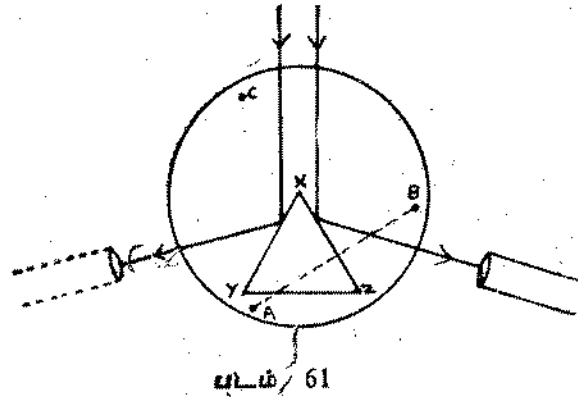
ஒரு திறந்த யன்னலுக்கூடாகத் தொலைகாட்டியைத் திருப்பி தூரப்பொருளொன்றை நோக்குக. அப்பொருளின் விம்பமும் குறுக்குக் கம்பிசனும் ஒன்றோடொன்று இடமாறு தோற்ற வழுவின்றி பொருந்தத்தக்கவாறு தொலைகாட்டியில் பொருத்தப்பட்ட திருகாணி ஒழுங்கைப் பிரயோகித்துச் சரிசெய்க. அவ்வாறு செய்தபின் தொலைகாட்டி சமாந்தரக் கதிர்களை ஏற்கத்தக்கவாறு செய்ப்புச் செய்யப்பட்டதாக அமையும்.

### (3) நேர்வரிசையாக்கியைச் செய்ப்புச் செய்தல்

இதன்றி பொருத்தப்பட்ட பிளவை சோடிய வொளியால் ஒளிர்ப்படுத்துக. பின்பு தொலைகாட்டியை இதோடு நேச்சோட்டில் இருக்கத்தக்கவாறு திருப்பித் தொலைகாட்டியினூடு பிளவை நோக்குக. அப்பொழுது ஒளி நேர்வரிசையாக்கியினூடும் தொலைகாட்டியினூடும் செல்கிறதாகும். பின்பு பிளவின் விம்பமும் குறுக்குக் கம்பிசனும் இடமாறு தோற்றவழுவின்றிப் பொருந்தமாறு நேர்வரிசையாக்கியிலுள்ள திருகாணியைச் சரிசெய்க. இவ்வாறு செய்தபின் நேர்வரிசையாக்கியிலிருந்து வெளிவரும் கதிர்கள் சமாந்தரமாகச் செல்வனவாகும்.

### (4) அரியத்தின் மேசையைச் செய்ப்புச் செய்தல்

அரியத்தின் மேசையினது மேல் மேற்பரப்பு நேர்வரிசையாக்கியின் கீழ் ஓரத்தின் மட்டத்தோடு இருக்கத்தக்கவாறு மேசையை



படம் 61

உயர்த்துக. அடுத்து XYZ என்னும் அரியத்தை அதன் முறிவோரம் நேர்வரிசையாக்கியை நோக்கத்தக்கவாறும் வட்ட மேசையின் மையத்தில் இருக்கத்தக்கவாறும் வைக்குக. மேசையோடு A, B, C என்னும் மூன்று மட்டமாக்கும் திருகாணிகள் உள். A, B என்னும் திருகாணியின் நிலைங்களை ஒரு கோட்டினால் இணைக்க. இக்கோட்டுக்குச் சமாந்தரமாகப் பலகோடுகள் மேசையின்மீது காணப்படும். அரியத்தில் ஒரு முறிமேற்பரப்பு உதாரணமாக XZ ஆனது AB க்குச் செங்குத்தாக இருக்குமாறு அரியத்தைச் சரிசெய்க. பின்பு XY, XZ என்னும் மேற்பரப்புகளில் படும் நேர்வரிசையாக்கியிலிருந்து வரும் சமாந்தரக் கதிர்கள் படம் 61 இல் காட்டியவாறு தெறிப்படையும். தொலைகாட்டியை இப்பொழுது முகம் XZ இல் தெறித்துவரும் கதிர்களை நோக்கத்தக்கவாறு திருப்புக. அப்பொழுது பிளவினது விம்பமும் காணப்படும். பிளவினது விம்பத்தின் மையமும் நிலைக்கத்துக் குறுக்குக் கம்பியின் மையமும் ஒன்றுடனொன்று பொருந்தமாறு திருகாணி A ஐ அல்லது B ஐச் சரிசெய்க. பின்பு தொலைகாட்டியை முகம் XY இல் தெறித்துவரும் கதிர்களை நோக்கத்தக்கவாறு திருப்புக. அப்பொழுது தொலைகாட்டிக்கூடாக நோக்குப்பொழுது பிளவின் விம்பத்தின் மையமும் நிலைக்கத்துக் குறுக்குக் கம்பியும் பொருந்தாதிருப்பின் அவை பொருந்தும்வரை திருகாணி C இனை இப்பொழுது சரிசெய்க. இதன்பின் மீண்டும் தொலைகாட்டியை முகம் XZ க்குத் திருப்பி விம்பத்தையும் கம்பியையும் பார்க்க. விம்பம் பொருந்தாதிருப்பின் திரும்பவும் A அல்லது B ஐச் சரிசெய்க. இவ்வாறு இரு நிலைகளுக்கும் விம்பத்தின் மையமும் நிலைக்குத்துக் குறுக்குக் கம்பியின் மையமும் பொருந்தும்வரை தொலைகாட்டியினூடு மாறிமாறி இரு நிலைகளிலும் பார்த்துத் திருகாணிகளைச் சரிசெய்க. இது பூர்த்தி செய்யப்பட்டபின் மேசை மட்டமாக்கப்பட்டுள்ளதாகும்.

குறிப்பு! இங்கு C என்னும் திருகாணியைச் சரிசெய்யும் பொழுது XZ என்னும் முகமானது தன் தளத்திலேயே திரும்புகிறதாகும். ஆகவே இம்முடிவில் தெறிப்புறுவதால் தோற்றம் விம்பத்தை இம் முகத்தினூடு மீண்டும் பார்த்தாலும் விம்பம் குழப்பமடையாதிருக்கும்.

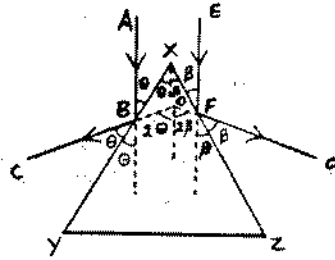
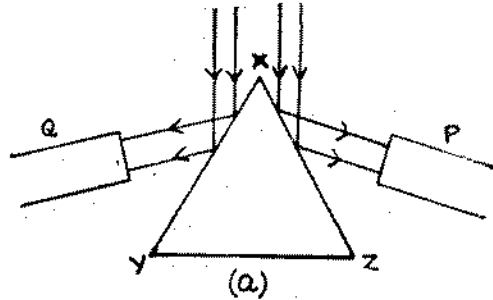
(ii) அரியத்தின் மேசையை வருமாறும் மட்டமாக்கலாம்.

அரியத்தின் மேசையில் திருகாணிகள் A, B என்பவற்றை இணைக்கும் கோட்டுக்குச் சமாந்தரமாக நீர்மட்டம் ஒன்றை வைக்குக. இத் திருகாணிகளிலொன்றை நீர்மட்டத்தின் குமிழி அதன் மையத்துக்கு வரத்தக்கவாறு சரிசெய்க. பின்பு நீர்மட்டத்தை எடுத்து இக்கோட்டுக்குச் செங்குத்தாக வைக்குக. இப்பொழுது குமிழியை நீர்

மட்டத்தின் மையத்துக்கு கொண்டுவருமுகமாக திருகாணி C ஐ மட்டும் சரிசெய்க. இவ்வாறு செய்தபின் மேசை மட்டமாக்கப்பட்டுள்ளதாகும்.

அரியக்கோணத்தைத் துணிதல்

மேல் விவரித்தவாறு திருசியமானி செப்பஞ் செய்யப்பட்டபின் அரியக்கோணம் துணியப்படப்போகும் அரியம் அதன் முறிவோரம் நேர்வரிசையாக்கியை நோக்கத்தக்கவாறும் மேசையின் மையத்தில் இருக்கத்தக்கவாறும் வைக்கப்படும். பின்பு சோடியவொளியினால் ஒளிர்ப்படுத்தப்படும்.



படம்: 62 (b)

நேர்வரிசையாக்கியிலிருந்து வரும் சமாந்தரக் கதிர்களை XY XZ என்னும் முகங்களில் பட்டுத் தெறிப்படையும். இத்தெறிப்படையும் கதிர்களை, தொலைகாட்டியை P, Q என்னும் நிலைகளுக்குத் திருப்பி நோக்க முடியுமாகும். அப்பொழுது அரியத்தின் மேசையோடு பொருத்தப்பட்டிருக்கும் வேணியர்கள் குறிக்கும் வாசிப்புக்கள் இரு நிலைகளிலும் எடுக்கப்படும். இவை வருமாறு அட்டவணைப்படுத்தப்படும்: P, Q என்னும் இரு நிலைகளுக்கும் இடையேயுள்ள கோணம் அரியக் கோணத்தின் இருமடங்காகும். ஆகவே இதன் அரைமடங்கு அரியக் கோணத்தைத் தரும்.

தொலைகாட்டியின் நிலைகள்	வேணியர் வாசிப்புக்கள்	
	வேணியர் V <sub>1</sub>	வேணியர் V <sub>2</sub>
P இல்	$\theta_1$	$\theta_2$
Q இல்	$\theta_3$	$\theta_4$

$$\text{அரியக்கோணம்} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{A_1}{\theta_3 - \theta_1} + \frac{A_2}{\theta_4 - \theta_2} \right\}$$

$$\text{ஆதாவது } A = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

படம் 62 (b) இல்

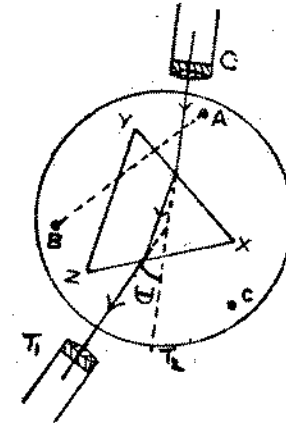
$$\angle YXZ = \theta + \beta$$

$$\angle COG = 2(\theta + \beta)$$

∴ தெறிக்கதிகள் BC க்கும் FG க்கும் இடையேயுள்ள கோணம் அரியக்கோணத்தின் இருமடங்காகும்.

$$\therefore \text{அரியக்கோணம் } X \frac{1}{2} = \angle COG$$

இழிவு விலகற் கோணத்தைத் துணிதல்



படம்: 63

இதனைத் தனியும்பொழுது அரியத்தின் முற்றுவாரம் X நேர் வரிசையாக்கியை விலக்கி நோக்கத்தக்கவாறும் அத்துடன் அதன் மையம் மேசையின் மையத்தில் இருக்கத்தக்கவாறும் படம் 63 இல் காட்டியவாறு வைக்கப்படும். அப்பொழுது பிள வி லி ரு ந்து நேர் வரிசையாக்கியினூடு வரும் ஒளிமுகம் XY இல் பட்டு முறிவடைந்து XZ இலிருந்து வெளிவரும். இம்முகத்திற்குடாக முறிவினால் ஏற்பட்ட விம்பத்தின் நிலையை வெறுந் கண்ணால் பார்த்தறிக. கண்ணிருந்த நிலைக்கு இப்பொழுது தொலைகாட்டியைத் திருப்புக நிலைக்குத்தக் குறுக்குக் கம்பியும் விம்பமும் பொருந்தத்தக்கதாக தொலைகாட்டியை இப்பொழுது சரிசெய்க. அப்பொழுது நேர்வரிசையாக்கியை நோக்கி விம்பம் அணுகத்தக்கவாறு அரியத்தின் மேசையை திருப்புக. அப்படித் திருப்பும் பொழுது, தொலைகாட்டியினூடு இவ் விம்பத்தைப் பார்க்கும் முகமாக தொலைகாட்டியும் நேர்வரிசையாக்கியின் அச்சை நோக்கித் திருப்பப்படும். இவ்வாறு அரியத்தின் மேசையைத் திருப்பும்பொழுது விலகல் கோணம் குன்றும். மேசையும், தொலைகாட்டியும் இவ்விதம் மெதுவாகத் திருப்பப்படும்பொழுது ஒரு கட்டத்தில் விம்பம் நிலையாகவரும். இக் கட்டத்தை விம்பம் அடைந்ததும் மேசை, மேலும் அதே திசையில் திருப்பப்படி விம்பம் வந்ததிசையிலேயே திரும்பிச் செல்வதை அவதானிக்கலாம். இக்கட்டம் அரியத்தின் இழிவுவிலகல் நிலையென மட்டிடப்படும். ஆகவே இக் கட்டத்தில் தொலைகாட்டிக்கூடாக விம்பத்தை நோக்கிச் சென்று விம்பத்தின் மையமும் நிலைக்குத்தக் குறுக்குக்கம்பியின் மையமும் ஒன்றத்தக்கவாறு அரியத்தின் மேசையை முன்னும் பின்னும் சற்று சுழற்றிச் செப்பஞ்செய்க. விம்பத்தின் மையமும் நிலைக்குத்தக் குறுக்குக் கம்பியின் மையமும் பொருந்தியிருக்கும் இந்நிலையில் வேணியர்களின் வாசிப்புக்களைக் குறிக்க. இதன்பின் அரியத்தை அகற்றிக் கொண்டு தொலைகாட்டியை நேர்வரிசையாக்கிக்கு நேரே திருப்பி விம்பத்தின் மையத்தையும் நிலைக்குத்தக் குறுக்குக் கம்பியின் மையத்தையும் பொருந்துமாறு சரிசெய்க. அப்பொழுதும் வேணியர்களின் வாசிப்புக்களைக் குறிக்க. அவ்வாசிப்புக்கள் யாவும் வருமாறு அட்டவணைப்படுத்தப்படும்.

	வேணியர் வாசிப்புகள்	
	வேணியர் V <sub>1</sub>	வேணியர் V <sub>2</sub>
அரியத்தின் இழிவுவிலகல் நிலையில் தொலைகாட்டிக் கூடாகப் பார்க்கும் பொழுது	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>
நேர் வரிசையாக்கியின் நேரே தொலைகாட்டி இருக்கும்பொழுது	θ <sub>3</sub>	θ <sub>4</sub>

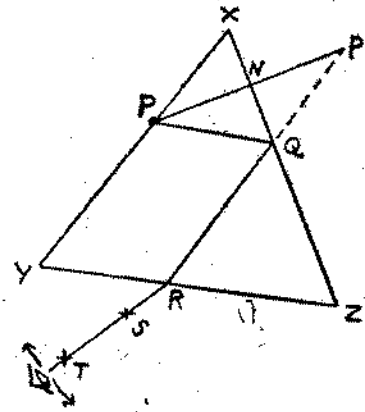
$$\therefore \text{இழிவுவிலகற்கோணம் } D = \theta_1 - \theta_3 \text{ அல்லது } \theta_2 - \theta_4 \text{ இனால்}$$

$$\therefore D = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

குறிப்பு: தொலைகாட்டியைச் சுழற்றி அரியக்கோணத்தைத் துணியும்பொழுது அரியத்தின் முற்றுவாரம் அரியத்தின் மேசையின் மையத்தில் வைக்கப்படுவதால் விளையும் தன்மைகளாவன.

- நேர்வரிசையாக்கியிலிருந்து மிகக் கூடிய அளவு ஒளி அரியத்தில் பட்டுத் தெறிப்படைகின்றது. இதனால் தொலைகாட்டிக்கூடாகப் பார்க்கப்படும் விம்பத்தின் துலக்கம் அதிகரிக்கப்படுகின்றது.
- அரியத்தினது அடித்தளத்தின் முழு நீளமும் இங்கு உபயோகிக்கப்படுவதால் கருவியின் பிரிவலு அதிகரிக்கப்படுகிறது.
- படுகின்ற ஒளிக்கற்றையின் சமாந்தரத் தன்மையில் நிறைவு குறைந்திருப்பின் அது இங்கு நிவிர்த்திக்கப்படும். எனினும் அரியத்தின் மேசையைச் சுழற்றி விலகற் கோணங்களை அளக்கும் கட்டங்களில் அரியத்தின் மையம் மேசையின் மையத்தில் இருத்தல் வேண்டும்.

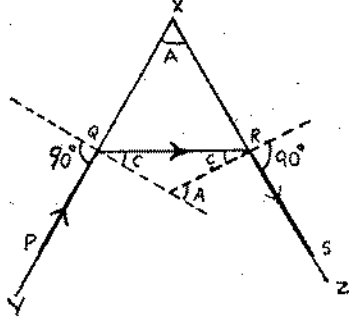
அரியமொன்றை உபயோகித்து கண்ணடியின் அவதிக் கோணத்தைத் துணியால்.





எனவே  $\theta$ வும்  $A$  உம் தெரியப்படின் அரியத்தினது பதார்த்தத்தில் முறிவுகூணகம் துணியப்படும்.

அரியத்தில் மருவிப்படுதலும் மருவி வெளிப்படுதலும்

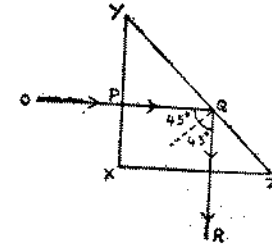


படம் 66

அரியமொன்றின் முகத்தில் PQ என்னும் கதிர் மருவிப்படும் பொழுது அரியத்தின் கோணம்  $A$  ஆனது அதிகரிக்கப்படின் QR என்னும் முறிவுகதிர் XZ என்னும் முகத்தில் ஆக்கும் படுகோணம் அதிகரிக்கும். அப்பொழுது A இன் ஒரு குறித்த பெறுமானத்துக்கு QR ஆனது XZ இல் ஆக்கும் படுகோணம் அவதிக் கோணம் C க்குச் சமனாகும். அந்நிலையில் வெளிப்படுகதிர் முகம் XZ ஐ மருவி வெளிப்படும் (படம் 66). கோணம் A மேலும் அதிகரிக்கப்படின் கண்ணாடியூடு செல்லும் QR போன்ற கதிர்கள் XZ இல் C இலும் பெரிய படுகோணங்களுடன் விழுகின்றன. ஆகவே வெளிப்படுகதிர்கள் வெளிப்படத்தக்கவாறு அமையத்தக்க மிகப்பெரிய அரியக்கோணம்  $A = 2C$  ஆகும். இதுவே அரியத்தின் எல்லைக்கோணம் எனப் பெயர்பெறும். உதாரணமாக ஒரு கண்ணாடியின் அவதிக் கோணம்  $42^\circ$  ஆயின் அரியத்தின் அரியக்கோணம்  $84^\circ$  யை மீறின் ஒளிச்செலுத்தகை அரியத்தினூடு நிகழமாட்டாததாகும்.

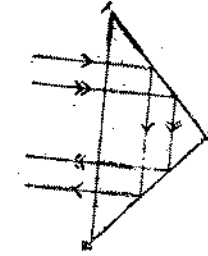
முழுவுட்டெறிப்பு அரியங்கள்

இருசமபக்க செங்கோண அரியங்கள் முழுவுட்டெறிப்பு அரியங்களாக உபயோகிப்பதற்குச் சாலும் சிறந்தனவாகும். இவற்றின் தொழிற்பாட்டை கதர்ப்படங்கள் மூலம் ஒருமாறு காட்டலாம்.



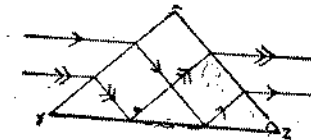
படம்: 67

இங்கு அரியம்  $90^\circ$  க்குடாக OQ என்னும் கதிரைத் திருப்புகின்றது. YZ இல் OQ இன் படுகோணம்  $45^\circ$  ஆகும். ஆனால் கண்ணாடிக் குரிய அவதிக் கோணம் ஏறத்தாழ  $42^\circ$  ஆனதால் Q வில் கதிர் முழுவுட்டெறிப்படைகின்றது. இதன் தொழிற்பாடு சூழ்வு காட்டிகளில் பிரயோகிக்கப்படுகிறது.



படம் 68

படம் 68 இல் காட்டியவாறு அரியத்தின் முகம் YZ இல் கதிர்கள் படும்பொழுது, YX, XZ என்னும் முகங்களில் முழுவுட்டெறிப்படைந்து படுகதிர்களின் திசைக்கெதிர்த்த திசைகளில் வெளிப்படுகின்றன; இங்கு கதிர்கள்  $180^\circ$  க்குடாகத் திருப்பப்படுகின்றன. இதன் தொழிற்பாடு இருவிளிக்காட்டி அரியங்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது.



படம், 69

படம் 69 இல் காட்டியவாறு அரியம் இருக்கும்பொழுது கதிர்கள் XY என்னும் முகத்தில் படி அனை முறிவடைந்து, முகம் YZ இல் முழுவுட்டெறிப்படைந்து பின்பு முகம் XZ இலும் முறிவடைந்து படுகதிர்களின் திசையின் வழியே XZ இலிருந்து வெளிப்படுகின்றன. இதனைப் பிரயோகித்து தலைநீழ் விம்பங்களை நிமிர்த்தலாம். அதனால் இது நிமிர்த்தும் அரியம் எனப் பெயர்பெறும். இங்கு கதிர்கள் 0° க்கடாகத் திருப்பப்படுகின்றன.

அரியங்கள் சிறந்த தெறிக்குவிசைகளாகப் பயன்படுகின்றன. அரியமானது தன்மீது விழும் ஒளிச்சத்தியில் ஒரு பகுதியை தெறிப்பு, செலுத்துக, உறிஞ்சல் ஆகியவற்றின் மூலம் இழந்தபோதும், இது, உதாரணமாக 60 வீதம் தெறிப்பு ஏற்படுத்தவல்ல பெக்குலம் என்னும் உலோகத்திலும் சிறந்ததாக இருக்கிறதெனக் கருதப்படுகின்றது. ஓர் உலோக மேற்பரப்பு மங்க நேரிடுகின்றதால் அதனை மங்காது பேணுவதற்கு சில முறைகள் கையாளவேண்டும். ஆனால் அரியத்தைப் பொறுத்தளவில் மங்குதல் அதனில் ஏற்படுவதில்லை. ஆயினும் காஸ்துக்குக்காலம் அதைத் துடைத்தால் போதுமாகும். ஆகவே அரியத்தினூடு தோற்றும் விம்பம் துலக்கமானது, தெளிவானது நிரந்தரமானதாகும்.

#### உத்திக் கணக்குகள்

1. 70° அரியக்கோணமும் 1.6 முறிவுக்குணகமுமுடைய ஓர் அரியம் 1.3 முறிவுக்குணகமுமுடைய திரவத்துள் அமிழ்த்தப்பட்டுள்ளது. அரியத்தினூடு செல்லும் ஒரு சமாந்தரக் கற்றைக்கு ஏற்படும் இழிவுவிலகல் கோணத்தைக் கணிக்க.

$$1\mu_a = \frac{\text{சைன் } \frac{(A + D)}{2}}{\text{சைன் } \frac{A}{2}}$$

$$1\mu_a = 1\mu_s : 1\mu_g \\ = \frac{1.6}{1.3}$$

$$\therefore \frac{1.6}{1.3} = \frac{\text{சைன் } \left( \frac{70^\circ + D}{2} \right)}{\text{சைன் } \frac{70^\circ}{2}}$$

$$\therefore \frac{16}{13} \text{ சைன் } 35^\circ = \text{சைன் } \left( \frac{70^\circ + D}{2} \right)$$

$$\text{சைன் } \left( \frac{70^\circ + D}{2} \right) = 0.7059$$

$$A. \frac{70^\circ + D}{2} = 44.9^\circ$$

$$70^\circ + D = 89.8^\circ$$

$$D = 19.8^\circ$$

2. 60° அரியக்கோணமும் 1.5 முறிவுக்குணகமுமுடைய அரியத்தின் இரண்டாம் முகத்தில் எல்லா ஒளியும் முழுவுட்டெறிப்படையின் அரியத்தின்மீதுள்ள மிகக்குறைந்த படுகோணத்தைக் கணிக்க.

முழுவுட்டெறிப்பு ஆரம்பிக்கும்பொழுது,

அரியத்தின் இரண்டாம் முகத்தில் படுகோணம் = C°

(அவதிக்கோணம்)

$$\therefore \text{சைன் } C^\circ = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{1.5} = \frac{2}{3} \\ = .6666$$

$$\therefore C^\circ = 41.8^\circ$$

$$\therefore \text{முதலாம் முகத்திலுள்ள முறிவுக்கோணம்} \\ = 60^\circ - 41.8^\circ = 18.2^\circ$$

$$\text{முதலாம் முகத்தில் } \mu = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } 18.2^\circ}$$

$$\therefore \text{சைன் } i = 1.5 \text{ சைன் } 18.2^\circ \\ = 1.5 \times .3123 \\ = .4685$$

$$\therefore i = 27^\circ 56'$$

#### தேர்வு வினாக்கள்

1. ஒரு கண்ணாடி அரியத்தினூடு செல்லும் ஒளியின் முறிகதிரும் வெளிப்படுகதிரும் அரியத்தின் அடித்தளத்தை விவகிச் செல்லின்.
  - (a) அரியத்தின் முறிவுக்குணகம் அதனைச் சூழும் ஊடகத்தின் முறிவுக்குணகத்திலும் சிறிதென்பதைக் காட்டும்.
  - (b) அரியத்தின் முறிவுக்குணகம் அதனைச் சூழும் ஊடகத்தின் முறிவுக்குணகத்திலும் பெரிதென்பதைக் காட்டும்.
  - (c) அரியத்தினூடு செல்லும் ஒளியின் வேகம் அதனைச் சூழும் ஊடகத்தினூடு செல்லும் ஒளியின் வேகத்திலும் சிறிதென்பதைக் காட்டும்.



- (d) அரியத்திலுமு செல்லும் ஒளியின் வேகம் அதனைச் சூழும் ஊடகத்திலுமு செல்லும் ஒளியின் வேகத்திலும் பெரி தென்பதைக் காட்டும். இவற்றுள் சரியானவை.
- (i) a மட்டும் (ii) a உம் d உம் (iii) a உம் b உம் c உம்  
(iv) b உம் d உம் (v) c மட்டும்.
2. 1.5 முறிவுக்குணகமுடைய சமபக்க முக்கோணக்கண்ணாடி அரியத்தின் முதலாம் முறிமேற்பரப்பில் முறிவுக்கோணம்  $35^\circ$  ஆயின் இரண்டாம் முறிமேற்பரப்பில் உள்ள வெளிப்படுகோணம் அண் ணளவாக
- (i)  $60^\circ$  (ii)  $30^\circ$  (iii)  $70^\circ$  (iv)  $50^\circ$  (v)  $40^\circ$
3.  $60^\circ$  முறிக்கோணத்தையுடைய சமபக்கக் கண்ணாடி அரியத்தின் முதலாம் முறிமேற்பரப்பில்  $15^\circ$  படுகோணத்தை ஆக்கும் ஒளிக்கதிர்
- (a) இரண்டாம் முறிமேற்பரப்பில் மருவி வெளிப்படும்.  
(b) .. .. முழுவுட்டெறிப்படையும்.  
(c) .. .. முழுவுட்டெறிப்படாந் த பின் அடித்தளத்தில் முறிவடையும்.  
(d) இரண்டாம் முறிமேற்பரப்பில் முழுவுட்டெறிப்படாந் த பின் அடித்தளத்திலும் முழுவுட்டெறிப்படையும்.  
இவற்றுள் சரியானவை.
- (i) a உம் b உம் (ii) b உம் d உம் (iii) d மட்டும்  
(iv) c மட்டும் (v) b உம் c உம்
4. ஓர் ஒளிக்கதிர் அரியமொன்றிலுமு i என்னும் படுகோணத் தையும் e என்னும் வெளிப்படுகோணத்தையும் s என்னும் வில கற்கோணத்தையும் ஆக்கத்தக்கவாறு செல்கின்றது. i என்னும் படுகோணம் அதிகரிக்கும்பொழுது கோணம் e
- (i) தொடர்ந்து குன்றும் (ii) மாறாதிருக்கும்  
(iii) ஓர் உயர் பெறுமானத்தை உடையதாகும்  
(iv) ஓர் இழிவு பெறுமானத்தை உடையதாகும்  
(v) தொடர்ந்து அதிகரிக்கும்
5. மேற்கேள்வியில் i அதிகரிக்கும்பொழுது விலகற்கோணம் s
- (i) தொடர்ந்து குன்றும்  
(ii) ஓர் இழிவு பெறுமானம் உடையதாகும்  
(iii) மாறாதிருக்கும் (iv) தொடர்ந்து அதிகரிக்கும்  
(v) ஓர் உயர் பெறுமானம் உடையதாகும்

6. இழிவு விலகல் நிலையில் இருக்கும் கண்ணாடி அரியமொன்றில் படுகோணம் i எனவும், முறிக்கோணம் A எனவும் வெளிப்படு கோணம் e எனவும் இழிவு விலகற்கோணம் D எனவும் முறையே கொள்ளப்படின் கண்ணாடியின் முறிவுக்குணகத்தின் பருமனை தரத்தக்கவை.

$$(A) \frac{\text{சைன்} \left( \frac{A+D}{2} \right)}{\text{சைன்} \frac{A}{2}} \quad (B) \frac{\text{சைன்} i}{\text{சைன்} r} \quad (C) \frac{\text{சைன்} i}{\text{சைன்} e}$$

$$(D) \frac{\text{சைன்} \left( \frac{i+e}{2} \right)}{\text{சைன்} r} \quad (E) \frac{\text{சைன்} \frac{i+D}{2}}{\text{சைன்} \frac{A}{2}}$$

- (i) A மட்டும் (ii) A உம், B உம், D உம் (iii) A உம் B உம்  
(iv) A உம் C உம் (v) A உம் D உம்

7. ஒரு திருசியமாளியின் நேர்வரிசையாக்கி
- (i) விலகலை (ii) பரவல் தெறிப்பை  
(iii) சமாந்தர ஒளிக்கற்றையை (iv) நிறப்பிரிக்கையை  
(v) முழுவுட்டெறிப்பை உண்டாக்குவதற்குப் பயன்படுகிறது
8. ஓர் அரியத்தின்மீது மருவிப்படும் கதிர் மற்ற முறிமேற் பரப்பி லிருந்து வெளிப்படுதற்கு வேண்டிய அரியத்தின் ஆகக் குறைந்த முறிக்கோணத்தினது பெறுமானம் கண்ணாடி வளியின் அவதிக் கோணம்  $42^\circ$  ஆயின்
- (i)  $84^\circ$  (ii)  $21^\circ$  (iii)  $56^\circ$  (iv)  $126^\circ$  (v)  $42^\circ$
9. ஒரு கண்ணாடி அரியத்தின் முதலாம் முறிமேற்பரப்பில் விழும் கதிரின் படுகோணம் i ஆகவும் வெளிப்படுகதிரின் வெளிப்படு கோணம் e ஆகவும், i க்குரிய விலகற்கோணம் d ஆகவும் சூழப் பின் படுகோணம் மற்ற முறிமேற்பரப்பில் e ஆக இருக்கத் தக்கவாறு கதிர் நேர்மாறுக்கப்படின் அப்பொழுது விலகற் கோணம்
- (i) 2d (ii) d/2 (iii) d (iv) d-i (v) (e-d)

வினாக்கள்

1. ஓர் அரியத்தின் அரியக்கோணம்  $60^\circ$ . இவ்வரியத்தின் ஒரு முகத்தில்  $45^\circ$  படுகோணத்தடன் விழும் படுகதிருக்கான வெளிப் படுகோணத்தைக் கணிக்க. ( $\mu = 1.5$ ) [விடை:  $52.4^\circ$ ]

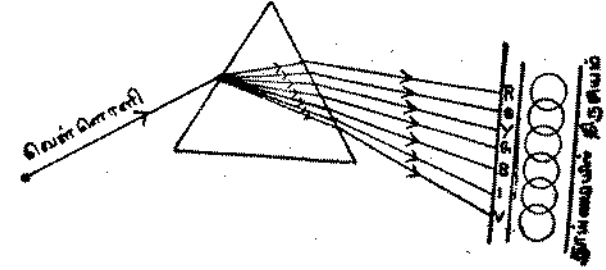
2. (i) திருசியமானியினதும் (ii) அரியக்கோணம், இழிவு விலகற் கோணம் காண்பதற்குமானதமான வரிப்படங்களை வரைக. இவ் விரண்டையும் அளப்பதற்குரிய விபரங்களையும் தருக.
3. (i) அரியத்தில், படுகதிரின் படுகோணத்துக்கும் விலகற்கோணத்துக்குமுள்ள மாறலை வரைபுமூலம் காட்டுக.  
(ii) வரிப்படங்களுடன் திருசியமானி மட்டமாக்கப்படுதலை விவரிக்க.
4.  $70^\circ$  அரியக்கோணமுடைய அரியமொன்றில் ஒரு கதிர் அதன் முகமொன்றில் மருவிப் படுகின்றது.  $\mu = 1.64$  ஆயின் அக்கதிரின் வெளிப்படுகோணத்தைக் கணிக்க. [விடை:  $61.5^\circ$ ]
5.  $60^\circ$  அரியக்கோண அரியத்தின் முறிவுக்குணகம்  $1.52$ ; அரியத்தின் எதிர்முகத்திலிருந்து மட்டுமட்டாகக் கதிர் வெளிப்படுதற்கான மிகக்குறைந்த படுகோணத்தைக் கணிக்க. அப்பொழுது விலகற்கோணம் என்ன? [விடை:  $29.4^\circ, 59.4^\circ$ ]
6. அரியத்தின் முறிவுக்குணகம்  $1.52$  ஆயின் அரியத்தின் எதிர் முகத்திலிருந்து ஒரு கதிர் வெளிப்படுதற்கான மிகக்கூடிய அரியக்கோணம் என்ன? [விடை:  $82.3^\circ$ ]
7. அரியத்தின் முறிவுக்குணகம்  $1.6$ . ஒரு கதிர்  $70^\circ$  அரியக்கோணமுள்ள அரியத்தில் விழுந்து இரு பக்கங்களிலும் முறிவடைந்து  $60^\circ$  வெளிப்படுகோணத்துடன் வெளியேறுகின்றது. அரியத்தின் முதல் முகத்தில் படுகதிரின் படுகோணத்தைக் காண்க. [விடை:  $75.5^\circ$ ]
8. ஒரு முக்கோண அரியம் ABC இல்  $A=90^\circ$ ,  $B=60^\circ$ ,  $C=30^\circ$   $c=3$  சமீ.  $\mu=1.5$ . c என்னும் முகத்தில் A இலிருந்து 1 சமீ. தூரத்திலுள்ள ஒரு புள்ளியில் ஒரு கதிர் அம்முகத்துக்குச் செங்குத்தாக விழுகின்றது; முறிக்கதிர் அரியத்திலிருந்து வெளிப்படும் பொழுது A இலிருந்து வெளிப்படுபுள்ளியின் தூரத்தையும், விலகற்கோணத்தையும் காண்க. [விடை:  $(2\sqrt{3}+1/\sqrt{3}) 41.4^\circ$ ]
9. முறிவுக்குணகம் காண்பதற்கான ஒரு திருத்தமான முறையை விவரிக்க.  $60^\circ$  அரியமொன்றின் முறிவுக்குணகம்  $1.5$ . கதிர் ரொன்று அரியத்தினூடு முறிவடைந்து முழுவட்டெறிப்படையாது வெளிப்படுதற்கு வேண்டிய படுகதிரின் இழிவுப் படுகோணத்தைக் காண்க; [விடை:  $27.9^\circ$ ]

## அத்தியாயம் 6

### நிறப்பிரிக்கையும் திருசியங்களும்

#### நிறப்பிரிக்கை

1666-ம் ஆண்டில் நியூதீறன் என்பவர் வெள்ளொளியை அதாவது சூரியவொளியைப்பற்றி பரிசீலனை செய்தபோது சில கண்டுபிடிப்புகளை அறியத்தக்கதாக இருந்தார். அவரினது கண்டுபிடிப்பின்படி வெள்ளொளிபானது அரியமொன்றினூடு செலுத்தப்படும் பொழுது அத பின்வரும் வரிசையில், சிவப்பு, செம்மஞ்சள், மஞ்சள், பச்சை,



படம் 70

நீலம், கருநீலம், ஊதா என்னும் நிறங்களாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன என்றும் அவை ஒரு திரையில் விழும்பொழுது ஒரு நிறப்படையை ஆக்குகின்றன என்றும் அறிந்துள்ளார் (படம் 70). இத்திரையில் பெறப்பட்டுள்ள நிறப்படையை திருசியம் எனப் பெயரிடுகின்றது. திருசியம் அவதானிக்கப்பட்ட பொழுது அதனில் காணப்படும் நிறங்கள் ஒன்றிற்மேல் ஒன்று விழுவதால் தூய்மையற்றதாகவும் இருந்தது. இப்பரிசோதனையிலிருந்து வெள்ளொளியில் இந்நிறங்கள் உள்ளதா அல்லது அரியம் வெள்ளொளிக்கு இந்நிறங்களைக் கொடுத்ததா என்னும் ஐயம் ஏற்பட்டுள்ளது; அவ்வையத்தைத் தொடர்ந்து பரிசோதனை செய்வதன்மூலம் நீக்கத்தக்கதாக இருந்தது. ஆகவே இறுதியாகக் கண்ட விளைவின்படி வெள்ளொளி ஏழு நிறங்களைக் கொண்ட ஒரு கூட்டு நிறம் எனவும் ஒவ்வொரு நிறமும் வெவ்வேறு அளவுக்கு விகைல் அடைகிறதென்றும் அறியமுடிந்தது. இந்நிறங்களுள் சிவப்புக் குறைந்த விலகலையும், சி. செ., ம., ப., நீ., ஊ. என்னும் வரிசையில் மற்ற நிறங்களின் விலகல் அதிகரித்துக் கொண்டு போகின்றனவென்றும் கூறமுடிந்தது. இதிலிருந்து சிவப்பு மிகக்

குறைந்த விலகலையும் ஊதா மிகக் கூடிய விலகலையும் உடையனவெல் பது வெளிப்படடை. இவ்விதம் வெள்ளொளி அரியமொன்றினால் பல நிறங்களாகப் பிரிக்கப்படுதல் நிறப்பிரிக்கை எனப்படும்.

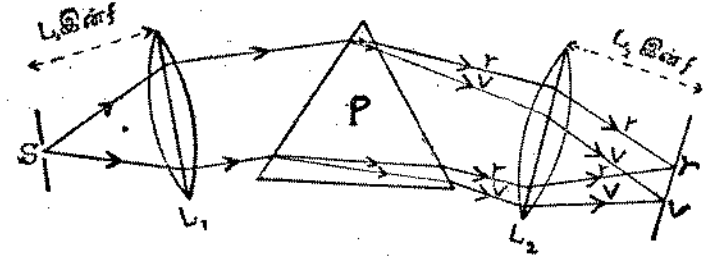
திருசியத்தில் கண்ணுக்குப் புலப்படத்தக்க பிரதேசமும், கண்ணுக்குப் புலப்படமுடியாத பிரதேசமும் இருந்தன. திருசியத்தின் டிஸ்பர்டத்தக்க பகுதி மேற்கூறிய ஏழு நிறங்களைக்கொண்ட பகுதியாகும். கண்ணுக்குப் புலப்படமுடியாத பிரதேசங்கள் சிவப்புக்கப்பாலும், ஊதாக்கப்பாலும் இருந்தன. மேலும் இந்நிறம் ஒவ்வொன்றுக்கும் ஒவ்வொரு அலைநீளம் உண்டு. குறிப்பாக சிவப்பு உயர் அலைநீளத்தையும் ஊதா குறுகிய அலைநீளத்தையும் உடையன. திருசியத்தில் சிவப்புக்கப்பால் உள்ள பிரதேசம் சிவப்பின் அலைநீளத்திலும் உயர்ந்த அலைநீளங்களையுடைய கதிர்களைக் கொண்டதாக இருந்தது. இப்பிரதேசம் செந்நிறக் கீழ் திருசியம் எனப்படும். ஊதாக்கப்பால் இருக்கும் பிரதேசம் ஊதாவின் அலைநீளத்திலும் குறுகிய அலைநீளங்களையுடைய கதிர்களைக் கொண்டதாகும். அப்பகுதி ஊதாக்கடந்த திருசியம் எனப்படும்.

மேலும் அரியத்தினது திரவியத்தின் முறிவுக்குணகம் அதனூடு செல்லும் நிறவொளியின் தன்மையில் பொறுத்தள்ளதாக அமைகின்றது. ஆகவே அரியத் திரவியத்தின் முறிவுக்குணகம் ஒவ்வொரு நிறவொளியிக்கும் ஒவ்வொரு பெறுமானத்தையுடையதாக இருக்கும். இங்கு சிவப்பு நிறத்துக்கூறிய அரியத்திரவியத்தின் முறிவுக்குணகம்  $\mu_r$  எனவும், நீலத்துக்கு  $\mu_b$  எனவும், ஊதாவுக்கு  $\mu_y$  எனவும் குறிக்கப்படும். கண்ணுக்குப் புலப்படும் திருசியத்தின் மத்தியில் மஞ்சள் ஒளியின் விம்பம் அண்ணளவாக இருப்பதால் மஞ்சள் ஒளிக்கதிர் சராசரிக் கதிர் எனக் கொள்ளப்படும். இதன் விலகல்  $i$  இனாலும் முறிவுக்குணகம் சாதாரண  $\mu$  வினாலும் குறிக்கப்படும்.

தூய்திருசியம் பெறுதல்

படம் 71 இல் காட்டப்பட்டவாறு பெறப்படும் திருசியம் தூய்மைற்றதாகும். எனவே தூய்மையாகத் திருசியம் பெறப்படுவதற்கு நிறங்கள் ஒன்றன்மேல் ஒன்று பொருந்தாதவாறு ஒழுங்குகள் செய்யப்படல் வேண்டும். இது வருமாறு ஏற்படுத்தப்படும்.

$L_1$  என்னும் குவிவில்லையின் குவியத்தில் இருக்கும் ஒடுங்கிய பீளவொன்றினூடு வெள்ளொளியைச் செலுத்துதல் வேண்டும். அவ்வொளி  $L_1$  இல் முறிவுற்று சமாந்தரமாக வெளிப்பட்டு இழிவு விலகல் நிலையில் இருக்கும் அரியமொன்றினூடு செல்லும். அங்கு வெள்ளொளி நிறப்பிரிக்கையடைந்து வெவ்வேறு நிறக் கதிர்களாக வெளிப்படும்.



படம் 71

படம். ஆனால் இக்கதிர்களில் ஒரே நிறமானவை ஒன்றுக்கொன்று சமாந்தரமாகவே இருக்கும். (படம் 71) இக்கதிர்கள்  $L_2$  என்னும் வில்லையிற் பட்டு அதன் குவியத்தளத்தில் இருக்கும் திரையினில் தனித்தனி நிறப்பட்டையாக ஏற்படும். இது ஒரு தூய்திருசியமாகும்.

ஆகவே தூய்திருசியத்தைப் பெறுதற்குவேண்டிய முக்கிய நிபந்தனைகள் வருமாறு:-

- பீளவு மிக ஒடுங்கியதாக இருத்தல் வேண்டும்.
- அரியம் இழிவுவிலகல் நிலையில் இருத்தல் வேண்டும்.
- படுகற்றை சமாந்தரக்கற்றையாக இருத்தல் வேண்டும்.
- வெளிப்படுகற்றை ஒரு குவிவில்லையாற் குவிக்கப்படல் வேண்டும்.
- $L_2$  என்னும் வில்லையின் குவியத்தளத்தில் திரை இருத்தல் வேண்டும்.

சிறிய படுகோணங்களுக்கு சிறுகோண அரியத்தால் ஏற்படும் விலகல் நிறப்பிரிக்கை ஆராயப்படுதற்கு முன்பு ஒரு சிறுகோண அரியம் சிறப்புகோணத்தில் படும் கதிருக்கு ஏற்படுத்தும் விலகலை அறிதலும் அதற்கான கோவையொன்றைப் பெறுதலும் முக்கியமாகும்.

XY என்னும் முகத்தில் சிறி படுகோணத்தில் விழும் PQ என்னும் ஒருநிறக் கதிரைக் கருத்திற்கொள்க; படுகோணம்  $i_1$  சிறிதாகையால் முறிவுக்கோணங்கள்  $r_1, r_2$  அத்துடன் வெளிப்படுகோணம்  $i_2$  வும் சிறியனவாகும்.

ஒளிமுறிவின் பிரகாரம்

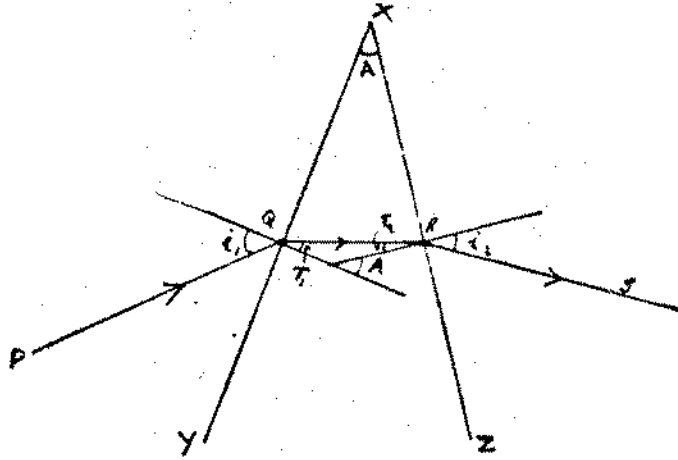
$$\frac{\text{சைன் } i_1}{\text{சைன் } r_1} = \mu \quad \text{---(1)}$$

$i_1, r_1$  நிறியனவும் ஆரையன்களிலும் இருக்கின்றனவால் கூத்திரம், (1) வருமாறு எழுதப்படும்.

$$\frac{i_1}{r_1} = \mu$$

அதாவது,

$$i_1 = \mu r_1 \quad \text{---(2)}$$



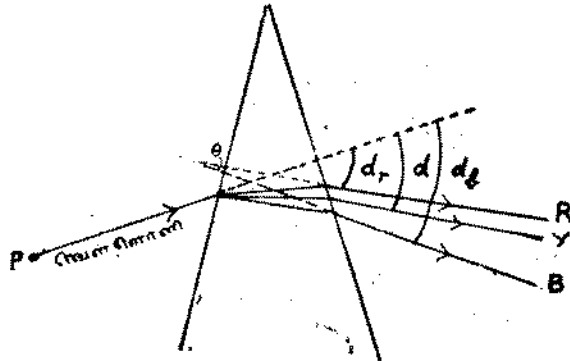
படம்: 72

இவ்வாறு  $i_2 = \mu r_2$  ——— (3)  
 ஆனால் விலகல்  $d = (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2)$   
 $= (i_1 + i_2) - (r_1 + r_2)$   
 $= (\mu r_1 + \mu r_2) - (r_1 + r_2)$   
 $= (\mu - 1) (r_1 + r_2)$

மேலும்  $r_1 + r_2 = A$   
 $\therefore d = (\mu - 1) A$

இக்கோவைவிருந்து விலகல் ஆனது அரியத்தில் விழும் கதிரின் படுகோணத்தில் பொறுத்ததல்ல என்பது வெளிப்படை.

சிறுகோண அரியத்தால் ஏற்படும் நிறப்பிரிக்கை



படம்: 73

அரியமொன்றினால் வெள்ளொளியானது சி. செ. ம. யு. நீ. க. ண. என்னும் நிறங்களாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன. இவ்விதம் வெளிப்படும் நிறவொளிகளை ஏதாவது இருநிற ஒளிக்கதிர்களுக்கிடையேயுள்ள கோணம் அவ்விருகதிர்களுக்கிடையேயான கோணநிறப்பிரிக்கை எனப்படும். அல்லது ஏதாவது இருநிற ஒளிக்கதிர்களின் விலகல்களுக்கிடையேயுள்ள வித்தியாசம் அவ்விரு கதிர்களுக்கிடையேயான கோண நிறப்பிரிக்கை எனப்படும். உதாரணமாகச் செங்கதிருக்கும் நீலக்கதிருக்கும் இடையேயுள்ள கோண நிறப்பிரிக்கையை வருமாறு கணித்தறியலாம். படம் 73 இல் θ சிவப்புக்கும் நீலத்துக்கு மிடையேயுள்ள கோண நிறப்பிரிக்கையாகும்.

ஒரு சிறுகோண அரியத்தில் வெள்ளொளி சிறுபடு கோணத்தில் விழும்பொழுது,  $d_b, d_r$ , நீலத்துக்கும் சிவப்புக்கும் விலகல்களாகவும்  $\mu_b, \mu_r$ , அந்நிறங்களுக்கு அரியத்திரவியத்தின் முறிவுக்குணகங்களாகவும் இருப்பின்,

$$d_b = (\mu_b - 1) A$$

$$d_r = (\mu_r - 1) A$$

$$\therefore \text{கோணநிறப்பிரிக்கை, } d_b - d_r = (\mu_b - 1) A - (\mu_r - 1) A = (\mu_b - \mu_r) A$$

எடுத்துக்காட்டு

ஒரு குறித்த கண்ணாடிக்கு,

$$\mu_b = 1.521, \mu_r = 1.51, A = 7^\circ \text{ ஆயின்}$$

$$\begin{aligned} \text{நீலத்துக்கும் சிவப்புக்கும் இடையே கோணப்பிரிக்கை} \\ &= (\mu_b - \mu_r) A \\ &= (1.521 - 1.510) 7^\circ \\ &= .08^\circ \end{aligned}$$

ஓர் அரியத்தினால் ஏற்படும் வெள்ளொளியின் சராசரி விலகல் மஞ்சள் ஒளியின் விலகல் எனக் கொள்வது வழமை; ஆகவே, இந்நிறம் திருசியத்தின் மத்தியில் அண்ணளவாக இருப்பதால்  $\mu_b, \mu_r$ , நீலத்தினதும் சிவப்பினதும் முறிவுக்குணகங்களதினால் சராசரி முறிவுக்குணகம்  $\mu = \frac{\mu_b + \mu_r}{2}$  இனால் பெறப்படும்;

நிறப்பிரிக்கை வலு

நீலக் கதிருக்கும் செங்கதிருக்கும் அரியமொன்றின் நிறப்பிரிக்கை வலு  $w$ , ஆனது அவ்விரு கதிர்களுக்கிடையேயான கோணநிறப்பிரிக்கைக்கும் சராசரி விலகலுக்கும் உள்ள விகிதம் ஆகும்.

அதாவது,

$$\omega = \frac{\text{நீல: செங்கதிர்களுக்கிடையே கோணநிறப்பிரிக்கை}}{\text{சராசரி விலகல்}}$$

பொதுச்சூத்திரம்

வரைவிலக்கணத்தின் படி

$$\text{நிறப்பிரிக்கை வலு } \omega = \frac{d_b - d_r}{d}$$

$$d_b - d_r = (\mu_b - 1) A - (\mu_r - 1) A = (\mu_b - \mu_r) A$$

$$\therefore \omega = \frac{(\mu_b - \mu_r) A}{(\mu - 1) A}$$

$$\therefore \omega = \frac{\mu_b - \mu_r}{\mu - 1}$$

இச் சூத்திரத்தில் இருந்து  $\omega$  (i) அரியத்தின் திரவியத்தில் தங்கியுள்ளதென்றும் (ii) அது அவரு இடிலாததென்றும் தெரிகிறது.

உதாரணம்:

X என்னும் அரியம்  $6^\circ$  அரியக்கோணத்தையும் அதன்  $\mu_b$ ,  $\mu_r$ ,  $\mu$  க்கள் முறையே 1.521, 1.51, 1.515 ஆகவும்.

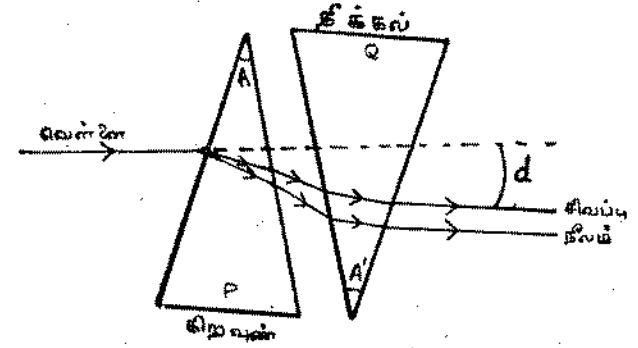
Y என்னும் அரியம்  $7^\circ$  அரியக்கோணத்தையும் அதன்  $\mu_b$ ,  $\mu_r$ ,  $\mu$  க்கள் முறையே 1.665, 1.645, 1.655 ஆகவும் இருப்பின்

$$\begin{aligned} \text{X இன் நிறப்பிரிக்கை வலு } \omega &= \frac{(\mu_b - \mu_r) A}{(\mu - 1) A} \\ &= \frac{(1.521 - 1.51) 6^\circ}{(1.515 - 1) 6^\circ} \\ &= 0.08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Y இன் நிறப்பிரிக்கை வலு } \omega &= \frac{(\mu_b - \mu_r) A}{(\mu - 1) A} \\ &= \frac{(1.665 - 1.645) 7^\circ}{(1.655 - 1) 7^\circ} \\ &= 0.02 \\ &= 0.03 \end{aligned}$$

நிறந்தரா அரியங்கள்

ஓர் அரியம் வெள்ளொளியை வெவ்வேறு நிறங்களாகப் பிரிக்கும். ஆயினும் நிறப்பிரிக்கையை ஏற்படுத்தாது விசைலை மட்டும்



படம் 74

ஏற்படுத்தவும் ஓர் அரியத்தை அமைக்கலாம். வெவ்வேறு நிறவியங்களால் ஆன ஈர் அரியங்கள் நிறப்பிரிக்கையை நீக்குவதற்கு வேண்டுமாகும். படம் 74 இல் காட்டியவாறு P என்னும் நிறவுண் கண்ணாடியாலான அரியம் சிவப்புக்கும் நீலத்துக்குமிடையே நிறப்பிரிக்கையை அவ்வரியத்தில் படும் வெள்ளொளிக்கு ஏற்படுத்தும். ஆனால் P சார்பாகத் தலைகீழாக இன்னொரு வேறு நிறவியத்தாலானதும் தகுந்த அரியக்கோணத்தையுடையதுமான அரியமொன்றை அதனுடன் சேர்த்து உபயோகிக்கப்படின் சிவப்பு, நீல ஒளிக்கதிர்களை சமநந்தரமாக அவ்வரியத்திலிருந்து வெளியேற்றலாம். இக்கதிர்களைக் கண்ணினையால் பார்ப்பதும் உபாழுது அது விழித்திரையின் ஒரு புள்ளியில் இக்கதிர்களைக் குவிக்கும் எனவே சிவப்பு நீலக்கதிர்களால் ஏற்படத்தக்க நிறவிசைவு அகநிறப்படும். இவ்வாறு இருநிறங்களுக்கிடையே நிறப்பிரிக்கையை அகற்றுவதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் ஈர் அரியங்கள் அந்நிறங்களுக்குரிய நிறந்தரா அரியங்கள் எனப்படும்.

ஈர் அரியங்களை நிறந்தரா அரியங்களாகச் செயற்படுத்தற்கு வேண்டிய நிபந்தனை வருமாறு பெறப்படும். P என்னும் நிறவுண் கண்ணாடியின் நீலக்கதிருக்கும் செங்கதிருக்குமுள்ள முறிவுக்குணகங்கள் முறையே  $\mu_b$ ,  $\mu_r$  எனவும் அதன் அரியக்கோணம்  $A^\circ$  எனவும் கொள்ளப்படின், அவ்வரியத்தில் நிகழும்

$$\text{நிறப்பிரிக்கை} = (\mu_b - \mu_r) A$$

நீலக்கதிருக்கின் நீலத்துக்கும் சிவப்புக்கும் உரிய முறிவுக்குணகங்கள் முறையே  $\mu'_b$ ,  $\mu'_r$  ஆகவும் அரியக்கோணம்  $A'$  ஆகவும் இருப்பின், அவ்வரியத்தில்

$$\text{நிறப்பிரிக்கை} = (\mu'_b - \mu'_r) A'$$

நிறப்பிரிக்கையை P என்னும் அரியம் கீழ்முகமாகவும் Q என்னும் அரியம் மேல் முகமாகவும் ஏற்படுத்தும். இவை நிறந்தரா அரியங்களை வலதற்கு,

$$(\mu_b - \mu_r) A - (\mu'_b - \mu'_r) A' = 0$$

$$\text{அதாவது, } (\mu_b - \mu_r) A = (\mu'_b - \mu'_r) A'$$

நிறந்தரா அரியங்கள் ஏற்படுத்தும் விலகல்

அரியங்கள் நிறப்பிரிக்கை ஏற்படுத்தாது இருப்பினும் படம் ஒளி முறிசூக விலகல் அடையும். இவ்விலகல் படம் 74 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. சராசரி அல்லது மஞ்சள் ஒளிக்கு P என்னும் அரியத்தின் ஏற்படும் விலகல்  $(\mu - 1) A$  ஆகும். இவ்விலகல் கீழ்முகமாகவுள்ளது. Q என்னும் அரியம் ஏற்படுத்தும் விலகல்  $(\mu' - 1) A'$  மேல்முகமாகவுள்ளது. ஆகவே தேறும் விலகல் d வருமாறு தரப்படும்.

$$d = (\mu - 1) A - (\mu' - 1) A'$$

விலகல் இல்லாது நிறப்பிரிக்கை

சராசரி விலகலை ஏற்படுத்தாது இரு நிறங்களுக்கிடையே நிறப்பிரிக்கை ஏற்படுத்தவும் வெவ்வேறு திரவியங்களாலான ஈர் அரியங்கள் உபயோகிக்கப்படும். அப்பொழுது P என்னும் அரியம் ஏற்படுத்தும் சராசரிக் கதிரின் விலகல் Q என்னும் அரியம் ஏற்படுத்தும் சராசரிக் கதிரின் விலகலால் தொதுமறிபடுத்தப்படும்.

விலகல் இல்லாதிருப்பதற்கு,

$$(\mu - 1) A - (\mu' - 1) A' = 0$$

அதாவது,

$$(\mu - 1) A = (\mu' - 1) A'$$

அப்பொழுது உண்டாகும் நிறப்பிரிக்கை

$$(\mu_b - \mu_r) A - (\mu'_b - \mu'_r) A' \text{ ஆகும்.}$$

குறிப்பு: நீலக்கதிருக்கும் செங்கதிருக்கும் கண்ணாடி அரியத்தின் முறிவுக்கூறுகள்  $\mu_b, \mu_r$  எனவும் அவற்றிற்கு விலகல்கள்  $d_b, d_r$  எனவும், அக்கதிர்களின் அலைநீளங்கள்  $\lambda_b, \lambda_r$  எனவும் கொள்ளப்படின,

$$d_b > d_r$$

$$\mu_b > \mu_r$$

ஆனால்

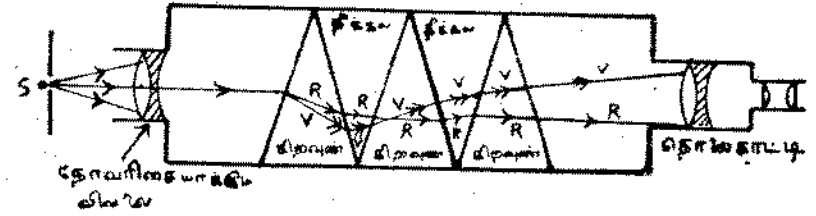
$$\lambda_r > \lambda_b$$

நேர்மாவைத் திருசியம் காட்டி

விலகல் இல்லாதவாறு நிறப்பிரிக்கை உண்டாக்கப்படும் தத்துவத்தின் அடிப்படையாகக் கொண்ட அமைப்பே இச்சாதனம். மின்னிறக்கி

கதி குழாயில் அல்லது ஒரு சுவரையில் ஓர் ஒளிரும் வாயுவிலிருந்து பெறப்படும் திருசியத்தின் வெவ்வேறு நிறங்களைப் பரிசீலிக்க இவ்வமைப்பு ஓர் உகந்த கருவியாகும்.

இது தகுந்த முறிகோணங்களையுடைய மூன்று கிறவுண் கண்ணாடி அரியங்களையும் இது திக்கற்கண்ணாடி அரியங்களையும் கொண்டுள்ளது. இவ்வரியங்கள் ஓர் உலோகக் குழாய்க்குள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.



படம்: 75

குழாயின் ஒரு முனையில் நேர்வரிசையாக்கும் வில்லையும் மறுமுனையில் தொடக்காட்டியொன்றும் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. அரியங்களின் அரியங்கோணங்கள், சராசரிக் கதிரின் விலகலைப் பூச்சியமாக்கத்தக்கவாறு, அமைந்திருக்கின்றன. கிறவுண் திக்கற்கண்ணாடி அரியங்களின் முறிகோணங்கள் ஒன்றுக்கொன்று எதிர் ஆக இருக்கின்றன. எனவே கிறவுண் கண்ணாடி அரியத்தால் ஒரு திசையில் உண்டாக்கப்படும் விலகல் திக்கற்கண்ணாடி அரியத்தால் மறுதிசையில் உண்டாக்கப்படும் விலகலுக்குச் சமனாகும். ஆயினும் நிறப்பிரிக்கை உண்டு. இந்நிறப்பிரிக்கை படுகற்றைக்கு அண்ணளவாகச் சமாந்தரமாக இருக்கும். அரியங்கள் ஒன்றுடனொன்று கனடா மரப்பிரிசினால் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இத்தகைய கருவி இவருவாகக் கையாளத்தக்கதாக அமைவதுடன் வெவ்வேறு ஒளி முதல்களின் திருசியங்களையும் ஆராயப் பயன்படுகிறது. இரண்டுக்கு மேற்பட்ட அரியங்கள் உபயோகிக்கப்படுதலினால் திருசியங்கோடுகள் வரையறுக்கப்பட்ட கோடுகளாக அமைகின்றன.

பல்வகைத் திருசியங்கள்

ஒரு வெள்ளொளியின் திருசியம் இரு பகுதிகளைக் கொண்டுள்ளது: அவற்றுள் ஒரு பகுதி கண்ணாடிக் குழப்புவது மறிந்து கண்ணாடிக்குப் புலப்படாதது. கண்ணாடிக்குப் புலப்படும் பகுதி சிவப்பில் தொடங்கி ஊதாவரையுள்ளது. கண்ணாடிக்குப் புலப்படாத பகுதிகள் சிவப்புக்கப்பாலும் ஊதாக்கப்பாலும் உள். இப்பகுதிகளைக் கீழ்வரும் வரிப்படம் விளக்கத்தக்கதாக அமைகிறது.

← திருசியத்தின் கட்டிலான பகுதி →

செந்நீரக் கீழ்ப் பகுதி	சிவப்பு	செம் கஞ்சள்	மஞ்சள்	பச்சை	நீலம்	கருநீலம்	ஊதா	ஊதா கட்டை பகுதி
------------------------	---------	-------------	--------	-------	-------	----------	-----	-----------------

ஒளி ஆலைகளின் அலைநீளம் மிகமிகச் சிறிது. இது அந்துரோம என்னும் அலையில் அளக்கப்படும். 1 அந்துரோம அலகு =  $10^{-8}$  சமீ. இது  $\text{\AA}$ . அ அளப்பதனால் குறிக்கப்படும்.

திருசியத்தின் கண்ணுக்குப் புலப்படும் பகுதி  $3900\text{\AA}$  அடி அலைநீளமுள்ள ஒளியிலிருந்து  $7700\text{\AA}$  அடி அலைநீளமுள்ள ஒளிவரை தகனம் அடக்கியுள்ளது. அதாவது கட்டிலான திருசியம் ஊதா ஒளியிலிருந்து செந்நீர் ஒளிவரை அடக்கியுள்ள தென்பதேயாம். சுயாதீன வெளியில் ஒளியின் வேகம்  $3 \times 10^{10}$  சமீ., ஆகவே அவ்வெளியில் எந்நீர் ஒளியினதும் வேகம்  $3 \times 10^{10}$  சமீ. ஆகும். இதன் பிரகாரம் ஒவ்வொரு நிற ஒளிக்கும் அலைநீளமும் அதிர்வெண்ணும் வித்தியாசமாக இருக்கும். கீழ்க்காணும் அட்டவணை ஒவ்வொரு நிற ஒளிக்குமுரிய அலைநீளத்தையும் அதிர்வெண்ணையும் காட்டுகின்றது.

நிறம்	அலைநீளம்		அதிர்வெண் (வட/செக்)
	அந்துரோமலகி	சமீ. மீ	
ஊதா	4100	$4.1 \times 10^{-5}$	$7.3 \times 10^{14}$
கருநீலம்	4300	$4.3 \times 10^{-5}$	$7 \times 10^{14}$
நீலம்	4700	$4.7 \times 10^{-5}$	$6.39 \times 10^{14}$
பச்சை	5200	$5.2 \times 10^{-5}$	$5.76 \times 10^{14}$
மஞ்சள்	5700	$5.7 \times 10^{-5}$	$5.25 \times 10^{14}$
செம்மஞ்சள்	6200	$6.2 \times 10^{-5}$	$4.83 \times 10^{14}$
சிவப்பு	7100	$7.1 \times 10^{-5}$	$4.23 \times 10^{14}$

திருசியங்கள்

திருசியங்கள் இரு பெரும் பகுதிகளைக் கொண்டுள்ளன. ஒன்று காலல் திருசியம் மற்றது உருவநீஞ்சல் திருசியம். காலல் திருசியம்

வெள்ளொளிர்வுள்ள பொருள்களினால் உண்டாக்கப்படும். இக்காலல் திருசியம் மேலும் மூன்று பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. அவையாவன:

- (i) தொடர்ந்த திருசியம் (ii) கோட்டுத் திருசியம்  
(iii) பட்டைத் திருசியம்

தொடர்ந்த திருசியம்

இத் திருசியம் சிவப்பிலிருந்து ஊதாவரையிலுமுள்ள எல்லா நிறங்களினதும் ஒளிர்ந்தபட்டைகளைத் தொடர்ச்சியாகக் கொண்டுள்ளது. இத்தகைய திருசியம் சூரியன், வெள்ளொளிர்வுள்ள திண்மங்கள், திரவங்கள், காபன் வில் மின்விளக்கு, உயர் அழுக்கத்தில் ஒளிர்விற வாயுக்கள் முதலியனவற்றிலிருந்து பெறப்படும்.

இதன் விளக்கம் வருமாறு: ஒரு பொருள் திண்ம அல்லது திரவ நிலையில் இருக்கும்பொழுது அதன் மூலக்கூறுகள் இயங்குவதற்கு வேண்டிய வெளி திண்மத்தில் அல்லது திரவத்தில் மிகச் சிறிதாக இருக்கின்றது. ஆகவே மூலக்கூறு ஒன்று ஒரு குறித்த அதிர்வெண்ணில் அதிர் முடியும் அந்நேரத்தில் அயல் மூலக்கூறுகள் அதனில் வந்து மோதி அதிர்வெண்ணை மாற்றிவிடும். இதனால் ஒவ்வொரு மூலக்கூறும் ஒவ்வொரு அதிர்வெண்ணில் அதிர் நேரிடும். ஆகவே பல்வேறு அலைநீளங்களுடைய அலைகள் உருவாகின்றன. இது விளைவாகத் தொடர்ந்த திருசியம் ஒன்று உண்டாகின்றது.

கோட்டுத் திருசியம்

இத்தகைய திருசியம், மூலக்கூறுகள் வெள்ளொளிக்கு வெப்பமாக்கப்படும் பொழுதும் அல்லது மின்னிறக்கத்துக் குள்ளாக்கப்படும் பொழுதும் பெறப்படும். இது பிரகாசமானவையும், வரையறுக்கப்பட்டவையுமான கோடுகளைக் கொண்டிருக்கும். மேலும் ஒரு குழாய்க்குள் தாழ் அழுக்கத்தில் இருக்கும் வாயுவொன்றிற் கூடாக மின்னிறக்கம் பிரயோகிக்கும்பொழுதும் ஆவியாகும் மூலகத்தை சுவாலையில் பிடிக்கும்பொழுதும் கோட்டுத் திருசியங்கள் ஏற்படும். இக்கோடுகள் திருசியமானியின் ஒளிர்வெண்ணுடைய பிளவின் விம்பங்களாகும். ஒவ்வொரு மூலகமும் தனக்கென உரிய ஒரு திருசியத்தை ஏற்படச் செய்யும். உதாரணமாக ஆவியாக்கப்பட்ட சோடியத்திலிருந்து காலப்படும் திருசியம், ஒரு கோட்டை சாதாரண திருசியத்தில் மஞ்சள் பிரதேசத்தில் உடையதாகும். எனவே இத்திருசியத்தில் இக்கோடு பிரகாசமாகவும் மற்றைய பகுதி மங்கலாகவும் இருக்கும். இவ்வாறு தாழ் அழுக்கத்திலுள்ள ஐதரசன் வாயுக்கூடாக மின்னோட்டம் செலுத்தப்படும் பொழுது பெறப்படும் திருசியமும் ஒரு கோட்டைச் சிவப்பிலும், இன்னொன்றை நீலம் - பச்சையிலும், மற்றொன்றை ஊதாவி

லும் அடுத்ததை ஊதாவின் ஓரத்திலும் கொண்டுள்ளதாக அமை கிறது. இத் திருசியம் மூலகங்களின் அணுக்கள் அருட்டப்படும்பொழுது ஏற்படுகின்றதாகும். இதன் விளக்கம் வருமாறு:

வாயுநிலையில் அல்லது ஆவிநிலையில் மூலகங்களின் அணுக்கள் ஐதாக்கவும் ஒன்றுக்கொன்று தூரத்திலும் இருக்கின்றன. இதனால் எந்த அணுவும் மற்றதன் ஆதிக்கத்தினால் வலுவிடவில்லை. இவை அருட் டப்படும் பொழுது மூலகத்தின் ஒழுக்கிலுள்ள ஓர் இலத்திரன் அருட் டலுக்குக் காரணமாக இருந்த சத்தி (வெப்பம் அல்லது மின்) யினிருந்து ஒருபகுதி சத்தியைப் பெறுகின்றது. ஆகவே, இது தனக்குள்ளதன் சத்தியிலும் மேலதிகமாகச் சத்தியைப் பெற்றதனால் அவ்வொழுக்கி லிருந்து அடுத்த உயர்சத்தி ஒழுக்குக்குத்தாவும், அப்பொழுது அணு உறுதியில்லாச் சமநிலையை அடைய நேரிடும். இத்தகைய நிலையில் 10<sup>-8</sup> செககனுக்கு மேல் எந்த ஓர் அணுவும் இருக்க முடியாததால் அவ்விவத்திரன் தனது பழைய ஒழுக்குக்கு மீளும். அப்பொழுது இது தன்னிலுள்ள மேலதிகச் சத்தியை இழக்கும். இச் சத்தியே ஒளியாகக் காலப்படுகிறது.

#### பட்டைத் திருசியம்

இது சேர்வைப் பொருள்களை வெப்பமாக்கப்படும் பொழுது பெறப் படும். சேர்வைப் பொருள்கள் அவற்றின் மூலகங்களுக்கு பிரிக்கப் படாதவாறு ஆவிநிலைக்கு வெப்பமாக்கப்படவில்லை பல் பிரகாசமான பட் டைகள் ஏற்படும் ஒவ்வொரு பட்டையையும் நோக்கும் பொழுது அது ஓர் ஓரத்தில் தெளிவாகவும் மற்ற ஓரத்துக்குப் போகப் போக மங்கலாகவும் தெளிவின்மையாகவும் தோற்றும். இப்பட்டையை உயர்பிரிவுவலுவுள்ள தொலைகாட்டியால் பார்க்கும்பொழுது தெளி வான ஓரத்தில் கோடுகள் நெருங்கியும், தெளிவின்மையான ஓரத் தில் ஐதாக்கவும் இருக்கக் காணப்படும். இத் திருசியத்தை வாயுநிலை யில் இருக்கும் மூலக்கூறுகளே ஏற்படுத்திகின்றன.

#### உள்ளூறிஞ்சல் திருசியம்

ஒரு வெள்ளொளி ஒளிபுகவிடத்தக்க நிறமுள்ள பொருளொன் றிற் கூடாகச் செலுத்தப்பட்டபின் வெளிவரும் ஒளியை பரிசீலிக்கும் பொழுது, தொடர்ந்த திருசியத்தில் சில பிரதேசங்கள் மறைந்து போவதை அவதானிக்க முடிகிறது இம் மறைந்த பிரதேசங்களே உள்ளூறிஞ்சல் திருசியத்தை ஆக்குகின்றன. மறைந்த கதிர்வீசல்கள் வெள்ளொளிக்குக் குறுக்கே வைக்கப்பட்ட பொருளால் உறிஞ்சப்பட் டுள்ளனவாகும். இதனால் தொடர்ந்த திருசியமொன்று ஒன்று அல் லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட இருண்ட பட்டைகள் குறுக்கிடப்பட்ட தொடர்ந்த திருசியமாகக் காட்சியளிக்கும். வெள்ளொளிக்குக்

குறுக்கே வைக்கப்படும். பொருள்கள் ஒளிபுகவிடும் திண்மங்கள் அல் லது திரவங்களாயின் அகலமான பட்டைகளை உடைய திருசியமாக வும், வாயுக்கள் அல்லது ஆவிகள் குறுக்கிடப்படும்பொழுது கோட்டு உள்ளூறிஞ்சல் திருசியமாகவும் காட்சி கொடுக்கும்.

உதாரணமாக ஞாயிற்றுத் திருசியத்தை எடுத்துக் கொள்வோ மாயின், சூரியனது அகத்தின் பகுதி அதனைச் சூழும்பிரதேசத்திலும் பார்க்க மிக்க உயர்ந்த வெப்பநிலையில் உள்ளது. ஆகவே சூரியனி லிருந்து காணப்படும் கதிர்வீசல்கள் தாழ்ந்த வெப்பநிலையிலுள்ள சூழியினிலுள்ள ஆவிகளுக்கூடாகச் செல்ல நேரிடுகின்றன. இங்கு அவ்வாறிகள் தத்தமக்குரிய கதிர்வீசல்களை உறிஞ்சுகின்றன. இறுதி யாக ஒரு ஞாயிற்றுத் திருசியத்தை நோக்குமிடத்து அது பன இருண்ட கோடுகள் குறுக்கிடப்பட்ட தொடர்ந்த திருசியமாகத் தோற்றம் அளிக்கும். இவ்விருண்ட கோடுகளே பிரெளனோவர்க் கோடுகள் எனப் படும்.

#### உத்திக் கணக்குகள்

1. 8° முறிகோணமுடைய ஒரு கிறவுண் கண்ணாடி அரியம் சிவப்புக் கும் நீலத்துக்கும் நிறந்தராதவாறு திக்கற் கண்ணாடி அரியத் துடன் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. பின்வரும் தரவுகளைக் கொண்டு (a) திக்கற் கண்ணாடியின் முறிகோணத்தையும் (b) சராசரி விலை கையும் கணிக்க.

	கிறவுண் கண்ணாடி	திக்கற் கண்ணாடி
$\mu_b$	1.523	1.665
$\mu_r$	1.513	1.645

திக்கற் கண்ணாடி அரியத்தின் முறிகோணத்தை A° என்க. ஈர் அரியங்களும் நிறந்தராச் சேர்மானமாக இருப்பின் சூத்திரத்தின்படி

$$(\mu'_b - \mu'_r)8^\circ = (\mu_b - \mu_r)A^\circ$$

$$(1.523 - 1.513)8^\circ = .02A^\circ$$

$$.01 \times 8^\circ = .02A^\circ$$

$$\therefore A = \frac{.01 \times 8}{.02} = 4^\circ$$

$$\text{கிறவுண் கண்ணாடிக்கு சராசரி } \mu' = \frac{1.523 + 1.513}{2} = 1.518$$

$$\text{திக்கற் கண்ணாடிக்கு சராசரி } \mu = \frac{1.665 + 1.645}{2} = 1.655$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{சராசரி கதிரின் விலை} &= (\mu' - 1)8^\circ - (\mu - 1)4^\circ \\ &= (1.518 - 1)8^\circ - (1.655 - 1)4^\circ \\ &= 1.524^\circ \end{aligned}$$



ஒரு திருசியமானியின் அரியத்தினது முறிவுக்குணகங்கள் சிவப் பொளிக்கும் நீல ஒளிக்கும் முறையே 1.644, 1.664 ஆகும். சிவப்பொளிக்கு இழிவுவிலகல் நிலையில் வைக்கப்பட்ட அரிய மொன்றில் ஒரு சமாந்தர ஒளிக்கற்றை படுகின்றது. அரியக் கோணம்  $60^\circ$  ஆயின், சிவப்பொளிக்கும் நீலவொளிக்குமிடையே யுள்ள கோணத்தை அவ்வொளிகள் வெளிப்படும்பொழுது கணிசிக்க.

$$\mu_r = \frac{\text{சைன் } \frac{A + D_r}{2}}{\text{சைன் } \frac{A}{2}}$$

$$\text{சைன் } \left( \frac{A + D_r}{2} \right) = 1.644 \times \text{சைன் } 30^\circ$$

$$= .8220$$

$$\therefore \left( \frac{A + D_r}{2} \right) = 55^\circ 18'$$

$$\therefore 30^\circ + \frac{D_r}{2} = 55^\circ 18'$$

$$\therefore \frac{D_r}{2} = 25^\circ 18'$$

$$\therefore D_r = 50^\circ 36'$$

இதேபோல்,

$$\mu_b = \frac{\text{சைன் } \left( \frac{A + D_b}{2} \right)}{\text{சைன் } \frac{A}{2}}$$

$$\text{சைன் } \left( \frac{A + D_b}{2} \right) = 1.664 \times \text{சைன் } 30^\circ$$

$$= .8320$$

$$\therefore \left( \frac{A + D_b}{2} \right) = 56^\circ 18'$$

$$A + D_b = 112^\circ 36'$$

$$\therefore D_b = 112^\circ 36' - 60^\circ = 52^\circ 36'$$

$$\therefore \text{நீலவொளிக்கும் சிவப்பொளிக்கு மிடையேயுள்ள கோணம்}$$

$$= 52^\circ 36' - 50^\circ - 36'$$

$$= 2^\circ$$

### தேர்வு வினாக்கள்

- 60° முறிக்கோணம் உடைய அரியமொன்றினூடு செல்லும் மஞ்சள் ஒளியின் இழிவு விலகற் கோணம் 40.5°, கண்ணாடியின் முறிவுக்குணகம் மஞ்சள் ஒளிக்கு

(i) 1.08 (ii) 1.54 (iii) 1.67 (iv) 1.8 (v) 1.72
- ஒர் அரியத்துக்கு நீல ஒளிக்கும் சிவப்பொளிக்கு முறிவுக்குணகங்கள்  $\mu_b$ ,  $\mu_r$  எனவும் விலகல்கள்  $\delta_b$ ,  $\delta_r$  எனவும், அலைநீளங்கள்  $\lambda_b$ ,  $\lambda_r$  எனவும் கொள்ளப்படின,

(A)  $\lambda_r > \lambda_b$   
 (B)  $\mu_r < \mu_b$   
 (C)  $\delta_r < \delta_b$   
 (D)  $\lambda_b > \lambda_r$   
 (E)  $\delta_r > \delta_b$

(i) A, D சரி (ii) A, B, C சரி (iii) A, C, E சரி  
 (iv) B, D, E சரி (v) A, B, E சரி
- ஒர் அரியத்துக்கு நீலஒளிக்கும் சிவப்பொளிக்கும் உரிய நிறப்பிரிக்கை வலு  $\omega_1$  ஆகவும் அதே அரியத்துக்கு செம் மஞ்சளாக்கும் பச்சைக்குமுரிய நிறப்பிரிக்கை வலு  $\omega_2$  ஆகவும், மஞ்சள் ஒளிக்குரிய முறிவுக்குணகம்  $\mu$  எனவும் கொள்ளப்படின,

(A)  $\omega_1 > \omega_2$   
 (B)  $\omega_2 > \omega_1$   
 (C)  $\omega_1(\mu - 1) > \omega_2(\mu - 1)$   
 (D)  $\omega_1(\mu - 1) = \omega_2(\mu - 1)$   
 (E)  $\omega_2(\mu - 1) > \omega_1(\mu - 1)$

(i) A, C சரி (ii) B, C சரி (iii) D சரி  
 (iv) B, E சரி (v) E சரி
- ஒர் அரியத்துக்கு நீல ஒளிக்கும் சிவப்பொளிக்கும் நிறப்பிரிக்கை வலுவைத் தருவன

(A)  $\frac{\mu_b - \mu_r}{1 - \mu}$  (B)  $\frac{\mu_b - \mu_r}{\mu - 1}$   
 (C)  $\frac{d_b - d_r}{d}$  (D)  $\frac{d_b - d_r}{d - 1}$   
 (E)  $\frac{\mu_b - \mu_r}{d}$

(i) A சரி (ii) B மட்டும் சரி (iii) C சரி  
 (iv) B, C சரி (v) C, E சரி

5. ஓர் அரியத்திற்கு நீல ஒளிக்கும், சிவப்பொளிக்கும், பின்வரும் பெறுமானங்கள் தரப்பட்டன.  $\mu_b = 1.521$ ,  $\mu_r = 1.51$ ,  $A = 8^\circ$   
இதன் கோண நிறப்பிரிக்கை  
(i)  $0.11$  (ii)  $0.09^\circ$  (iii)  $24.23^\circ$  (iv)  $1.01^\circ$   
(v)  $14.06^\circ$
6. இதனில் சராசரி விலகல்  
(i)  $0.09^\circ$  (ii)  $24.23^\circ$  (iii)  $1.01^\circ$  (iv)  $4.1^\circ$  (v)  $8.2^\circ$
7. அரியம் P க்கு  $\mu_b = 1.521$ ,  $\mu_r = 1.51$ ,  $A = 6^\circ$   
அரியம் Q க்கு  $\mu_b = 1.665$ ,  $\mu_r = 1.645$ , ஆயின் இவை நிறத்தரச அரியங்களாக ஒன்றாகச் சேர்ப்பிக்க Q விட கோணம் A  
(i)  $6.6^\circ$  (ii)  $3.3^\circ$  (iii)  $1.65^\circ$  (iv)  $419.5^\circ$  (v)  $8.25^\circ$
8. மேற்கூறிய சேர்மானத்தில் நிகழும் சராசரி விலகல்  
(i)  $6.6^\circ$  (ii)  $1.65^\circ$  (iii)  $0.93^\circ$  (iv)  $1.86^\circ$   
(v)  $7.53^\circ$  இருத்தல் வேண்டும்.
9. கட்டியானதும் திருசியத்தில் சவியம் வாயுவின் கோடுகள் ஏறி படுதற்குக் காரணம்  
(i) அதிர்வுறும் மூலக்கூறுகளிலிருந்து சத்தி காலப்படுவதால்  
(ii) அதிர்வுறும் அணுக்களிலிருந்து சத்தி காலப்படுவதால்  
(iii) சுழற்சியுறும் மூலக்கூறுகளிலிருந்து சத்தி காலப்படுவதால்  
(iv) வெவ்வேறு ஒழுக்குகளுக்கிடையே ஏற்படும் இடைத்திரன் தரவல்களால்  
(v) அணுக்கரு அதிர்வதால்
10. ஞாயிறுத் திருசியத்தில் பிரெளனோவரீக்கோடுகள் ஏற்படுவது  
(i) புவிவீல் வளிமண்டலத்தால் ஒளி உறிஞ்சப்படுவதால்  
(ii) புவிவீல் வளிமண்டலத்திலுள்ள துணிக்கைகள் ஒளியை சிதறச் செய்வதால்  
(iii) சூரியனின் வெளிப்பாகத்திலிருக்கும் குளிர்ந்த வாயுக்கள் ஆனிகள், சில நிற ஒளிகளை உறிஞ்சுவதால்  
(iv) சூரியனில் சில மூலகங்கள் இல்லாமையால்  
(v) மேற்கூறிய ஒன்றினாலும் அவை.

வினாக்கள்

1. ஒரு வெள்ளொளிக்கதிர்,  $6^\circ$  கிறவுண் கண்ணாடி அரியத்தில் சிறு படுகோணத்தில் படுகின்றது. சராசரி விலகலையும், நீலத்துக்கும்

சிவப்புக்கு மிடையேயுள்ள கோண நிறப்பிரிக்கையையும் பின்வரும் தரவுகளைக் கொண்டு கணிக்க.

	கிறவுண் கண்ணாடி.	தீக்கறி கண்ணாடி.
$\mu_b$	1.54	1.66
$\mu_r$	1.52	1.62
$\mu$	1.53	1.64

[விடை:  $3.18^\circ$ ,  $0.12^\circ$ ]

2. நிறப்பிரிக்கைவலு, கோண நிறப்பிரிக்கை, சராசரி விலகல் என்றால் என்ன? மேல் தரவுகளைக் கொண்டு கிறவுண் கண்ணாடிக்கும் தீக்கறி கண்ணாடிக்கும் நிறப்பிரிக்கை வலுக்களைக் கணிக்க.  
[விடை:  $0.038$ ,  $0.063$ ]
3. ஒரு நேர்பாரிவைத் திருசியம் காட்டி கிறவுண் கண்ணாடி அரியத்தாலும் தீக்கறி கண்ணாடி அரியத்தாலும் செய்யப்பட்டது. தீக்கறி கண்ணாடியின் அரியத்தின் கோணம்  $5^\circ$  ஆயின் கிறவுண் கண்ணாடி அரியத்தின் கோணம் என்ன? இச்சேர்மானத்தால் சிவப்பொளிக்கும் நீலவொளிக்குமிடையே யுண்டாகும் நிறப்பிரிக்கையைக் கணிக்க. தரவுகளை மேல் தரப்பட்டுள்ளன.  
[விடை:  $6.04^\circ$ ,  $0.08$ ]
4. (a) (i) சிவப்பொளியும் நீலவொளியும் நிறத்தரசமல் இருப்பதற்கு  
(ii) சராசரி ஒளிவிலகல் இல்லாதிருப்பதற்கு சிறுகோணக் கையுடைய தீக்கறி கண்ணாடி கிறவுண் கண்ணாடி அரியங்களுக்கிடையேயுள்ள தொடர்பைப் பெறுக.  
(b) சிறு படுகோணத்தில் சிறு கோண அரியத்தில் படும் கதிர்களுக்குரிய விலகலுக்கான தொடர்பைப் பெறுக.
5. நிறப்பிரிக்கை, நிறப்பிரிக்கைவலு என்பவற்றை விளக்குக. கண்ணாடியின் நிறப்பிரிக்கை வலுவை அளப்பதற்கு ஒரு பரிசோதனை தருக.  
 $6^\circ$  கிறவுண் கண்ணாடி அரியத்துடன் நேர்பாரிவைத் திருசியம் காட்டி அமைப்பதற்கு உபயோகிக்க வேண்டிய தீக்கறி கண்ணாடி அரியத்தினது கோணத்தைக் கணிக்க.

	கிறவுண் கண்ணாடி.	தீக்கறி கண்ணாடி.
$\mu_r$	1.518	1.624
$\mu_b$	1.542	1.640

[விடை:  $4.98^\circ$ ,  $0.0043$ ]

6.  $5^\circ$  முறிகோணத்தையும்  $1.51$  சராசரி முறிவுக்குணகத்தையு முடைய ஒரு கிறவுண் கண்ணாடி அரியம்  $1.65$  முறிவுக்குணக முடைய தீக்கறகண்ணாடி அரியத்துடன் சராசரிவிலகல் ஏற்படுத்த தாதவாறு சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. தீக்கற கண்ணாடி அரியத்தின் கோணத்தைக் காண்க.

கிறவுண் கண்ணாடி அரியத்துக்கு சிவப்பு நீலக் கதிர்களுக்கிடையே யுள்ள வித்தியாசம்  $0.0085$ , தீக்கறகண்ணாடி அரியத்துக்கு இவற்றிற்கான வித்தியாசம்  $0.0162$  சேர்மான அரியத்திலிருந்து வெளிவரும் சிவப்பு நீலக் கதிர்களுக்கிடையேயுள்ள கோணத்தைக் காண்க. (விடை:  $3.92^\circ, 0.021^\circ$ )

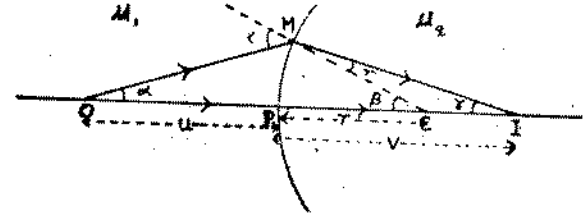
7. ஒரு கண்ணாடி அரியத்தின்  $\mu_r = 1.514$ ,  $\mu_b = 1.523$  வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம்  $3 \times 10^8$  கிலோமீற்றர் ஆயின், அரியத்தில் சிவப்பொளியினதும் நீலவொளியினதும் வேகங்களுக்கிடையே யுள்ள வித்தியாசத்தைக் கணிக்க. (விடை:  $1170$  கி.மீ./செக.)

8. ஒரு திருசியமானியினது அரியத்தின் முறிகோணம்  $60^\circ$ , சிவப் பொளிக்கும் நீலவொளிக்குமுள்ள, இதன் முறிவுக்குணகங்கள் முறையே  $1.514$ ,  $1.53$  ஒரு வெள்ளொளி உபயோகிக்கப்பட்டு கருவி சிவப்பொளிக்கு இழிவுவிலகல் ஒழுங்கு செய்யப்பட்டுள்ளது. (a) அரியத்தில் ஒளிபடும் படுகோணத்தையும் (b) ஊதா வொளியின் வெளிப்படு கோணத்தையும் (c) திருசியத்தின் கோண அகலத்தையும் காண்க. (விடை: (a)  $49^\circ 12'$  (b)  $50^\circ 38'$  (c)  $1^\circ 26'$ )

## அத்தியாயம் 7

### வளைந்த கோள மேற்பரப்பில் முறிவு

ஒரு வளைந்த மேற்பரப்பினால் பிரிக்கப்படும் ஈர் ஒளிபுகவிடும் பொருள் ஊடகங்களைக் கருத்திற்கொள்க. இங்கு MP ஒரு பிரிக்கும் பரப்பு எனத் தொழிற்படும். இவ்விரு ஊடகங்களினதும் முறிவுக் குணங்கள் முறையே  $\mu_1, \mu_2$  எனின், பிரிக்கும் பரப்பிற்கு முன்னால் இருக்கும் O என்னும் பொருளிலிருந்து புறப்படும் OM, OP என்னும் கதிர்கள் படம் 76 இல் காட்டியவாறு M இலும் P இலும் படும் முறிந்து செல்லும். ஆனால் P இல் படும் கதிர் OP முறிவடையாது PI வழியே செல்லும். M இல் படும் OM என்னும் கதிர் MI வழியே முறிவடைந்து செல்லும். M ஆனது P க்கருகேயுள்ள புள்ளியாகும். C என்பது வளைந்த மேற்பரப்பின் வளைவுமையம். ஆகவே CP அம் மேற்பரப்பின் வளைவினரை. அவ்வாறு CM உம் ஒரு வளைவினரை. அதனால் M இல் CM ஒரு செவ்வனுமாகும்;



படம் 76

OM என்னும் எதிர், i என்னும் படுகோணத்தையும், MI என்னும் முறிகதிர் r என்னும் முறிவுக்கோணத்தையும் CM என்னும் செவ்வனுடன் ஆக்குகின்றன.

$$\text{மேலும் } \angle MOP = \alpha; \quad \angle MCB = \beta \quad \angle MIP = \gamma$$

$$\text{பிரிக்கும் பரப்பில் முறிவு நிகழ்வதால், முறிவு விதிக்கமைய}$$

$$\mu_1 \text{ சைன் } i = \mu_2 \text{ சைன் } r \quad \text{----- (1)}$$

ஆனால் i உம் r உம் சிறுகோணங்களாகவும் ஆரையன்களிலும் இருக்கின்றனவால் சமன்பாடு (1) வருமாறு எழுதப்படும்.

$$\mu_1 i = \mu_2 r \quad \text{----- (2)}$$

இப்பொழுது  $\triangle OMC$  இல்,

$$i = \alpha + \beta$$

$\Delta IMC$  இல்,

$$r = \beta - \gamma$$

$i$  இனதம்  $r$  இனதம் இப்பெறுமானங்களை (2) இல் பிரதியிடுக.

$$\therefore \mu_1 (a + \beta) = \mu_2 (\beta - \gamma)$$

அதாவது,  $\mu_1 a + \mu_2 \gamma = (\mu_2 - \mu_1) \beta$  ——— (3)

$a, \beta, \gamma$  சிறியனவாகையால்

$$a = \frac{h}{PO}; \quad \beta = \frac{h}{PC}; \quad \gamma = \frac{h}{PI}$$

இங்கு  $h$  ஆனது  $M$  இலிருந்து முதலச்சக்கிக்குக் கீறப்படும் செங்குத்தின் உயரமாகும். பொருட்டுரம்  $u$  எனவும், விம்பதூரம்  $v$  எனவும் வளைவினரை  $r$  எனவும் கொள்ளப்படின் புதுத் தெக்காட்டினது குறி வழக்கின்படி

$$PO = -u; \quad PC = +r; \quad PI = +v$$

எனவே சமன்பாடு (3) வருமாறு எழுதப்படும்.

அதாவது,

$$\mu_1 \frac{h}{-u} + \mu_2 \frac{h}{+v} = (\mu_2 - \mu_1) \frac{h}{+r}$$

$$\therefore -\frac{\mu_1}{u} + \frac{\mu_2}{v} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{r}$$

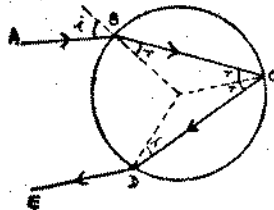
அதாவது,

$$\frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{r}$$

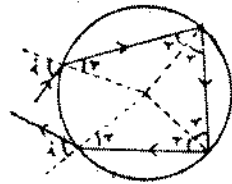
மேலும் ஊடகமானது வளியால் சூழப்பட்டின்,  $\mu_1 = 1$  உம்  $\mu_2 = \mu$  வுமாகும்; அப்பொழுது குத்திரம்

$$\frac{\mu}{v} - \frac{1}{u} = \frac{\mu - 1}{r}$$

கோளத்தினால் ஒளியின் விலகல்



(a) படம்: 77



(b)

AB என்னும் வளியிலுள்ள கதிர் ஒரு கண்ணாடிக் கோளத்தில் அல்லது நீர்த்துளியில் படுகிறதெனக் கொள்க. அது B இல் முறிவடைந்து, பின் C இல் தெறிப்புற்று இறுதியில் D இலிருந்து DE வளியே வளிக்கு வெளிப்படும். B இல் படுகோணமும் முறிவுக்கோணமும்  $i$  உம்  $r$  உமாயின் B இல் ஏற்படும் விலகல்  $(i-r)$  ஆகும். C இல் ஏற்படும் விலகல்  $(180-2r)$  ஆகும். அத்துடன் D இல் ஏற்படும் விலகலும்  $(i-r)$  ஆகும். ஆகவே வலஞ்சுழியாக ஏற்படும் மொத்த விலகல்,

$$\begin{aligned} b &= 2(i-r) + 180^\circ - 2r \text{ (படம் 77a)} \\ &= 180 + 2i - 4r \end{aligned} \quad \text{———— (1)}$$

மேலும் கோளத்தினுள் நிகழும் ஒவ்வொரு தெறிப்புக்கும் விலகல்  $180-2r$  எனவும் கோளத்தில் ஒவ்வொரு முறிவுக்கும் விலகல்  $(i-r)$  எனவும் அறியப்படமுடிகிறது. எனவே படம் 77b ஐ நோக்கும் பொழுது ஒரு கதிரானது கோளத்தினுள் இரு தெறிப்புக்களையும் கோளத்தில் இரு முறிவுகளையும் அடைகின்றது. ஆகவே இதனில் வலஞ்சுழியாக ஏற்படும் மொத்த விலகல்,

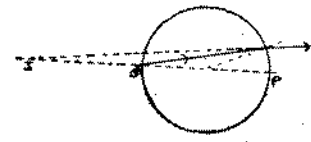
$$\begin{aligned} &= 2(i-r) + 2(180^\circ - 2r) \\ &= 360 + 2i - 6r \end{aligned}$$

இதன்பொருட்டு கோளத்தினுள்  $n$  தெறிப்புக்கள் ஏற்படின் மொத்த விலகல்  $= 2(i-r) + n(180^\circ - 2r)$  ஆகும்.

வானவில் தோற்றுவதும் இதன் அடிப்படையிலேயே. அதாவது, வளியில் தொங்கும், நீர்த்துளிகளின்மீது படும் சூரியவொளியானது, ஒரு கோளத்தினுள் படும் ஒளி முறிவுற்று பின் தெறிப்புற்று வெளி வருகிறதைப்போல், வருகின்றதாகும். இவ்விதம் முறிவுற்று வரும் சூரியவொளி நிறப்பிரிக்கையடைகின்றது; அந்நிறப் பிரிக்கை வானவில் என்னும் காட்சியைக் கொடுக்கின்றது.

உத்திக் கணக்கு

1: 10 சமீ. ஆரையுடைய கண்ணாடிக் கோளமொன்றின் மேற்பரப்பில் ஒட்டப்பட்ட ஒரு சிறு கட்டாசுத்துண்டை அக்கண்ணாடியினூடு நேர்எதிரே பார்க்கும்பொழுது விம்பத்தின் நிலையைக் காண்க. பொருள் முடிவிலியிலிருப்பின் கோளத்தினால் உண்டாகப்படும் விம்பத்தின் நிலையைக் காண்க.



(a) படம்: 78



(b)

கடதாசித்துண்டு படம் 78a இல் காட்டப்பட்டவாறு Oவில் ஒட்டப்பட்டுள்ளது. இப்பொழுது முறிமேறிபரப்பு P இலுள்ளதாகும்.

புதுத்தெக்காட்டின் குறிவழக்கின்படி,

$$\text{பொருட்டேரம் } PO = -20 \text{ சமீ.}$$

$$\text{விம்பதூரம்} = v$$

$$\text{அத்துடன் } \mu_2 = 1.5 \quad \mu_1 = 1$$

$$\text{வளைவீஞரை} = -10 \text{ சமீ.}$$

$$\text{குத்திரம் } \frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{r} \text{ இல் இப் பெறுமானங்களைப்}$$

பிரதியிடுக.

மேலும் பொருள் கண்ணாடியிலும் விம்பம் வளியிலும் இருக்கிறதாகும்.

$$\therefore \frac{1}{v} - \frac{1.5}{-20} = \frac{1-1.5}{-10}$$

$$\frac{1}{v} + \frac{3}{40} = \frac{1}{20}$$

$$\therefore \frac{1}{v} = \frac{1}{20} - \frac{3}{40} = -\frac{1}{40}$$

$$\therefore v = -40 \text{ சமீ.}$$

\(\therefore\) P இலிருந்து விம்பத்தின் தூரம் இடமாக 40 சமீ. ஆகும்.

படம் 77 (b) இல் முகம் N இல் முறிவு நிகழும்பொழுது,

$$\text{பொருட்டேரம்} = \infty$$

$$\text{வளைவீஞரை} = +10$$

$$\text{விம்பதூரம்} = v$$

$$\frac{1.5}{v} - \frac{1}{\infty} = \frac{1.5-1}{+10}$$

$$\frac{1.5}{v} = \frac{1}{20}$$

$$v = 1.5 \times 20 = 30 \text{ சமீ.}$$

N இலிருந்து வலப்பக்கமாக விம்பதூரம் 30 சமீ.

இனி P இல் முறிவு நிகழும்பொழுது

$$\text{பொருட்டேரம்} = +10 \text{ சமீ.}$$

(இவ்விம்பம் ஒரு மாயப் பொருளாகத் தொழிற்படும்)

$$\text{வளைவீஞரை} = -10 \text{ சமீ.}$$

$$\text{விம்பதூரம்} = v'$$

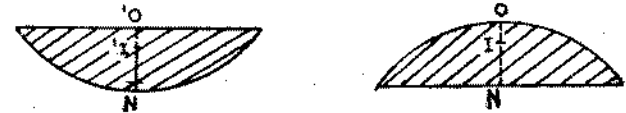
$$\frac{1}{v'} - \frac{1.5}{10} = \frac{1-1.5}{-10}$$

$$\frac{1}{v'} = \frac{3}{20} + \frac{1}{20} = \frac{4}{20}$$

$$v' = 5 \text{ சமீ.}$$

\(\therefore\) விம்பதூரம் P இலிருந்து வலப்பக்கமாக 5 சமீ. ஆகும்;

2. ஒரு தடித்த தளக்குவிவில்லையின் தோற்றத் தடிப்பு (a) அதன் தளமுகம் மேல்முகமாகவும் (b) குவிமுகம் மேல்முகமாகவும் இருக்கும்பொழுது அளக்கப்பட்ட அப்பெறுமானங்கள் முறையே 3 சமீ., 3½ சமீ. ஆக இருந்தது. வில்லையின் உண்மையான தடிப்பு 4.5 சமீ ஆயின் கண்ணாடியின் முறிவுக்குணகத்தையும், குவிமுகத்தின் வளைவீஞரையையும் கணிசிக்க



(a) படம் 79

(b)

படம் 79 (a) இல் தளமுகம் மேல்முகமாக இருப்பதால்,

$$\mu = \frac{\text{உண்மை ஆழம்}}{\text{தோற்றவாழம்}} = \frac{4.5}{3} = 1.5$$

\(\therefore\) கண்ணாடியின் முறிவுக்குணகம் = 1.5

படம் 79 (b) இல் குவிமுகம் மேல்முகமாக இருப்பதால் இங்கு குவிமுகத்தில் முறிவு நிகழுகின்றது.

குத்திரப்படி,

$$\frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{r} \text{ ஆகும்}$$

$$\text{இங்கு, } \mu_2 = 1; \quad \mu_1 = 1.5$$

புதுத்தெக்காட்டுக் குறிவழக்கின்படி

$$u = -4.5; \quad v = -3\frac{1}{2} \text{ சமீ.}$$

இவற்றை மேற்குத்திரத்தில் பிரதியிடுக.

$$\frac{3}{-10} - \frac{1.5}{-4.5} = \frac{1-1.5}{r}$$

$$\frac{3}{-10} + \frac{1}{3} = \frac{1-1.5}{r} = \frac{-0.5}{r}$$

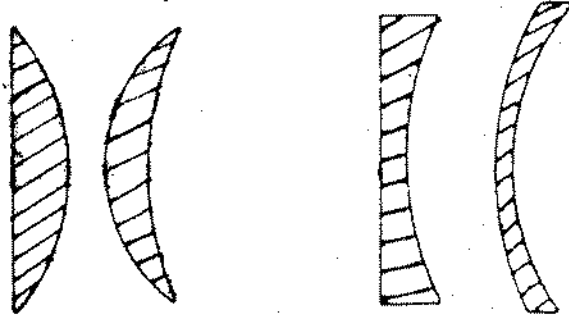
$$\frac{1}{30} = -\frac{.5}{r}$$

$$r = -.5 \times 30 = -15$$

∴ வளைவினாரை = 15 சமீ.

மெல்லிய வில்லைகள்

ஒரு வில்லை கண்ணாடியால் ஆக்கப்பட்டதும் ஒன்று அல்லது இரண்டு கோளமேற்பரப்புக்களால் எல்லைப்படுத்தப்பட்டதுமான ஒரு பொருள் ஆகும். இரட்டைக் குவிவில்லை குழிவில்லைகளைத் தவிர வேறும் வில்லைகள் இருக்கின்றன. அவை படம் 80 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.



கனக் குவிக்கலை குவிக்கலை குறிவுக்கலை தளக் குறிக்கலை குறிக்கலை குவிக்கலை  
படம் 80

வில்லையின் வளைவுமையம்

வில்லையின் மேற்பரப்பு கோளமொன்றின் ஒரு பகுதியாகும். ஆகவே அக்கோளத்தின் மையம் அவ்வில்லையினது மேற்பரப்பின் வளைவுமையம் எனப்படும்.

வில்லையின் தலைமை அச்ச

வில்லையொன்றின் இரு மேற்பரப்புக்களினது வளைவுமையங்களை இணைக்கின்றதும் அதன் மையத்தினூடு செல்கின்றதுமான கோடு வில்லையின் தலைமை அச்ச எனப்படும்.

தலைமைக் குவியம்

தலைமை அச்சுக்குச் சமாந்தரமாகவும் அண்மையாகவும் செல்லும் கதிர்கள் வில்லையில் முறிவுற்றபின் தலைமை அச்சில் ஒரு புள்ளியில் குவியும் அல்லது ஒரு புள்ளியிலிருந்து விரிவதுபோலத் தோற்றும். அப்புள்ளி வில்லையின் தலைமைக் குவியம் எனப்படும்.

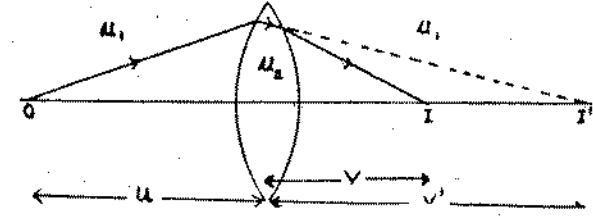
ஒளியியல் மையம்

வில்லையினூடு விலகலற்றுச் செல்லும் ஓர் ஒளிக்கதிர் தலைமை யச்சை ஒரு புள்ளியில் வெட்டும். அப்புள்ளி ஒளியியல் மையம் எனப்படும்.

குவியத்தூரம்

ஒளியியல் மையத்திலிருந்து தலைமைக் குவியத்துக்குள்ள தூரம் குவியத்தூரம் எனப்படும்.

வில்லையினூடு முறிவு



படம் 81

$\mu_2$  என்னும் முறிவுக்குணகமுடைய திரவியத்தாலான ஒரு மெல்லிய வில்லையைக் கருத்திற் கொள்க. இது  $\mu_1$  என்னும் முறிவுக்குணக முடைய ஊடகத்தினுள் இருக்கிறதெனவும் கொள்க.  $r_1, r_2$  இல் வில்லையின் மேற்பரப்புக்களினது வளைவினாரைகளாகும். இவ் வில்லைக்கு முன்  $\mu_1$  என்னும் ஊடகத்தில் O என்னும் பொருள் இருப்பின் அதிலிருந்து புறப்படும் கதிர் வில்லையின் முதலாம் மேற்பரப்பில் முறிவடைந்து பின்பு வில்லைத் திரவியத்தினூடு சென்று அதன் இரண்டாம் மேற்பரப்பிலும் முறிவடைந்து I என்னும் புள்ளியில் ஒரு விம்பத்தை ஆக்கும்.

முதலாம் மேற்பரப்பில் முறிவு நிகழும்பொழுது பொருள் O வின் விம்பமானது I' இல்  $\mu_2$  என்னும் முறிவுக்குணகமுடைய ஊடகத்தில் தோற்றும். இதற்கிணங்க சூத்திரம் வருமாறு எழுதப்படும்;

$$\frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{r_1} \quad \text{--- (1)}$$

இனி இரண்டாம் மேற்பரப்பில் முறிவு நிகழும்பொழுது I' இல் உள்ள விம்பம் ஒரு மாயப்பொருளாகச் செயற்படும்; அப்பொழுது இதற்குரிய விம்பமானது I இல்  $\mu_1$  என்னும் முறிவுக்குணகமுடைய ஊடகத்தில் தோற்றும். ஆகவே இதனைக் குறிக்கும் சூத்திரம் வருமாறு அமையும்;

$$\frac{\mu_1}{v} - \frac{\mu_2}{v'} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{r_2} \quad \text{--- (ii)}$$

(i) ஐயும் (ii) ஐயும் கூட்டும்பொழுது,

$$\frac{\mu_1}{v} - \frac{\mu_1}{u} = (\mu_2 - \mu_1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \text{ பெறப்படும்}$$

இது  $\mu_1$  இனால் பிரிக்கப்படும்பொழுது,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \left( \frac{\mu_2}{\mu_1} - 1 \right) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad \text{--- (iii)}$$

பெறப்படும்.

வில்லை வளியில் இருப்பின் அத்துடன் வில்லையினது முறிவுக்குணகம்  $\mu$  வுமாயின் மேற்சமன்பாடு வருமாறு எழுதப்படும்:

அதாவது,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

குறிப்பு: கணகங்கள் செய்யும்பொழுது இச் சூத்திரங்களில் காணப்படும்  $u, v, r_1, r_2$  பெறுமானங்களுக்குத் தகுந்த குறிகளை இடல் வேண்டும்.

இப்பொழுது தலைமை அச்சுக்கு அண்மையாக சமாந்தரக் கதிர்கள் வில்லையில் படின் அவை தலைமை அச்சில் உள்ள குவியத்தில் சந்திக்கும். அப்பொழுது  $u = \infty, v = f$

$$\therefore \frac{1}{f} - \frac{1}{\infty} = \left( \frac{\mu_2}{\mu_1} - 1 \right) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\therefore \frac{1}{f} = \left( \frac{\mu_2}{\mu_1} - 1 \right) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

சமன்பாடு (iii) இல், வலப்பக்கத்துக்கு  $\frac{1}{f}$  ஐ பிரதியிடுவீன்.

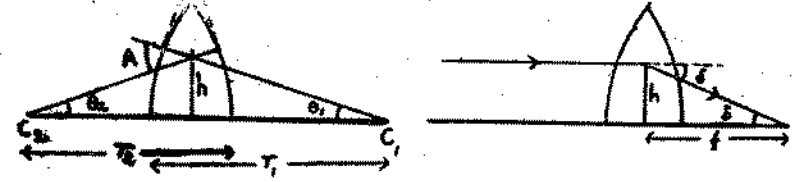
$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ என்னும் சூத்திரம் பெறப்படும்.}$$

இதுவே வில்லைச் சூத்திரம்

$$\text{மேலும் } \frac{1}{f} = \left( \frac{\mu_2}{\mu_1} - 1 \right) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \text{ என்பதிலிருந்து ஒரு}$$

வில்லையின் குவியத்தூரம் அது ஆக்கப்பட்ட திரவியத்தின் முறிவுக் குணகத்திலும் அதனைச் சூழும் ஊடகத்தின் முறிவுக் குணகத்திலும், வில்லையின் மேற்பரப்புக்களின் வளைவினாரைகளிலும் தங்கியுள்ளதென்பது வெளிப்படையாகிறது.

வில்லை முறையால் மேற்கூத்திரத்தைப் பெறல்



(a) படம் 82

(b)

ஒரு மெல்லிய வில்லை பல சிறுகோண அரியங்களால் ஆக்கப்பட்டதொன்றைக் கொள்ளப்படும். படம் 82 (a) இல்  $C_1, C_2$  வில்லையின் மேற்பரப்புக்களினது வளைவுமையங்களாகும். படம் 82 (a) இல் காட்டப்பட்டுள்ள வளைவினாரைகள் ஒன்றையொன்று வெட்டும்பொழுது ஆக்கும் கோணம், அவ்வில்லைப் பகுதியின் அரியத்தோணம் A க்குச் சமனாகும். எனவே படம் 82 (a) இல்

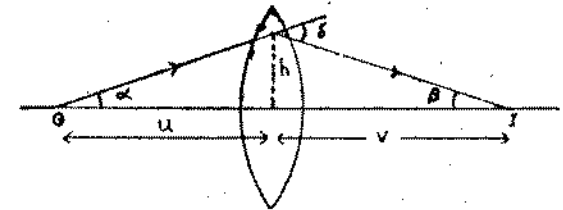
$$A = \theta_1 + \theta_2 = \frac{h}{r_1} - \frac{h}{r_2} \text{ (புதுத்தெக்காட்டு வழக்கின்படி)}$$

$$\begin{aligned} \text{ஆனால் } d &= (\mu - 1) A = (\mu - 1) (\theta_1 + \theta_2) \\ &= (\mu - 1) \left( \frac{h}{r_1} - \frac{h}{r_2} \right) \end{aligned}$$

படம் 82 (b) இலிருந்து  $d = \frac{h}{f}$

$$\frac{h}{f} = (\mu - 1) \left( \frac{h}{r_1} - \frac{h}{r_2} \right)$$

$$\therefore \frac{1}{f} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$



படம் 83

மேலும் 83 இல் O என்னும் பொருளிலிருந்து புறப்படும் கதி ரொன்று வில்லையில் h என்னும் உயரத்தில் படும்பொழுது i என்னும் விலகலை அடைந்து I என்னும் புள்ளியில் ஒரு விம்பத்தை ஆக்கும்;

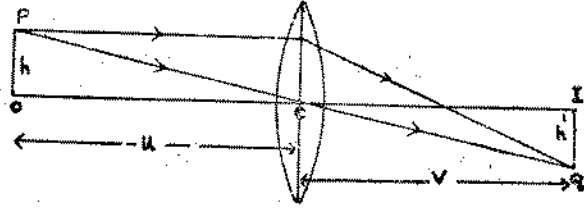
$$\text{இங்கு } i = \alpha + \beta = \frac{h}{-u} + \frac{h}{v}$$

$$\text{அத்துடன் } i = \frac{h}{f} \text{ (படம் 82 b)}$$

$$\therefore \frac{h}{f} = \frac{h}{-u} + \frac{h}{v}$$

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

வில்லைச் சூத்திரத்தோடு மேலும் சம்பந்தப்பட்ட சூத்திரங்கள்



படம் 84

உருப்பெருக்கம் =  $\frac{\text{விற்பத்தின் உயரம்}}{\text{பொருளின் உயரம்}} = \frac{h'}{h}$

Δ ங்கள் OPC, IQC வடிவொத்தவையாகையால்

$$\frac{OP}{IQ} = \frac{CO}{CI}$$

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

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

∴ உருப்பெருக்கம்  $m = \frac{v}{u}$

இனி  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  ஐ எடுக்க.

இதனை v ஆல் பெருக்குக. அப்பொழுது,

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

அதாவது  $1 - m = \frac{v}{f}$

∴  $m = 1 - \frac{v}{f}$  ——— (i)

மேலும்  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  / u இனால் பெருக்கப்படிக

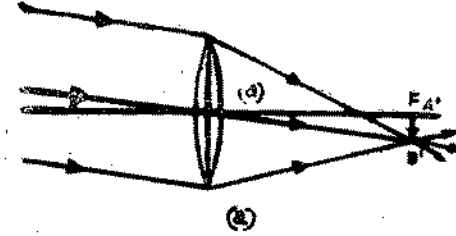
$$\frac{u}{v} - 1 = \frac{u}{f} \text{ பெறப்படும்.}$$

$$\Delta \frac{1}{m} - 1 = \frac{u}{f}$$

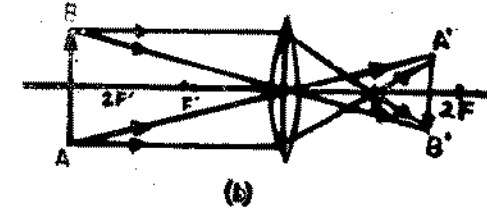
∴  $\frac{1}{m} = 1 + \frac{u}{f}$  ——— (ii)

இவ்விரகு சூத்திரங்களிலும் i ஐத் துணிய வேண்டுமாயின் v, u, m என்பவற்றிற்கு குறியழக்குத் தகுந்தவாறு, பிரதியிடப்படல் வேண்டும்;

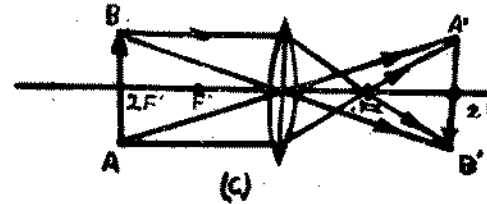
வில்லைகளின் விம்பங்கள்



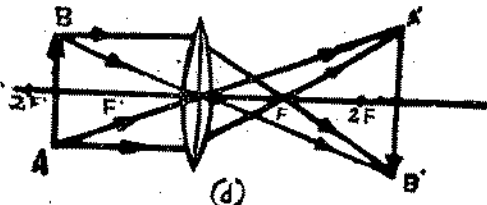
பொருள் முடிவிலியில் விம்பம் F இல் தலைகீழானது, சிறியது, மெய்யானது.



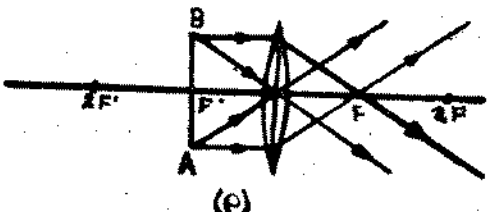
பொருள் 2F'க்கு அப்பால், விம்பம் Fக்கும் 2Fக்கும் இடையில் தலைகீழானது சிறியது, மெய்யானது.



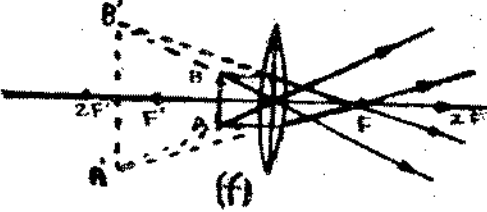
பொருள் 2F'இல், விம்பம் 2Fஇல். தலைகீழானது, பொருளளவு பருமனுடையது, மெய்யானது.



பொருள் 2F'க்கும் F'க்கும் இடையில், விம்பம் 2Fக்கு அப்பால், தலைகீழானது. மெய்யானது, உருப்பெருக்கது.



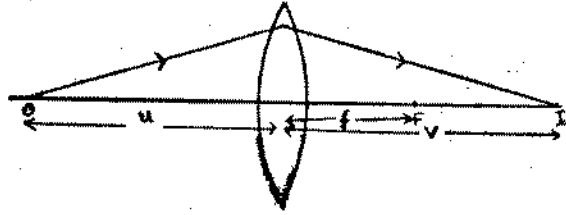
பொருள் F' இல், விம்பம் முடிவிலியில்;



பொருள் F'க்கும் வில்லைக்குமிடையில் விம்பம் பொருளுக்குப் பின்னே நிமிர்ந்தது பெரியது. மாயமானது.



ஒரு குவிவில்லையில் பொருளுக்கும் மெய்வீம்பத்துக்கு விடையில் அதி குறைந்த தூரம்



படம் 86

ஒரு குவிவில்லையில் O என்னும் பொருளின் மெய்வீம்பம் I ஆகும். இங்கு விம்பதூரம் x எனவும், பொருளுக்கும் விம்பத்துக்கு மிடையிலுள்ள தூரம் d எனவும் கொள்ளப்படின,

பொருட்டுரம் = - (d - x) ஆகும்

$$\therefore u = - (d - x)$$

$$v = + x$$

$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  இல் இவற்றைப் பிரதியிட்டால்

$$+\frac{1}{x} - \frac{1}{-(d-x)} = +\frac{1}{f}$$

$$\therefore \frac{1}{x} + \frac{1}{d-x} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{d}{x(d-x)} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore x^2 - dx + df = 0$$

ஒரு மெய்வீம்பத்துக்கு இருபடிச் சமன்பாட்டின் மூலங்கள் மெய்யாக இருத்தல் வேண்டும்; ஒரு பொது இருபடிச் சமன்பாடு  $ax^2 + bx + c = 0$  என்பதற்கு மூலங்கள் மெய்யாக இருப்பதற்குரிய நிபந்தனை  $b^2 - 4ac > 0$  ஆகும். இதன் பிரகாரம்

$x^2 - dx + df = 0$  இன் மூலங்கள் மெய்யாக இருப்பதற்கு

$$d^2 - 4df > 0$$

$$d^2 > 4df$$

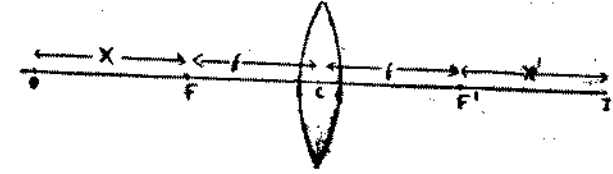
$$d > 4f$$

எனவே பொருளுக்கும் மெய்வீம்பத்துக்குமிடையே அதிகுறைந்த தூரம் 4f ஆக இருத்தல் வேண்டும்,

இணக்குவியங்கள், நியூற்றனின் தொடர்பு

ஒரு வில்லைக்கு முன்னால் இருக்கும் O என்னும் பொருளைக் கருதி நிற கொள்க. இதன் விம்பம் I இல் தோற்றும். ஒளிக்கதிர்கள் நேர்

மாறுக்கத் தகையவாதவினும், I இல் ஒரு பொருள் வைக்கப்படின அதன் விம்பம் O வில் தோற்றும்முகும். எனவே புள்விகள் O வும் I உம் நேர்மாறுக்கத்தகையவாகும். இப்புள்விகள் இணக்குவியங்கள் எனப் பெயர் பெறும். F, F' என்னும் குவிவில்களிலிருந்து பொருட்டுரம், விம்பதூரம் முறையே x, x' ஆயின், நியூற்றன்  $xx' = f^2$  எனக் கரட்டியுள்ளார்.



படம் 87

இதனை நிறுவுக

பொருட்டுரம்  $u = - (x + f)$

விம்பதூரம்  $v = + (x' + f)$

$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  இல் இவற்றைப் பிரதியிடுக.

$$\frac{1}{x' + f} - \frac{1}{-(x + f)} = +\frac{1}{f}$$

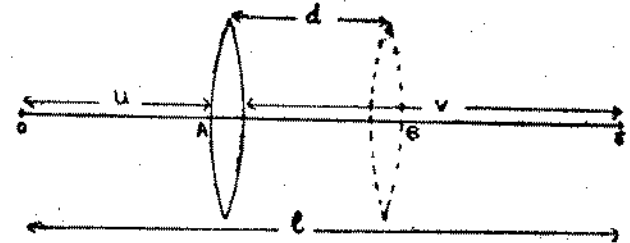
$$\therefore \frac{1}{x' + f} + \frac{1}{x + f} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{x + f + x' + f}{xx' + fx' + fx + f^2} = \frac{1}{f}$$

$$fx + f^2 + fx' + f^2 = xx' + fx' + fx + f^2$$

$$\therefore xx' = f^2$$

திரையும் பொருளும் நிலைமாக இருக்க வில்லையின் இடப்பெயர்ச்சி



படம்: 88

A இல் குவிவில்லை இருக்கும்பொழுது பொருள் O ஆயின் அதன் விம்பம் I ஆகும்; இங்கு, விம்பதூரம் (v) பொருட்டுரத்திலும் (u) செரி

தானதால் விம்பம் பொருளிலும் பெரிதாகும்: O விலும் I இலும் பொருளும் திரையும் இவ்வாறு நிலையாக இருக்க வில்லையைத் திரையை நோக்கி நகர்த்துவதன் மூலம் இன்னொரு சிறுத்த விம்பத்தைத் திரையில் பெறலாம்; அப்பொழுது வில்லை, B இல் இருக்கிறதாகும்.

இங்கு வில்லை தொடர்பாக O வும் I யும் இணைக்குவியங்களாகும். ஆதலால்  $OB = IA$  அத்துடன்  $OA = IB$

மேலும் வில்லையின் இடப்பெயர்ச்சி  $d$  எனவும்,  $OI = l$  எனவுமி கொள்ளப்படின,

$$OA + BI = l - d$$

$$\therefore 2OA = 2BI = l - d$$

$$\therefore OA = BI = \frac{l - d}{2}$$

$$\begin{aligned} \therefore AI &= AB + BI = d + \frac{l - d}{2} \\ &= \frac{d + l}{2} = \frac{l + d}{2} \end{aligned}$$

வில்லை, A இவிருக்கும்பொழுது,

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

$$u = -\left(\frac{l - d}{2}\right); v = \frac{l + d}{2}$$

என்பவற்றைப் பிரயோகிக்க,

அப்பொழுது

$$\frac{2}{l + d} - \frac{2}{-(l - d)} = +\frac{1}{f}$$

$$\frac{2}{l + d} + \frac{2}{l - d} = \frac{1}{f}$$

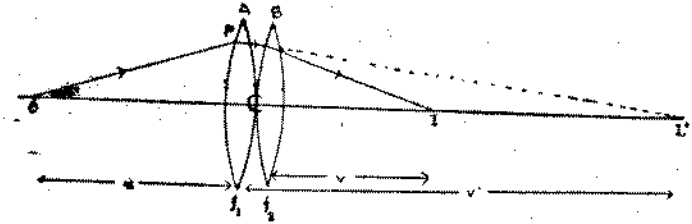
$$\frac{2l - 2d + 2l + 2d}{l^2 - d^2} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{4l}{l^2 - d^2} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore f = \frac{l^2 - d^2}{4l}$$

எனவே வில்லையின் இடப்பெயர்ச்சியும் பொருளுக்கும் திரைக்கும் இடையேயுள்ள தூரமும் தெரியப்படின வில்லையின் குவியத்தாரத்தை துணிய முடியுமாகும். வில்லை ஒரு குழாய்க்குள் இருக்கும் பொழுது அல்லது வில்லை மேற்பரப்புக்கள் அணுக இயலாதவாறிருப்பின் இம்முறை வில்லையின் குவியத்தாரம் துணியத்திற்கு கையாளப்படும்.

தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் இரு வில்லைகளின் சேர்மானக் குவியத்தாரம்



படம் 89

இரு வில்லைகளின் குவியத்தாரங்கள் முறையே  $f_1, f_2$  ஆகும். A எனும் வில்லையினால் O என்னும் பொருளின் விம்பம் I' இல் தோற்றும். A இவிருந்த பொருட்டுரம்  $OC = u$  எனவும் விம்பதூரம்  $CI' = v'$  எனவும் கொள்ளப்படின,

$$\frac{1}{v'} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1} \quad \text{----- (i)}$$

இனி இரண்டாம் வில்லை B க்கு I' இல் குவியும் கதிர் படுகதிராக இருப்பதால் அவ்வில்லைக்கு I' ஒரு மாயப் பொருளாகத் தொழிற்படும். அப்பொழுது விம்பம் I இல் தோற்றும்.

$$\begin{aligned} \text{இங்கு பொருட்டுரம்} &= v' \\ \text{விம்பதூரம்} &= v \end{aligned}$$

$$\therefore \frac{1}{v} - \frac{1}{v'} = \frac{1}{f_2} \quad \text{----- (ii)}$$

$$(i) + (ii) \quad \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

இவ்விரு வில்லைச் சேர்மானம் F என்னும் குவியத்தாரம் உடைய ஒரு தனிவில்லைக்குச் சமானமாகக் கருதப்படின மேற்சமன்பாடு வருமாறு எழுதப்படும்.

$$\text{அதாவது} \quad \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{F}$$

$$\therefore \frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

இச்சூத்திரம் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் எந்த ஈர் வில்லைகளுக்கும் குழிவில்லைகளுக்கும் குவிவில்லைகளுக்கும் சரி பொருந்துமாகும். இச்சூத்திரத்தை உபயோகிக்கும்பொழுது குவியத்தாரங்களுக்குத் தகுந்த குறிக்கீள் இடக் கேண்டும். உதாரணமாக 10 சமீ, குவியத்தார

முடைய குவியல்களை 15 சமீ. குவியத்தூரமுடைய குழியில்கையுடன் சேர்க்கப்படின் சமாணக் குவியத்தூரம் F வருமாறு பெறப்படும்.

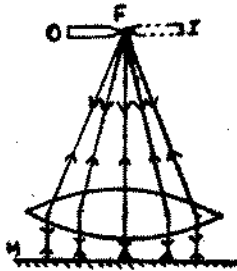
$$\begin{aligned}\frac{1}{F} &= \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \\ &= \frac{1}{+10} + \frac{1}{-15} \\ &= \frac{1}{10} - \frac{1}{15} = \frac{3-2}{30} = \frac{1}{30} \\ \frac{1}{f} &= \frac{1}{30} \\ F &= 30 \text{ சமீ.}\end{aligned}$$

∴ இச் சேர்மானம் F = + 30 சமீ; ஆக இருப்பதால் ஒரு குவியல்கையோல் தொழிற்படும்.

குறிப்பு: ஒரு குழியில்கையின் குவியத்தூரத்தைத் துணைவதற்கு அவ் வில்கை அதனில் குறைந்த குவியத்தூரமுள்ள ஒரு குவியல்கையுடன் சேர்க்கப்படும்; அப்பொழுது சேர்மானம் ஒரு குவியல்கையோல் தொழிற்படும். இம்முறையை குழியில்கையின் குவியத்தூரத்தைத் துணைவதற்குப் பயன்படுத்தப்படலாம்.

வில்கையின் குவியத்தூரங்களைத் துணைவ

குவியல்கை



படம் 90

#### 1. தளவாடி முறை

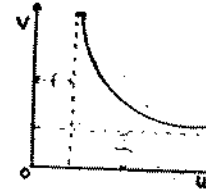
இம்முறையில் படம் 90 இல் காட்டியவாறு M என்னும் தளவாடியின் மேல் குவியல்கை L வைக்கப்படும். வில்கையினது அச்சில்கையே

என்னும் ஊசியின் உச்சி நகரத்தக்கவாறு ஊசி மேலும் கீழும் தனது விம்பத்துடன் ஒன்றும்வரை நகர்த்தப்படும்; ஊசியும் அதன் விம்பமும் ஒரே நேர்கோட்டில் இடமாறு தோற்றவழுவின்றி இருக்கும் பொழுது தளவாடியிலிருந்து பொருளின் தூரம் வில்கையின் குவியத்தூரத்தை அண்ணளவாகத் தரும். இவ்வாறு பரிசோதனை மூன்று அல்லது நான்கு தடவைகள் செய்யப்பட்டுச் சராசரிக் குவியத்தூரம் காணப்படும்.

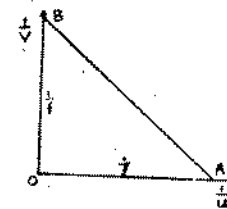
இக் கட்டத்தில் வில்கைக்கும் தளவாடிக்கு மிடையே செல்லும் கதிர்கள் தளவாடிக்குச் செங்குத்தாகச் சென்று தெறிப்படைகின்றன. ஆகவே திரும்பிவரும் கதிர்கள் வில்கையின் தளத்துக்குச் செங்குத்தாகவும் சமாந்தரமாகவும் இருக்கின்றனவால் அவை தலைமை அச்சில் ஒரு புள்ளியில் சந்திக்கின்றன. அப்புள்ளி வில்கையின் தலைமைக் குவியமாகும். இப்பரிசோதனையில் அப்புள்ளியே துணியப்படுகிறது.

#### 2. வில்கைச் சூத்திர முறை

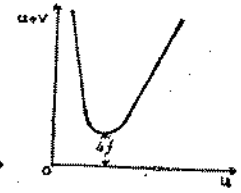
இம்முறையில் வில்கையின் ஒரு பக்கத்தில் ஒரு திரையும் மற்ற பக்கத்தில் பொருளும் வைக்கப்படும். பொருளின் வெவ்வேறு பொருட் ரேங்களுக்குத் திரையில் விம்பங்களைப் பெறுமுகமாகத் திரை நகர்த்தப்படும்; அவ் விம்பதூரங்கள் அளக்கப்படும். இப்பரிசோதனை ஈர ஊசிகளை உபயோகித்தும் செய்யப்படலாம். அப்பொழுது ஓர் ஊசி பொருளாகவும் மற்ற ஊசி விம்பத்தைக் கண்டுபிடிப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் துருவூசியாகவும் தொழிற்படும். ஆகவே வெவ்வேறு பக்கங்களுக்குரிய v க்கள் அளக்கப்படும். பின்பு u, v ப் பெறுமானங்கள்  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  என்னும் சமன்பாட்டில் பிரதியிடப்பட்டு f துணியப்படும். அடுத்த வரைபு மூலமும் f வருமாறு துணியப்படும்.



(a)



(b)



(c)

படம்: 91

(i) v ஐ Y அச்சிலும் u ஐ X அச்சிலும் கொண்டு ஒரு வரைபை அமைக்க. அது செங்கோண அதிபரவளைபாக அமையும். அப்பொழுது; உறி

பத்தித் தானத்திலுள்ள கோணத்திற்கு ஓர் இரு கூறுக்கியை வரைக. அது வரைபை வெட்டும் புள்ளியின் ஆள்கூறுகள்  $2f$ ,  $2f$  ஆகும். இது விருந்து குவியத்தூரம் துணியப்படும் (படம் 91 (a)).

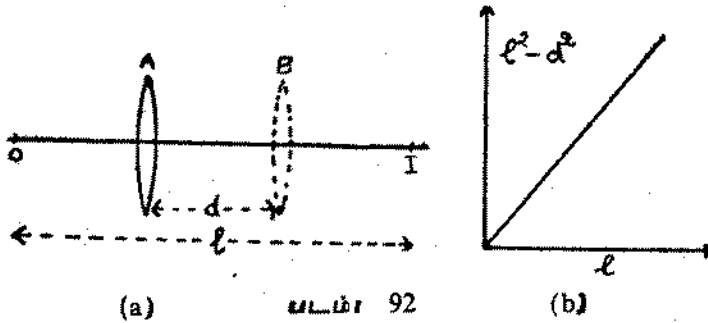
(ii)  $\frac{1}{v}$  ஐ Y அச்சிலும்  $\frac{1}{u}$  ஐ X அச்சிலும் கொண்டு ஒரு வரைபை அமைக்க. அது படம் 91 (b) இல் காட்டியவாறு அமையும். அப் பொழுது Y அச்சிலும் X அச்சிலும் உள்ள வெட்டுத்துண்டுகள்  $\frac{1}{f}$  இன் பெறுமானத்தைத் தரும்.

$$\therefore \frac{1}{f} = \text{வெட்டுத்துண்டு}$$

$$\triangle \quad f = \frac{1}{\text{வெட்டுத்துண்டு}} = \frac{1}{OA} = \frac{1}{OB}$$

(iii)  $(u+v)$  ஐ Y அச்சிலும்  $u$  ஐ X அச்சிலும் கொண்டு ஒரு வரைபை அமைக்க. அவ்வரைபு படம் 91 (c) இல் காட்டியவாறு அமையும். வரைபின் இழிவுப் பெறுமானம்  $4f$  ஐத் தரும். இதிலிருந்து  $f$  துணியப்படும்.

### 3. இடப்பெயர்ச்சி முறை



இம்முறையில் O என்னும் ஒளிர்ப்படுத்தப்பட்ட பொருள் வில்லைக்கு முன்னால் வைக்கப்படும். இதன் விம்பம் I இல் தோற்றும். ஆகவே I இல் ஒரு திரையை வைப்பதன்மூலம் அவ்விம்பத்தைப்பெறலாம். பொருளும் திரையும் நிலையாக இருக்க வில்லையானது நிலை A இலிருந்து இன்னொரு நிலைக்கு ஒரு தெளிவான விம்பத்தைத் திரையில் பெறும்வரை நகர்த்தப்படும். அப்பொழுது வில்லை B இல் இருக்கிறதாரும். அத்துடன் A இல் வில்லை இருக்கும்பொழுது ஓர் உருப் பெருத்த விம்பமும் B இலிருக்கும்பொழுது ஓர் உருச்சிற்றித்த விம்பமும் திரையில் பெறப்படும். வில்லையின் இடப்பெயர்ச்சி  $d$  எனின், பொருளுக்குத் திரைக்கும் இடையேயுள்ள தூரம்  $f$  எனின், முன் நிறு

வியவாறு குவியத்தூரம் ஆனது  $f = \frac{l^2 - d^2}{4l}$  என்னுஞ் சூத்திரத்திலிருந்து துணியப்படும். பரிசோதனைமை  $f$  இன் வெவ்வேறு பெறுமானங்களுக்குச் செய்து Y அச்சில்  $(l^2 - d^2)$  இன் பெறுமானங்களையும், X அச்சில்  $l$  இன் பெறுமானங்களையும் கொண்டு ஒரு வரைபை அமைக்க அது படம் 92 (b) இல் காட்டியவாறு உற்பத்தித்தானத்தினூடு செல்லும் நேர்கோடாக அமையும். வரைபின் சாய்வுவிதம்  $4f$  ஐத் தரும். இதிலிருந்து  $f$  துணியப்படும்.

தடித்த வில்லைகளின் குவியத்தூரத்தையும் மேற்பாப்பிலிருந்து அளக்க அணுக இயலாத வில்லைகளின் குவியத்தூரங்களையும் இம்முறையால் துணியலாம்.

### 4. உருப்பெருக்க முறையால் குவியத்தூரத்தைத் துணியல் கொள்கை

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

இச் சூத்திரத்தில்  $v$ ,  $u$ ,  $f$  இற்குக் குறிவழக்கிடப்பட்டு எழுதப்படும்பொழுது, அது வருமாறு அமையும்.

மெய்விம்பங்களுக்கு -

புதுத்தெக்காட்டின் வழக்கின்படி

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

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

$|v|$  இனால் பெருக்குக,

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

$$|m| = \frac{|v|}{|f|} - 1 \quad (1)$$

சூத்திரம் (1) உருப்பெருக்கத்துக்கும் விம்ப தூரத்துக்கும் உள்ள தொடர்பை விளக்குகின்றது.

ஆகவே ஒரு குவிவில்லைக்கு முன்னால் பொருளையும் அதன் மெய் விம்பத்தைப் பெறுதற்கு ஒரு திரையையும் உபயோகித்து வெவ்வேறு  $m$  களுக்கு வெவ்வேறு  $v$  களைப் பெறுக. திரையில் பெறும் விம்பத்தின் உயரத்தை பொருளின் உயரத்தால் பிரிப்பதன் மூலம்  $m$  ஐப் பெறலாம். அவ்வ  $m$  களுக்குரிய  $v$  களை வில்லையிலிருந்து திரையின் தூரங்களை அளப்பதன் மூலம் பெறலாம். பின்பு  $|m|$  ஐ Y அச்சிலும்  $|v|$  ஐ X அச்சிலும் கொண்டு ஒரு வரைபை அமைக்க; அப்பொழுது X அச்சை ஒரு புள்ளியில் வெட்டும் நேர்கோடு பெறப்படும்;

இங்கு  $OP = f$

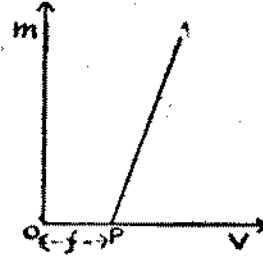
$$\text{அதாவது } |m| = \frac{|v|}{|u|} - 1$$

$$|m| = 0 \text{ ஆயின்}$$

$$\frac{|v|}{|u|} - 1 = 0$$

$$\therefore \frac{|v|}{|u|} = 1$$

$$\therefore |v| = |u|$$

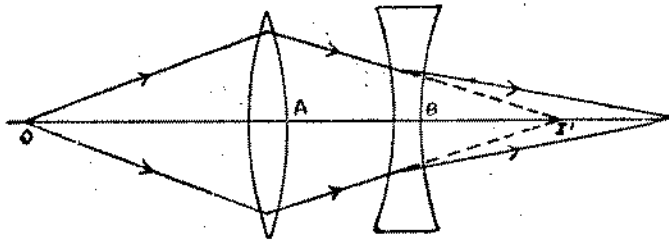


படம் 94

குழிவில்லையின் குவியத் தூரத்தைத் துணிதல்

ஒரு குழிவில்லை எப்பொழுதும் ஒரு பொருளின் மாய விம்பத்தையே தரும். அதனால் குழிவில்லையின் குவியத்தூரத்தை ஒரு நேர்முறையாலும் பெறமுடியாது. ஆகவே குழிவில்லையின் குவியத்தூரம் ஒரு குவியவில்லையின் அல்லது ஒரு குழிவாடியின் அல்லது ஒரு தளவாடியின் துணைகொண்டே துணியப்படுகிறது.

(1) (a) குவியவில்லை முறை



படம் 95

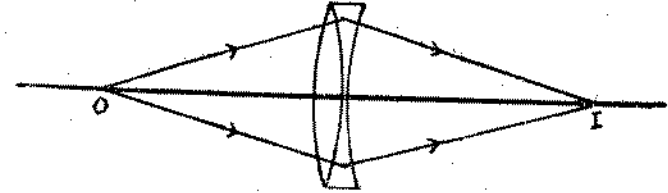
இங்கு குவியவில்லை யொன்றின் முன் அதன் குவியத்தூரத்துக்கப்பால் O என்னும் பொருள் வைக்கப்படும். அப்பொழுது அதன் விம்பம் I' இல் தோற்றும். பின்பு குவியத்தூரம் காணப்படப்போகும் B என்னும் குழிவில்லையானது I' இற்கும் A இற்கும் இடையில் படம் 95 இல் காட்டியவாறு வைக்கப்படும். இவ் வில்லைக்கு I' ஒரு மாயப் பொருளாகவும் I ஒரு மெய்விம்பமாகவும் செயற்படும். பரிசோதனை விபரம் வருமாறு:

A என்னும் வில்லைக்கு முன் O வில் ஓர் ஊசியை வைக்க. பின்பு இடமாறு தோற்ற வழுவின்றி இருக்கத்தக்கவாறு இன்னொரு ஊசியை உபயோகித்து விம்பநிலை I' ஐக் காண்க. அப்பொழுது தூரம் AI' ஐக்

குறித்துக் கொள்க. இதன்பின் குழிவில்லை B ஐ A க்கும் I' க்கும் இடையில் I' க்கு அண்மையாக நிறுத்துக. I' இல் உள்ள ஊசியை இப்பொழுது சற்று பின்னோக்கி நகர்த்தி குழிவில்லையினூடு தெரியும் விம்பத்துடன் இடமாறு தோற்ற வழுவின்றி ஒன்றும்வரை சரிசெய்க. அப்பொழுது ஊசி I' க்கு நகர்த்தப்படின், குழிவில்லைக்கு விம்பதூரம் BI' ஆகும். இவ்வாறு O வின் வெவ்வேறு பொருட்டரங்களுக்குப் பரிசோதனை செய்து குழிவில்லைக்குரிய v க்களையும் v க்களையும் காண்க.

பின்பு இப்பெறுமானங்களை  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  என்னும் சூத்திரத்தில் குறிவழக்கினைப் பிரயோகித்துப் பிரதியிடுக. அப்பொழுது f இன் பெறுமானம் பெறப்படும். இது குழிவில்லையின் குவியத் தூரத்தைத் தரும்.

(b)



படம் 96

இம் முறையில் குவியவில்லையும் குழிவில்லையும் ஒரு குவியவில்லை போல் தொழிற்படத்தக்கவாறு சேர்க்கப்படும். இதற்கு குவியவில்லையின் குவியத்தூரம் குழிவில்லையின் குவியத்தூரத்திலும் சிறிதாக இருத்தல் வேண்டும். இதன் பரிசோதனை விபரம் வருமாறு.

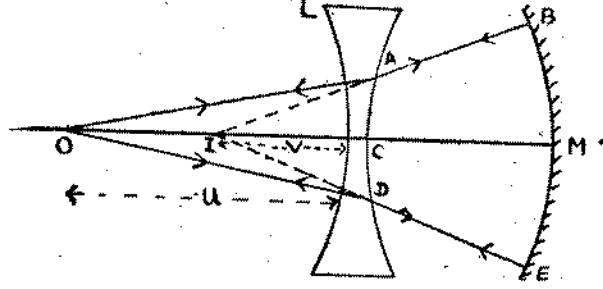
முதல் குவியவில்லைக்கு முன்கூறியவாறு பரிசோதனை செய்யப்பட்டுக் குவியத்தூரம் துணியப்படும். அக் குவியத்தூரத்தை  $f_1$  எனக் கொள்க. பின்பு குழிவில்லையைக் குவியவில்லையுடன் இணைத்து குவியவில்லையொன்றுக்கு பரிசோதனை செய்வதற்குப் பொருட்டரங்களையும், விம்பதூரங்களையும் காண்க. அதனில் பெற்ற v க்களையும் v க்களையும்  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{F}$  என்னும் சூத்திரத்தில் பிரதியிட்டு சேர்மானத்தின் குவியத்தூரம் F ஐக் காண்க; குழிவில்லையின் குவியத்தூரம்  $f_2$  என்க

$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$  என்னும் சூத்திரத்தில் F இனதும்  $f_1$  இனதும் பெறுமானங்களை குறிவழக்கினைப் பிரயோகித்துப் பிரதியிட்டு

$f_2$  ஐக் காண்க. இங்கு உபயோகிக்கப்படும் குறிவழக்கின்படி

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f_1} \text{ ஆக அமையும்:}$$

2: குழிவாடி முறை



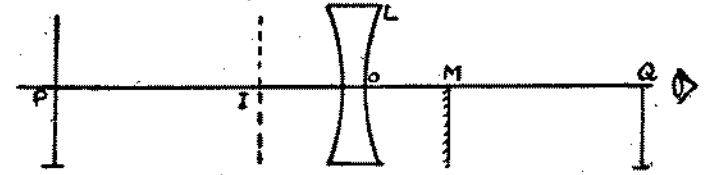
படம்: 97

இம் முறையில் குழிவிலக்கிக்கு முன்னால் ஒரு பொருள் வைக்கப் பட்டு அதனுடைய தோற்றம் மாயவிம்பத்தின் நிலை குழிவாடியொன்றை உபயோகித்துக் காணப்படும். L என்னும் குழிவிலக்கிக்கு முன்னால் O என்னும் பொருளும் பின்னால் M என்னும் குழிவாடியும் வைக்கப் படும். அப்பொழுது ஒரு விரிகற்றை குழிவாடியில் படும். L உம் M உம் நிலையாக இருக்க, O என்னும் பொருளை முன்பின்னாக தன்னுடைய விம்பமொன்று இடமாறு தோற்ற வழுவின்றி ஒன்றும் வரை நகர்த்தப்படும். அப்பொழுது பொருட்டேரம் OC ஆகும். குழிவாடியில் படும் கதிர்கள் அதற்குச் செங்குத்தாக விழுவதால் அவை தெறித்து மீண்டும் அப்பாதையில் வரும். இவை வில்லை இல்லாவிடில் ஆடியின் வளைவுமையம் I இல் சந்திக்கும். இங்கு பொருளும் விம்பமும் ஒன்றும் நிலையில், O பொருளாகவும் விரிவிலக்கியில் AB, DE வழியே கதிர்கள் முறிந்து செல்வதால் அவைகள் பின்னோக்கிச் சந்திக்கும் புள்ளி I ஆனது விம்ப நிலையாகவும் இருக்கும். இது ஒரு மாய விம்பமாகும். குழிவாடியிலிருந்து இவ் விம்பத்தின் தூரம் அவ்வாடியின் வளைவினரையாகும். ஆகவே பரிசோதனையில் குழிவாடியின் வளைவினரையைத் துணிதல் அத்தியாவசியம் ஆகும். அதிலிருந்து விம்பதூரம் (r - CM) பெறப்படும். இவ்வாறு L இன் வெவ்வேறு நிலைகளுக்குப் பரிசோதனையைச் செய்து, அதற்குரிய u க்களையும் v க்களையும் கண்டு  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  என்னுஞ் சூத்திரத்தில் குறிவழக்கினைப் பிரயோகித்து பிரதியிட்டு f துணிந்து கொள்ளப்படும்.

(3) தளவாடி முறை

இம் முறையில் குழிவிலக்கிக்கு முன்னால் 2 அல்லது 3 சமீ. தூரத்தில் M என்னும் தளவாடி அதன் மேல் ஓரம் குழிவிலக்கியின் அச்சுடன்

பொருந்தத்தக்கவாறு படம் 98 இல் காட்டியவாறு வைக்கப்படும். குழிவிலக்கிக்கு P என்பது பொருளாகும். குழிவிலக்கியில் தோற்றும் இதன் விம்பமும் அப்பக்கத்திலேயே இருக்கும். இந்நிலை வருமாறு துணியப்படும். தளவாடிப்பக்கத்திலிருந்து வில்லையின் அச்சின் வழியே நோக்கிக்கொண்டு தளவாடியில் தெறிப்பின் நிமித்தம் தோன்றும் O வின் விம்பமும் வில்லையின் முறிவின் நிமித்தம் தோன்றும் P இன் விம்பமும் ஒரே தொடர்ச்சியாக ஒன்றித்தக்கதாக Q வின் முன்பின் நகர்த்துக. இவ்வாறு இரு விம்பங்களும் ஒன்றும் கட்டத்தில்,



படம்: 98

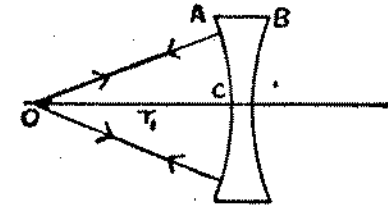
OP = பொருட்டேரம் ஆகும்.

OI = MI - OM = விம்பதூரமாகும்  
= MQ - OM

∴ MQ - OM = விம்பதூரம்

எனவே OP, MQ, OM என்பன அளக்கப்படத்தக்க தூரங்கள் ஆகும். இவ்வாறு P இன் வெவ்வேறு தூரங்களுக்குப் பரிசோதனையைச் செய்து மேற் கூறியவாறு விம்பதூரங்களைக் கணித்து  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  என்னுஞ் சூத்திரத்தில் குறிவழக்கினைப் பிரதியிட்டு f ஐத் துணிக.

வில்லை மேற்பரப்புக்களின் வளைவினரையைத் துணிதல் குழிவிலக்கி

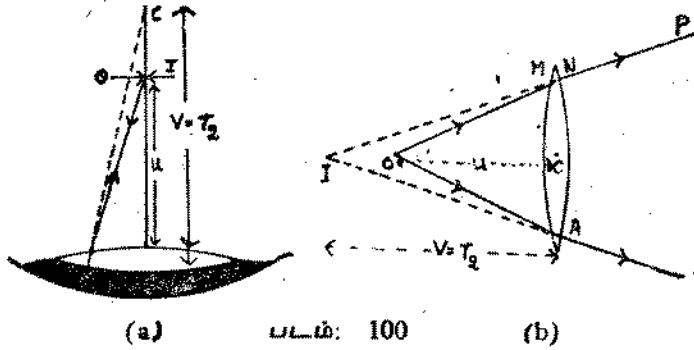


படம்: 99

ஒரு குழிவில்லையின் A, B என்னும் மேற்பரப்புக்களில் வளைவினாரைகள் வருமாறு துணியப்படும்; வில்லையின் மேற்பரப்பு A க்கு முன்னால் பொருள் O வை வைத்து A இன் மீது தெறிப்பினால் ஏற்படும் விம்பத்தோடு பொருள் O ஒன்றும்வரை அதனை கநர்த்துக்; பொருளும் விம்பமும் ஒன்றும் கட்டத்தில் O விவிருந்து கதிர்கள் மேற்பரப்பு A இல் செங்குத்தாகப் படுகின்றன. ஆகவே தெறிப்புறியின் வந்த பாதையேயே அக் கதிர்கள் திரும்பும். அப்பொழுது தாரம் OC அம் மேற்பரப்பின் வளைவினாரையைத் தரும். இவ்வாறு மேற்பரப்பு B இனது வளைவினாரையும் துணியப்படும்.

குவிவில்லை

போயின் முறை



இம் முறையில் வில்லைக்கு முன்னால் O என்னும் பொருள் வைக்கப்பட்டு அதன் கதிர்கள் வில்லையின் பின்பக்கத்து மேற்பரப்பில் தெறிப்புறுவதனால் உண்டாக்கப்படும் விம்பத்துடன் ஒன்றிச் செய்யப்படும். இம் மேற்பரப்பை செம்மையாகத் தெறிப்புறுச் செய்வதற்கு அது இரசத்தின் மேல் வைக்கப்படும். படம் 100 (a). இரசத்துடன் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும். மேற்பரப்பில் தெறிப்புறுங் கதிர்களை நீட்டினால் அக்கதிர்கள் முதலச்சில் C என்னும் புள்ளியில் சந்திக்கும். இது அம்மேற்பரப்பின் வளைவு மையமாகும். மேலும் இத்தெறிப்பினும் கதிர்கள் சிலவற்றை விட்டி மற்றைய கதிர்கள் இரசம் இல்லா திருப்பின் அப்பாதையினது திசையின் வழியே முறிவடையாது வெளியேறும். இவை விரிகற்றையாகையால் இவை I இனிவிருந்து வருவது போல் தோற்றும். எனவே வில்லை ஆனது பொருள் O வினது ஒரு மாயவிம்பத்தை I இல் தோற்றச் செய்யும் (படம் 100 b). ஆகவே இப்பரிசோதனையில் முதல் வில்லையின் குவியத்தாரம் i துணியப்படும்; பின்பு OC பொருட்டாரம் எனக் கொள்ளப்பட்டு  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  என்னுஞ் சூத்திரத்தில் இங்கு பிரயோகிக்கும் குறிவழக்கின்படி u இன

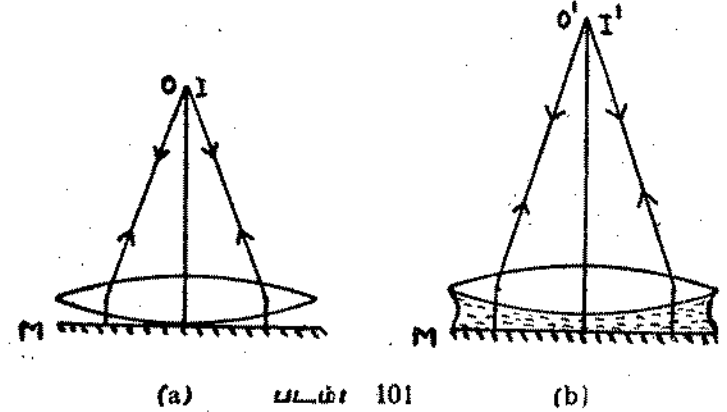
தும் i இனதும் பெறுமானங்கள் பிரதியிடப்பட்டு v துணியப்படும். இது அம்மேற்பரப்பின் வளைவினாரையைத் தரும். இவ்வாறு பரிசோதனை மற்ற மேற்பரப்புக்கும் செய்யப்பட்டு அதன் வளைவினாரையும் துணியப்படும்.

வில்லைத் திரவியத்தின் முறிவுக்குணாகத்தைத் துணிதல்  
கொள்கை:-

ஒரு வில்லையின் குவியத்தாரம்  $\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$

ஆகும். இங்கு i வில்லையின் குவியத்தாரத்தையும்,  $\mu$  அதன் திரவியத்தின் முறிவுக்குணாகத்தையும்,  $r_1, r_2$  அதன் மேற்பரப்புக்களின் வளைவினாரைகளையும் குறிக்கின்றன. ஆகவே வில்லையின் f உம்,  $r_1$  உம்,  $r_2$  உம் மேற்கூறியவாறு துணியப்பட்டு அவற்றின் பெறுமானங்கள் மேற் சூத்திரத்தில் குறிவழக்கினைப் பிரயோகித்துப் பிரதியிடப்படி  $\mu$  துணியப்படும்.

சிறிதளவு திரவத்தின் முறிவுக்குணாகத்தைத் துணிதல்



ஒரு கிடையாக இருக்கும் தளவாடியின்மீது தரப்பட்ட குவிவில்லையை வைத்து ஓர் ஊசியை அதன் உச்சி, வில்லையின் அச்சின் வழியே நகர்த்தக்கவாறு ஒழுங்கு செய்து ஊசியும் விம்பமும் ஒன்றும் நிலையைக் காண்க. வில்லைக்கும், பொருளும் விம்பமும் பொருந்துகின்ற நிலைக்கும் இடையேயுள்ள தூரத்தைக் குறிக்க. இது அக் குவிவில்லையின் குவியத்தாரமாகும் ( $f_1$ ). பின்பு குவிவில்லைக்கும் தளவாடிக்கு மிடையில் சிறிதளவு திரவத்தையிட்டு படம் 101 (b) இல் காட்டியவாறு ஒரு வில்லைச் சேரிமானத்தைத் தயாரிக்க. இச் சேரிமானம் ஒரு திரவத் தளக் குழிவில்லையையும் கண்ணாடிக் குவிவில்லையையும்

கொண்டதாக அமையும். அத்துடன் இது ஒரு குவிவில்லைபோல் தொழிற்படும். ஆகவே இங்கும் மேற்கூறியதுபோல் பொருளும் விம்பமும் ஒன்றும் நிலைகாணப்பட்டு சேர்மானத்தின் குவியத்தூரம்  $F$  காணப்படும். சூத்திரப்படி  $\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$  ஆகவே குறிவழக்கினைப் பிரயோகித்து  $F$ ,  $f_1$  இன் பெறுமானங்களைப் பிரதியிட்டு  $f_2$  ஐக் கணித்துக் கொள்க. இது திரவத்தளக் குழிவில்லையின் குவியத்தூரத்தைத் தரும். இவ் வில்லையின் ஒரு மேற்பரப்பு தளமாக இருப்பதால் அதன் வளைவினரை முடிவில்லி எனக் கொள்ளப்படும். மற்றதன் வளைவினரை அம்மேற்பரப்புடன் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும். கண்ணாடிக் குவிவில்லையினது மேற்பரப்பின் வளைவினரைக் குச் சமனாகும். ஆகவே குவிவில்லையினது அம்மேற்பரப்பின் வளைவினரையேத் தணிவதன் மூலம் திரவவில்லையின் மேற்பரப்பின் வளைவினரை தணியப்படும்; பின்பு வில்லைச் சூத்திரத்தில்

$$\text{அதாவது } \frac{1}{f_2} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{\infty} \right) \text{ இல் } f_2, r \text{ என்பனவற்றின்}$$

பெறுமானங்களை குறிவழக்கினைப் பிரயோகித்துப் பிரதியிடுக. அப்பொழுது  $\mu$  வின் பெறுமானம் தணியப்படும். இதுவே திரவத்தின் முறிவுக் குணகமாகும்.

உத்திக் கணக்குகள்

1. 20 சமீ. குவியத்தூரமுடைய குவிவில்லைக்கு முன் 15 சமீ. தூரத்தில் ஒரு பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. விம்பத்தின் நிலையைக் காண்க.

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

புதுத்தெக்காட்டின் குறிவழக்கின்படி

$$u = -15 \text{ சமீ.}$$

$$f = +20 \text{ சமீ.}$$

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

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

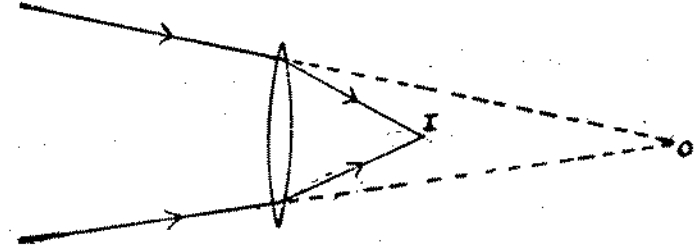
$$\frac{1}{v} = \frac{1}{20} - \frac{1}{15} = \frac{3 - 4}{60}$$

$$= - \frac{1}{60}$$

$$v = -60 \text{ சமீ}$$

விம்பதூரம் — ஆக இருப்பதால், விம்பம் பொருட் பக்கத்தில் வில்லையிலிருந்து 60 சமீ. தூரத்தில் உள்ளது.

2. ஒரு குவிவில்லைக்குப் பின்னால் 12 சமீ. தூரத்தில் குவியும் ஓர் ஒளிக்கற்றை அவ் வில்லையின் படுகின்றது. வில்லையின் குவியத்தூரம் 48 சமீ; ஆயின் விம்பத்தின் நிலையைக் காண்க.



படம்: 102

இவ்விதம் ஒளிக்கற்றை வில்லையின் படிந், வில்லைக்கு O என்பது மாயப்பொருள் ஆகும்; இது வில்லையிலிருந்து 12 சமீ. தூரத்திலுள்ளது.

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

புதுத்தெக்காட்டு வழக்கின்படி,

$$u = +12 \text{ சமீ;}$$

$$f = +48 \text{ சமீ;}$$

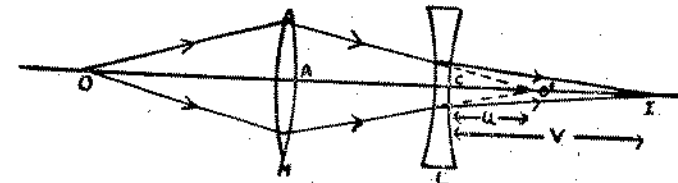
$$\therefore \frac{1}{v} - \frac{1}{12} = \frac{1}{48}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{48} + \frac{1}{12} = \frac{1+4}{48} = \frac{5}{48}$$

$$v = \frac{48}{5} = 9.6 \text{ சமீ;}$$

இக்கு விம்பம் மெய்யாகும்.

3. 30 சமீ. குவியத்தூரமுடைய ஒரு குவிவில்லை 12 சமீ. குவியத்தூரமுடைய குழிவில்லையிலிருந்து 30 சமீ. தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. குவிவில்லைக்கு முன் 3 மீற்றர் தூரத்தில் ஒரு பொருள் வைக்கப்படிந் விம்பத்தின் நிலை, உருப்பெருக்கம் தன்மை ஆகியவற்றைக் தணிக்க.



படம்: 103



குவிவில்லைக்கு,

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

$$u = -300 \text{ சமீ.} \quad f = +30 \text{ சமீ.}$$

$$\therefore \frac{1}{v} + \frac{1}{300} = \frac{1}{30}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{30} - \frac{1}{300} = \frac{10-1}{300} = \frac{9}{300}$$

$$\therefore v = \frac{300}{9} = \frac{100}{3}$$

குழிவில்லைக்கு,

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

$$\text{பொருட்டீரம்} = \frac{100}{3} - 30 = \frac{10}{3} \text{ சமீ.}$$

(இது குழிவில்லைக்கு ஒரு மாயப்பொருளாகும்)

புதுத்தெக்காட்டு வழக்கின்படி,

$$u = +\frac{10}{3} \text{ சமீ.}$$

$$f = -12 \text{ சமீ.}$$

$$\therefore \frac{1}{v} - \frac{3}{10} = -\frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{v} = -\frac{1}{12} + \frac{3}{10} = \frac{-5+18}{60} = \frac{13}{60}$$

$$v = \frac{60}{13} = 4\frac{8}{13} \text{ சமீ.}$$

∴ விம்பதாரம் குழிவில்லையிலிருந்து வலப்பக்கமாக  $4\frac{8}{13}$  சமீ. ஆகும்.

உருப்பெருக்கம் குவிவில்லையினால் ஏற்படும் உருப்பெருக்கம்  $m_1$  இனதும் குழிவில்லையால் ஏற்படும் உருப்பெருக்கம்  $m_2$  இனதும் பெருக்கத்தால் பெறப்படும்.

$$\text{அதாவது} \quad m = m_1 \times m_2$$

$$m = \frac{100}{3 \times 300} \times \frac{60 \times 3}{13 \times 10}$$

$$= \frac{1}{9} \times \frac{18}{13}$$

$$= \frac{2}{13}$$

இறுதி விம்பம் தலைமீறானதும் உண்மையானதும் ஆகும்.

4. ஓர் இரட்டைக் குவிவில்லையின் வளைவின்குரைகள் முறையே 30 சமீ. யும் 45 சமீ. யுமாகும். வளியிலும், நீரிலும் இதன் குவியத் தூரங்கள் என்ன?

கண்ணாடியினதும், நீரினதும் முறிவுக்குணகங்கள்  $\frac{3}{2}$  உம்  $\frac{4}{3}$  உமாகும்:

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad \text{இல்}$$

புதுத்தெக்காட்டு வழக்கின்படி

$$r_1 = +30 \text{ சமீ.}$$

$$r_2 = -45 \text{ சமீ.}$$

$$\frac{1}{f} = \left( \frac{3}{2} - 1 \right) \left( \frac{1}{30} + \frac{1}{45} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{5}{90}$$

$$= \frac{1}{36}$$

$$\therefore f = 36 \text{ சமீ.}$$

∴ வளியில் குவிவில்லையின் குவியத்தூரம் = 36 சமீ.

இனி, நீரில் குத்திரமானது,

$$\frac{1}{f} = \left( \frac{\mu_g}{\mu_w} - 1 \right) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$= \left( \frac{9}{8} - 1 \right) \left( \frac{1}{30} + \frac{1}{45} \right)$$

$$= \frac{1}{8} \times \frac{5}{90}$$

$$= \frac{1}{144}$$

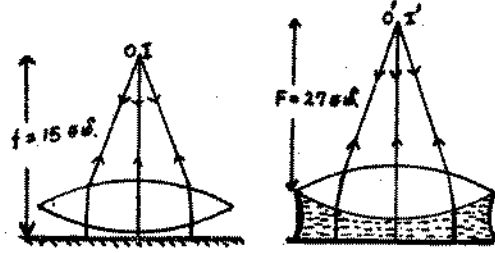
$$f = 144$$

$$= 144 \text{ சமீ.}$$

5. 1.5 முறிவுக்குணகமுடைய மெல்லிய சமக்குவிவில்லை ஒரு இடை யான தளவாடியில் வைக்கப்பட்டு ஓர் ஊசி ஆனது வில்லைக்கு மேல் 15 சமீ. தூரத்தில் அதன் விம்பத்துடன் ஒன்றாக காணப் பட்டுள்ளது. தளவாடிக்கும் வில்லைக்கும் இடையிலுள்ள வெளியில் திரவமொன்று வைக்கப்பட்டபொழுது ஊசியும் விம்பமும் வில்லையிலிருந்து ஒன்றும் தூரம் 27 சமீ. க்கு அதிகரித்தது; திர வத்தின் முறிவுக்குணகத்தைக் காண்க.

தளவாடிக்கு மேல் வில்லை வைக்கப்பட்டு பொருளும் விம்ப மும் ஒன்றும் தூரம் குவியத்தூரத்தைத் தருவதனால் குவிவில்லை

யின் குவியத்தூரம் 15 சமீ. ஆகும். பின்பு கண்ணாடிக் குவிவில்லையினதும் திரவ தளக் குழிவில்லையினதும் சேர்மானக் குவியத்தூரம் 27 சமீ. ஆகும்.



(a) படம் 104 (b)

திரவவில்லையின் குவியத் தூரத்தை  $f_2$  எனவும் கண்ணாடிக் குவிவில்லையின் குவியத்தூரத்தை  $f_1$  எனவும் கொள்க. அப்பொழுது

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

புதுத்தெக்காட்டு வழக்கின்படி

$$\frac{1}{27} = \frac{1}{15} + \frac{1}{f_2}$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{27} - \frac{1}{15} = \frac{5 - 9}{135} = -\frac{4}{135}$$

$$\therefore \frac{1}{f_2} = -\frac{4}{135}$$

ஆனால்

$$\frac{1}{f_1} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\frac{1}{15} = (1.5 - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{-r_1} \right)$$

$$= (1.5 - 1) \frac{2}{r_1}$$

$$\frac{1}{15} = \frac{1}{2} \times \frac{2}{r_1}$$

$$\therefore \frac{1}{r_1} = \frac{1}{15}$$

$\therefore$  குவிவில்லையின் மேற்பரப்பின் வளைவிஞ்சை = 15 சமீ.

இதவே திரவத்தளக் குழிவில்லையின் வளைந்த மேற்பரப்பின் வளைவிஞ்சையுமாகும்.

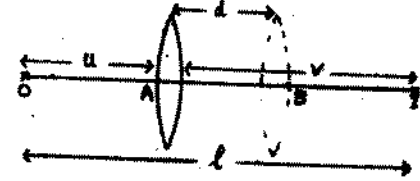
$$\frac{1}{f_2} = (\mu - 1) \left( \frac{-1}{r_1} - \frac{1}{\infty} \right)$$

$$-\frac{4}{135} = (\mu - 1) \left( \frac{-1}{15} \right)$$

$$\therefore \mu - 1 = +\frac{4}{15}$$

$$\therefore \mu = 1\frac{4}{15}$$

5. ஒரு மெல்லிய குவிவில்லை ஒரு பொருளின் நரண்குமடக்கு உருப்பெருத்த ஒரு விம்பத்தை திரையொன்றில் ஏற்படுத்துகின்றது; வில்லையானது திரையை நோக்கி 40 சமீ. நகர்த்தப்படும்பொழுது ஓர் உருச் சிறுத்த விம்பம் திரையில் உண்டாகின்றது; வில்லையின் குவியத்தூரத்தையும், இரண்டாம் சந்தர்ப்பத்தில் விம்பத்தின் உருப்பெருக்கத்தையும் கணிக்க:



முதலாம் சந்தர்ப்பத்தில் பொருள் O விலும் வில்லை A இலும் இருக்க விம்பம் I இல் உண்டாகின்றது.

$$\therefore \text{விம்பதூரம்} = AI$$

$$\text{பொருட்டூரம்} = AO$$

$$\therefore \frac{4}{v} = \frac{AI}{AO} = \frac{v}{u}$$

$$v = 4u$$

இரண்டாம் சந்தர்ப்பத்தில் வில்லை I ஐ நோக்கி 40 சமீ. நகர்த்தப்படும், அப்பொழுது B இல் வில்லை இருக்கின்றது

$$\therefore \text{பொருட்டூரம்} = BO$$

$$\text{விம்பதூரம்} = BI$$

$$BO = AO + 40$$

$$= u + 40$$

$$BI = v - 40 \text{ சமீ.}$$

$$= 4u - 40 \text{ சமீ.}$$

ஆனால் O வும் I உம் இணைக்குவியங்களாதலால்

$$OA = BI$$

$$u = 4u - 40$$

$$-3u = -40$$

$$u = \frac{40}{3} \text{ சமீ.}$$

$$\therefore v = \frac{160}{3} \text{ சமீ.}$$

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

$$u = -\frac{40}{3} \text{ சமீ.}$$

(புதுத்தெக்காட்டு வழக்கின்படி)

$$v = +\frac{160}{3} \text{ சமீ.}$$

$$\therefore \frac{3}{160} + \frac{3}{40} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{3 + 12}{160} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{15}{160}$$

$$f = \frac{160}{15} = 10\frac{2}{3} \text{ சமீ.}$$

இரண்டாம் சந்தர்ப்பத்தில்,

$$\begin{aligned} \text{உருப்பெருக்கம்} &= \frac{4u - 40}{u + 40} \\ &= \frac{\frac{160}{3} - 40}{\frac{160}{3} + 40} \\ &= \frac{\frac{40}{3}}{\frac{40}{3} + 40} \\ &= \frac{40}{160} = \frac{1}{4} \end{aligned}$$

குறிப்பு: இடப்பெயர்ச்சி முறையில், திரையில் விழும் விம்பங்களின் உயரங்கள் வில்லையின் இரு நிலைகளுக்கும் தெரியப்படின பொருளின் உயரம் விம்பங்களின் உயரங்கள் சார்பாக வருமாறு அறியப்படும்.

வில்லை ஆனது A இவிரக்கும்பொழுது (படம் 105) விம்பத்தின் உயரம்  $h_1$  எனவும் பொருளின் உயரம்  $h$  எனவும் கொள்க.

அப்பொழுது,

$$\frac{h_1}{h} = \frac{AI}{AO}$$

வில்லை, B இவிரக்கும்பொழுது விம்பத்தின் உயரம்  $h_2$  எனின்

$$\frac{h_2}{h} = \frac{BI}{BO}$$

$$\text{ஆனால், } AI = BO; \quad AO = BI$$

எனவே

$$\frac{h}{h_1} = \frac{h_2}{h}$$

$\therefore$

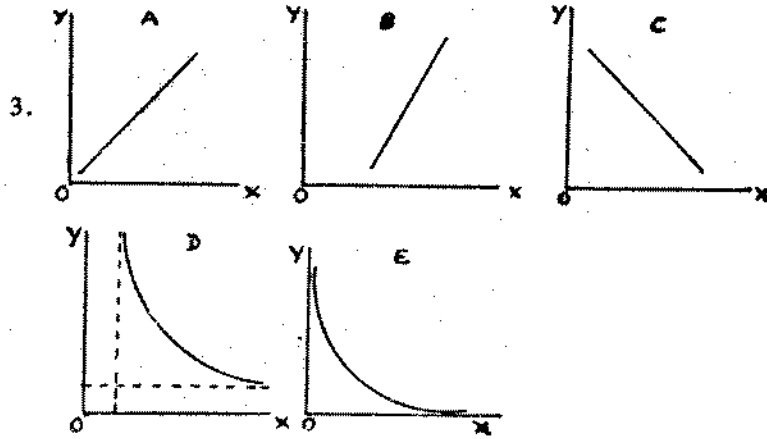
$$h^2 = h_1 h_2$$

$\therefore$

$$h = \sqrt{h_1 h_2}$$

தேர்வு வினாக்கள்

- வில்லையொன்றில் தலைமையச்சுக்குச் சமாந்தரமாகச் செல்லும் கதிர், வில்லையில் முறிவடைந்தபின் தலைமையச்சை விலகிச் செல்லின்
  - அவ்வில்லை தன்னிலும் உயர் முறிவுக்குணகமுடைய ஊடகத்தினால் குழப்படும் குவிவில்லையாகும்.
  - அவ்வில்லை தன்னிலும் தாழ்முறிவுக்குணகமுடைய ஊடகத்தினால் குழப்படும் குழிவில்லையாகும்.
  - அவ்வில்லை ஓர் உயர் குவியத்தாரமுள்ள குவிவில்லையையும் தாழ் குவியத்தாரமுள்ள குழிவில்லையையும் கொண்ட ஒரு சேரிமாமாகும்.
    - A மட்டும் சரி
    - B மட்டும் சரி
    - C மட்டும் சரி
    - A உம் B உம் சரி
    - A, B, C, எல்லாம் சரி
- ஒரு குவிவில்லைக்கு முன்னால் வைக்கப்படும் பொருளொன்றுடன் அதன் விம்பத்தை அப்பக்கத்திலேயே அதனுடன் பொருந்தச் சரிசெய்வதற்கு உகந்த ஒழுங்குகளாவன
  - குவிவில்லைக்கு முன்னால் பொருள் இருக்க வில்லைக்குப் பின்னால் குவிவாடியை ஒழுங்கு செய்தல்
  - குவிவில்லைக்குப் பின்னால் ஒரு தளவாடி இருக்க, வில்லைக்கு முன்னால் ஒரு பொருளை ஒழுங்கு செய்தல்
  - குவிவில்லையை இரசத்தின்மேல் வைத்து பொருளை வில்லைக்கு முன்னால் ஒழுங்கு செய்தல்
  - குவிவில்லைக்கும் தளவாடிக்கு மிடையில் திரவமொன்றைப் பரவி பொருளை வில்லைக்குமுன்னால் ஒழுங்கு செய்தல்
    - B, C, D,
    - B, C
    - C, D
    - A, B
    - A, B, C, D



படம்: 105

மேற்காட்டப்பட்டுள்ள ஐந்து வரைபுகள் i என்னும் குவியத்தூர முள்ள குவியவில்லைக்கு கீறப்பட்டன. இங்கு மெய்விலம்பங்களின் தூரம்  $v$  இனாலும் பொருட்டூரம்  $u$  இனாலும் குறிக்கப்படுகின்றன. அத்துடன்  $m$  உருப்பெருக்கத்தையும் குறிக்கின்றது. கீழ்த்தரப்படும் முதலாம் கணியம் Y அச்சிலும் இரண்டாம் கணியம் X அச்சிலும் இருக்கிறதெனக் கொண்டு அவ்வவ் வரைபுகளைக் கண்டு பிடிக்க.

- $v$  க்கும்  $u$  க்கும்
- $\frac{1}{v}$  க்கும்  $\frac{1}{u}$  க்கும்
- $m$  க்கும்  $v$  க்கும்
- $(v - 1)$  க்கும்  $(u - 1)$  க்கும்
- $(m + 1)$  க்கும்  $\frac{v}{u}$  க்கும்

4. ஓர் இரட்டைக் குவியவில்லையின் வளைவினரை ஒவ்வொன்றும் 30 சமீ. ஆகும்; அதன் முறிவுக்குணகம்  $\frac{3}{2}$ . அதன் குவியத்தூரம்

- 60
- 30
- 45
- 90
- 15

5. மேற்கூறியவில்லை  $\frac{3}{4}$  முறிவுக்குணகமுள்ள நீரில் அமிழ்த்தப்படின் அதன் குவியத்தூரம்

- 60
- 30
- 120
- 15
- 90

6. ஒரு தளக்குவிவில்லை இரசத்தின்மேல் வைக்கப்படுகிறது; வளைந்த மேற்பரப்பு இரசத்துடன் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் பொழுது ஓர் ஊசி தன்விம்பத்துடன் வில்லையிலிருந்து 10 சமீ. தூரத்தில் பொருந்தியுள்ளது. தளமேற்பரப்பு இரசத்துடன் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் பொழுது வில்லையிலிருந்து 30 சமீ. தூரத்தில் பொருள் விம்பத்துடன் பொருந்துகின்றது; வில்லையின் குவியத்தூரம் சமீ. இல்

- 30
- 10
- 20
- 15
- 60

7. மேற்கேள்வியில் வில்லையின் வளைந்த மேற்பரப்பின் வளைவினரை சமீ. இல்

- 12
- 15
- 18
- 20
- 30

8. அதே கேள்வியில் வில்லையின் முறிவுக்குணகம்

- 1.47
- 1.52
- 1.5
- 1.6
- 1.5

9. 15 சமீ. குவியத்தூரத்தைக் கொண்ட ஒரு வில்லைச் சேர்மானத்தைத் தயாரிப்பதற்கு ஒன்றுடன் ஒன்று தொடுமாறு

- 30 சமீ. குவியத்தூரங்களுடைய இரு குவியவில்லைகளைச் சேர்த்தல் வேண்டும்.
  - 15 சமீ. குவியத்தூரங்களுடைய இரு குவியவில்லைகளைச் சேர்த்தல் வேண்டும்.
  - 10 சமீ. குவியத்தூரமுடைய குவியவில்லையையும் 30 சமீ. குவியத்தூரமுடைய குவியவில்லையையும் சேர்த்தல் வேண்டும்;
  - 10 சமீ. 30 சமீ. குவியத்தூரங்களையுடைய குவியவில்லைகளைச் சேர்த்தல் வேண்டும்;
- A மட்டும்
  - A உம் B உம்
  - A, B
  - A உம் C உம்
  - B உம் C உம்

### வினாக்கள்

1. 15 சமீ. ஆரையுடைய திண்மக் கண்ணாடிக் கோளமொன்றின் மிகக்கிட்டிய புள்ளிக்கு முன்னால் 20 சமீ. தூரத்தில் ஒரு புள்ளிப் பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கோளத்தின் கிட்டிய பகுதியில் நிழலும் முறிவினால் ஏற்படும் விம்பத்தின் நிலையைக் கணிக்க; மேலும், 20 சமீ. க்குப் பதிலாகப் பொருள் கோளத்திலிருந்து 40 சமீ. தூரத்தில் இருப்பின் விம்பத்தின் நிலையைக் காண்க.  $\mu_g = 1.5$ . விம்பங்கள் உண்டாவதை வரிப்படம் மூலம் காட்டுக; [விடை: 90, 180 சமீ.]

2. ஒரு திண்மக் கண்ணாடிக் கோளத்தின் விட்டம் 8 சமீ. ஒரு கடதாசியைக் கொண்டு கண்ணாடியில் ஒட்டப்பட்டு கடதாசியையும்

- கோளத்தில் மையத்தையும் இணைக்கும் கோட்டின் வழியே கண்ணாடிக் கூடாகப் பார்க்கப்படுகிறது. அவதானிக்கக்கூடிய கோளத்தின் பாகத்திலிருந்து விம்பத்தின் நிலையைக் காண்க.  $\mu_g = 1.5$  [விடை: 16 சமீ.]
3. 6 சமீ. ஆரையுடைய நீர்க்கோள மொன்றின் மீது ஒரு சமாதர ஒளிக்கற்றை படுகின்றது. கோளத்தில் இரு மேற் பரப்புக்களிலும் முறிவுற்றுத்தோற்றம் இறுதி விம்பத்தின் நிலையைக் காண்க.  $\mu_w = 4/3$  [விடை: மறுபக்கத்திலிருந்து 6 சமீ.]
4. ஒரு தளக் குவிவில்லையின் வளைந்த மேற்பரப்பிற் கூடாகத் தளவில்லையை நோக்கும்பொழுது தடிப்பு 2.72 சமீ. எனத் தோற்று கிறது. தள மேற்பரப்பிற்கூடாக நோக்கும்பொழுது தடிப்பு 2.31 சமீ. எனத் தோற்று கிறது. உண்மையான தடிப்பு 3.46 சமீ. ஆயின், கண்ணாடியின் முறிவுக் குணகத்தையும் வளைந்த மேற்பரப்பின் வளைவினாரையையும் காண்க. [விடை: 1.497, 7.7 சமீ.]
5. 20 சமீ. குவியத்தாரமுடைய குவிவில்லை பொருளொன்றின் மும் மடங்கு பெருத்த விம்பத்தை ஆக்குகின்றது. வில்லையிலிருந்து பொருள் இருக்கத்தக்க இரு நிலைகளைக் காண்க. இதை விளக்க வரிப்படங்களைக் கீறிக [விடை: 26½ 13½ சமீ.]
6. 30 சமீ. குவியத்தாரமுள்ள குழிவில்லையால் பொருளொன்றின் கால் மடங்கு நீளமுள்ள விம்பம் உண்டாக்கப்பட்டது. வில்லையிலிருந்து பொருளின் தூரத்தைக் காண்க [விடை: 90 சமீ.]
7. (i) 10 சமீ. வளைவினாரையுடையதும் 1.5 முறிவுக்குணகமுடையதுமான தளக்குழிவில்லையினதும் (ii) 15 சமீ. 30 சமீ. வளைவினாரையுடையதும் 1.6 முறிவுக்குணகமுடையதுமான இரட்டைக் குவிவில்லையினதும் குவியத்தாரங்களைக் காண்க. [விடை: (i) 20 சமீ. (ii) 16½ சமீ.]
8. ஓர் ஒளிர்ப்படுத்தப்பட்ட பொருளுக்கும் குழிவாடிக்குமிடையில் குழிவில்லையொன்று வைக்கப்பட்டபோது பொருளுக்கருகில் விம்பம் பெறப்பட்டது: அப்பொழுது பொருளுக்கும் வில்லைக்குமிடையிலுள்ள தூரம் 20 சமீ. வில்லைக்கும் குழிவாடிக்குமிடையிலுள்ள தூரம் 12 சமீ. ஆடியின் வளைவினாரை 15 சமீ. ஆயின் வில்லையின் குவியத்தாரம் என்ன? [விடை: 3.5 சமீ.]
9. ஒரு பிளவுக்கும் திரைக்குமிடையில் ஒரு குவிவில்லை இரு தெளிவான விம்பங்கள் திரையில் பெறத்தக்கவாறு நகர்த்தப்படுகிறது;

- ஒரு சந்தர்ப்பத்தில் பிளவின் அகலம் 0.64 சமீ. ஆகும். அதே சந்தர்ப்பத்தில் 0.25 சமீ. ஆகும். பிளவின் உண்மையான அகலத்தைக் காண்க; கணிப்புகளை விளக்குக. [விடை: 0.4 சமீ.]
10. 10 சமீ. குவியத்தாரமுடைய ஒரு குவிவில்லையிலிருந்து 15 சமீ. தூரத்தில் ஒரு பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. மறுபக்கத்தில் வில்லையிலிருந்து 24 சமீ. தூரத்தில் 8 சமீ. குவியத்தாரமுடைய குழிவில்லை வைக்கப்பட்டுள்ளது. இவ் வில்லையிலிருந்து இறுதி விம்பத்தின் தூரத்தைக் காண்க. [விடை: 24 சமீ.]
11. ஒரு பொருளும் ஒரு திரையும் நிலையாக இருக்க, ஒரு குவிவில்லை இது விம்பங்களை ஏற்படுத்தாமெனக் காட்டுக இரு விம்பங்களினதும் நீளங்களின் விகிதம் 6.25 அப்பொழுது பொருளுக்கும் திரைக்குமிடையிலுள்ள தூரம் 100 சமீ. குவிவில்லையின் குவியத்தாரத்தையும், வில்லையின் இரு நிலைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தையும் காண்க. [விடை: 20.4; 42.9 சமீ.]
12. ஒரு தளவாடிக்கும் 10 சமீ. குவியத்தாரமுள்ள இரட்டைக் குவிவில்லைக்குமிடையில் ஒரு மெல்லிய திரவவில்லை உண்டாக்கப்படுகிறது. இச் சேர்மானத்தின் குவியத்தாரம் 16 சமீ. எனக் காணப்பட்டுள்ளது. வில்லை மேல்கீழாகத் திருப்பப்பட்டபொழுது சேர்மானத்தின் குவியத்தாரம் 16.5 சமீ. எனக் காணப்பட்டுள்ளது. கண்ணாடியின் முறிவுக்குணகம் 1.5 ஆயின் திரவத்தின் முறிவுக்குணகம் என்ன? [விடை: 1.38]
13. ஒரு பாத்திரம் 10 அங்குல ஆழத்தக்கு நீரைக்கொண்டுள்ளது. நீர் மட்டத்துக்குச் சற்று கீழ் 6 அங்குல குவியத்தாரமுள்ள குவிவில்லை அமிழ்த்தப்பட்டுள்ளது. ஒரு பொருள் நீரின் அடியில் வைக்கப்பட்டு மேல் நின்று நோக்கப்படும் பொழுது பொருளினது விம்பத்தின் தூரத்தை நீர் மேற்பரப்பிலிருந்து காண்க.  $\mu_g = \frac{3}{2}$   $\mu_w = \frac{4}{3}$  [விடை: 12½ அங்.]
14. ஓர் ஒளிர்ப்படுத்தப்பட்ட பொருள் 55 சமீ. வளைவினாரையுடைய குழிவாடியிலிருந்து 60 சமீ. தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது: 10 சமீ. குவியத்தாரமுடைய குழிவில்லை பொருளுக்கும் ஆடிக்குமிடையே பொருளுக்கருகில் விம்பத்தை ஏற்படுத்தத்தக்கவாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. வில்லையிலிருந்து 1 பொருளின் தூரத்தைக் காண்க. [விடை: 10 சமீ.]
15. 35 சமீ. வளைவினாரையுடைய ஒரு குழிவாடி ஒரு மெல்லிய சமக் குழிவில்லைக்குப் பின்னால் 23 சமீ. தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது; வில்லையினதும் ஆடியினதும் பொது அச்சில் O என்னும் ஓர்

ஒளிர்ப்படுத்தப்பட்ட பொருள் வில்லைக்கு முன்னால் வைக்கப்பட்டு வில்லையிலிருந்து 20 சமீ. தூரத்துக்குச் சரிசெய்யப்பட்டபொழுது ஒரு தெளிவான விம்பத்துடன் அது பொருந்தியுள்ளது. ஆடி நீக்கப்பட்டபின், O ஆனது 11.2 சமீ. வில்லையிலிருந்து விலக்கி அரசு கப்பட்டபொழுது ஒரு மங்கலான விம்பத்துடன் பொருந்தியது. இவ்விம்பங்கள் உண்டாவதைக் கரட்ட வரைப்படங்கள் கீழ்க். அத்துடன் வில்லையின் குவியத்தூரத்தையும், கண்ணாடியின் முறிவுக் குணகத்தையும் காண்க. [விடை: 30 சமீ. 1.52]

16: ஒரு மெல்லிய குவிவில்லையின் குவியத்தூரத்தை அளப்பதற்குத் திருத்தமான பரிசோதனையொன்றைத் தருக.

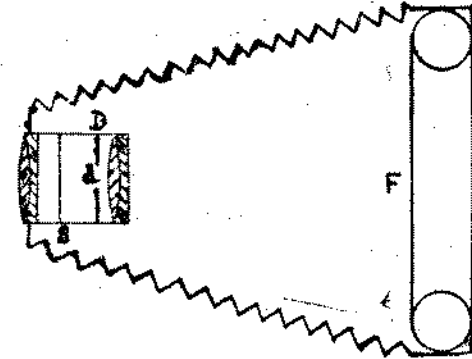
AB என்னும் குழாய்க்குள் ஒரு மெல்லிய குவிவில்லை வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஓர் ஒளிர்ப்படுத்தப்பட்ட பொருளின் தெளிவான விம்பம் ஒரு திரையின் விழுந்தது. அப்பொழுது குழாயின் முனை A திரையிலிருந்து 90 சமீ. தூரத்தில் இருந்தது. மீண்டும் முனை A திரையிலிருந்து 140 சமீ. தூரத்தில் இருக்கும்பொழுது ஒரு விம்பம் உண்டாகியது. பொருளுக்கும் திரைக்கும்டையிலுள்ள தூரம் ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் 250 சமீ. ஆயின் வில்லை முனை A இலிருந்து என்ன தூரத்தில் உள்ளது? [விடை: 10 சமீ.]

## அத்தியாயம் 8

கமரா, கண், கண்ணின் குறைகள்

ஒளிப்படக் கமரா

ஒளிப்படக் கமரா, ஓர் அந்தத்தில் ஒரு வில்லைத் தொகுதியையும் மறு அந்தத்தில் ஓர் ஒளிப்படத் தட்டையும் கொண்டுள்ளது. இவ்வொழுங்குகள் ஓர் ஒளி இறுக்கமான உட்கருமையாக்கப்பட்ட தோல் துருத்தியொன்றினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. துருத்தி, வில்லைத்தொகுதிக்கும் ஒளிப்படத் தட்டுக்கும் இடையேயுள்ள தூரத்தை வேண்டியவாறு சரிசெய்யப் பயன்படும். S என்னும் மூடியும் D என்னும் ஐரிக் மென்றகடும் நிறந்தரா வில்லைகளைக் கொண்ட வில்லைத் தொகுதியினுள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. S என்னும் மூடி திறக்கப்பட்டபின் ஒளி மென்றகட்டுத் துவாரத்தினூடு கமராவுக்குட் செல்லும்; அத்



படம்: 106

துடன் ஒளி செலுத்தப்படும் நேரம் மூடியினால் கட்டுப்படுத்தப்படும்; மூடி திறந்திருக்கப்படும் நேரம் திறந்தவைப்பு நேரம் எனப்படும். இது பொருளின் துக்கத்திலும், வில்லையின் குவியத்தூரத்திலும், மென்றகட்டின் துவாரத்திலும் ஒளிப்படத் தட்டின் உணர் திறனிலும் தங்கியுள்ளது. மூடிக்கூடாகச் செலுத்தப்படும் ஒளி மென்றகட்டின் துவாரத்தினூடு கமராவுக்குள் செல்கின்றது. இதனால் மென்றகட்டின் துவாரம் வில்லையின் துவாரத்துக்குச் சமானமாகக் கருதப்படும்; மேலும் கமராவுக்குப் புகும் ஒளியை வேண்டிய அளவிற்கு மென்றகட்டுத் துவாரத்தை சரிசெய்து கொள்வதன் மூலம் கட்டுப்படுத்தலாம்.

மென்றகட்டிலி அல்லது வில்லையின் துவாரம்  $d$ , வில்லையினது குவி யத்தின் பின்னத்தில் குறிக்கப்படும். துவாரத்தின் பருமன்  $\frac{f}{8}$  எனக் கொள்ளப்படின, துவாரத்தின் விட்டம் குவியத்தாரத்தின் எட்டி லொரு மடங்கு என்பதேயாகும். உதாரணமாக வில்லையின் துவாரம்  $\frac{1}{2}$  அங்குலமெனவும் குவியத்தாரம் 6 அங்குலமெனவும் கொள்ளப் படின துவாரம்  $d$  ஆனது  $\frac{f}{12}$  எனக் குறிக்கப்படும்.

மேலும்  $\frac{\text{குவியத்தாரம்}}{\text{துவாரத்தின் விட்டம்}}$  என்னும் விகிதம்  $f$  - விகிதம் அல் லது  $f$  - எண் எனப்படும்.

உதாரணமாக வில்லையின் குவியத்தாரம் 11 சமீ. எனவும் துவா ரத்தின் விட்டம் 1 சமீ. எனவும் கொள்ளப்படின,  $f$  - விகிதம் அல் லது  $f$  - எண் 11 ஆகும். அத்துடன்  $d = \frac{f}{11}$  எனக் குறிக்கப்படும்.

வில்லையினின் கதி

ஒளிப்பட வில்லையின் கதி என்னும்பொழுது ஒளிப்படம் எடுக்கப் படும் கதியே இங்கு கருதப்படும். இக்கதியானது வில்லை படலத்தக் குச் செலுத்தும் ஒளிச்சத்திக் கணியத்தைப் பொறுத்ததாகும். அதா வது பெரிய துவாரம் உடைய வில்லை சிறிய துவாரம் உடைய வில்லை யிலும் கூடிய ஒளிச்சத்தியைச் செலுத்தும். இப்பருமன் வில்லைத் துவா ரத்தின் விட்டத்தின் வரிக்கத்து விகிதசம்மாகும். உதாரணமாக, ஓரே தன்மையுடைய ஒரு வில்லைகளுள்  $f/8$  என்னும் வில்லைக்கு படம் எடுப்பதற்கு வேண்டிய நேரம்  $f/16$  என்னும் வில்லை எடுக்கும் நேரத் தின்  $\frac{1}{2}$  மடங்காகும்; இது ஏனெனில்  $f/8$  என்னும் வில்லையினூடு செல்லும் ஒளிச்சத்திக் கணியம்  $f/16$  என்னும் வில்லையினூடு செல் லும் ஒளிச்சத்திக் கணியத்தின் நான்குமடங்காகும்.

ஒரு கமராவின்து வில்லையினது துவாரங்கள் முறையே  $f/5.6$ ,  $f/8$ ,  $f/11$ ,  $f/16$ ,  $f/22$  எனச் சரி செய்யப்பட்டு படம் எடுக்கப் படும் நேரங்கள் குறிக்கப்படின, அது வருமாறு அமையும்.

$f/5.6$	எடுக்கும் நேரம் 1 செக்கன் ஆயின்,	
$f/8$	..	அண்ணளவாக 2 செக்கன் ஆகும்.
$f/11$	..	4 ..
$f/16$	..	8 ..
$f/22$	..	16 ..

உதாரணம்

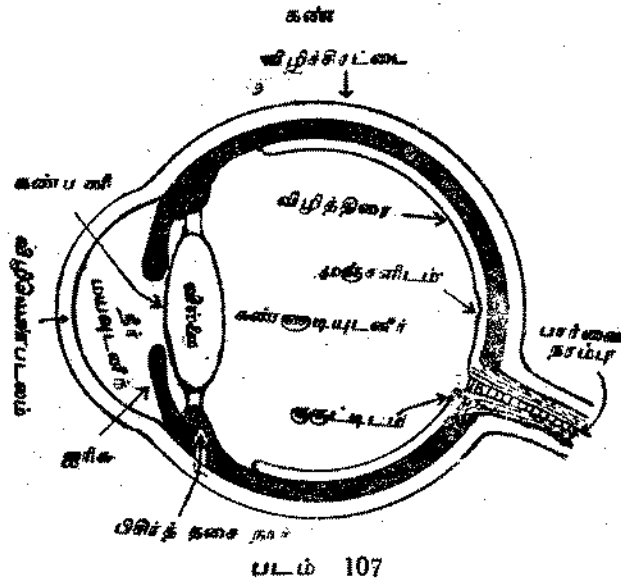
கமராவொன்றிற்குக் குறித்த நிபந்தனைகளுக்குக் கீழ் வில்லையின் துவாரம்  $f/4.5$  என இருக்கும்பொழுது திருத்தமான திறந்த வைப்பு

நேரம்  $f/20$  செக்கன் ஆகும். மென்றகட்டிலி துவாரம்  $f/6.3$  ஆக இருப்பின் திருத்தமான திறந்தவைப்பு நேரம் என்ன?

$$\begin{aligned} \text{துவாரம் } A_1 &= \frac{f}{4.5}; & A_2 &= \frac{f}{6.3} \\ \text{திறந்தவைப்பு நேரங்கள் } t_1, t_2 \text{ எனின்,} \\ \frac{t_1}{t_2} &= \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 = \left(\frac{4.5}{6.3}\right)^2 \\ t_1 &= \frac{1}{20} \text{ செக்.} \\ \therefore t_2 &= \left(\frac{6.3}{4.5}\right)^2 \times \frac{1}{20} \text{ செக்.} \\ &= \frac{1}{10} \text{ செக்.} \end{aligned}$$

படம் தயாரிக்கும் முறை

ஒளிப்படத் தட்டு வெள்ளி புரோமைட்டுப் பூச்சு பூசப்பட்ட ஒரு படலம் ஆகும். ஒரு மனிதனின் படம் எடுக்கப்படும்பொழுது அவனி லிருந்து வரும் ஒளி, படலத்தில் படும்பொழுது இரசாயன மாற்ற மொன்றை வெள்ளி புரோமைட்டுப் பூச்சில் ஏற்படுத்துகின்றது. இம் மாற்றத்தை நிலைப்படுத்துவதற்கு, படலம் ஓர் இருட்டறைக்குள் வைக்கப்பட்டிருக்கும் உருத்துலக்கி என்னும் கரைசலுக்குள் அமிழ்த் தப்படும்; இவ்வுருத்துலக்கி ஒரு தாழ்த்தும் கருவியாதலினால் ஒளி பட்ட பாகங்களில் உள்ள வெள்ளி புரோமைட்டைக் கறைத்த வெள் லிக்குத் தாழ்த்தும். பின்பு அவ்விருட்டறைக்குள்ளேயே நிலைப்படுத் துதல் செய்யும் முகமாக சோடியம் கந்தகச் சல்பேற்றுக் கரைசலுக் குட் தோய்க்கப்படும். அப்பொழுது ஒளியின் தாக்கித்துக்குள் வந்தி ராத வெள்ளி உப்பு கரைக்கப்பட்டுக் கழுவப்படும். ஆகவே படலத் தில் தேங்கியிருக்கும் ஒளிபட்ட வெள்ளி ஒரு கறைத்த விம்பத்தை அப் படலத்தில் உண்டாக்கும். மேற்கூறியவாறு உருத்துலக்குதலும் நிலைப் படுத்துதலும் செய்யப்பட்டபின் படலம் நன்கு கழுவப்பட்டு உலர்த் தப்படும். இக் கட்டத்தில் இது எதிர்ப்படலம் எனப்படும்; பின்பு இதனை நேர்ப்படுத்துவதற்கு வெள்ளி புரோமைட்டு பூசப்பட்ட ஓர் உணர்தாளில் வைக்கப்பட்டு ஒளிக்குக் திறந்து வைக்கப்படும்; அப் பொழுது ஒளி எதிர்ப்படலத்திலுள்ள கறைத்த பாகங்களைத் தவிர்ந்த ஏனைய பாகங்களுக்கிடாக ஊடுருவிச் சென்று உணர்தாளைத் தாக்கும். பின்பு இத்தாள் உருத் துலக்குதல் நிலைப்படுத்துதல் என்னும் முறைக ளுக்கு உட்படுத்தப்படும். அப்பொழுது உணர்தாளில் ஒளிபட்ட பாகங் களில் உள்ள வெள்ளி உப்பு முழுவதும் கறைப்பு வெள்ளியாகப் படிந் திருக்கும்; ஒளிபடாத பாகம் கழுவப்பட்டுவிடும். இறுதியாக இதனை நோக்கும்பொழுது மனிதனைப் போன்ற ஒரு படம் உண்டாகியிருப் பதைப் பார்க்கலாம். இது நேர்ப்படலம் எனப்படும்.



கண்ணின் அமைப்பு கமராவொன்றின் அமைப்பை ஒத்ததாகும். இதன் முக்கிய பாகங்களாவன:

1. கண்வில்லை: இது ஓர் இரட்டைக் குவிலில்லையோல் தொழிற்படும் பளிங்குவில்லை. பொருள்களின் மெய்வீம்பங்களை விழித்திரையில் இது குவியச் செய்யும்.
2. விழித்திரை: கண்விழியின் பிற்பக்கத்திலிருக்கும் ஒளி உணர்வுள்ள திரை விழித்திரை எனப்படும். இதிலுள்ள நரம்புகள் எல்லாம் பார்வை நரம்புடன் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன. இதில் எறியப்படும் வீம்பங்கள் தலைகீழானவையாகும்.
3. பார்வை நரம்பு: விழித்திரையில் விழும் வீம்பங்களினால் உண்டாகும் புலனுணர்வுகளை (sensation) மூளைக்குக் காவுகின்றன இவை;
4. ஐரிக்: ஒளிச் செறிவுக் கேற்ப தன் மையத்திலுள்ள துவாரத்தினூடு செல்லும் ஒளியைக் கட்டுப்படுத்தும் மென்றகடு ஐரிக் எனப்படும். மந்தமான ஒளியில் துவாரத்தை பெருப்பிப்பதும் பிரகாசமான ஒளியில் துவாரத்தைச் சிறுப்பிப்பதும் இதுவே.
5. கண்மணி: ஐரிகின் மையத்திலுள்ள துவாரம் கண்மணி எனப்படும். இதற்கூடாகவே ஒளி கண்வில்லைக்குப் புதும்,

6. பிசிர் தசை நார்கள்: வில்லையைத் தாங்குவவை பிசிர் தசை நார்கள் ஆகும். இவை வில்லையினது மேற்பரப்பின் வளைவை மாற்ற உதவுகின்றன. ஆகவே குவியத்தாரம் மாற்றமடையும். இவ்வீதம் குவியத்தாரத்தை மாற்றத்தக்கதாலேயே வெவ்வேறு தூரங்களில் பொருள்களிருக்கும் பொழுது அவற்றின் வீம்பங்களை நிலையான விழித்திரையில் விழுத்த முடிகின்றது.
7. மஞ்சளிடம்: விழித்திரையில் மிகக்கூடிய ஒளி உணர்வுள்ள பாகம் மஞ்சளிடம். இவ்விடத்தில் பொருளொன்றின் வீம்பம் விழின் பொருள் தெளிவாகத் தெரியும். இதைத் தவிர்ந்த வேறு இடங்களில் விழித்திரையில் விழின் பொருள் தெளிவாகத் தெரிவதில்லை.

கண்விழி முழுவதையும் பாதுகாக்கும் பெலப்புள்ள வெளிக் கோளப் பாகம் விழிச்சிரட்டை. ஒளிபுகும் முன்பாகம் விழிவெண் படலம் விழிவெண் படலத்துக்கும் வில்லைக்கு மிடையிலுள்ள பகுதி நீர்மயவுடனீர் என்னும் ஊடகத்தையும் வில்லைக்கும் விழித்திரைக்கும் இடையிலுள்ள பகுதி கண்ணாடியுடனீர் என்னும் ஊடகத்தையும் உடையதாக இருக்கின்றன. மேலும் ஒரு மனிதனது கண்ணின் நிறம் ஐரிகின் நிறமாகும். ஆனால் கண்மணி எப்பொழுதும் கறுப்பு. இது ஏனெனில் கண்விழிக்குள்ளிருந்து ஒளி திரும்பி வருவதில்லை.

#### கண்ணின் குறைகள்

கண்வில்லைக்கும் விழித்திரைக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் நிலையானது. ஆகவே வெவ்வேறு தூரங்களில் பொருள்கள் இருக்கும்பொழுது அவற்றின் வீம்பங்களை விழித்திரையில் விழச் செய்வதற்கு பிசிர் தசைநார்கள் உறுதுணையாக இருக்கின்றன. அதாவது பொருள்களின் தூரங்களுக்கேற்றவாறு கண்வில்லையின் வளைவுகளை பிசிர் தசை நார்கள் மாற்றி பொருள்களின் வீம்பங்களை விழித்திரையில் விழச் செய்கின்றன. இவ்வீதம் கண் தானாகவே தனது அமைப்பை மாற்றிச் சரிசெய்து கொள்ளக்கூடிய தன்மை தன்னமைவு எனப்படும்.

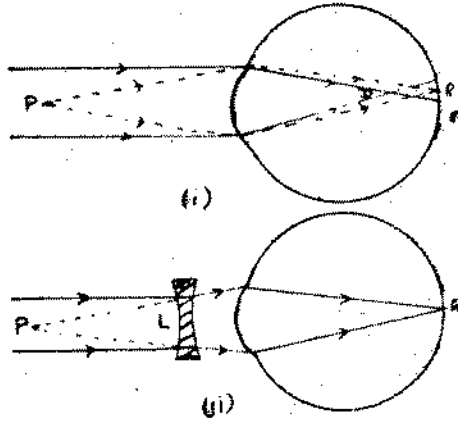
ஒரு சாதாரண கண் முடிவிலியில் பொருள்கள் இருக்கும்பொழுது அவற்றின் வீம்பங்களை தன்னமைவு இன்றி விழித்திரையில் விழுத்தும் எனவே சாதாரண கண்ணின் சேய்மைப்புள்ளி (far point) முடிவிலியாகும். கண் தெளிவாகப் பார்க்கக்கூடிய மிகக்கிட்டிய புள்ளி அண்மைப்புள்ளி எனப்படும். சாதாரண கண்ணுக்கு அண்மைப்புள்ளித் தூரம் 25 சமீ. அல்லது 10 அங்குலமாகும். இத்தூரம் சாதாரண கண்ணின் தெளிவுப்பார்வை இழிவுத்தூரம் எனப் பெயர்பெறும்.

குறிப்பு:— தன்மைவினால் வில்லையின் குவியத்தாரம் குறைக்கப்படுமென பொழிய கூட்டப்படமாட்டாது.



## குறும்பார்வை

கண்வில்லையின் குவியத்தூரம் கண்ணிழியின் நீளத்திலும் குறுகியதாக இருப்பதால் இக் குறைபாடு ஏற்படும். இதனால் சமாந்தரக் கதிர்கள் விழித்திரையில் குவியாது அதற்கு முன்னால் ஒரு புள்ளி D இல் குவிகின்றன (படம் 108 i). ஆகவே இக்கண்ணின் செய்மைப்புள்ளி முடிவில்லையில் இல்லை என்பது வெளிப்படாது. எனினும் P என்னும் புள்ளி இதன் செய்மைப்புள்ளியென அப்புள்ளியிலிருந்து வரும் கதிர்கள் மட்டுமே கண்வில்லையால் விழித்திரையில் குவிக்கப்படும்;

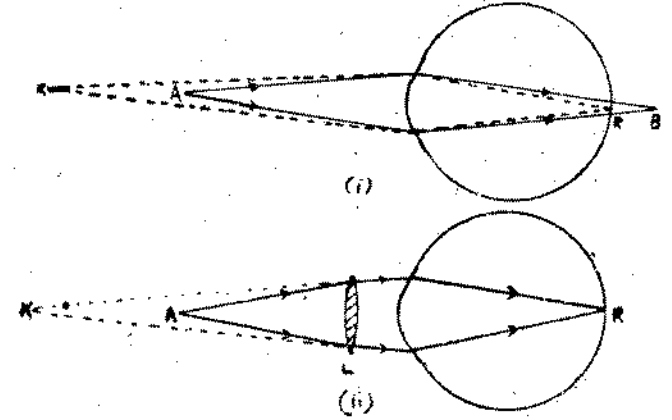


படம்: 108

இப்புள்ளிக்கு அப்பால் பொருள்கள் இருப்பின், கண்ணுக்கு அவை தெரியமாட்டா. ஆகவே வெகுதூரத்தில் இருக்கும் பொருள்களைப் பார்ப்ப வேண்டாமாயின அப்பொருள்களிலிருந்து வரும் கதிர்களை P என்னும் செய்மைப்புள்ளியிலிருந்து வருவதைப் போலாக ஒழுங்கு செய்தல் வேண்டும். இதனைப் படம் 108 (ii) இல் காட்டியவாறு ஒரு குழிவில்லையை உபயோகித்துச் செய்யலாம். ஆகவே இக்குறையைக் கண்ணின் செய்மைப்புள்ளித் தூரத்திற்குச் சமமான குவியத்தூரத்தை யுடைய குழிவில்லையொன்றை உபயோகித்து நிவர்த்திக்கலாம்.

## நீள்பார்வை

ஒரு மனிதனின் செய்மைப்புள்ளி முடிவில்லியிருக்க அவன் அண்மைப்புள்ளி சாதாரண கண்ணின் தெளிவுப்பார்க்கை இழிவுத்தூரத்திற்குப் பால் அதாவது 25 சமீ. க்கப்பால் இருப்பின் அம்மனிதன் நீள்பார்வை உடையவனெனக் கருதப்படுவான். படம் 109 (i) இல் X என்பது நீள்பார்வைக் கண்ணுடைய ஒருவனின் அண்மைப்புள்ளியாகும். இது கண்ணிழி நீளம் குறுகியதாக இருப்பதால் ஏற்படுகின்றது.

நீள்பார்வையும் அண்மைப் புள்ளித் திருத்தமும்  
படம்: 109

எனவே X இலிருந்து வரும் கதிர்கள் மட்டுமே விழித்திரையில் குவிக்கப்படும். ஆனால் சாதாரண அண்மைப்புள்ளியாகிய 25 சமீ. தூரத்தில் இருக்கும் A என்னும் புள்ளியிலிருந்து செல்லும் கதிர்கள் விழித்திரைக்குப் பின்னால் B இல் குவிக்கப்படும். ஆகவே A இலிருக்கும் பொருளைப் பார்க்க வேண்டுமாயின் அதிலிருந்து வரும் கதிர்களை கண்ணில் அடையச் செய்யும் பொழுது X இலிருந்து வருவதைப்போல் செய்தல் வேண்டும். இதனைப் படம் 109 (ii) இல் காட்டியவாறு ஒரு தகுந்த குவியத்தூரமுடைய குவிவில்லையை உபயோகித்துச் சரி செய்யலாம்.

உதாரணம்:- ஒரு நீள்பார்வைக் கண்ணின் அண்மைப்புள்ளி 50 சமீ. ஆகும். 25 சமீ. தூரத்தில் இருக்கும் பொருளொன்றினைப் பார்க்க வேண்டின் அணிய வேண்டிய வில்லையின் குவியத்தூரம் என்ன?

இக்கு பொருட்டூரம்  $u = 25$  சமீ.

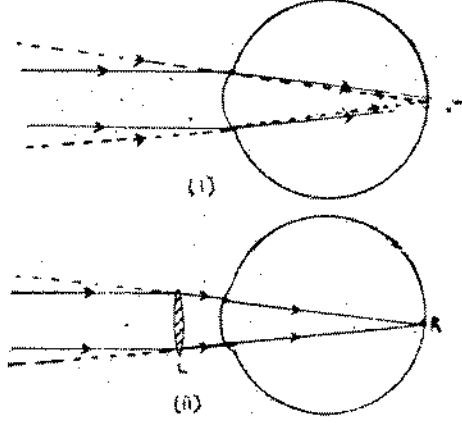
விம்பதூரம்  $v = -50$  சமீ. ஏனெனில் கண்வில்லையின் படம் கதிர்கள் 50 சமீ. தூரத்திலிருந்து வருவது போல் தோற்ற வேண்டும். ஆகவே உபயோகப்படுத்தும் வில்லைக்கு விம்பம் மாயமானதாக இருக்கும்.

$$\therefore \frac{1}{-50} + \frac{1}{25} = \frac{1}{f}, \quad \therefore \frac{1}{50} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore f = 50 \text{ சமீ.}$$

எனவே 50 சமீ. குவியத்தூரமுடைய குவிவில்லையை அணிய வேண்டும்.

நீள்பார்வையும் சேய்மைப்புள்ளித் திருத்தமும்



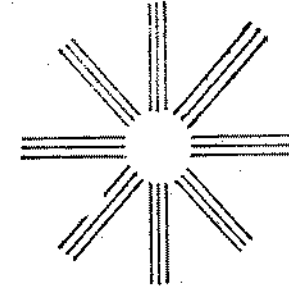
படம்: 110

சிரைலி விழித்திரைக்குப் பின்னால் ஒரு புள்ளிக்குக் குவிக்கப்படும் ஒளிக்கற்றையையே குவிக்கமுடிகின்றது. அப்பொழுது சேய்மைப்புள்ளி மாயமானதாகும். ஒரு சமாந்தர ஒளிக்கற்றை விழித்திரைக்குப் பின்னாலேயே குவிக்கப்படும் படம் 110 (i). இக் குறை படம் 110 (ii) இல் காட்டியவாறு ஒரு தகுந்த குவிவீலையை உபயோகித்து நிவிர்த்தி செய்யலாம்.

குறும்பார்வையும், நீள்பார்வையும் ஒளிமுறிவினால் ஏற்படும் குறைபாடுகளாகும். இக்குறைபாடுகளை ஒருவன் உடையவனாக இருப்பினும் அவன் தன்னமைவு உடையவனாகவும் இருப்பான். ஆனால் சேய்மைப் பரர்வை என்பது வயோதிப காரணத்தினால் கண்விலையை மீள் தன்மை யற்றதாக வருவதால் உண்டாகும் குறைபாடாகும். எனவே அக் கட்டத்தில் கண் தன்னமைவை ஏற்படுத்திக் கொள்ளமுடியாதிருக்கின்றது.

புள்ளிக்குவியலில் குறை

கண்ணுக்கு முன்னால் இருக்கும் விழிவெண்படலம் என்னும் முறிமேற்பரப்பு வெவ்வேறு தளங்களில் வித்தியாசமாக வளைவுகளை யுடையதாக இருக்கின்றது. ஆகவே ஒரு பொருளின் ஒரு தளத்திலிருந்து வரும் கதிர்கள் கண்விலையில் படிவ் அவை ஒரு புள்ளியில் குவிக்கப்படும். பொருளின் இன்னொரு தளத்திலிருந்து வரும் கதிர்கள் கண்விலையில் படிவ் இன்னொரு இடத்துக்கு குவிக்கப்படும். ஆகவே வெவ்வேறு புள்ளிகளில் ஒரு பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்கள் குவிக்கப்படுவதால் பொருள் தெளிவற்றதாகத் தோற்றும். இதனால் பொருளை நோக்கும்பொழுது கண் விகாரப்படுகிறது. இக் குறைபாடு புள்ளிக்குவியலில் குறை எனப்படும். இதனை ஓர் உருவிலேயே உபயோகித்து நிவிர்த்திக்கலாம்.



படம்: 111

இக் குறைபாட்டை படம் 111 இல் காட்டப்பட்ட அட்டையை நோக்கச் செய்து சுலபமாகக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

வில்லையின் வலு

சமாந்தர ஒளிக்கற்றை யொன்றை குவியச் செய்யத்தக்க வில்லை யொன்றின் ஆற்றலினது அளவு வில்லையின் வலு எனப்படும்.

பெருந்த குவியத்தூரமுடைய ஒரு குவிவிலை சமாந்தர ஒளிக்கற்றை யொன்றின் மீது ஏற்படுத்தத்தக்க குவிக்கும் விளைவு சிறிதாகும். ஆனால் சிறுத்த குவியத்தூரமுடைய ஒரு குவிவிலை பெருத்த குவிக்கும் விளைவை இக்கதிர்களின்மீது ஏற்படுத்தும். இதனால் ஒரு குவிவிலையின் வலு நேர் எனவும் அத்துடன் பெரிய குவியத்தூரம் கையுடைய குவிவிலையின் வலு சிறியதெனவும் சிறிய குவியத்தூரம் கையுடைய குவிவிலையின் வலு பெரியதெனவும் கொள்ளப்படும். அடுத்தபடியாக குழிவிலையொன்றை கருத்திற் கொள்ளும்பொழுது, அது விரிவை ஏற்படுத்துவதால் அதன் வலு எதிர் எனவும் கொள்ளப்படும்.

வலு அளக்கப்படும் அலகு தையொத்தர். உதாரணமாக ஒரு குவிவிலையின் குவியத்தூரம் 50 சமீ. ஆயின் அதன் வலு = +2 தையொத்தர் ஆகும். குவிவிலையின் குவியத்தூரம் 2 மீற்றர் ஆயின், அதன் வலு = +½ தையொத்தர் ஆகும்;

$$\text{கணித முறைப்படி, வலு} = \frac{1}{\text{குவியத்தூரம் (மீற்றர்)}}$$

மேலும்  $f_1$ ,  $f_2$  குவியத்தூரிகளுடைய இரு வில்லைகள் ஒன்றடனொன்ற தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் பொழுது

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

$$\Delta P = P_1 + P_2$$

இங்கு  $P_1$ ,  $P_2$  இரு வில்லைகளின் வலுக்களாகும்.  $P$  இரு வில்லைகளினதும் சமமான வலுவுமாகும்.

உதாரணம்:  $-3$  தையொத்தர் வலுவுடைய ஒரு வில்லையும்  $+5$  தையொத்தர் வலுவுடைய இன்னொரு வில்லையும் ஒன்றாகச் சேர்க்கப்படுகின்றன. இச்சேரிமானத்தின் வலுவையும் குவியத் தூரத்தையும் காண்க.

$$P_1 = -3 \text{ தையொத்தர்} \quad P_2 = +5 \text{ தையொத்தர்}$$

$$P = P_1 + P_2$$

$$= -3 + 5$$

$$= +2 \text{ தையொத்தர்}$$

$$\therefore \text{சேரிமானத்தின் வலு} = +2 \text{ தையொத்தர்}$$

$$\text{அத்துடன்} \quad P = \frac{1}{F}$$

$$\therefore F = \frac{1}{P}$$

$$= \frac{1}{2} \text{ மீற்றர்.}$$

$$\Delta \text{ சேரிமானத்தின் குவியத்தூரம்} = 50 \text{ சமீ.}$$

இச்சேரிமானம் ஒரு குவிவில்லைபோல் தொழிற்படும்.

மேலும் வில்லையின் வலு வருமாறும் குறிக்கப்படும்: உதாரணமாக ஒரு வில்லையின் வலு  $+2D$  என்னும் பொழுது அதன் வலு  $+2$  தையொத்தர் என்பதையும் அத்துடன் அதன் குவியத்தூரம்  $50$  சமீ. என்பதையும் குறிக்கும். இவ்வாறே  $-0.5D$  என்னும் பொழுது வில்லையின் குவியத்தூரம்  $200$  சமீ. ஆகும். முதல் வில்லை குவிவில்லையென்றும் இரண்டாவது குழிவில்லை பென்றும் அறியப்படும்.

குறும்பார்வை நீள்பார்வை உதாரணங்கள்

1. ஒரு மனிதன் தனது கண்ணிலிருந்து  $20$  சமீ. க்கும்,  $200$  சமீ. க்கும் இடையிலுள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகப் பார்க்கின்றான். தூரப் பொருள்களைத் தெளிவாகப் பார்க்க்பதற்கு இவன் அணிய வேண்டிய வில்லை என்ன? இவ்வில்லையை அணிந்திருக்கும் பொழுது அவனது தெளிவுப்பார்வை இழிவுத்தூரம் என்ன?

புத்தகக்காட்டுக் குறிவழக்கே இங்கு உபயோகிக்கப்படும்.

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

$$\text{தூரப் பொருளின் தூரம்} \quad u = \infty$$

$$\text{அதற்கு விம்பதூரம்} \quad v = -200 \text{ சமீ.}$$

$$\therefore -\frac{1}{200} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore -\frac{1}{200} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore f = -200 \text{ சமீ.}$$

$\Delta$ .  $200$  சமீ: குவியத்தூரமுடைய குழிவில்லையை உபயோகித்தல் வேண்டும்.

இவ்வில்லையை அணிந்திருக்கும்பொழுது அதற்குரிய தெளிவுப்பார்வை இழிவுத்தூரம், விம்பதூரம்  $20$  சமீ. ஆக இருக்கத்தக்கவாறு வைக்கப்படும் பொருட்டுரமாகும்:

$$\text{எனவே} \quad v = -20 \text{ சமீ.}$$

$$f = -200 \text{ சமீ.}$$

$$u = ?$$

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

$$-\frac{1}{20} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{200}$$

$$\therefore \frac{1}{u} = -\frac{1}{20} + \frac{1}{200} = \frac{-10+1}{200}$$

$$= -\frac{9}{200}$$

$$\Delta u = -\frac{200}{9} = -22 \frac{2}{9} \text{ சமீ.}$$

வில்லை அணிந்திருக்கும் பொழுது தெளிவுப்பார்வை இழிவுத்தூரம்  $= 22 \frac{2}{9}$  சமீ.

அத்துடன் வில்லை இருக்கும்பொழுது தெளிவுப்பார்வை வீச்சு  $22 \frac{2}{9}$  சமீ. தொடக்கம் முடிவிலிவரையாகும்:

2. வயது முதிர்ந்த மனிதன் ஒருவனால் மூக்குக் கண்ணாடியின்றி  $200$  சமீ தூரத்துக்குள்ளிருக்கும் பொருள்களைப் பார்க்க முடியவில்லை. இத்தூரத்தை  $25$  சமீ. ஆக்குவதற்கு அவர் அணியவேண்டிய மூக்குக்கண்ணாடி என்ன? மேலும் அவருடைய கண்கள் அவற்றிற்குப் பின்னால்  $150$  சமீ. க்குக் குறையாத தூரத்துப் புள்ளிக்கு குவியும் கதிர்க்களையே விழித்திரையில் குவிக்குமாயின், மூக்குக் கண்ணாடியை அணிந்திருக்கும் பொழுது தெளிவுப்பார்வையின் வீச்சு என்ன?

மூக்குக்கண்ணாடி அணிந்திருக்கும் பொழுது அதன் வில்லை  $25$  சமீ. தூரத்திலிருக்கும் பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்களை முறிவடையச் செய்து கண்ணில் விழச் செய்கின்றது. இக்கண்ணில் படுகதிர்கள்  $200$  சமீ. தூரத்தில் இருந்து வருவதுபோல் கண்ணுக்கு இருக்கும். ஆகவே மூக்குக்கண்ணாடி வில்லைக்கு

பொருட்டுரம்  $u = -25$  சமீ.

விம்பதாரம்  $v = -200$  சமீ.

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

$$-\frac{1}{200} + \frac{1}{25} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{-1+8}{200} = +\frac{7}{200}$$

$$\therefore f = +\frac{200}{7} = +28\frac{4}{7} \text{ சமீ.}$$

∴ 28 $\frac{4}{7}$  சமீ. குவியத்தாரமுடைய குவிவில்லை அணிதல் வேண்டும்.

இனி இக்கண் தனக்குப்பின்னால் 150 சமீ. தூரத்தில் குவியம் உதிரிகளையே விழித்திரையில் குவிக்கத்தக்கதாக இருப்பதால் அணிசின்ற முக்குக்கண்ணாடி வில்லைக்கு இத்தூரம் விம்பதாரம் ஆக இருக்கத்தக்க வண்ணம் அமையும் ஒரு பொருட்டுரத்தை துணிதல் வேண்டும்.

எனவே முக்குக்கண்ணாடிவில்லைக்கு

$$v = +150 \text{ சமீ.}$$

$$f = +200 \text{ சமீ.}$$

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

$$+\frac{1}{150} - \frac{1}{u} = +\frac{1}{200}$$

$$\therefore \frac{1}{u} = \frac{1}{150} - \frac{1}{200} = \frac{4-3}{600}$$

$$= +\frac{1}{600}$$

$$\therefore u = +\frac{600}{1} = +600 \text{ சமீ.}$$

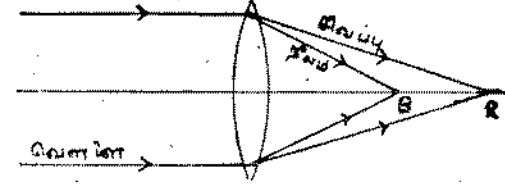
∴ பெர்ருளின் தூரம் முக்குக்கண்ணாடிக்கு முன்னால் 600 சமீ. எனவே தெளிவுப்பாரிவை வீச்சு 25 சமீ. தொடக்கம் 35 $\frac{5}{7}$  சமீ. வரையாகும்.

வில்லைகளின் குறைபாடுகள்

இது காரணம் கண்வில்லையின் குறைகள் பரிசீலிக்கப்பட்டன. இனி சாதாரண வில்லையின் குறைகளைக் கவனிப்போமாக.

நிறப்பிறழ்ச்சி

ஒரு தனி வில்லையால் உண்டாக்கப்படும் பொருளொன்றின் விம்பம் எப்பொழுதும் திரிவு பெறுகின்றது. திரிவு பெறுதற்குப் பல காரணங்கள் உள். இவற்றுள் ஒன்று நிறப்பிறழ்ச்சி. அதாவது ஒரு வில்லை உண்டாக்கும் விம்பம் பல நிறங்களைக் கொண்டதாக இருக்கும்.



படம். 112

பரிசோதனைப்படி, ஒரு வெள்ளை ஒளியின் சமாந்தரக்கற்றை ஒரு குவிவில்லையில் படின், ஒளியிலுள்ள செங்கதிரிகள் R என்னும் புள்ளியிலும் நீலக்கதிரிகள் B என்னும் புள்ளியிலும் குவிக்கப்படும் (படம் 112). அதாவது ஒரு தனிவில்லை பொருளொன்றின் வெவ்வேறு நிறங்கள் உள்ள விம்பங்களை வெவ்வேறு நிலைகளில் உண்டாக்குகின்றது. இதனால், தோற்றம் விம்பம் தெளிவற்றதாக இருக்கும்; வில்லையின் இக் குறைபாட்டுக்கே நிறப்பிறழ்ச்சி, எனப்படும்.

ஒரு திரவியத்தின் முறிவுக்குணம் நிறத்துக்குநிறம் விந்தியாசம். எனவே ஒரு வில்லைக்கு அதன் வளைவின்குறைகள்  $r_1, r_2$  எனவும் செவ்வொளிக்கும் நீலவொளிக்கும் முறிவுக்குணக்கங்கள்  $\mu_r, \mu_b$  எனவும் கொள்ளப்படின்

$$\frac{1}{f_r} = (\mu_r - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

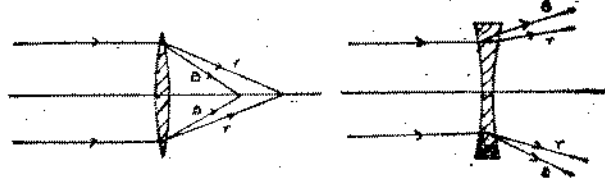
$$\frac{1}{f_b} = (\mu_b - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

இவற்றிலிருந்து  $(f_r - f_b)$  கணிக்கப்படின், அப்பெறமானம் அவ் வில்லையின் நீள்பக்க நிறப்பிறழ்ச்சியைத் தரும் அத்துடன் இருநிறக் கனாக்குரிய குவியத்தாரங்களின் வித்தம்

$$\frac{f_r}{f_b} = \frac{\mu_b - 1}{\mu_r - 1} \text{ இனால் தரப்படும்.}$$

வில்லைகளின் நிறத்தராச் சேர்மானம்

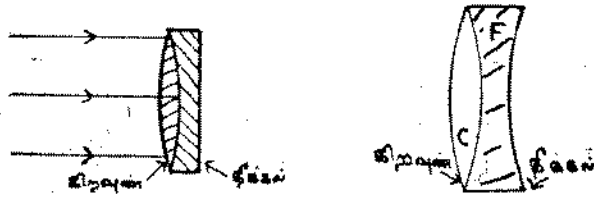
ஒரு குவிவில்லை, AB என்னும் படுகதிரை தலைமையச்சை நோக்கி முறிவடையச் செய்கின்றது. (படம் 113 a). ஒரு குழிவில்லை PQ என்



(a) படம் 113 (b)

னும் படுகதிரை தலைமை அச்சை விலத்தி முறிவடையச் செய்கின்றது. ஆகவே ஒரு குவிவில்லையினால் உண்டாக்கப்படும் இரு நிறங்களுக்குரிய நிறப்பிரிக்கையை ஒரு தகுந்த குழிவில்லையைச் சேர்ப்பதன்மூலம் தவிர்க்க முடியுமாகும். படம் 114 இல் காட்டியவாறு ஒரு நிறந்தரா வில்லைச் சேர்மானத்தைத் தயாரித்துக் கொள்ளலாம். இச் சேர்மானம் நிறந்தராவிர்ட்டை எனப்படும். இங்கு இரு குவிவுள்ள வில்லை கிறவுண் கண்ணாடியாலும் தளக்குழிவில்லை தீக்கறி கண்ணாடியாலும் ஆனவை யாகும். இத்தொகுதியில் தளக்குழிவில்லையின் ஒரு வளைவினாரையும் இரு குவிவுள்ள வில்லையின் ஒரு வளைவினாரையும் சமமாகும். இச் சேர் மானம், நுணுக்குக்காட்டிகளிலும், தொலைக்காட்டிகளிலும் பொருள் வில்லையாக உபயோகிக்கப்படும் பொழுது குவிவில்லையாகத் தொழிற படும். படம் 114 (a).

நிறந்தராவில்லைச் சேர்மானத்துக்குரிய நிபந்தனைகள்



(a) படம் 114 (b)

C என்பது கிறவுண் கண்ணாடிச் குவிவில்லையும், F என்பது தீக்கறி கண்ணாடிச் குழிவில்லையுமாகும். (படம் 114 b).

கிறவுண் கண்ணாடிச் குவிவில்லைக்கு, நீல, மஞ்சள், செவ்வொளிக ளுக்குரிய முறிவுக்குணகங்கள் முறையே  $\mu_b$ ,  $\mu$ ,  $\mu_r$ .

தீக்கறி கண்ணாடிச் குழிவில்லைக்கு இவ்வொளிகளுக்கு முறிவுக் குணகங்கள் முறையே  $\mu'_b$ ,  $\mu'$ ,  $\mu'_r$ .

கிறவுண் கண்ணாடிச் குவிவில்லைக்கு இந்நிறங்களுக்குக் குவியத் தூரங்கள் முறையே  $f_b$ ,  $f$ ,  $f_r$  ஆகும்.

தீக்கறி கண்ணாடிச் குழிவில்லைக்கு இந்நிறங்களுக்குக் குவியத் தூரங்கள் முறையே  $f'_b$ ,  $f'$ ,  $f'_r$  ஆகும்.

மேலும் கிறவுண் கண்ணாடிக்கும், தீக்கறி கண்ணாடிக்குமுரிய நிறப் பிரிக்கை வலுக்கள் முறையே  $\omega$ ,  $\omega_1$

எனவே, கிறவுண் கண்ணாடி வில்லைக்கு

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad \text{--- (1)}$$

$$\frac{1}{f_b} = (\mu_b - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad \text{--- (2)}$$

$$\frac{1}{f_r} = (\mu_r - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad \text{--- (3)}$$

தீக்கறிகண்ணாடி வில்லைக்கு

$$\frac{1}{f'} = (\mu' - 1) \left( \frac{1}{r'_1} - \frac{1}{r'_2} \right) \quad \text{--- (4)}$$

$$\frac{1}{f'_b} = (\mu'_b - 1) \left( \frac{1}{r'_1} - \frac{1}{r'_2} \right) \quad \text{--- (5)}$$

$$\frac{1}{f'_r} = (\mu'_r - 1) \left( \frac{1}{r'_1} - \frac{1}{r'_2} \right) \quad \text{--- (6)}$$

(1) இலும் 4 இலும் இருந்து

$$\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} = \frac{1}{(\mu - 1)f} \quad \text{--- (7)}$$

$$\frac{1}{r'_1} - \frac{1}{r'_2} = \frac{1}{(\mu' - 1)f'} \quad \text{--- (8)}$$

இப்பெறுமானங்களை சமன்பாடுகளை (2), (3), (5), (6) இல் பிரதி யிடின்

$$\frac{1}{f_b} = \frac{(\mu_b - 1)}{(\mu - 1)f}$$

$$\frac{1}{f_r} = \frac{(\mu_r - 1)}{(\mu - 1)f}$$

$$\frac{1}{f'_b} = \frac{(\mu'_b - 1)}{(\mu' - 1)f'}$$

$$\frac{1}{f'_r} = \frac{(\mu'_r - 1)}{(\mu' - 1)f'}$$

நீல ஒளிக்கும், செவ்வொளிக்கும் வில்லைச் சேர்மானத்தின் குவி யத்தூரங்கள்  $F_b$ ,  $F_r$  எனவுங் கொள்ளப்படின

$$\frac{1}{F_b} = \frac{1}{f_b} + \frac{1}{f'_b} = \frac{(\mu_b - 1)}{(\mu - 1)f} + \frac{(\mu'_b - 1)}{(\mu' - 1)f'}$$

$$\frac{1}{F_r} = \frac{1}{f_r} + \frac{1}{f'_r} = \frac{(\mu_r - 1)}{(\mu - 1)f} + \frac{(\mu'_r - 1)}{(\mu' - 1)f'}$$

இச் சேர்மானம் நிறந்தராதிரூப்பதற்குக் குவியத்தூரம்  $F_b =$  குவியத்தூரம்  $F_r$  ஆகும்:

$$\therefore F_b = F_r$$

$$\text{அல்லது } \frac{1}{F_b} = \frac{1}{F_r}$$

$$\therefore \frac{(\mu_b - 1)}{(\mu - 1)f} + \frac{(\mu'_b - 1)}{(\mu' - 1)f'} = \frac{(\mu_r - 1)}{(\mu - 1)f} + \frac{(\mu'_r - 1)}{(\mu' - 1)f'}$$

அல்லது

$$\frac{\mu_b - \mu_r}{(\mu - 1)f} + \frac{(\mu'_b - \mu'_r)}{(\mu' - 1)f'} = 0$$

$$\frac{\omega}{f} + \frac{\omega'}{f'} = 0$$

$$\frac{\omega}{f} = -\frac{\omega'}{f'}$$

$$\therefore f' = -f \frac{\omega}{\omega'}$$

இங்கு  $\omega$ ,  $\omega'$  நேர்க்கணியங்களாகையால்,  $f$  நேர் ஆயின்  $f'$  எதிர் ஆகும். அதாவது கிறவுண் கண்ணாடி குவிவில்லையாயின் தீக்கற்கண்ணாடி குழிவில்லையாக வேண்டும். அத்துடன் வில்லைகளின் திரவியங்களினது நிறப்பிரிக்கை வலுக்களின் விசுதம் அவ்வில்லைகளினது குவியத்தூரங்களின் விசுதமாகும்.

உதாரணங்கள்

1. ஒரு கிறவுண் கண்ணாடி வில்லையின் நிறப்பிரிக்கை வலு 0.017 அதன் குவியத்தூரம் 60 சமீ. இதனுடன் நிறப்பிரிக்கை வலு 0.04 ஐ உடைய ஒரு தீக்கற்கண்ணாடி வில்லை நிறந்தராத் தொகுதியொன்றைத் தருமாறு சேர்க்கப்படுகிறது. இவ்வில்லையின் குவியத்தூரம் என்ன? சேர்மான வில்லைத் தொகுதியின் குவியத்தூரத்தையும் காண்க.

தீக்கற்கண்ணாடி வில்லையின் குவியத்தூரத்தை  $f$  என்க; நிறந்தரா வில்லைத்தொகுதிக்கான நிறந்தலை.

$$\frac{\omega_1}{f_1} + \frac{\omega_2}{f_2} = 0$$

$$\therefore \frac{0.017}{60} + \frac{0.04}{f} = 0$$

$$\therefore \frac{0.04}{f} = -\frac{0.017}{60}$$

$$\therefore f = -\frac{0.04 \times 60}{0.017} = -\frac{40 \times 60}{17} = -\frac{2400}{17} = -141.2 \text{ சமீ.}$$

$\therefore$  தீக்கற்கண்ணாடி வில்லையின் குவியத்தூரம் 141.2 சமீ; ஆகும்;

இவ்வில்லை ஒரு குழிவில்லையாகும். எனவே கிறவுண் கண்ணாடி வில்லை ஒரு குவிவில்லையாக கொள்கையின்படி இருத்தல் வேண்டும்; சேர்மானத்தின் குவியத்தூரம்  $F$  எனின்,

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

$$= \frac{1}{60} - \frac{1}{17}$$

$$= \frac{40 - 17}{2400}$$

$$= \frac{23}{2400}$$

$$\therefore F = \frac{2400}{23} = 104.3 \text{ சமீ.}$$

2. கிறவுண் கண்ணாடி வில்லையினதும், தீக்கற் கண்ணாடி வில்லையினதும் நிறப்பிரிக்கை வலுக்கள் முறையே 0.015 உம், 0.030 உம் ஆகும். இவை 80 சமீ. குவியத்தூரமுடைய நிறந்தரா வில்லைத் தொகுதியைத் தரின் அவற்றின் குவியத்தூரங்களைக் காண்க.

$$\omega_1 = 0.015, \quad \omega_2 = 0.03$$

$$\frac{\omega_1}{f_1} + \frac{\omega_2}{f_2} = 0$$

$$\frac{1}{f_2} = -\frac{\omega_1}{\omega_2 f_1} = -\frac{0.015}{0.030 f_1}$$

$$= -\frac{1}{2f_1}$$

$$\text{ஆகவே } \frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

$$\text{அதாவது } \frac{1}{80} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{2f_1}$$

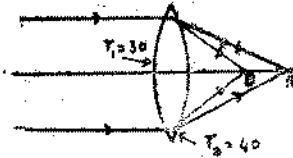
$$\frac{1}{80} = \frac{1}{2f_1}$$

$$\therefore f_1 = 40 \text{ சமீ.}$$

$$f_2 = -2f_1 = -2 \times 40 \\ = -80 \text{ சமீ.}$$

நெருண் கண்ணாடி வில்லையின் குவியத்தூரம் = 40 சமீ.  
திக்கறி கண்ணாடி ,, ,, = 80 சமீ.

- 32 ஒரு மெல்லிய இரு குவிவுவில்லை அதன் தலைமை அச்ச ஒரு சமாந்தரச் செவ்வொளிக் கற்றையின் வழியேயும் அடுத்தாற்போல் ஒரு சமாந்தர நீலவொளிக் கற்றையின் வழியேயும் வைக்கப்பட்டது. சிவப்பு ஒளிக்கும் நீலவொளிக்கும் வில்லையின் முறிவுக்குணை எண்கள் 1.514 உம், 1.524 உம். ஆகவும் அதன் வளைவினாறைகள் 40 சமீ., 30 சமீ. ஆகவுமிருப்பின் இருவொளிகளுக்குமுரிய குவியத்தூரங்களின் வித்தியாசத்தைக் காண்க: இவ்வெறுக்கலுக்கும் வில்லையின் நிறப்பிரிக்கை வலுவூக்குமுள்ள தொடர்புக்கு ஒரு கோவையைப் பெறுக.



படம் 115

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\frac{1}{f_r} = (1.514 - 1) \left( \frac{1}{+30} - \frac{1}{-40} \right)$$

$$\therefore \frac{1}{f_r} = 0.514 \left( \frac{1}{30} + \frac{1}{40} \right)$$

$$= 0.514 \times \frac{7}{120}$$

$$= \frac{3.598}{120}$$

$$\therefore f_r = \frac{120}{3.598} \\ = 33.3 \text{ சமீ.}$$

$$\frac{1}{f_b} = (1.524 - 1) \left( \frac{1}{+30} - \frac{1}{-40} \right) \\ = 0.524 \times \frac{7}{120}$$

$$\therefore f_b = \frac{120}{3.668} \\ = 32.7 \text{ சமீ.}$$

$$\therefore f_r - f_b = 33.3 - 32.7 = 0.6 \text{ சமீ.}$$

$$(1) \frac{1}{f_b} = \frac{\mu_b - 1}{(\mu - 1)f}$$

$$\frac{1}{f_r} = \frac{\mu_r - 1}{(\mu - 1)f}$$

$$\frac{1}{f_b} - \frac{1}{f_r} = \frac{\mu_b - \mu_r}{(\mu - 1)f} \text{ என்பது எங்களுக்குத் தெரிந்ததே}$$

$$\therefore \frac{1}{f_b} - \frac{1}{f_r} = \frac{\omega}{f} \quad \left( \because \frac{\mu_b - \mu_r}{\mu - 1} = \omega \right)$$

$$\therefore f_r - f_b = \frac{\omega}{f} \cdot f_b \cdot f_r$$

ஆனால்  $f_b \times f_r$  அண்ணளவாக  $f^2$  க்குச் சமமாகும். இங்கு  $f$  மஞ்சள் ஒளிக்கூரிய குவியத்தூரம் என்பதும் தெரிந்ததே;

$$\therefore f_r - f_b = \frac{\omega}{f} \cdot f^2 = \omega \cdot f$$

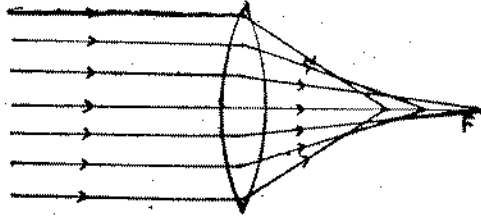
$$\therefore \frac{f_r - f_b}{\omega} = f$$

அதாவது  $\frac{\text{வேறுக்கல்}}{\text{நிறப்பிரிக்கை வலு}} = \text{குவியத்தூரம்}$

கோளம் பிறழ்ச்சி

வில்லைச் சூத்திரம்  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  என்பது வில்லையின் மத்திய

பாகத்தில் விழும் ஒளிக்கற்றையை மட்டும் கருத்திற்கொண்டு பெறப்பட்ட ஒரு கோவையாகும். இதனால் படுகோணம்  $i$  உம் முறிக்கோணம்  $r$  உம் சிறிதெனக் கொண்டு அவற்றின் சைன்  $i$ , சைன்  $r$  ஆனவை  $i$  க்கும்  $r$  க்கும் (ஆரயன்களில்) அண்ணளவாகச் சமனென எடுக்கப்பட்டு மேற்கூத்திரம் பெறப்பட்டது. ஆகவே இங்கு ஒரே ஒரு குவியம் இச்சூத்திரத்துக்கிணங்க இருக்கிறதெனக் கொள்ளப்படும்.



படம்: 116

ஆனால் ஒரு விசாமான சமாந்தர ஒளிக்கற்றை வில்லையில் படின் பரிசேர்தனைப்படி எல்லாக் கதிர்களும் ஒரே குவியத்துக்கு வருவ திலலை. அவை வெவ்வேறு இடங்களில் படம் 116 இல் காட்டியவாறு தலைமை அச்சில் குவிக்கின்றன. இதனால் ஒரு பொருளின் விம்பம் திரிவு பெற்று தெளிவின்மையடையும். இக்குறை கோளப் பிறழ்ச்சி எனப் படும். இதனை மையத்தில் ஒரு துவாரம் இருக்கும் ஒளிபுகவிடாத தட்டொன்றினால் வில்லையைச் சூழ்வதால் குறைக்கொம் அப் பொழுது வில்லையில் மத்திய பாகத்தினூடு மட்டும் ஒளி செல்லும். ஆகவே வில்லையில் படும் கதிர்கள் தலைமை அச்சுக்கு அருகாமையில் இருப்பவையானதால் அவை முறிவுற்றபின் தலைமையச்சில் ஒரு புள் ளியில் குவியும்; ஆயினும் செல்லும் ஒளிச்சத்தியின் பருமன் குறைந் ததனால் விம்பத்தின் துணைக் குன்றும்.

### தேர்வு வினாக்கள்

- ஒர் ஒளிப்படக்கமராவின்  $f$ -எண் =  $f/8$  எனின், கமராவில்லையில் குவியத்தூரம் 24 சமீ. எனின் வில்லையின் துவாரம்  
(i)  $\frac{1}{3}$  (ii) 3 (iii) 192 (iv)  $\frac{1}{18}$  (v) 1
- ஒர் ஒளிப்படக் கமரா வில்லையின் குவியத்தூரம் 12 சமீ. என வும் அதன் துவாரம் 2 சமீ. எனவும் கொள்ளப்படின அதன்  $f$ -எண்  
(i) 12 (ii) 1 (iii) 6 (iv) 24 (v) 3
- ஒர் ஒளிப்படக் கமராவின் து வில்லைத் துவாரம்  $f/5 \cdot 6$ . அது படம் எடுக்க எடுக்கும் நேரம் 2 செக்கன் ஆயின் அதன் துவாரம்  $f/11$  எனின் அது படம் எடுக்க எடுக்கும் நேரம் அண்ணளவாக செக் கனில்,  
(i) 4 (ii) 6 (iii) 12 (iv) 8 (v) 16
- ஒரு குறும்பார்வைக் கண்  
(A) சமாந்தரக் கதிர்களை விழித்திரைக்கு முன்னால் குவிக்கும்.  
(B) நீளமான கண்விழித்தூரமும் குறுகிய குவியத்தூரமும் உடையது.

(C) செய்மைப்புள்ளித் தூரத்துக்குச் சமமான குவியத்தூரத்தை உடைய குழிவில்லையை உபயோகித்து நிவர்த்திக்கப்படும்.

(D) வயோதிபர்களுக்கு ஏற்படும்

இவற்றுள் உகந்த விடைகள்

- (i) A, D (ii) A, B (iii) A, C, D  
(iv) B, C (v) A, B, C

5. ஒருவருடைய பார்வை விச்சு 50 சமீ. தொடக்கம் முடிவிலிவரை இருப்பின், அவர் 25 சமீ. தூரத்தில் இருக்கும் பொருளொன்றைப் பார்ப்பதற்கு உபயோகிக்க வேண்டிய வில்லையும், கண்ணின் குறையும்

- (i) 50 சமீ. குவியத்தூரமுள்ள குவிவில்லையும், நீள்பார்வையும்  
(ii) 50 சமீ. குவியத்தூரமுள்ள குழிவில்லையும், குறும்பார்வையும்  
(iii) 100 சமீ. குவியத்தூரமுள்ள குவிவில்லையும் செய்மைப் பார்வையும்  
(iv) +2 டையொத்தர் வலுவுடைய வில்லையும் செய்மைப் பார்வையும்  
(v) -2 டையொத்தர் வலுவுடைய வில்லையும் செய்மைப் பார்வையும்

6. கண்விழித்தூரம் குறுகியதும் குவியத்தூரம் நீளமானதுமான கண் ளொன்று முடிவிலியிலுள்ள பொருளொன்றைப் பார்ப்பதற்கு அணியவேண்டிய வில்லை, அதன் செய்மைப்புள்ளி கண்ணுக்குப் பின்னால் 50 சமீ. தூரத்தில் இருப்பின்

- (i) +2 டையொத்தர் உடைய ஒரு வில்லை  
(ii) -2 டையொத்தர் உடைய ஒரு வில்லை  
(iii) + $\frac{1}{2}$  டையொத்தர் உடைய ஒரு வில்லை  
(iv) - $\frac{1}{2}$  டையொத்தர் உடைய ஒரு வில்லை  
(v) 200 சமீ. குவியத்தூரமுடைய ஒரு குவிவில்லை

7. +2D, -1.5D வலுவுடைய இரு வில்லைகள் ஒன்றுசேர்க்கப்படின சேர்மானக் குவியத்தூரம்

- (i) 200 சமீ., ஆனால் குழிவில்லைபோல் தொழிற்படும்  
(ii) 200 சமீ., ஆனால் குவிவில்லைபோல் தொழிற்படும்  
(iii) 50 சமீ., ஆனால் குழிவில்லைபோல் தொழிற்படும்  
(iv) 50 சமீ., ஆனால் குவிவில்லைபோல் தொழிற்படும்  
(v) 5 மீற்றர், ஆனால் ஒரு வில்லையைப்போலும் தொழிற்படாது.



8. ஒரு வில்லையின் முறிவுக்குணகங்கள் செல்வொளி, நீலவொளி, மஞ்சள் ஒளி ஆகியவற்றிற்கு முறையே  $\mu_r$ ,  $\mu_b$ ,  $\mu$  அவற்றிற்கான குவியத்தூரணங்கள்  $f_r$ ,  $f_b$ ,  $f$  ஆகவே  $f_r - f_b$  இன் பருமன் எதனால் தரப்படும்?

$$(i) \frac{\mu_b - \mu_r}{(\mu - 1) f} \quad (ii) \frac{\mu_b - \mu_r}{\mu - 1} \cdot f \quad (iii) \frac{\mu_b}{\mu_r} \cdot \mu$$

$$(iv) \frac{\mu_r - \mu_b}{(1 - \mu) f} \quad (v) \frac{\mu_r - \mu_b}{\mu - 1} \cdot f$$

9. 0.18 நிறப்பிரிக்கைவலுவும், 50 சமீ. குவியத்தூரமுமுடைய ஒரு கிறவுண் கண்ணாடிக்கு விவிலை 0.45 நிறப்பிரிக்கை வலுவடைய தீக்கறி கண்ணாடி வில்லையுடன் நிறந்தராதவாறு சேர்க்கப்படின் அவ்வில்லையின் குவியத்தூரம் சமீ. இல்

$$(i) 50 \quad (ii) 75 \quad (iii) 100 \quad (iv) 125 \quad (v) 150$$

10. மேற்கேள்வியில் சேர்மானத்தின் குவியத்தூரம் சமீ. இல்

$$(i) 100 \quad (ii) 225 \quad (iii) 175 \quad (iv) 250 \quad (v) 250$$

### வினாக்கள்

1. கண்ணின் ஒளியியல் தொகுதியை விவரிக்க. நீலபார்வை, குறும் பார்வை, புள்ளிக்குவியமில்லாத ஆகியவற்றை விளக்குக. இக் குறைகளை நிவர்த்தி செய்யும் முறைகளையும் கூறுக. ஒரு குறும் பார்வைக் குறையுடைய மனிதனின் பார்வை வீச்சு கண்ணிலிருந்து 12 சமீ. தொடக்கம் 20 சமீ. வரையுமாகும். தூரப் பொருள்களைத் தெளிவாகப் பார்ப்பதற்கு உபயோகிக்க வேண்டிய வில்லை என்ன? வில்லை உபயோகிக்கப்படும்பொழுது பார்வை வீச்சு என்ன?

[விடை: குழிவில்லை,  $f = 20$  சமீ., 30 சமீ. தொடக்கம் முடிவிலி வரை]

2. தெளிவுப்பார்வை இழிவுத்தூரம், செய்மைப்புள்ளி, அண்மைப் புள்ளி என்பவற்றை விளக்குக.

ஒரு வயது முதிர்ந்த மனிதன் 250 சமீ. யிலும் கிட்ட இருக்கும் பொருள்களைத் தெளிவாகப் பார்க்கமுடிவதில்லை. இத்தூரத்தை 25 சமீ. க்குக் குறைப்பதற்கு உபயோகிக்க வேண்டிய வில்லை என்ன? இவரால் கண்ணுக்குப் பின்னால் 100 சமீ. க்கப்பால் குவியும் கதிர்களை விழித்திரையில் குவிக்கமுடியுமாயின் இவருடைய பார்வை வீச்சைக் காண்க.

[விடை: குவிவில்லை  $f = 27.8$  சமீ., 25—38.5 சமீ.]

ஒரு மனிதனால் கண்ணிலிருந்து 20 சமீ. க்கும் 150 சமீ. க்கும் இடையிலுள்ள பொருள்களைப் பார்க்க முடிகிறது. தூரப்பொருள்களைப் பார்ப்பதற்கு இவர் அணியவேண்டிய வில்லை என்ன?

இதனை உபயோகிக்கும் பொழுது தெளிவுப்பார்வை இழிவுத்தூரம் என்னவாகும்?

[விடை: குழிவில்லை  $f = 150$  சமீ., 23.1 சமீ.]

4. ஒரு குறும்பார்வை மனிதனின் பார்வைவீச்சு கண்ணிலிருந்து 16 சமீ. தொடக்கி 24 சமீ. வரையாகும். தூரப் பொருள்களைப் பார்ப்பதற்கு அணியவேண்டிய வில்லை என்ன? இதனை உபயோகிக்கும்பொழுது பார்வை வீச்சு என்ன?

[விடை: குழிவில்லை  $f = 24$  சமீ., 48 சமீ.—முடிவிலி]

5. ஒரு மனிதன் தனது இடது கண்ணுக்கு 40 சமீ. குவியத்தூரமுடைய குவிவில்லையையும் வலது கண்ணுக்கு 30 சமீ. குவியத்தூரமுடைய குழிவில்லையையும் கொண்ட முக்குக் கண்ணாடியை உபயோகிக்கின்றான். சாதாரண வாசிக்குந்தூரம் 25 சமீ. ஆயின் மனிதனின் பார்வையைப்பற்றி நீர் என்ன அறிவீர்? ஒவ்வொரு கண்ணுக்கும் அண்மைப் புள்ளியைக் காண்க.

[விடை: 66.7, 13.6 சமீ.]

6. புள்ளிக்குவியமில் குறை என்றால் என்ன?

ஒரு மனிதன் 15 சமீ. க்கும் 300 சமீ. க்கும் இடையிலுள்ள பொருளைப் பார்க்க முடிகின்றான். தூரப் பொருள்களைத் தெளிவாகப் பார்ப்பதற்கு வேண்டிய வில்லை என்ன? வில்லையை உபயோகிக்கும் பொழுது தெளிவுப்பார்வை இழிவுத்தூரம் என்னவாகும்?

[விடை: குழிவில்லை  $f = 300$  சமீ., 15.8 சமீ.]

7. நிறந்தராத கிறவுண் கண்ணாடி தீக்கறி கண்ணாடி வில்லைச் சேர்மானத்துக்குரிய தொடர்புக்கு அவற்றின் நிறப்பிரிக்கை வலுக்கள் குவியத்தூரங்கள் சார்பாக ஒரு கோவையைப் பெறுக.

ஒரு தொலைகாட்டியின் நிறந்தராதப் பொருள்வில்லையின் குவியத்தூரம் 150 சமீ. கிறவுண் கண்ணாடி வில்லையினதும் தீக்கறி கண்ணாடி வில்லையினதும் குவியத்தூரங்களைக் கணித்து அவற்றின் தன்மைகளைக் கூறுக.

	கிறவுண் கண்ணாடி	தீக்கறி கண்ணாடி
$\mu_b$	1.528	1.632
$\mu_r$	1.508	1.602
$\mu$	1.516	1.618

[விடை: கிறவுண், +30.2 சமீ., தீக்கல் -37.9 சமீ.]

8. ஒரு நிறந்தராத வில்லையின் குவியத்தூரம் 100 சமீ. இது கிறவுண் கண்ணாடி வில்லையையும் தீக்கறி கண்ணாடி வில்லையையும் கொண்டுள்ளது? வில்லைகளின் குவியத்தூரங்களைக் கணிக்க.

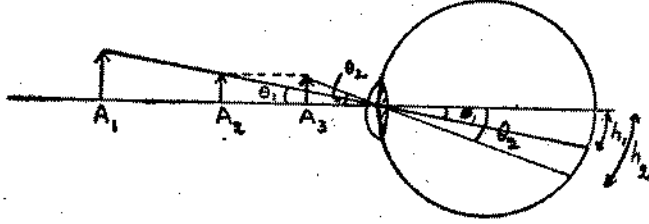
	கிறவுண் கண்ணாடி	தீக்கறி கண்ணாடி
$\mu_b$	1.53	1.64
$\mu_r$	1.51	1.61

[விடை: கிறவுண் + 20 சமீ., தீக்கல் - 25 சமீ.]

## அத்தியாயம் 9

ஒளியியற் கருவிகள்.

பார்வைக் கோணம்



படம்: 117

பார்வைக் கோணம் என்பது பொருளொன்றால் கண்ணில் எதிரமைக்கப்படும் கோணம் ஆகும்.  $A_1$ ,  $A_2$  என்பன கண்ணுக்கு முன்னால் வைக்கப்பட்ட இரு பொருள்கள். இவை பருமனில் ஒன்றுக்கொன்று வித்தியாசமாக இருந்த போதிலும் இவற்றால் கண்ணில் எதிரமைக்கப்படும் கோணங்கள் ஒரே அளவினதாகும். அத்துடன் விழித்திரையில் உண்டாக்கப்பட்ட இவற்றின் விம்பங்கள் ஒரே பருமனுடையவாகும். கண் விழித்திரை  $k$  எனின்

$$\frac{h_1}{k} = \theta_1, \quad \therefore h_1 = k\theta_1$$

$$\therefore h_1 \propto \theta_1$$

எனவே விழித்திரையில் ஏற்படும் விம்பத்தின் பருமன் கோணம்  $\theta_1$  இற்கு விசுதசமமாகும். இப்பொழுது  $A_2$  கண்ணுக்குக்கிட்ட  $A_3$  என்னும் புள்ளிக்குக் கொணரப்படின் அப்பொருளால் கண்ணில் எதிரமைக்கப்படும் கோணம்  $\theta_2$  ஆகும். இது  $\theta_1$  இலும் பெரிதாகும். அத்துடன் விழித்திரையில் இப்பொருளின் விம்பத்தின் பருமன்  $h_2$  எனின்

$$\frac{h_2}{k} = \theta_2, \quad \therefore h_2 = k\theta_2$$

எனவே பொருளைக் கண்ணுக்குக் கிட்டக்கிட்ட கொண்டுவருவதனால் மிக விவரமாகப் பொருள் தெரியப்படும். ஆனால் தெளிவுப் பார்வை இழிவுத் தூரத்துக்குள் பொருள் கொணரப்படின் அது கண்ணுக்குத் தெரிவதில்லை. இக்கட்டத்தில் தொலைகாட்டிகள் நுணுக்குக் காட்டிகள் மூலம் பொருள்களைப் பார்க்கமுடியுமாகும். எனவே வெறி

றுக் கண்ணால் பார்க்கமுடியாத பொருள்கள் இவற்றின் உதவி கொண்டு பார்க்கக் கூடியதாக இருக்கும்.

கோண உருப்பெருக்கம் அல்லது உருப்பெருக்க வலு

நுணுக்குக் காட்டிகளும் தொலைகாட்டிகளும் பார்வைக் கோணத்தை அதிகரிப்பதற்காக அமைக்கப்பட்டன. இதனால் இவற்றினூடு பொருள்கள் பார்க்கப்படின் அவை பெரிதாகத் தோற்றும். இதனால் இக்கருவிகளின் கோண உருப்பெருக்கம் ( $M$ ) இறுதி விம்பத்தால் கண்ணில் எதிரமைக்கப்படும் பார்வைக் கோணத்துக்கும் பொருளால் வெற்றுக்கண்ணில் எதிரமைக்கப்படும் பார்வைக் கோணத்துக்கும் உள்ள விசுதம என வரையறுக்கப்படும்.

$$\text{அதாவது } M = \frac{\beta}{\alpha} = \downarrow$$

கண்ணில் இறுதி விம்பத்தால் எதிரமைக்கப்படும் கோணம் வெற்றுக்கண்ணில் பொருளால் எதிரமைக்கப்படும் கோணம்

குறியீடு ஒளியியற் கருவிகளில் பார்வைக் கோணம் முக்கியமான தொன்றாகும். ஆனால் பொருளின் பருமனும் விம்பத்தின் பருமனும் இங்கு முக்கிய இடத்தைப் பெறுவதில்லை.

நுணுக்குக் காட்டிகள்

17-ம் நூற்றாண்டில் குவிவில்லைகள் உருப்பெருக்கிக் கண்ணாடிகளாக உபயோகிக்கப்பட்டுள்ளன. பிசுபு ஓரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட வில்லைகள் வலுமிக்க நுணுக்குக் காட்டிகள் ஆகுவதற்கு உபயோகிக்கப்பட்டன 1648-ம் ஆண்டில் ஊக்கு என்பவர் மிருகங்களின் கலங்களை ஆராய்ந்து பரிசீலிப்பதற்கு நுணுக்குக் காட்டிகளை உபயோகித்துள்ளார். மேலும் நுணுக்குக் காட்டிகளை உபயோகிக்கும் பொழுது, இறுதி விம்பம் தெளிவுப்பார்வை இழிவுத்தூரத்தில் உண்டாக்கப்படின், நுணுக்குக் காட்டிகள் இயல்பான செம்மைச் செய்கையில் உபயோகிக்கப்படுகிற தென்படும்.

இயல்பான செம்மைச் செய்கையில் நுணுக்குக் காட்டியின் கோண உருப்பெருக்கம் ( $M$ ) வருமாறு தரப்படும்.

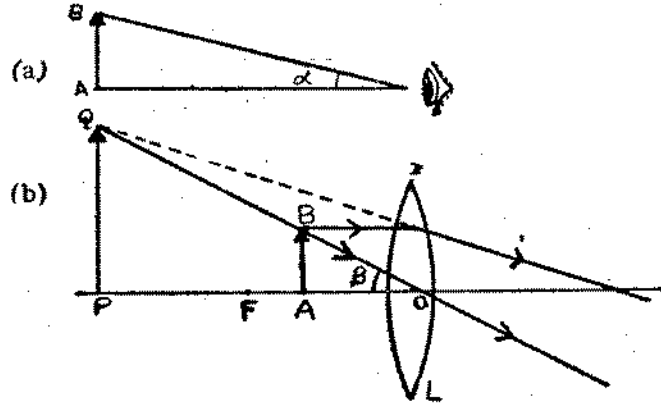
$$M =$$

விம்பத்தினால் கண்ணில் எதிரமைக்கப்படும் கோணம் தெளிவுப்பார்வை இழிவுத்தூரத்தில் பொருள் இருக்கும்பொழுது அதனால் வெற்றுக்கண்ணில் எதிரமைக்கப்படும் கோணம்

$$\text{அதாவது } M = \frac{\beta}{\alpha}$$

எளிய நுணுக்குக்காட்டி (உருப்பெருக்கிக் கண்ணாடி)

இது ஒரு குறுகிய குவியத்தூரமுடைய குவிவில்லையைக் கொண்டுள்ளது.



படம் 118

h என்னும் உயரமுடைய பொருள் தெளிவுப்பார்ப்பை இழிவுத் தூரத்தில் வைக்கப்பட்டு வெற்றிக் கண்ணால் பார்க்கப்படுகின்றது. அப்பொழுது பார்வைக்கோணம்  $\alpha$  ஆகட்டும். பின்பு பொருள் படம் 118 (b) இல் காட்டியவாறு வில்லை L தின் குவியத்தாருக்குள் வைக்கப்பட்டு விம்பம் தெளிவுப்பார்ப்பை இழிவுத் தூரத்தில் உண்டாகத் தக்கவாறு சரிசெய்யப்படும். அப்பொழுது ஓர் உருப்பெருத்த நிமிர்ந்த விம்பம் PQ உண்டாகின்றது. அவதானியின் கண்ணில்லைக்கு அருகில் இருப்பின் தூரம் OP தெளிவுப்பார்ப்பை இழிவுத்தூரத்துக்குச் சமனாகும். அப்பொழுது பார்வைக்கோணம்  $\beta$  ஆகும். மேலும் தெளிவுப் பார்ப்பை இழிவுத்தூரம் D இனால் குறிக்கப்படும்.

$$\text{படம் 118 (a) இல் தான் } \alpha = \frac{h}{D} \quad \text{--- (i)}$$

$$\text{படம் 118 (b) இல் தான் } \beta = \frac{PQ}{D} \quad \text{--- (ii)}$$

$$\text{(ii) தான் } \beta = \frac{PQ}{D} \text{ அல்லது } \beta = \frac{PQ}{h} \text{ (i) தான் } \alpha = \frac{h}{D} \text{ அல்லது } \alpha = \frac{h}{PQ}$$

( $\beta$ ,  $\alpha$  கிறிய கோணங்களும் ஆரயன்களிலும் உள்ளனவால்)

$$\text{ஆனால் } \frac{PQ}{h} = \frac{v}{u} = \frac{D}{u}$$

M உருப்பெருக்கவலு எனின்,

$$M = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{D}{u}$$

$$\therefore M = \frac{D}{u}$$

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

$$v = -D, \text{ அத்துடன் } u \text{ வும் எதிர்}$$

$$\therefore -\frac{1}{D} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

D ஆல் பெருக்கின்,

$$-1 + \frac{D}{u} = \frac{D}{f} \text{ பெறப்படும்.}$$

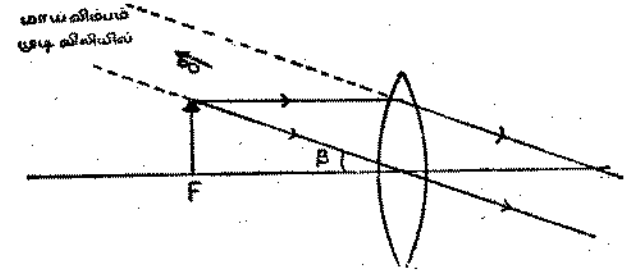
$$\therefore \frac{D}{u} = 1 + \frac{D}{f}$$

$$\therefore M = 1 + \frac{D}{f}$$

ஆகவே ஒரு வில்லையின் குவியத்தூரம் 2 சமீ. எனின் அதன் உருப்பெருக்கவலு வருமாறு பெறப்படும்.

$$M = 1 + \frac{25}{2} = 13\frac{1}{2}$$

விம்பம் முடிவிலியில்



படம்: 119

பொருள் குவியத்தில் வைக்கப்படின், விம்பம் முடிவிலியில் தோன்றும் (படம் 119).

இங்கு பார்வைக் கோணம்  $\beta = h/f$

$$\therefore M = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\frac{h}{f}}{\frac{h}{D}} = \frac{D}{f}$$

$$\therefore M = \frac{D}{f}$$

உதாரணம்: 10 சமீ. குவியத்தூரமுடைய குவிலில்லையொன்று உருப்பெருக்கிக் கண்ணாடியாகப் பார்க்கப்படுகிறது. (i) முடிவிலியில்

விம்பம் உண்டாகும்பொழுது (ii) தெளிவுப்பார்வை இழிவுத் தூரத்தில் விம்பம் உண்டாகும் பொழுதும் உருப்பெருக்க வலுக்களைக் காண்க.

(i) விம்பம் முடிவிலியில்

$$M = \frac{D}{f} = \frac{25}{10} = 2.5$$

(ii) விம்பம் தெளிவுப்பார்வை இழிவுத் தூரத்தில்.

$$\begin{aligned} M &= 1 + \frac{D}{f} \\ &= 1 + \frac{25}{10} \\ &= 3.5 \end{aligned}$$

இச் சூத்திரங்களில் எண் பெறுமானங்களைப் பிரதியிடல் வேண்டும்.

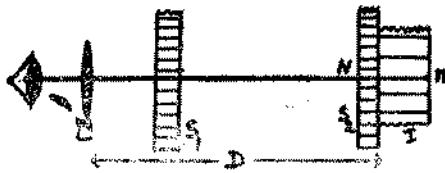
குறிப்பு: குவியத்தூரம் குறையும்பொழுது வில்லையின் உருப்பெருக்க வலு அதிகரிக்கின்றது.

எளிய நுணுக்குக்காட்டியின் உருப்பெருக்க வலுவைத் துணிதல்

முறை I

உருப்பெருக்கி கண்ணாடியாக உபயோகிக்கப்படும் வில்லையின் குவியத்தூரத்தை ஒரு தளவாடியினதும் ஊசியினதும் உதவிகொண்டு காண்க. இப்பரிசோதனையை 3 தடவைகள் செய்து  $f$  இன் சராசரிப் பெறுமானத்தைக் குறித்துக் கொள்க. பின்பு  $M = 1 + \frac{D}{f}$  என்னும் சூத்திரத்தில்  $D$  இனதும்  $f$  இனதும் எண் பெறுமானங்களை மட்டும் பிரதியிட்டு  $M$  ஐத் துணிக. இது அறிமுறைச் சூத்திரத்தின் உதவிகொண்டு காணப்பட்ட எளிய நுணுக்குக் காட்டியின் உருப்பெருக்க வலுவாகும். இங்கு  $D$  இன் பெறுமானம் 25 சமீ. என்பது ஏற்கனவே தெரிந்த ஒரு கணியமாகும்.

முறை II



படம் 120

$S_1, S_2$  என்பன இரு அரைமீற்றர் அளவுத்திட்டங்கள். இவற்றைப் படம் 120 இல் காட்டியவாறு நிலைக்குத்தரசு நிறுத்துக. ஒன்றைக் ( $S_2$ ) கண்ணிலிருந்து 25 சமீ. தூரத்திலும் மற்றதை ( $S_1$ ) வில்லைக்கு முன்னால் அதன் குவியத்தூரத்துக்குள் இருக்கத்தக்கதாகவும் ஒழுங்கு செய்க. பின்பு வலக்கண்ணால் வில்லையூடு  $S_1$  இன் விம்பத்தையும் இடக்கண்ணால் நேரடியாக அளவுத்திட்டம்  $S_2$  ஐயும் நேரக்குக் இடமாறு தோற்றவழுவின்றி அளவுத்திட்டம்  $S_1$  இன் விம்பம்  $I$  யும்  $S_2$  வும் அருகருகே பொருந்தத்தக்கவாறு  $S_1$  ஐச் சரிசெய்து கொள்க; இவ்வாறு செய்தபின்  $S_2$  என்னும் அளவுத்திட்டத்தில்  $N$  என்னும் ஒரு குறித்த எண்ணிக்கைப் பிரிவுகளானவை அருகில் இருக்கும் விம்ப அளவுத்திட்டத்திலுள்ள  $n$  பிரிவுகளுடன் பொருந்துகின்றனவென அவதானிக்கப்படின். கருவியின் உருப்பெருக்கவலு  $\frac{N}{n}$  ஆகும். இவ்வாறு பரிசோதனையை இரண்டு அல்லது மூன்று தடவைகள் செய்து  $\frac{N}{n}$  இன் சராசரியைக் காண்க. இப்பெறுமானம் எளிய நுணுக்குக் காட்டியின் திருத்தமான உருப்பெருக்கவலுவைத் தரும்.

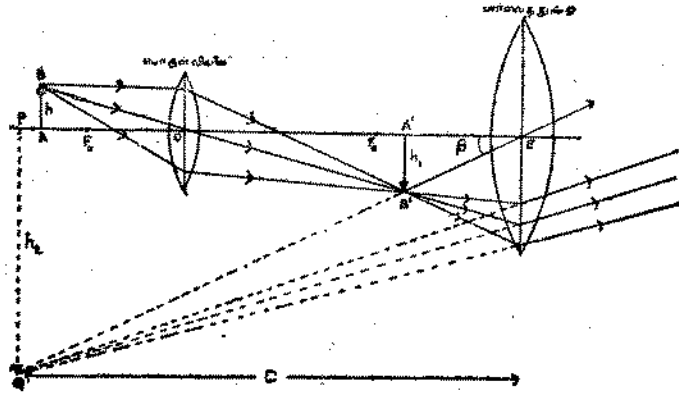
கூட்டுநுணுக்குக் காட்டி

ஓர் எளிய நுணுக்குக் காட்டியின் உருப்பெருக்கவலுவானது.

$M = 1 + \frac{D}{f}$  இன்படி  $f$  குறையும்பொழுது, அதிகரிக்கின்றது: எனவே  $f$  குறையின் எளிய நுணுக்குக்காட்டியின்  $M$  அதிகரிக்கும் என்பது வெளிப்படையாகும். ஆயினும், இதற்கோர் எல்லை உண்டு. அதாவது குறுகிய குவியத்தூரங்களுடைய வில்லைகளை அமைப்பது சிரமமாகும். அத்தடன் குவியத்தூரம் ஓர் எல்லைக்குமேல் குறையின் அதனால் உண்டாகப்படும் விம்பங்கள் திரிவுள்ளவாகும். உருப்பெருக்கவலுவை அதிகரிப்பதற்கு இம்முறை உகந்ததாக இல்லாததனால், உயர்ந்த உருப்பெருக்க வலுவைப் பெறுதற்கு நுணுக்குக்காட்டி இரு வேறான வில்லைகளை உபயோகித்து அமைக்கப்படும். இவ்வில்லைகள் குறுகிய குவியத்தூரங்களையுடையனவும் அத்தடன் குவியத்தூரங்களாகும்.

இவ்விரு வில்லைகளும் ஓரக்கூடியனவாக ஒரு குழாய்க்குள் தாங்கப்படும். பொருளுக்கருகில் இருக்கும் வில்லை பொருள்வில்லை எனவும், கண்ணுக்கருகில் இருக்கும் வில்லை பார்வைத்துண்டி எனவும் பெயர் பெறும். பொருள்வில்லை பார்வைத்துண்டிலும் பார்க்கக் குறைந்த விட்டத்தையும் குறுகிய குவியத்தூரத்தையும் உடையதாகும்.

$AB$  என்னும் பொருள் பொருள்வில்லைக்கு முன்னால் அதன் குவியத்தூரத்துக்குச் சற்று அப்பால் வைக்கப்படும். அப்பொழுது  $A'B'$  என்றும் தலைகீழான உருப்பெருத்த விம்பம்  $A'$  இல் உண்டாகும். பார்வைத்



படம்: 121

துண்டிவிருந்து A' இன் தூரம் அதன் குவியத்தூரத்துக்குள் இருக்கத் தக்கதாகப் பார்வைத்துண்டு ஒழுங்குசெய்யப்படும். பார்வைத்துண்டு இங்கு ஓர் உருப்பெருக்கிக் கண்ணாடிபோல் தொழிற்படுவதால் PQ எனும் ஓர் உருப்பெருக்க மாயலிம்பம் P இல் தோற்றும். இதன் தூரம் பார்வைத்துண்டிவிருந்து தெளிவுப்பாரிவை இழிவுத்தூரத்துக்குச் சமனாகப்படின், கூட்டு நுணுக்குக்காட்டி இயல்பான செம்மைச் செய்கையில் உபயோகிக்கப்படுகிற தெனப்படும். கண் எப்பொழுதும் பார்வைத்துண்டிக்கருகில் அமையும்.

உருப்பெருக்க வலுவை, இயல்பான செம்மைச் செய்கையில் துனிதல்  $M = \frac{D}{D}$  இவ்விருக்கும் இற்திவிக்கத்தாம் கண்ணிக் எதிரமைக்கப்படுக் கோணம்  $M = \frac{D}{D}$  இக் கணக்கப்படுக் பொருளம் கண்ணிக் எதிரமைக்கப்படுக் கோணம்

$$\therefore M = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{h_2}{h} = \frac{h_2}{h}$$

$$\text{மேலும் } M = \frac{h_2}{h_1} \times \frac{h_1}{h}$$

$$\frac{h_2}{h_1} = M_o = \text{பா. து. ஆல் ஏற்படுத்தப்பட்ட } h_1 \text{ இன் உருப்பெருக்கம்}$$

$$\frac{h_1}{h} = M_e = \text{பொ. வி. ஆல் ஏற்படுத்தப்பட்ட } h \text{ இன் உருப்பெருக்கம்}$$

$$\therefore M = M_o \times M_e$$

பார்வைத்துண்டு இங்கு ஓர் உருப்பெருக்கிக் கண்ணாடிபோல் தொழிற்படுவதால் அதன் உருப்பெருக்க வலு

$$= 1 + \frac{D}{f_e}$$

அடுத்து பொருள் விலகியிருந்து A' B' இன் தூரம் = v  
A B ,, = u

எனின்,  $M_o = \frac{v}{u}$

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

புதுத்தெக்காட்டுக் குறிவழக்கின்படி v, u பிரயோகிக்கப்படின்

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f_o} \text{ ஆகும்?}$$

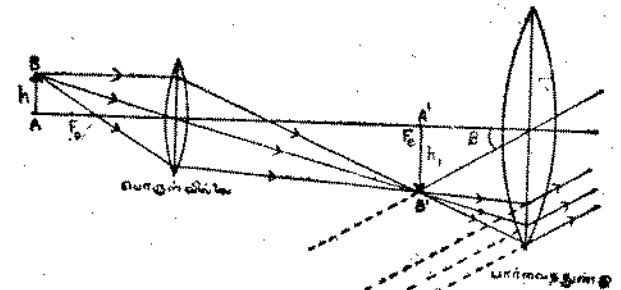
$$\therefore \frac{v}{u} = \frac{v}{f_o} - 1$$

$$\therefore M_o = \frac{v}{f_o} - 1$$

ஆனால்  $M = M_o \times M_e$   
 $= \left(\frac{v}{f_o} - 1\right) \left(1 + \frac{D}{f_e}\right) \text{ -----(A)}$

இதிலிருந்து  $f_o, f_e$  சிறிதாகில் M அதிகரிக்கும். எனவேதான் குறுகிய குவியத்தூரங்களுடைய குவிவில்லைகள் கூட்டுணுக்குக் காட்டியின் அமைப்புக்குச் சாதகமானவையாகின்றன.

விம்பம் முடிவிலியிலிருக்கும் பொழுது உருப்பெருக்கவலுவைத் துனிதல் இங்கு பொருள்விலகியாக உண்டாகப்படும் AB இன் விம்பம் A' B' பார்வைத்துண்டின் குவியம் F<sub>e</sub> இல் தோற்றும். இவ்விம்பம்



படம்: 122

பார்வைத்துண்டுக்குப் பொருளாகத் தொழிற்படுவதால் ஓர் இறுதி விம்பம் முடிவிலியில் பார்வைத்துண்டினால் ஏற்படுத்தப்படும். அல் விறுதி விம்பம்  $\beta$  என்னும் பார்வைக் கோணத்தைக் கண்ணில் எதிரமைக்கிறதெனவும், தெளிவுப்பார்வை இழிவுத் தூரத்தில் வைக்கப்படும் பொருள் கண்ணில் எதிரமைக்கும் கோணம்  $\alpha$  எனவுங் கொள் எப்படி.

$$\text{உருப்பெருக்கவலு } M = \frac{\beta}{\alpha}$$

$$\text{மேலும் } \beta = \frac{h_1}{f_o} \quad (\text{படம் 122 இனிதந்த})$$

$$\text{அத்துடன் } \alpha = \frac{h}{D}$$

$$\therefore M = \frac{\frac{h_1}{f_o}}{\frac{h}{D}}$$

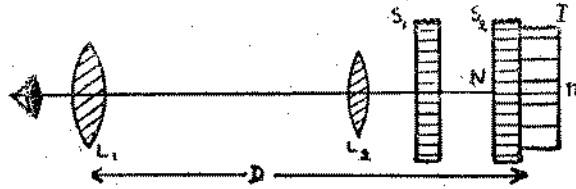
$$= \frac{h_1}{h} \cdot \frac{D}{f_o}$$

ஆனால் பொருள் வில்லைக்கு  $\frac{h_1}{h} = \frac{v}{f_o} - 1$  எனக்காட்டப்பட்டுள்ளது

$$\therefore M = \left( \frac{v}{f_o} - 1 \right) \cdot \frac{D}{f_o} \quad \text{--- (B)}$$

சமன்பாடுகள் (A) ஐயும் (B) ஐயும் நோக்கும்பொழுது, கருவியின் உருப்பெருக்கவலு அண்மைப்புள்ளியில் இறுதி விம்பம் உண்டாகும்பொழுது உயர்வாக இருக்கிறதென்பது புலப்படுகிறது.

உருப்பெருக்க வலுவைத் துணிதல்



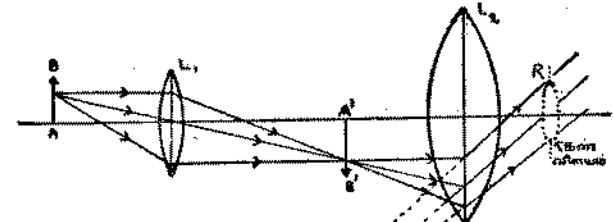
படம் 123

இரு வில்லைகளினதும் குவியத்தூரங்களை ஒரு தளவாயையும் ஓர் ஊசியையும் கொண்டு காண்க: இவற்றுள் குறைந்த குவியத்தூ

முடைய குவிவல்லையை பொருள் வில்லையாகவும் மற்றதை பார்வைத்துண்டாகவும் இருக்கத்தக்கதாக இரு தாங்கிகளில் ஒரு மேசையின் மீது நிறுத்திக். ஓர் அரைமீற்றர் அளவுத்திட்டம்  $S_1$  ஐ நிலைக்குத்தாக பொருள்வில்லை  $L_2$  இற்குமுன் அதன் குவியத்தூரத்துக்கப்பால் நிறுத்துக. வில்லையின் மறுபக்கத்தில் தோற்றும் இதன் விம்பத்தை ஓர் ஊசியின் உதவிகொண்டு கண்டுபிடிக்க பார்வைத்துண்டு வில்லையை இப்பொழுது இவ்வூசிக்குமுன் நிறுத்தி ஊசியின் தூரம் அதிலிருந்து அதன் குவியத்தூரத்திலும் சிறிதாக இருக்கத்தக்கதாக அப் பார்வைத்துண்டைச் சற்று நகர்த்துக இதன்பின் அவ்வூசியை அகற்றி விடுக அடுத்தபடியாக மற்ற அரைமீற்றர் அளவுத்திட்டம்  $S_2$  ஐப் பார்வைத்துண்டிலிருந்து 25 சமீ. தூரத்தில் படம் 123 இல் காட்டிய வாறு நிறுத்துக. அதனை இடக்கண்ணாலும்,  $S_1$  இன் விம்பத்தை வில்லைகளினூடு வலக்கண்ணாலும் நோக்கிக்கொண்டு இடமாறுதோற்ற வழுவின்றி  $S_2$  வுடன் அதன் அருகில்  $S_1$  இன் விம்பம் பொருந்தத்தக்கவாறு பார்வைத்துண்டைச் சரிசெய்க. அப்பொழுது  $S_1$  இன் விம்பத்திலுள்ள  $n$  பிரிவுகள்  $S_2$  விலுள்ள  $N$  பிரிவுகளுடன் பொருந்தக் காணப்படுகிறது. ஆகவே கருவியின் உருப்பெருக்கவலு  $N/n$  ஆகும். இவ்வாறு பரிசோதனையை இரண்டு அல்லது மூன்று தடவைகள் செய்து  $N/n$  இன் சராசரியைக் கண்டு உருப்பெருக்க வலுவைத் திருத்தமாகத் துணிந்து கொள்க.

இதனை உறுதிப்படுத்த,  $f_o, f_e, v, D$  இன் எண் பெறுமானங்களை  $\left( \frac{v}{f_o} - 1 \right) \left( 1 + \frac{D}{f_o} \right)$  என்னும் சூத்திரத்திலும் பிரதியிடுக அப்பொழுது கணிக்கப்படும் பெறுமானமும் ஒரு கருவியின் உருப்பெருக்கவலுவைத் தரும்.

கண்ணின் திருத்தமான நிலை, கண்வளையும்



படம் 124

ஓர் ஒளியியற் கருவியினால் ஒரு பொருளைப் பார்க்கும்பொழுது பொருளிலிருந்து வெளிவரும் கதிர்களுள் பொருள்வில்லையின் பரிதிக்க

குள் அடக்கப்படும் கதிர்கள் மட்டுமே ஒளியியற் கருவிக்குள் புகும்: ஆகவே பொருள்வில்லை ஓரளவிற்கு ஒளிக்கு ஒரு தடுப்பாக (stop) தொழிற்படுகிறது. பொருள்வில்லைக்கூடாகச் செல்லும் இக் கதிர்கள் பார்வைத் துண்டிக்கூடாகச் சென்று ஒரு வட்டப் பரப்பு R இலுமாடு செல்கின்றன. (படம் 124). இது கண்வளையம் எனப்படும். இவ்விடத்தில் கண் இருப்பின் பொருள்வில்லையிலிருந்து வரும் ஒளியில் மிகக் கூடியளவு இதனுடிக் செல்லும். ஆகவே இது கண் இருப்பதற்கு ஒரு சிறந்த இடமாகும்.

மேலும் கண்வளையத்தில் இடம் வருமாறு கண்டுபிடிக்கப்படும். அதாவது பார்வைத்தண்டுக்கு பொருள்வில்லை ஒரு பொருளாகத் தொழிற்படும்பொழுது பார்வைத்தண்டு ஏற்படுத்தும் பொருள்வில்லை வின் விம்பம் கண்வளையம் ஆகும். ஆகவே கண்வளையத்தின்நிலை. பார்வைத்தண்டிலிருந்து பொருள்வில்லையின் தூரமும் பார்வைத்தண்டின் குவியத்தூரமும் தெரியப்படித் தனியப்படும்.

உதாரணமாகப் பார்வைத்தண்டிலிருந்து பொருள்வில்லையின் தூரம் 20 சமீ. யும் பார்வைத்தண்டின் குவியத்தூரம் 2 சமீ. யும் என இருப்பின்

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

$$u = -20 \text{ சமீ.}$$

$$f = +2 \text{ சமீ.}$$

$$\therefore \frac{1}{v} = \frac{1}{20} = \frac{1}{2}$$

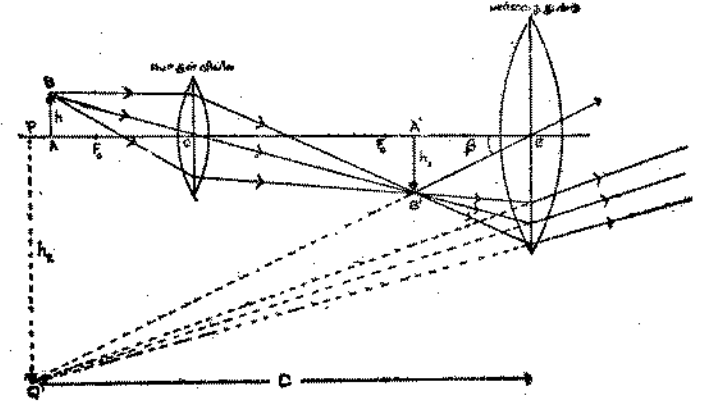
$$\therefore \frac{1}{v} = \frac{1}{2} - \frac{1}{20} = \frac{9}{20}$$

$$\therefore v = \frac{20}{9} = 2\frac{2}{9} \text{ சமீ.}$$

ஆகவே கண்வளையம் பார்வைத்தண்டிலிருந்து  $2\frac{2}{9}$  சமீ. இல் இருக்கிறதாகும்.

உதாரணங்கள்:

- ஒரு கூட்டுநுணுக்குக் காட்டியினது வில்லைகளின் குவியத்தூரங்கள் முறையே 1 சமீ. யும் 3 சமீ. யுமாகும். ஒரு பொருள் 1.2 சமீ. தூரத்தில் பொருள் வில்லையிலிருந்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. கண்ணிலிருந்து ஒரு மாயவிம்பம் 25 சமீ. தூரத்தில் உண்டாகின் வில்லைகளுக்கிடையேயுள்ள வேறுக்கையும் கருவியின் உருப்பெருக்க வலுவையும் காண்க.



படம்: 125

முதல் பொருள்வில்லையைக் கருத்திற் கொள்க.

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

$$u = -1.2 \text{ சமீ.}$$

$$f = +1 \text{ சமீ.}$$

$$\therefore \frac{1}{v} + \frac{1}{1.2} = \frac{1}{1}$$

$$\therefore \frac{1}{v} = 1 - \frac{1}{1.2} = \frac{.2}{1.2}$$

$$\therefore \frac{1}{v} = \frac{1}{6}$$

$$v = 6 \text{ சமீ.}$$

வில்லைகளின் வேறுக்கை x சமீ. என்க:

இனி, பார்வைத்தண்டைக் கருத்திற் கொள்க:

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

$$u = -(x-6) \text{ சமீ.}$$

$$v = -25 \text{ சமீ.}$$

$$f = +3 \text{ சமீ.}$$

$$\therefore -\frac{1}{25} + \frac{1}{x-6} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{x-6} = \frac{1}{3} + \frac{1}{25} = \frac{28}{75}$$

$$\therefore 28x - 168 = 75$$

$$28x = 75 + 168 = 243$$

$$\therefore x = \frac{243}{28} = 8\frac{19}{28} \text{ சமீ.}$$

இறுதி நேர்கோட்டு உருப்பெருக்கம் =  $M_o \times M_o$

$$= 1.2 \times \frac{25}{\frac{243}{28}} - 6$$

$$= \frac{60}{12} \times \frac{25 \times 28}{75}$$

$$= \frac{140}{3} = 46\frac{2}{3}$$

7. பொருளின் உயரம் h எனின்

$$\text{இறுதி விம்பத்தின் உயரம்} = \frac{140h}{3}$$

$$\text{உருப்பெருக்க வலு } M = \frac{\beta}{a}$$

$$\text{ஆனால் } \beta = \frac{140h}{3 \times 25}$$

$$a = \frac{h}{25}$$

$$\therefore M = \frac{140h}{75 \times h} \times 25$$

$$= \frac{140}{3} = 46\frac{2}{3}$$

அல்லது சூத்திரத்தின்படி

$$M = \left( \frac{v}{f_o} - 1 \right) \left( 1 + \frac{D}{f_e} \right)$$

$$= \left( \frac{6}{1} - 1 \right) \left( 1 + \frac{25}{3} \right)$$

$$= 5 \times \frac{28}{3}$$

$$= \frac{140}{3} = 46\frac{2}{3}$$

2. ஒரு கூட்டு நுணுக்குக்காட்டி 1 சமீ. குவியத்தாரமுடைய பொருள் வில்லையையும் 6 சமீ. குவியத்தாரமுடைய பார்வைத் துண்டையும் கொண்டுள்ளது. இவற்றிடையேயுள்ள தூரம் 20 சமீ.; இறுதி விம்பம் பார்வைத்துண்டிலிருந்து 30 சமீ. இவ் தேற்றத்தக்கவாறு பொருளானது வைக்கப்பட்டுள்ளது. பொருளின் நிலையையும், அவதானியொருவனின் தெளிவுப்பார்வை இழிவுத்தூரம் 25 சமீ.; எனக்கொண்டு உருப்பெருக்க வலுவையும் காண்க.

முதல் பார்வைத் துண்டைக் கருத்திற்கொள்க.

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

$$v = -30 \text{ சமீ.}$$

$$f = +6 \text{ சமீ.}$$

$$\therefore -\frac{1}{30} - \frac{1}{u} = \frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{u} = -\frac{1}{30} - \frac{1}{6} = \frac{-1-5}{30}$$

$$= -\frac{6}{30}$$

$$\therefore u = -5 \text{ சமீ.}$$

எனவே பொருள்வில்லையிலிருந்து மெய்விம்பத்தின் தூரம் = 20 - 5 = 15 சமீ.

இனி, பொருள்வில்லையைக் கருத்திற்கொள்க:

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

$$v = +15 \text{ சமீ.}$$

$$f = +1 \text{ சமீ.}$$

$$\therefore \frac{1}{15} - \frac{1}{u} = \frac{1}{1}$$

$$\therefore \frac{1}{u} = \frac{1}{15} - 1 = -\frac{14}{15}$$

$$\therefore u = -\frac{15}{14} \text{ சமீ.}$$

▲ பொருள் ஆனது பொருள்வில்லைக்கு முன்னால்  $1\frac{1}{14}$  சமீ. இலுள்ளது.



இறுதி நேர்கோட்டு உருப்பெருக்கம் =  $m_o \times m_i$ .

$$= \left( \frac{15}{15} \times 14 \right) \times \frac{30}{5}$$

$$= 14 \times 6 = 84$$

எனவே பொருளின் உயரம்  $h$  எனில் இறுதி விம்பத்தின்

$$\text{உயரம்} = 84h$$

$$\text{உருப்பெருக்கவலு } M = \beta/a$$

$$\text{ஆனால் } \beta = \frac{84h}{30}$$

$$a = \frac{h}{25} \quad \therefore M = \frac{84h \times 25}{30 \times h} = \frac{84 \times 25}{30} = 70$$

#### தொலைகாட்டிகள்

தொலைகாட்டிகள் தூரப் பொருள்களைப் பார்ப்பதற்கு உபயோகிக்கப்படும் கருவிகளாகும். இவை பெரும்பாலும் சமுத்திரங்களிலும், வானியல் ஆய்வுகளிலும் பாவிக்கப்படுகின்றன. இவற்றின் கோண உருப்பெருக்கம் அல்லது உருப்பெருக்க வலு வறாமாறு வரையறுக்கப்படும்.

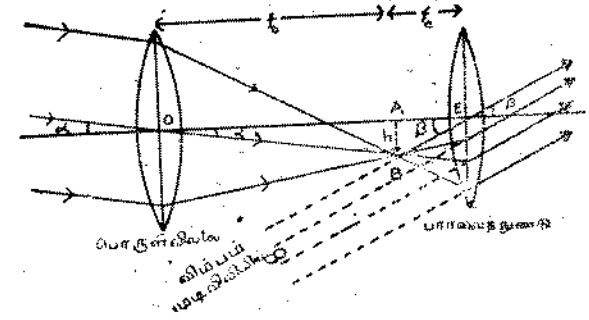
விம்பத்தால் கண்ணில் எதிரமைக்கப்படும் கோணத்துக்கும் பொருளால் கண்ணில் எதிரமைக்கப்படும் கோணத்துக்கும் உள்ள விகிதம் தொலைகாட்டியின் உருப்பெருக்கவலு எனப்படும்.

உதாரணமாக விம்பத்தால்  $\beta$  என்னும் கோணமும் பொருளால்  $\alpha$  என்னும் கோணமும் கண்ணில் எதிரமைக்கப்படின் தொலைகாட்டியின் கோண உருப்பெருக்கம் அல்லது உருப்பெருக்கவலு  $M = \beta/\alpha$  இனால் தரப்படும்.

இங்கு  $\alpha$  கூட்டுநுணுக்குக்காட்டியில் தெளிவுப்பார்வை இழிவுத் தூரத்தில் பொருள் இருக்கும்பொழுது கண்ணில் எதிரமைக்கும் கோணத்தைப் போலன்றி.

தொலைகாட்டிகளுள் முறி தொலைகாட்டிகள் தெறி தொலைகாட்டிகள் என இருவகை உண்டு. இங்கு விபரிக்கப்படப்போகும் வானியல் தொலைகாட்டிகள், கலிவிதியாவின் தொலைகாட்டிகள் முறிதொலைகாட்டி வகையைச் சேர்ந்தன.

#### வானியல் தொலைகாட்டி



படம் 126

இது வான் பொருள்களைப் பார்ப்பதற்குப் பெரிதும் பயன்படுகின்றது. இதனில் இரு குவிவிலைகள் உள். இவற்றுள் நீளமான குவியத்தூரத்தையுடைய குவிவிலை பொருள்விலையாகவும் குறுகிய குவியத்தூரத்தையுடைய குவிவிலை பார்வைத்துண்டாகவும் செயற்படும். வானியல் தொலைகாட்டி தூரப் பொருளொன்றின் இறுதி விம்பத்தை முடிவிலியில் ஏற்படுத்தின், அக்கருவி இயல்பான செம்மைச் செய்கையில் பார்வைப்படுகிறதெனப்படும். அப்பொழுது பொருள்விலைக்கும் பார்வைத் துண்டுக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் அவ்விருவிலைகளினதும் குவியத்தூரங்களின் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமனாகும்.

கருவி இயல்பான செம்மைச் செய்கையில் தொழிற்படும்பொழுது அதற்குரிய விளக்கத்தைக் காட்டுவதற்குப் படம் 126 உதவுகின்றது. பொருள்விலையால் ஏற்படுத்தப்படும் ஒரு தூரப்பொருளின் விம்பம் AB ஆனது அவ்விலையின் F. இல் தோற்றும்; A என்னும் புள்ளியில் பார்வைத்துண்டின் குவியமும் இருப்பதால் AB என்னும் விம்பம் மாயப்பொருளாகப் பார்வைத் துண்டுக்குச் செயற்படும். இது அதன் குவியத்தில் இருப்பதால் இறுதிவிம்பம் முடிவிலியில் தோற்றும்.

கோண உருப்பெருக்கம் அல்லது உருப்பெருக்கவலுவைத் துளிதல்

இங்கு கண்பார்வைத்துண்டுக்கு அருகில் இருக்கிறதெனக் கொள்ளப்படுகிறது. அத்துடன் பொருள்விலைக்கும் பார்வைத்துண்டுக்கு மிடையிலுள்ள தூரம் பொருள்விலையிலிருந்து அல்லது பார்வைத்துண்டிலிருந்து பொருளின் தூரத்துடன் ஒப்பிடப்படும்பொழுது மிகச் சிறிதாகும். இதனால் பொருளால் வெற்றுக்கண்ணில் எதிரமைக்கப்படும் கோணம்  $\alpha$  ஆனது பொருளால் பொருள்விலையில் எதிரமைக்கப்படும் கோணத்துக்குச் சமனெனக் கொள்ளப்படும்.

உருப்பெருக்கவலு  $M = \beta/a$

$\Delta ABE$  இல் தான்  $\beta = h/f_o$

$\beta$  சிறிதாகையால்  $\beta = h/f_o$

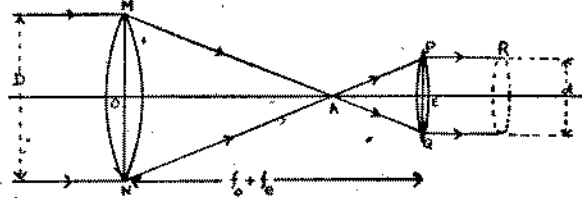
$\Delta ABO$  இல் தான்  $a = h/f_o$

$a$  சிறிதாகையால்  $a = h/f_o$

$$\therefore M = \frac{h/f_o}{h/f_o} = f_o/f_o$$

எனவே பொருள்வில்லையின் குவியத்தாரத்துக்கும் பார்வைத்துண்டின் குவியத்தாரத்துக்கும் உள்ள விசைம் கருவியின் உருப்பெருக்க வலுவாகும். இதுவிருந்து கருவி உயர் உருப்பெருக்க வலுவை உடைய தாவதற்கு நீளமான குவியத்தாரமுடைய பொருள்வில்லையையும் குறுகிய குவியத்தாரமுடைய பார்வைத்துண்டையும் கொண்டுள்ளதாக இருத்தல் வேண்டும்.

கண்வளையத்துக்கும் உருப்பெருக்க வலுவுக்கும் உள்ள தொடர்பு



படம் 127

பொருள்வில்லையின் விட்டத்தை  $D$  என்க. இத்தரவாரம் தொலைகாட்டிக்குள் புறும் கதிர்க்கற்றையை மட்டுப்படுத்துகின்றது,  $R$  என்பது கண்வளையம். இவ்விட்டமே கண்வைத்துப் பார்ப்பதற்குச் சிறந்த இடமாகும். கண்வளையமானது பார்வைத்துண்டு ஏற்படுத்தும் பொருள்வில்லையின் விம்பமாகும். இது ஒரு வட்ட விம்பமாகும்.

படம் 127 இல்

$\Delta$ ங்கள்  $AMO$ ,  $AQE$  வடிவொத்தவை

$$\frac{MO}{OA} = \frac{EQ}{AE}$$

$$\therefore \frac{OA}{AE} = \frac{MO}{EQ}$$

இங்கு  $OA = f_o$ ,  $AE = f_e$

$MO = D/2$ ,  $EQ = d/2$

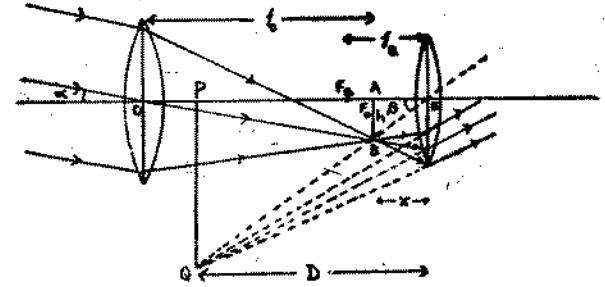
$\therefore f_o/f_e = D/d$

ஆனால்  $f_o/f_e = M$

$$\therefore M = \frac{D}{d} = \frac{\text{பொருள்வில்லையின் விட்டம்}}{\text{கண் வளையத்தின் விட்டம்}}$$

குறிப்பு: வானியல் தொலைகாட்டியில் பொருள் வில்லைகள் பெரிய துவாரங்களையுடையனவாக இருக்கும். விம்பம் துலக்கமாக இருப்பதற்குக் கருவிக்குள் புறும் ஒளியின் பருமன் கூடுதலாக இருத்தல் வேண்டும். எனவே பொருள் வில்லையின் விட்டம் பெரிதாக இருப்பின் கூடிய அளவு ஒளி புகத்தக்கதாக இருக்கும்.

(2) வானியல் தொலைகாட்டி இறுதிவிம்பம் அண்மைப்புள்ளியில்



படம் 128

வானியற் தொலைகாட்டியை இயல்பான செம்மைச் செய்கையில் பாவனைப்படுத்தும் பொழுது இறுதிவிம்பம் முடிவிலியில் உளது. அப்பொழுது கண் தன்னமைவின்றி, விம்பத்தைப் பார்க்க முடிகிறது. கண்ணின் அண்மைப்புள்ளியிலும் இறுதிவிம்பத்தைத் தொலைகாட்டியினால் ஏற்படுத்தலாம். அப்பொழுது கண்ணால் தன்னமைவோடேயே இறுதி விம்பத்தைத் தெளிவாகப் பார்க்கலாம்.

$AB$  என்பது பொருள் வில்லையால் அதன் குவியம்  $F$ . இல் உண்டாக் கப்பட்ட தாரப்பொருளின் விம்பமாகும். இவ்விம்பம் பார்வைத்துண்டின் குவியத்தாரத்துக்குள் இருப்பதால் பார்வைத்துண்டு இதன் இறுதி மாயவிம்பம்  $PQ$  வை  $P$  இல் ஏற்படுத்துகின்றது. அத்தடன் இதன்

தூரம் பார்வைத்துண்டிலிருந்து தெளிவுப்பார்வை இழிவுத் தூரத் துக்குச் சமனாகத்தக்கவாறு அவ்விடலை சரிசெய்யப்பட்டு மிருக்கும். தொலைகாட்டிக்குள் கதிர்கள்  $\alpha$  என்னும் கோணத்துடன் புகுந்து  $\beta$  என்னும் ஒரு பெரிய கோணத்துடன் வெளியேறுகின்றது. ஆகவே ஓர் உருப்பெருத்த விம்பம் உண்டாகும்.

$\Delta$  OAB இல்

$$\text{தான் } \alpha = \frac{h}{OA}$$

$$\therefore \alpha = \frac{h}{OA} = \frac{h}{f_o} \quad (\alpha \text{ சிறிதரகையால்})$$

$\Delta$  EAB இல்

$$\text{தான் } \beta = \frac{h}{EA}$$

$$\therefore \beta = \frac{h}{EA} = \frac{h}{x} \quad (\beta \text{ சிறிதரகையால்})$$

$$\therefore M = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{f_o}{x}$$

இறுதி விம்பம் பார்வைத்துண்டிலிருந்து D என்னுந் தூரத்தில் உண்டாகின்றது. பார்வைத்துண்டுக்கு  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  என்பதை உபயோகிக்கும்பொழுது

$$u = -x, \quad v = -D$$

$$\therefore -\frac{1}{D} + \frac{1}{x} = \frac{1}{f_o}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{f_o} + \frac{1}{D}$$

$$= \frac{f_o + D}{f_o \cdot D}$$

$$\therefore x = \frac{f_o \cdot D}{f_o + D}$$

$$M = \frac{f_o}{x} = f_o \left( \frac{f_o + D}{f_o \cdot D} \right)$$

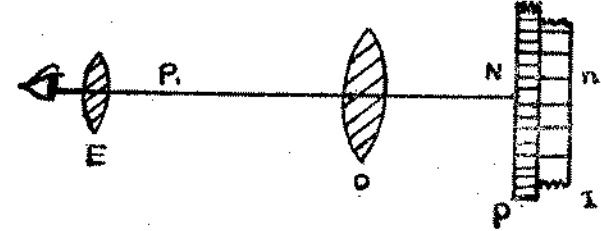
$$M = \frac{f_o}{f_o} \cdot \left( 1 + \frac{f_o}{D} \right)$$

ஆனால் இயல்பான செம்மைச் செய்கையில் கருவியின்  $M = \frac{f_o}{f_e}$  எனவே அண்மைப்புள்ளியில் இறுதிவிம்பம் இருக்கும்பொழுது கோண உருப்பெருக்கம் பெரிதாகும்;

உருப்பெருக்க வலுவைத் துணிதல்

உருப்பெருக்க வலுவை மூன்று முறைகளால் தன்யலாம்.

1.



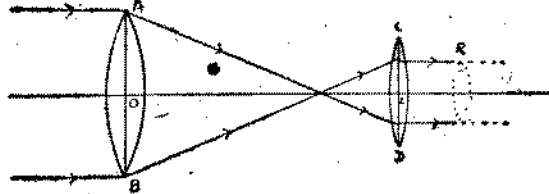
படம் 129

தரப்பட்ட இரு குவிவில்லைகளினதும் குவியத்தூரங்களை தளவாடி ஊசி முறையால் காண்க. இவற்றுள் பெரியதை பொருள்வில்லை O ஆகவும் சிறியதை பார்வைத்துண்டு E ஆகவும் உபயோகிக்க. பொருள்வில்லை Oவை ஒரு தாங்கியில் மேசையொன்றின்மீது நிறுத்துக. இதற்கு ஏறத்தாள 20 அல்லது 25 அடிக்கு முன்னால் ஓர் அளவீட்டை சட்டத்தை நிறுத்துக. பொருள்வில்லைக் கூடாக நோக்கிக்கொண்டு இதன் விம்பத்தில் நிலையை ஒரு திரையின் உதவியால் கண்டு பிடிக்க. அந்நிலை P<sub>1</sub> இலிருப்பின், திரையை இப்பொழுது அசுநிறி பார்வைத்துண்டு Eஐ தன் குவியத்தூரத்திலும் சற்றுக் குறைந்த தூரத்தில் P இலிருந்து இருக்கத்தக்கவாறு அதனை ஒரு தாங்கியில் நிறுத்துக. அளவீட்டை கோல் P ஐ நேரடியாக ஒரு கண்ணாலும் வில்லைகளினூடு அக்கோலின் இறுதி விம்பத்தை மற்றக் கண்ணாலும் நோக்கிக்கொண்டு அருகருகே கோலும் அதன் விம்பமும் ஒன்றத்தக்கவாறு பார்வைத்தண்டைச் சரி செய்க. அவை ஒன்றும் கட்டத்தில் விம்பத்திலுள்ள n பிரிவுகள் அளவீட்டை கோலிலுள்ள N பிரிவுகளுடன் அருகே பொருந்துவதை அவ தானிக்க. அப்பொழுது கருவியின் உருப்பெருக்கவலு  $\frac{N}{n}$  ஆகும். இவ்வாறு பரிசோதனையை வேறு எண்ணிக்கைப் பிரிவுகளுக்கும் செய்து  $\frac{N}{n}$  ஐக் கணிக்க. இதிலிருந்து சராசரிப் பெறுமானத்தைக் கணித்து திருத்தமான உருப்பெருக்க வலுவைப் பெற்றுக்கொள்க.

(2) மேற்பரிசோதனையில் பொருளும் விம்பமும் முடிவில்லியில் இருக்கின்றன. ஆகவே கருவியின் உருப்பெருக்கவலு  $M = \frac{f_o}{f_e}$  இனால் தரப்படும், எனவே  $f_e$  உம்  $f_o$  உம் அளக்கப்பட்டு  $M = \frac{f_o}{f_e}$  இல் பிரதி விடப்படின் உருப்பெருக்கவலு துணியப்படும்;

(3) பொருள் வில்லையினதும் கண்வளையத்தினதும் விட்டங்களைக் காண்பதன்மூலம் உருப்பெருக்கவலு துணியப்படும்.

$$M = \frac{\text{பொருள் வில்லையின் விட்டம்}}{\text{கண்வளையத்தின் விட்டம்}}$$

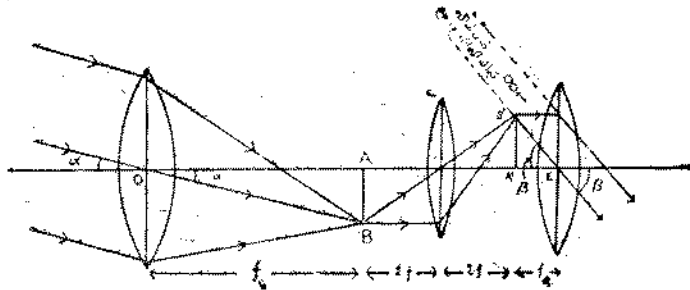


படம் 130

தொடக்கத்தில் ஒரு தூரப்பொருளை தொலைகாட்டிக்கூடாக நோக்கிக்கொண்டு இயல்பான அம்மைச் செய்கைப் பாவளையில் இருக்கத்தக்கவாறு ஒரு தொலைகாட்டியை ஒழுங்கு செய்க. அப்படிச் சரி செய்தபின் இரு வில்லைகளுக்குமிடையேயுள்ள தூரம், அவற்றின் குவியத் தூரங்களின் கூட்டுதல்தாகையாகும். இப்பொழுது ஆய்வுகூட யன்னலுக்கூடாக பொருள் வில்லையின்மீது ஒளியை விழச்செய்க. அப்பொழுது தொலைகாட்டிக்கூடாகப் பார்க்கும்பொழுது ஒரு வட்டத் தட்டுப்போன்ற விம்பம் தோன்றும். இது பொருள் வில்லையின் விம்பமாகும். இவ்விம்பத்தின் விட்டத்தை வேணியர் நுணுக்கிக்குக்காட்டியால் அளக்க. அவ்வளவை  $d$  என்க. இதேபோல் பொருள் வில்லையின் விட்டத்தையும் அளக்க. அதனை  $D$  என்க;

ஆகவே  $M = \frac{D}{d}$  ஆகும்.

புவித் தொலைகாட்டி



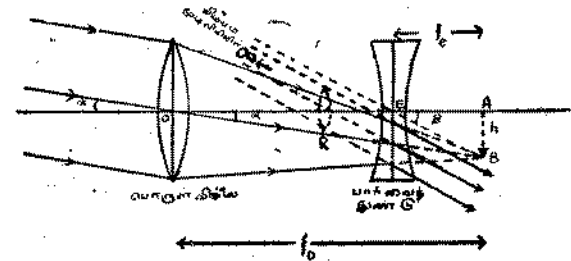
படம் 131

வானியல் தொலைகாட்டி தலைகீழான இறுதிவிம்பத்தை ஏற்படுத்துவதால் அது புவியிலுள்ள பொருள்களை நோக்குவதற்கு உசந்ததல்ல. இதன் பொருள் வில்லைக்கும் பார்வைத்துண்டுக்கும் இடையில் ஒரு நிமிர்த்தம் வில்லையை புகுத்தி வில்லைகளைச் சரிசெய்வதன் மூலம் புவித் தொலைகாட்டியை அமைக்கலாம்.

எனவே புவித் தொலைகாட்டி பொருள் வில்லை, நிமிர்த்தம் வில்லை பார்வைத்துண்டு, ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ளது. பொருள் வில்லை ஒரு தூரப்பொருளின் தலைகீழான விம்பம்  $AB$  ஐ  $A$  இல் ஏற்படுத்துகின்றது. இவ்விம்பத்திலிருந்து  $2f$  தூரத்தில் இருக்கும்  $L$  என்னும் நிமிர்த்தம் வில்லை,  $A'B'$  என்னும் நிமிர்ந்த விம்பத்தை  $2f$  என்னும் தூரத்திலுள்ள  $A'$  இல் ஏற்படுத்துகின்றது.  $A'B'$  என்னும் விம்பம் பார்வைத்தண்டின் குவியத்தில் இருப்பதால் பார்வைத்துண்டால் ஏற்படுத்தப்படும் இறுதி விம்பம் நிமிர்ந்ததாக முடிவிலியில் தோற்றுக்கின்றது. புவியியல் தொலைகாட்டியின் நீளம்  $(f_o + f_e + 4f_e)$  அதன் கோண உருப்பெருக்கம்  $\frac{f_o}{f_e}$ . ஆகவே உருப்பெருக்கவலுவில் வித்தியரசம் ஏற்படுவதில்லை.

நிமிர்த்தம் வில்லையின் மேற்பரப்புக்களில் ஒளியின் ஒரு பகுதி தெறிப்புறுவதால் பார்வைத்துண்டிலிருந்து வெளிவரும் ஒளிகுறைந்த ஒளிக்கெறிவுடையதாக இருக்க நேரிடும். இதோடு இதன் இன்னொரு பிரதிகூலம் யாதெனில் நிமிர்த்தம் வில்லையை பிரயோகித்துள்ளதால் பொருள் வில்லைக்கும் பார்வைத்துண்டுக்கும் இடைப்பட்ட தூரம் வானியல் தொலைகாட்டித் தூரத்தடன் ஒப்பிடும்பொழுது அதிகரித்துள்ளது.

கலிலியோவின் தொலைகாட்டி



படம் 132

கலிலியோவின் தொலைகாட்டியைக் கொண்டு ஒரு நிமிர்ந்த விம்பத்தை இரு வில்லைகளை உபயோகிப்பதன்மூலம் பார்க்க முடிகிறது. இது, நீளமான குவியத்தூரத்தையுடைய பொருள் வில்லையையும் குறு

கிய குவியத்தூரத்தையுடைய குழிவில்லையையும் கொண்டுள்ளது. இரு வில்லைகளுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் வில்லைகளின் குவியத்தூரங்களின் வித்தியாசத்துக்குச் சமனாகும். அதாவது  $OE = f_0 - f_0$ . பொருள்விலையால் உண்டாக்கப்படும் தூரப்பொருளின் விம்பம் AB ஆனது A இல் தோற்றம். இங்கு  $OA = f_0$ . ஆனால் இவ்விம்பத்திலிருந்து பார்வைத்துண்டின் தூரம்  $f_0$  இன் தூரத்திற்குச் சமனாகலால் அதில் விழும் கதிர்கள் முறிந்து சமாந்தரமாக வெளியேறுகின்றன. ஆகவே இத் தொலைகாட்டியினூடு பார்க்கப்படும் இறுதிவிம்பம் பொருட்பக்கத்திலேயேயுள்ளது. அத்துடன் கண்வளையம் R உம் அப்பக்கத்திலேயே இருக்கும். இது மாயமானதாகும்.

$$\text{இதன் உருப்பெருக்கம் } M = \frac{\beta}{\alpha}$$

$$\Delta AEB \text{ இல் தான் } \beta = \frac{h}{AE}$$

$$\beta \text{ சிறிதாகும் } \therefore \beta = \frac{h}{AE}$$

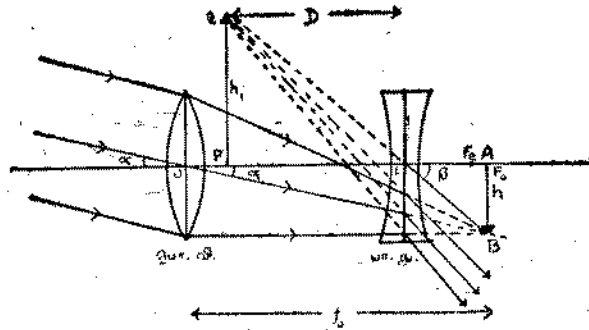
$$\Delta OEB \text{ இல் தான் } \alpha = \frac{h}{AO}$$

$$\therefore \alpha = \frac{h}{AO}$$

$$\therefore M = \frac{AO}{AE} = \frac{f_0}{f_0}$$

எனவே உயர்ந்த கோண உருப்பெருக்கத்துக்கு வானியல் தொலைகாட்டிக்குப்போகி நீளமான குவியத்தூரமுள்ள பொருள் வில்லையும் குறுகிய குவியத்தூரமுள்ள பார்வைத் துண்டும் வேண்டும்.

இறுதிவிம்பம் அண்மைப் புள்ளியில்



(a) கலிவியோவின் தொலைகாட்டிக் கூடாக நோக்கும் விம்பத்தை அண்மைப் புள்ளியிலும் ஏற்படுத்தலாம். அப்பொழுது தொலைகாட்டி இயல்பான செர்மைச் செய்கைப் பாவனையில் இருப்பதில்லை. இருவில்லைகளுக்கு மிடையேயுள்ள தூரமானது  $(f_0 - f_0)$  இலும் குறைவாகும்.

இப்பொழுது குழிவில்லையிலிருந்து விம்பம் AB இன் தூரத்தை  $(f_0 + x)$  எனக் கொள்க.

அதாவது தூரம்  $F_0 F_0 = x$ .

$$\text{கோண உருப்பெருக்கம் } M = \beta/\alpha = \frac{\text{தான் } \beta}{\text{தான் } \alpha}$$

$$\Delta EAB \text{ இல் தான் } \beta = \frac{h}{EA} = \frac{h}{f_0 + x}$$

$$\Delta OAB \text{ இல் தான் } \alpha = \frac{h}{OA} = \frac{h}{f_0}$$

$$\therefore M = \frac{f_0}{f_0 + x}$$

இது கோண உருப்பெருக்கத்தைத் தரும்.

(b) இனி, அண்மைப் புள்ளியில் தோற்றியுள்ள இறுதி விம்பத்தை யும் பார்வைத் துண்டையும் கருத்திற் கொண்டால், கோண உருப்பெருக்கம் வருமாறு பெறப்படும்.

பார்வைத் துண்டுக்கு

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

$$v = -D$$

$$f = -f_0$$

$$\therefore -\frac{1}{D} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{f_0}$$

$$\frac{1}{D} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f_0}$$

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{f_0} - \frac{1}{D} = \frac{D - f_0}{f_0 \cdot D}$$

$$\therefore u = EA = \frac{f_0 \cdot D}{D - f_0}$$

$$\text{கோண உருப்பெருக்கம் } \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\text{தான் } \beta}{\text{தான் } \alpha}$$

$$\text{தான் } \beta = h/AE$$

$$\text{தான் } \alpha = h/OA$$

$$\therefore M = OA/AE$$

$$= \frac{f_o (1 - f_o)}{f_o D}$$

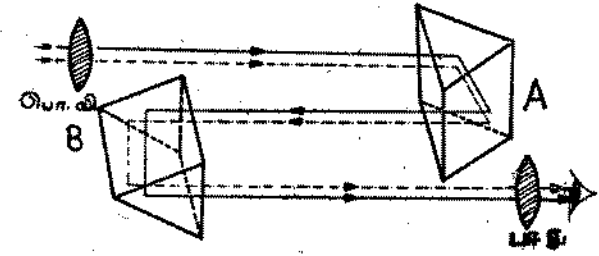
$$= \frac{f_o}{f_o} \left(1 - \frac{f_o}{D}\right)$$

கலிவியோவின் தொலைகாட்டியில் கணவனாயம் மாயமானது: பொருள்வில்லைக்கும் பார்வைத்தண்டுக்கும் இடையில் உளது. எனவே அவதானி நோக்குவதற்கு தனது கண்ணை பார்வைத்தண்டுக்கு மிக அருகில் வைத்தல் வேண்டும். இதனால் இத்தொலைகாட்டியில் பார்வைப்புலம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. மேலும் இங்கு பார்வைத்துண்டு குழிவில்லையானதால் குறுக்குக் கம்பிவலைகள் வானியல் தொலைகாட்டியில் வைக்கப்பட்டிருப்பதே இல்லை. இது வானியல் தொலைகாட்டிக்கு ஒரு அனுகூலமாகும். கலிவியோவின் தொலைகாட்டி வானியல் தொலைகாட்டியிலும் நீளத்தில் சிறியது. எனினும் வானியல் தொலைகாட்டியின் பார்வைப் புலமும் உருப்பெருக்க வலுவும் கலிவியோவின் தொலைகாட்டியினதிலும் மிகவும் உயர்ந்தது. வானியல் தொலைகாட்டி தலைகீழான விம்பத்தை ஏற்படுத்துவதால் வான் பொருள்களை நோக்கவே உதவும். ஆனால் கலிவியோவின் தொலைகாட்டி நிமிர்ந்த விம்பத்தை ஏற்படுத்துவதால் புவியிலுள்ள தூரப் பொருள்களை நோக்க உதவும். இது இத்தொலைகாட்டிக்கு ஓர் அனுகூலமாகும்.

#### அரியத்திருவிழிக் கருவி

அரியத்திருவிழிக் கருவி, குறுகிய வானியல் தொலைகாட்டிகள் இரண்டைக் கொண்டுள்ளது. இவ் வானியல் தொலைகாட்டிகளின் பொருள்வில்லைக்கும் பார்வைத்துண்டுகளுக்கும் இடையே ஈர் இரு சம்பக்க செங்கோண அரியங்கள் உள். வில்லைகள் இரண்டும் குவி வில்லைகள். இவை தனியே உபயோகிக்கப்படின் ஒரு தூரப்பொருளின் தலைகீழான விம்பத்தை உண்டாக்கும். ஆனால் அரியங்கள் இத் தலைகீழான விம்பத்தை நிமிர்ந்த இறுதியான நிமிர்ந்த விம்பத்தை உண்டாக்கும்.

A எனும் அரியத்தின் முறிவோரம் நிலைக்குத்தாகவும் அதே வேளையில் B எனும் அரியத்தின் முறிவோரம் கிடையாதவும் இருக்கத்தக்கவாறு இவ்வரியங்கள் வைக்கப்படும். படம் 134 இல் காட்டிய வாறு பொருள்வில்லையால் உண்டாக்கப்படும் விம்பம் தலைகீழானதாகும். அத்துடன் அரியம் A இவ் விம்பத்தைக் கிடைத்திசையில் திரும்பும். பின்பு அரியம் B இவ்வாறு திரும்பப்பட்ட விம்பத்தை நிலைக்குத்தாக நிமிர்ந்தது. இங்கு ஈர் அரியங்களும் தெற்கருவிகளாகத் தொழிற்படுகின்றன. ஆகவே இக்கருவிக் கூடாகத் தெரியும் இறுதி விம்பம் நிமிர்ந்ததாக இருக்கும் படம் 134 கருவிக் கூடாகச் செல்



படம் 134

லும் இரு கதிர்களின் பாதைகளைக் காட்டுகின்றது. இக் கதிர்களின் ஒளியியல் பாதை ஏறத்தாழ பொருள்வில்லைக்கும் பார்வைத் துண்டுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம்  $d$  இனதின் மூன்று மடங்காகும். எனவே இக்கருவி மூன்று மடங்கு நீளமுள்ள (3d) வானியல் தொலைகாட்டிக்குச் சமானமாகும். எனவே அரியத்திருவிழிக் கருவிக்குள் இருக்கும் பொருள்வில்லையும் பார்வைத்துண்டும் கருவியின் மூன்று மடங்கு நீளமுள்ள வானியல் தொலைகாட்டி கொடுக்கும் கோண உருப்பெருக்கத்தை கொடுக்கத்தக்கதாகும். இக்கருவியின் அனுகூலங்கள்

(i) குறுகியதும் அடப்பமானது

(ii) அசன்ற பார்வைப்புலம் உடையது.

இங்கு இக் கருவியில் காணப்படும் இரு பொருள்வில்லைகளுக்கிடையிலுள்ள தூரம் இரு கண்களுக்கிடையிலுள்ள தூரத்திலும் பெரிதாகும். இதனால் பார்வைப்புலமும், திண்மத் தோற்றம் காட்டுகின்ற தன்மையும் அதிகரிக்கின்றது.

#### உதாரணங்கள்

1. ஒரு வானியல் தொலைகாட்டியின் பொருள்வில்லையினதும் பார்வைத்துண்டினதும் குவியத்தூரிகள் முறையே 60 சமீ. யும், 6 சமீ. யுமாகும். கருவியின் உருப்பெருக்கவலு என்ன? கண், பார்வைத்துண்டுக் கருகில் இருப்பதெனவும் கண்ணின் கண்மணியின் விட்டம் 3 மிமீ; எனவுக் கொண்டு பொருள்வில்லையில் விழும் ஒளி முழுவதும் கண்ணின் கண்மணியை நிரப்புமாயின் பொருள்வில்லையின் விட்டத்தைக் காண்க;

தொலைகாட்டி இயல்பான செம்மைச் செய்கையில் இருக்கிறதெனக் கொள்ளின் இறுதிவிம்பம் முடிவிலியில் இருக்கிறதாகும். அப்படியாயின் கருவியின் உருப்பெருக்கவலு

$$M = \frac{f_o}{f_e} = \frac{60}{6} = 10$$

பொருள்வில்லையில் படும் ஒளி முழுவதும் கண்மணிக்கூடாகச் செல்வதால் கண்மணி கண்வளையத்தில் இருக்கிறதாகும். ஆனால் கண்வளையம் பார்வைத்துண்டு ஏற்படுத்தும் பொருள் வில்லையின் விம்பம். இச் சந்தர்ப்பத்தில் பார்வைத் துண்டிலிருந்து பொருள் வில்லையின் தூரம் =  $60 + 6 = 66$  சமீ.

எனவே பார்வைத்துண்டுக்கு

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

$$u = -66 \text{ சமீ.}$$

$$f = +6 \text{ சமீ.}$$

$$\therefore \frac{1}{v} + \frac{1}{66} = \frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{6} - \frac{1}{66} = \frac{10}{66} = \frac{1}{6.6}$$

$$v = 6.6 \text{ சமீ.}$$

$$\text{பொருள்வில்லையின் உருப்பெருக்கம்} = \frac{6.6}{66} = \frac{1}{10}$$

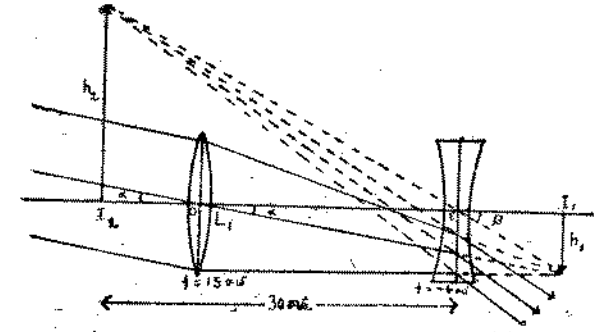
$$k. \frac{\text{கண்வளையத்தின் விட்டம்}}{\text{பொருள்வில்லையின் விட்டம்}} = \frac{3 \text{ மி.மி.}}{\text{பொ. வி. இன் விட்டம்}}$$

$$= \frac{1}{10}$$

$$\therefore \text{பொருள்வில்லையின் விட்டம்} = 30 \text{ மி. மி.}$$

2. ஒரு கவிவிடோவின் தொலைகாட்டியின் பொருள் வில்லையினதும் பார்வைத்துண்டினதும் குவியத்தூரங்கள் முறையே 15 சமீ. யும், 6 சமீ. யுமாகும். இதற்கூடாக ஒரு தூரப் பொருளை நோக்கும் பொழுது இறுதி விம்பம் பார்வைத்துண்டிலிருந்து 30 சமீ. இல் தோன்றிற்று. கோண உருப்பெருக்கத்தைக் கணித்து கதிர்ப்படம் ஒன்றையும் வரைக.

இறுதிவிம்பம்  $I_2$  கண்வில்லையிலிருந்து 30 சமீ. தூரத்தில் இருக்கிறதெனக் கொள்க. இதற்கொத்த பொருள்  $I_1$  ஆகும்.



படம் 135

பார்வைத்துண்டுக்கு

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

$$v = -30$$

$$f = -6$$

$$\therefore -\frac{1}{30} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{u} = -\frac{1}{30} + \frac{1}{6} = \frac{-1 + 5}{30} = +\frac{4}{30}$$

$$u = +7.5 \text{ சமீ.}$$

கருவியின் உருப்பெருக்கவலு

$$M = \beta/\alpha = \frac{h_2/7.5}{h_1/15} \quad (\because L_1 I_1 = 15 \text{ சமீ.})$$

$$\therefore M = \frac{15}{7.5} = 2$$

2. ஒரு வானியல் தொலைகாட்டியின் பொருள்வில்லையினதும் பார்வைத்துண்டினதும் குவியத்தூரங்கள் முறையே 100 சமீ. உம், 10 சமீ. யுமாகும். பொருள்வில்லையிலிருந்து 5 மீற்றர் தூரத்தில் இருக்கும் பொருளொன்றினது இறுதிவிம்பம் பார்வைத்துண்டிலிருந்து 1 மீற்றர் தூரத்தில் உண்டாகத்தக்கவாறு இரு வில்லைகளும் சரிசெய்யப்பட்டுள்ளன. கருவியின் உருப்பெருக்கவலு, வில்லைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரம், நேர்கோட்டுருப் பெருக்கம் ஆகியவற்றைக் காண்க;

முதல் பொருள்வில்லையைக் கருத்திற் கொள்க;

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

$$u = - 500 \text{ சமீ.}$$

$$f = + 100 \text{ சமீ.}$$

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{500} = \frac{1}{100} = \frac{5-1}{500} = \frac{4}{500}$$

$$\therefore v = + 125 \text{ சமீ.}$$

இம்முதல் மெய்வீம்பம் பொருள்வில்லையிருந்து 125 சமீ. தூரத்தில் உளது. பொருளின் உயரம்  $h$  எனவும் இவ் வீம்பத்தின் உயரம்  $h_1$  எனவும் கொள்ளின்,

$$\frac{h_1}{h} = \frac{125}{500} = \frac{1}{4}$$

$$\therefore h_1 = \frac{h}{4}$$

இனி பார்வைத்துண்டுக்கு

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

$$v = - 100 \text{ சமீ.}$$

$$f = + 10 \text{ சமீ.}$$

$$\therefore - \frac{1}{100} - \frac{1}{u} = \frac{1}{10}$$

$$\therefore \frac{1}{u} = - \frac{1}{100} - \frac{1}{10} = \frac{-1-10}{100}$$

$$= - \frac{11}{100}$$

$$\therefore u = - \frac{100}{11} = - 9 \frac{1}{11} \text{ சமீ.}$$

இறுதிவீம்பத்தின் உயரம்  $h_2$  எனின்

$$\therefore \frac{h_2}{h_1} = \frac{100}{100} \times 11 = 11$$

$$\therefore h_2 = 11h_1 = \frac{11h}{4}$$

ஆனால்:

$$M = \frac{\text{இறுதிவீம்பம் கண்ணில் எதிரமைக்கும் கோணம்}}{\text{பொருள் கண்ணில் எதிரமைக்கும் கோணம்}} = \frac{\beta}{\alpha}$$

$$M = \frac{h_2/100}{h/634} = \frac{11h/4 \times 100}{h/634}$$

$$\begin{aligned} \text{கண்ணுக்கும் பொருளுக்கும் இடைத்தூரம்} \\ &= 500 + 125 + 9 \\ &= 634 \text{ சமீ. அண்ணளவாக} \end{aligned}$$

$$= \frac{11 \times 634}{4 \times 100} = \frac{6974}{400} = 17.4$$

$$M = 17.4 \text{ அண்ணளவாக}$$

வில்லைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரம் =  $125 + 9 \frac{1}{11} = 134 \frac{1}{11}$  சமீ.  
இறுதிவீம்பத்தின் நோக்கோட்டுருப் பெருக்கம்

$$= h_2/h = \frac{11h}{h} = 2.75$$

தேர்வு வினாக்கள்

- இயல்பான செம்மைச் செய்கையில் ஒரு கூட்டுநுணுக்குக்காட்டி பாவிக்கப்படும்பொழுது அது:
  - ஒரு தலைமீழான மெய்வீம்பத்தை முடிவிலியில் தோற்றுவிக்கும்.
  - ஒரு தலைமீழான மாயவீம்பத்தை முடிவிலியில் தோற்றுவிக்கும்.
  - ஒரு தலைமீழான மாயவீம்பத்தை தெளிவுப்பார்வை இழிவுத் தூரத்தில் தோற்றுவிக்கும்.
  - ஒரு நிமிர்ந்த மாயவீம்பத்தை தெளிவுப்பார்வை இழிவுத் தூரத்தில் தோற்றுவிக்கும்.
  - ஒரு நிமிர்ந்த மாயவீம்பத்தை முடிவிலியில் தோற்றுவிக்கும்.
- ஒரு கூட்டுநுணுக்குக்காட்டியின் பொருள்வில்லையினதும் பார்வைத் துண்டினதும் குவியத்தூரங்கள் முறையே 4 சமீ யும் 10 சமீ யுமாயின், பொருள்வில்லையிருந்து 5 சமீ. தூரத்திலிருக்கும் ஒரு பொருளின் இறுதிவீம்பம் முடிவிலியில் தோற்றின், அவ் விரு வில்லைகளுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம்,
  - 28 சமீ. (ii) 30 சமீ. (iii) 6 சமீ. (iv) 7 சமீ. (v) 10 சமீ.
- 10 சமீ. குவியத்தூரமுடைய ஒரு குவிலில்லை எளிய நுணுக்குக்காட்டியாக உபயோகிக்கப்படும்பொழுது வீம்பம் முடிவிலியில் தோற்றின் அதன் உருப்பெருக்கவலு
  - 2.5 (ii) 10 (iii) 5 (iv) 3.5 (v) 25
- மேற் கேள்வியில் வீம்பம் அண்மைப்புள்ளியில் தோற்றின் கருவியின் உருப்பெருக்கவலு
  - 2.5 (ii) 10 (iii) 5 (iv) 3.5 (v) 25
- ஒரு கூட்டுநுணுக்குக்காட்டி அமைப்பதற்கு பின்வரும் குவிலில்லைச் சோடிகளுள் சிறந்தது.



பொருள்வில்லை  
விட்டம் குவியத்தாரம்

பொருள்வில்லை விட்டம் குவியத்தாரம்		பார்வைத்தண்டு விட்டம் குவியத்தாரம்	
(i) 6 சமீ;	3 சமீ;	4 சமீ.	5 சமீ.
(ii) 3 சமீ.	5 சமீ;	6 சமீ.	8 சமீ;
(iii) 10 சமீ;	10 சமீ.	10 சமீ;	10 சமீ.
(iv) 15 சமீ;	25 சமீ.	12 சமீ.	20 சமீ.
(v) 8 சமீ.	15 சமீ.	4 சமீ.	12 சமீ.

6. ஒரு கூட்டுநுணுக்ககாட்டியில் பொருள்வில்லை ஆனது 5 சமீ. குவியத்தாரமுடைய பார்வைத்துண்டிலிருந்து 20 சமீ. தூரத்தில் இருப்பின் இறுதி விம்பத்தைப் பார்ப்பதற்குக் கண் இருக்க வேண்டிய சிறந்த இடம் பார்வைத்துண்டிலிருந்து

- (i) 12.5 சமீ. (ii) 20 சமீ. (iii) 4 சமீ. (iv)  $\frac{1}{20}$  சமீ.  
(v)  $\frac{2}{3}$  சமீ.

7. ஆய்வுகூடத்தில் வானியல் தொலைகாட்டி அமைப்பதற்குச் சிறந்த குவிவில்லைச்சேரடி.

பொருள்வில்லை  
விட்டம் குவியத்தாரம்

பொருள்வில்லை விட்டம் குவியத்தாரம்		பார்வைத்தண்டு விட்டம் குவியத்தாரம்	
(i) 6.5 சமீ.	60 சமீ.	3.5 சமீ.	10 சமீ.
(ii) 6.5 சமீ.	30 சமீ.	3.5 சமீ.	40 சமீ.
(iii) 3.5 சமீ.	60 சமீ.	6.5 சமீ.	10 சமீ.
(iv) 6.5 சமீ.	8 சமீ.	3.5 சமீ.	5 சமீ.
(v) 3.5 சமீ.	3 சமீ.	5 சமீ.	5 சமீ.

8. ஒரு வானியல் தொலைகாட்டியின் பொருள்வில்லையினதும் பார்வைத்துண்டினதும் குவியத்தாரங்கள் 50 சமீ. உம், 5 சமீ. யுமாகும். இயல்பான செய்மையில் இது உபயோகிக்கப்படும்பொழுது வில்லைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரமும் கருவியின் உருப்பெருக்கவலுவும்

- (i) 55 சமீ. உம் 0.1 உம்  
(ii) 250 சமீ. உம் 10 உம்  
(iii) 45 சமீ. உம் 10 உம்  
(iv) 55 சமீ. உம் 10 உம்  
(v) 60 சமீ. உம் 0.1 உம்

9. பின்வருள்ள தூரப்பொருள்களைப் பார்ப்பதற்குச் சிறந்தது

- (i) வானியல் தொலைகாட்டி ஏனெனில் உயர்ந்த உருப்பெருக்க வலுவையுடையது.

(ii) புவித்தொலைகாட்டி ஏனெனில் நிமிர்ந்த விம்பத்தை உண்டாக்குகின்றது.

(iii) கலிவினியோவின் தொலைகாட்டி ஏனெனில் நிமிர்ந்த விம்பத்தை உண்டாக்குகின்றது.

(iv) அரியத்திருவிழிக்கருவி ஏனெனில் நிமிர்ந்த விம்பத்தையும் பெருத்த பார்வைப்புலத்தையும் உண்டாக்குகின்றது.

(v) எளியநுணுக்ககாட்டி ஏனெனில் துலக்கமான விம்பத்தை ஏற்படுத்துகின்றது.

10. 20 சமீ. குவியத்தாரமுள்ள குவிவில்லையும் 10 சமீ. குவியத்தாரமுள்ள குழிவில்லையும் தரப்படி இயல்பான செய்மைச் செய்கையில் கலிவினியோவின் தொலைகாட்டி செயல்படுவதற்கு வில்லைகள்

(i) 20 சமீ. இடைத்தூரத்தில் இருத்தல் வேண்டும்.

(ii) 30 சமீ

(iii) 10 சமீ.

(iv) 15 சமீ.

(v) 25 சமீ.

### வினாக்கள்

1. 'பார்வைக்கோணம்' 'இயல்பான செய்மைச் செய்கையில் ஒரு நுணுக்ககாட்டியின் உருப்பெருக்கவலு' இவற்றை வரையறுக்க.

ஒரு நுணுக்ககாட்டியின் இரு வில்லைகளும் குவிவில்லைகளாகும். பொருள் வில்லையின் குவியத்தாரம் 2 சமீ. பார்வைத்துண்டினது 4 சமீ. ஒரு பொருள் பொருள்வில்லைக்கு முன்னால் 3 சமீ. தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இறுதி விம்பம் கண்ணிலிருந்து 25 சமீ. தூரத்தில் உண்டாகின் வில்லைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தையும், கருவியின் உருப்பெருக்க வலுவையும் காண்க.

[விடை 9.4 சமீ., 14.5]

2. 4 சமீ. குவியத்தாரமுடைய ஒரு குவிவில்லை கண்ணுக்கு அருகில் இருக்கின்றது. ஒரு நிமிர்ந்த விம்பம் (i) முடிவிலியில் (ii) கண்ணிலிருந்து 25 சமீ. தூரத்தில் உண்டாகின் உருப்பெருக்க வலுவைக் காண்க.

[விடை: 6 $\frac{1}{2}$ , 7 $\frac{1}{2}$ ]

3. ஒரு நுணுக்ககாட்டி 4 சமீ. குவியத்தாரமுடைய பொருள் வில்லையையும், 5 சமீ. குவியத்தாரமுடைய பார்வைத்துண்டையும் கொண்டுள்ளது. வில்லைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரம் 30 சமீ.,

இறுதிவீம்பம் கண்ணிலிருந்து 25 சமீ. தூரத்தில் உண்டாகின்றது. பொருள்வில்லையிலிருந்து பொருளின் தூரத்தையும், கருவியின் உருப்பெருக்கவலுவையும் காண்க. வீம்பம் உண்டாவதைக் காட்ட வரிப்படம் ஒன்று கீழ்க.

[விடை: 4.7 சமீ., 32.8]

4. ஒரு கூட்டுநுணுக்ககாட்டியில் பொருளொன்றின் ஒரு புள்ளியிலிருந்து 3 கதிர்கள் கண்ணை, அடைவதைக் காட்டும் பரதையை வரைக.

ஒரு கூட்டுநுணுக்ககாட்டியின் பொருள்வில்லையினதும், பார்வைத் துண்டினதும் குவியத்தூரங்கள் முறையே 2 சமீ., 5 சமீ. ஆகும். பொருள்வில்லைக்கு முன்னால் 2.2 சமீ. தூரத்தில் ஒரு பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. பார்வைத் துண்டிலிருந்து இறுதிவீம்பம் 25 சமீ. தூரத்தில் இருப்பதற்கு பார்வைத்துண்டு எங்கிருந்தல் வேண்டும்? மொத்த நேர்கோட்டுருப் பெருக்கம் என்ன?

[விடை: பொருள்வில்லையிலிருந்து 26½ சமீ., 60]

5. ஒரு கூட்டுநுணுக்ககாட்டியில் பொருளும் இறுதி வீம்பமும் பொருந்தும்பொழுது, பொருளானது பொருள்வில்லையிலிருந்து 4 சமீ. தூரத்திலும் இறுதிவீம்பம் தெளிவுப்பார்வை இழிவுத் தூரத்திலும் இருக்கின்றன. கருவியின் உருப்பெருக்கவலு 14 எனக்கொண்டு பொருள்வில்லையினதும் பார்வைத்துண்டினதும் குவியத்தூரங்களைக் காண்க.

[விடை: 3.14 சமீ., 8.75 சமீ.]

6. இயல்பான செம்மைச் செய்கையிலுள்ள வானியல் தொலைகாட்டியின் உருப்பெருக்கவலுவை வரையறுக்க;

ஒரு வானியல் தொலைகாட்டி 30 சமீ., 5 சமீ. குவியத்தூரங்களுடைய குவிவில்லைகளைக் கொண்டுள்ளது. (i) முடிவிலியில் (ii) கண்ணிலிருந்து 25 சமீ. இல் இறுதிவீம்பம் உண்டாகும் பொழுது உருப்பெருக்கவலுவைக் காண்க;

7. இயல்பான செம்மைச் செய்கையில் ஒரு வானியல் தொலைகாட்டியின் உருப்பெருக்கவலு 40. பொருள்வில்லையின் குவியத்தூரம் 100 சமீ. ஆயின், பார்வைத்துண்டின் குவியத்தூரத்தையும் வில்லைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தையும் காண்க. இறுதிவீம்பம் கண்ணிலிருந்து 25 சமீ. தூரத்தில் உண்டாகும்பொழுது பார்வைத்துண்டு நகர்த்தப்படின், கருவியின் உருப்பெருக்கவலு என்ன?

[விடை: 2.5, 102.5 சமீ., 44]

8. கவினியோவின் தொலைகாட்டியின் நயங்கள் யாவை? இத்தகைய தொலைகாட்டி 4 சமீ. குவியத்தூரமுடைய குழிவில்லையையும், 20 சமீ. குவியத்தூரமுடைய குவிவில்லையையும் கொண்டுள்ளது. ஒரு தூரப்பொருளை நோக்கும்பொழுது கருவி இயல்பான செம்மைச் செய்கையில் இருக்கின்றது. கதிர்ப்படத்தை வரைந்து கருவியின் உருப்பெருக்க வலுவைக் காண்க. [விடை: 5]

9. ஒரு கவினியோவின் தொலைகாட்டி 60 சமீ. குவியத்தூரமுடைய குவிவில்லையையும் 5 சமீ. குவியத்தூரமுடைய குழிவில்லையையும் கொண்டுள்ளது. இதனூடு ஒரு தூரப் பொருளை நோக்கும் பொழுது இறுதிவீம்பம் கண்ணிலிருந்து 25 சமீ தூரத்தில் தோன்றிற்று. வில்லைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தையும் உருப்பெருக்கவலுவையும் காண்க. [விடை: 53½ சமீ., 9.6]

10. ஒரு வானியல் தொலைகாட்டியில் கண்வளையம் எங்கிருக்கின்றது? இயல்பான செம்மைச் செய்கையில் இக் கருவியின் உருப்பெருக்கவலு பொருள்வில்லையின் விட்டத்தினதும், கண்வளையத்தின் விட்டத்தினதும் விகிதத்தால் தரப்படும் என நிறுவுக;

11. அரியத்திருவிழிக் கருவியின் வரிப்படமொன்றைக் கீழ்க. அரியங்களின் தொழிற்பாடு என்ன? இக் கருவியின் இரு நயங்களைக் கூறுக.

## அத்தியாயம் 10

### ஒளியளவியல்

ஒளியளவியல் ஒளியின் அளவையோடு சம்பந்தப்பட்ட ஒரு பகுதியாகும். பெரும்பாலும் பொருள்களானவை அவற்றில் பட்டுத் தெறித்துவரும் ஒளியால் கண்ணுக்குப் புலப்படுகின்றன. வேறு சில பொருள்கள் அவற்றிலிருந்து காலப்போகும் ஒளியினால் புலப்படுகின்றன. உதாரணமாகச் சூரியன், நட்சத்திரங்கள், மிஷ்விளக்குகள் இரண்டாம் வகையைச் சேர்ந்தன. மேலும் கண் விகாரப்படாதவாறு பார்க்குமுகமாக தற்காலத்திக் ஒளிர்வு நியமங்கள் தயார் செய்யப்பட்டிருக்கின்றன. ஆகவேதான், செம்மைமான ஒளிர்வு பெருவதற்கு ஒளிமுதல் காலும் ஒளியினது பருமனின் அளவும், மேற்பரப்பின் மீது விழும் அதன் பருமனின் அளவும் முக்கியமாகத் தெரியவேண்டிய கணியங்களாக இருக்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக ஒரு வகுப்பறைக்கு வேண்டிய ஒளிர்வு ஒரு சதுர அடிக்கு 15 இலுமன்கள் எனவும், ஓர் ஆஸ்பத்திரியிலுள்ள சத்திரசிகிச்சை அறைக்கு ஒரு சதுர அடிக்கு 300 இலுமன்கள் எனவும் கணக்கிடப்பட்டுள்ளன.

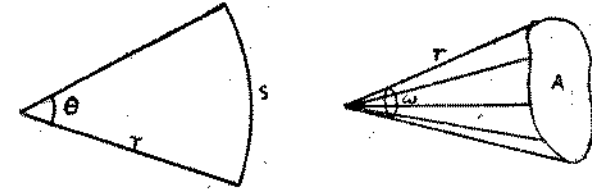
### நியமமெழுத்திரி

ஆதி காலங்களில், நியமமெழுத்திரி ஒளிமுதலின் ஒளிர்ச்செறிவினது அலகாக எடுக்கப்பட்டுள்ளது. நியமமெழுத்திரி என்பது  $\frac{1}{2}$  இரூ-திணிவுடையதும், மணிக்கு 120 கிரெயின் வீதம் எரிவதும்  $\frac{1}{2}$  அங்குல விட்டமுள்ளது. இசுப்பேமசேற்றி மெழுத்திரால் ஆக்கப்பட்டதுமாகும். இது நியம அளவின் ஒரு பழைய வகையாகும். இந்நிபமத்தடை ஒப்பிட்டே மறிற் ஒளிமுதல்களின் வலுக்கள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. உதாரணமாக ஓர் ஒளிமுதல் நியமமெழுத்திரி வீசும் ஒளியின் 60 மடங்கு ஒளியினை வீசுமாயின் ஒளிமுதலின் வலு 60 மெழுத்திரிவலு எனப்பட்டுள்ளது. இந்நியம ஒளிமுதலின் திரியும் சுவாஸையும் காலத்தக்குக் காலம் மாற்றும் அடையும் தன்மையுடையனவானதால் இதனைத் திருத்தமான விஞ்ஞானக் கணக்கீடுகளுக்கு எடுத்தக்கொள்ள முடியாதிருந்தது. காலப்போக்கில் வாயுவெளிச்சம் வந்ததும், அதனைப் பயன்படுத்தி நம்பகமான அலகொன்று தயாரிக்கப்பட்டுள்ளது. இது வேணன் ஹாக்கோட்டுப் (Vernon-Harcourt) பெந்தேன் நியமவளவு எனப்பட்டுள்ளது. இந்நியம ஒளிமுதலில் ஒரு குறித்த நிபந்தனையின் கீழ் பெந்தேன் ஆவியும் வளியும் சேர்ந்த கலவை எரிக்கப்படுகிறது. அப்பொழுது வெளிவிடப்படும் ஒளியானது ஆரம்பத்தில் எடுக்கப்பட்ட நியமமெழுத்திரி வீசும் ஒளியின் 10 மடங்கிற்கும்.

இன்னும் காலப்போக ஒரு புது அலகு கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. அதுவே கண்டலா ஆகும். இது சர்வதேச நியம அலகு எனவும் பெயர் பெறும். இது வருமாறு வரையறுக்கப்படும்.

பிளாநிறினத்தின் உறை வெப்பநிலையில் (1773°C) நிலைநாட்டப்பட்டிருக்கும் கறுத்தப்பொருட் கதிர்வீசியின் 1 சதுர சதமீற்றரினது ஒளிர்ச்செறிவின்  $\frac{1}{60}$  மடங்கு எனப்படும்.

### திண்மக்கோணம்



(a) படம் 136

(b)

இரு பரிமாணத்தில் அதாவது ஒரு தளத்தில் இருக்கும் கோணமானது (படம் 136 a) ஆரையன் அளவையில்  $\theta = \frac{S}{r^2}$  என்று சமன்பாட்டினால் எவ்விதம் பெறப்படுகிறதோ அதேபோல் முப்பரிமாணத்திலுள்ள திண்மக்கோணமும் (படம் 136 b)  $\omega = \frac{A}{r^2}$  என்று சமன்பாட்டினால் பெறப்படும்.

### ஓர் அலகுத் திண்மக்கோணம்

$\omega = \frac{A}{r^2}$  என்னுஞ் சமன்பாட்டில்  $A = 1$  சதுர அலகாகவும்  $r = 1$  அலகாகவும் அமையின்  $\omega = 1$  அலகாகும்.

எனவே ஓர் அலகு ஆரையுடைய கோளமொன்றினது 1 சதுர அலகு மேற்பரப்பு அதன் மையத்தில் எதிரமைக்கும் கோணம் ஓர் அலகுத் திண்மக்கோணம் எனப்படும்.

மேலும் ஒரு புள்ளியைச் சுற்றியுள்ள திண்மக்கோணம் வரை

$$\begin{aligned} \text{விலக்கணத்தின்படி} &= \frac{\text{கோளத்தின் மேற்பரப்பு}}{r^2} \\ &= \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi \end{aligned}$$

எனவே ஒரு புள்ளியைச் சுற்றித் திண்மக்கோணம்  $4\pi$  ஆகும்.

ஒளி அளவியலோடு சம்பந்தப்பட்ட சில வரைவிலக்கணங்கள்

ஒளிர்பாயம் (Luminous flux)

ஒர் ஒளிமுதலிலிருந்து ஒரு செக்கனில் ஒரு மேற்பரப்பிற்குடாகக் காலப்படும் ஒளிச்சத்திக் கணியம் அவ்வொளிமுதலின் அம்மேற்பரப்பிற்குடாகப் பாயும் ஒளிர்பாயம் எனப்படும்.

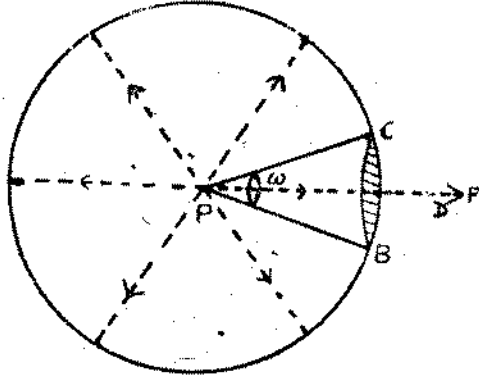
ஒளிர்பாயம் இலுமன் என்னும் அலகில் அளக்கப்படும்.

ஒளிர் செறிவு (Luminous intensity)

ஒர் ஒளிமுதலிலிருந்து ஒரு குறித்த திசையில் ஒர் அலகு திண்மக் கோணத்துக்கூடாகக் காலப்படும் ஒளிச் சத்திக் கணியம் அவ்வொளிமுதலின் அத்திசையிலுள்ள ஒளிர் செறிவு எனப்படும்;

எடுத்துக்காட்டு

பரிசோதனையின்படி ஒர் ஒளிமுதலிலிருந்து காலப்படும் ஒளிச்சத்தியானது வெவ்வேறு திசைகளில் வெவ்வேறு அளவுடையதாக இருக்க நேரிடுகின்றது. எனவே ஒளிர் செறிவு என்னும்பொழுது ஒளிமுதலின்



பட்டம் 137

ருந்து ஒரு குறித்த திசையில் காலப்படும் ஒளிர்பாயத்தைக் கருத்திற் கொள்வது திருத்தமானதாகும். உதாரணமாக P என்னும் சிறு விளத்தை மையமாகக் கொள்கின்றதும்  $\omega$  என்னும் சிறு திண்மக் கோணத்தை அடக்குகின்றதுமான CPB என்னும் கூம்பைக் கருத்திற் கொள்க. PD என்னும் குறித்த திசையில் அக்கூம்புக்கூடாகக் காலப்படும் ஒளிர்பாயம் F எனக் கொள்ளப்படின அத்திசையின் வழியே யுள்ள ஒளிர் செறிவு I ஆனது  $I = \frac{F}{\omega}$  இனால் தரப்படும். — (1)

ஒளிர் செறிவில் அலகு மெழுகுதிரி அல்லது மெழுகுதிரிவலு எனப்படும்.

இலுமன்

ஒரு மெழுகுதிரிவலுவுள்ள ஒளிமுதலால் ஒர் அலகு திண்மக் கோணத்திற்கூடாகக் காலப்படும் ஒளிர்பாயம் இலுமன் எனப்படும்.

இதன் பிரகாரம் ஒரு மெழுகுதிரிவலுவுள்ள ஒளிமுதலால் காலப்படும் மொத்த ஒளிர்பாயமானது ஒளிமுதலுச் சுற்றியுள்ள திண்மக் கோணம்  $4\pi$  ஆகவினால்,  $4\pi$  இலுமன்களாகும். எனவே P மெழுகுதிரி வலுவுள்ள ஒளிமுதலால் காலப்படும் ஒளிர்பாயம்  $4\pi P$  இலுமன்மளதாகும்

ஒளிச்செறிவு (Intensity of illumination)

கருத்திற் கொள்ளப்படும் மேற்பரப்பொன்றின் மீதினிலுள்ள ஒரு சதுர அலகுப் பரப்பினில் விழும் ஒளிர்பாயம் ஒளிச்செறிவு எனப்படும்;

உதாரணமாக A என்னும் சிறிய பரப்பின் மீது F என்னும் ஒளிர்பாயம் விழின், E என்னும் ஒளிச்செறிவு  $E = F/A$  இனால் தரப்படும்.

$F = 1$  இலுமன் எனவும்,  $A = 1$  சதுர அடி எனவும், இருப்பின்  $E = 1$  அடி - மெழுகுதிரி ஆகும்.

ஆகவே, 1 அடி மெழுகுதிரி ஒளிச்செறிவுவானது 1 இலுமன்/சதுர அடி என்பதற்குச் சமானமாகும். இதேபோல் 1 சதமீற்றர் - மெழுகுதிரி 1 இலுமன்/சதுர-சமீ. ஒளிச்செறிவுக்குச் சமானமாகும்.

அடி-மெழுகுதிரி:

ஒரு மெழுகுதிரிவலு ஒளிமுதலிலிருந்து ஒர் அடி தூரத்தில் இருக்கும் ஒரு சதுர அடி மேற்பரப்பின் மீது விழும் ஒளியின் பருமன் ஒர் அடி-மெழுகுதிரி எனப்படும்.

மீற்றர்-மெழுகுதிரி

ஒரு மெழுகுதிரிவலு ஒளிமுதலிலிருந்து ஒரு மீற்றர் தூரத்தில் இருக்கும் ஒரு சதுரமீற்றர் மேற்பரப்பின் மீது விழும் ஒளியின் பருமன் ஒரு மீற்றர்-மெழுகுதிரி எனப்படும். இது இலட்ச எனவும் பெயர் பெறும்.

சதமீற்றர் மெழுகுதிரி

ஒரு மெழுகுதிரிவலு ஒளிமுதலிலிருந்து ஒரு சதமீற்றர் தூரத்தில் இருக்கும் ஒரு சதுர சதமீற்றர் மேற்பரப்பின் மீது விழும் ஒளியின் பருமன் ஒரு சதமீற்றர் மெழுகுதிரி எனப்படும்.

மேலும்

1 இலட்ச = 1 இலுமன் / சதுரமீற்றர் = 1 மீற்றர் - மெழுகுதிரி

1 போற்று = 1 இலுமன் / சதுர சமீ. =  $10^4$  இலட்ச

1 அடி-மெழுகுதிரி = 1 இலுமன் / சதுர அடி =  $10^{-764}$  இலட்ச

ஒளிச் செறிவுக்கும் ஒளிச்செறிவுக்கும் உள்ள வேற்றுமைகள்

ஒளிச் செறிவு என்னும் உறுப்பு ஒளிமுதலுடன் சம்பந்தப்பட்டது. இது மெழுகுதிரி வலுவில் அளக்கப்படும்; மேலும் இது ஓரலகு திண்மக்கோணம் தொடர்பாக வரையறுக்கப்படும். அதனால் ஒளிச்செறிவு முப்பரிமாணத் தொடர்புடையது.

ஆனால் ஒளிச்செறிவு மேற்பரப்புடன் சம்பந்தப்பட்டது. இது அடி-மெழுகுதிரி அல்லது மீற்றர்-மெழுகுதிரி, அல்லது சதம மீற்றர்-மெழுகுதிரி அலகில் அளக்கப்படும். மேலும் இது ஓரலகுப் பரப்புத் தொடர்பாக வரையறுக்கப்படும். அதனால் ஒளிச்செறிவு இரு பரிமாணத் தொடர்புடையது.

ஒளிச் செறிவு I க்கும் ஒளிச்செறிவு E க்கும் உள்ள தொடர்பு

ஒரு புள்ளி ஒளிமுதலினால் மேற்பரப்பொன்று ஒளிர்வுபடுத்தப்படின் அதன் ஒளிர்வு அல்லது ஒளிச்செறிவு மூன்று காரணிகளில் பொறுத்துள்ளது. அவையாவன,

- ஒளிமுதலின் ஒளிச்செறிவு
- புள்ளி ஒளிமுதலிலிருந்து மேற்பரப்பின் தூரம்
- மேற்பரப்பின் மீது விழும் ஒளியின் படுகோணம்

(i) ஒளிமுதலின் ஒளிச்செறிவு I மெழுகுதிரிவலு ஆயின் இதனிலிருந்து காலப்படும் ஒளிர்வாயம்  $4\pi I$  இலுமன்களாகும்.  $r$  எனும் தூரத்தில் ஒளிச்செறிவு E ஆனது,

$$E = \frac{R}{A} \text{ இற்கு இணங்க } E = \frac{4\pi I}{4\pi r^2} = \frac{I}{r^2} \text{ ஆகும்;}$$

அதாவது  $E \propto I$

இதிலிருந்து ஒளிச்செறிவு E ஆனது ஒளிமுதலின் ஒளிச்செறிவு I இற்கு விகிதசமம் எனக் காணப்படுகிறது.

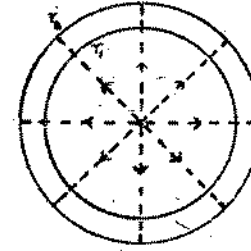
(ii) ஒரு புள்ளி ஒளிமுதல் S ஐக் கருத்திற் கொள்க. இப்புள்ளியைச் சுற்றி  $r_1, r_2$  ஆரகளை யுடைய கோளங்களை வரைக. படம் (138 a). ஒளிமுதலின் மெழுகுதிரி வலு I எனின் அதிலிருந்து காலப்படும் ஒளிர்வாயம் F ஆனது இரு கோளங்களின் மேற்பரப்புக்களிலும் பரப்பப்படும்.  $r_1$  ஆரையுடைய கோளத்தின் மீது ஒளிச்செறிவு  $E_1 = \frac{F}{4\pi r_1^2}$ ; அவ்வாறு  $r_2$

ஆரையுடைய கோளத்தின் மீது ஒளிச்செறிவு  $E_2 = \frac{F}{4\pi r_2^2}$

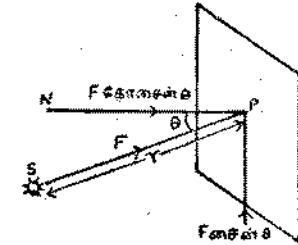
$$\therefore \frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

இதிலிருந்து ஒரு புள்ளி ஒளிமுதலினால் உண்டாக்கப்படும் ஒளிச்செறிவு (E) ஒளிமுதலிலிருந்து மேற்பரப்பின் தூரத்தின் வர்க்கத்திற்கு நேர்மாறு விகிதசமமெனக் காணப்படுகிறது.

$$\text{அதாவது } E \propto \frac{1}{r^2}$$



(a) படம் 138



(b)

(iii) 18-ம் நூற்றாண்டில் இலம்பேட்டு எல்பவர் ஒரு புள்ளி P பற்றி ஒளிச்செறிவானது கோசைன் θ விற்கு விகிதசமமெனக் காட்டியுள்ளார். இங்கு θ என்பது P' என்னும் ஒளிர்வாயத்தின் திசைக்கும் செவ்வன் NP க்கும் இடையிலுள்ள கோணமாகும் (படம் 138 b). P ஐ ஒளிர்வாயத்தின் F என்னும் ஒளிர்வாயம் SP இன் திசைவழியேயுள்ளதாகும். இது NP வழியே F கோசைன் θ என்னும் கூற்றையும் மேற்பரப்புக்குச் சமாந்தரமாக F சைன் θ என்னும் கூற்றையும் உடையது. ஆனால் மேற்பரப்பை ஒளிர்வாயத்தின் பயன்படும் கூற்று F கோசைன் θ ஆகும். இதன் பிரகாரம் ஒளிச்செறிவு  $E \propto$  கோசைன் θ.

எனவே, (i), (ii), (iii) இன்படி

$$E \propto \frac{I \text{ கோசைன் } \theta}{r^2}$$

$$\therefore E = k \frac{I \text{ கோசைன் } \theta}{r^2} \quad \text{----- (a)}$$

ஆனால் ஒளிச்செறிவு அலகுகளின் வரைவிலக்கணத்தின்படி

$$k = 1 \text{ ஆகும்}$$

உதாரணமாக அடி-மெழுகுதிரி அலகை எடுத்துக் கொண்டால் I மெழுகுதிரி வலுவுடைய ஒளிமுதலிலிருந்து I அடி தூரத்தில் இருக்கும் மேற்பரப்பொன்றின் மீது செங்குத்தாக ஒளிபடின் அம் மேற்பரப்பின் ஒளிச்செறிவு I அடி-மெழுகுதிரியாகும்.

இதன் பிரகாரம்,

$$l = 1, \theta = 0, r = 1, E = 1$$

$$\Delta \quad l = \frac{k \cdot 1 \cdot 1}{1^2}$$

$$\Delta \quad k = 1$$

எனவே ஒளிச்செறிவு அலகுகளின் வரைவிலக்கணத்தின்படி சமன் பாடு (a)

$$E = \frac{I \text{ கோசைன் } \theta}{r^2} \text{ ஆகும்.} \quad \text{--- (b)}$$

உதாரணம்

200 மெழுகுதிரி வலுவுடைய தெருவிளக்கொன்று 15 அடி உயரமுள்ள கம்பத்தின் உச்சியில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. தெருவில், கம்பத்தின் அடியிலிருந்து 20 அடி தூரத்திலுள்ள ஒரு புள்ளியில் ஒளிச்செறிவு என்ன?

தெருவில் A என்னும் புள்ளியில் ஒளிச்செறிவு காணவேண்டுமாகும் (படம் 139 a).

$$\text{இங்கு} \quad SA^2 = SB^2 + BA^2 \\ = 225 + 400 = 625$$

$$\therefore SA = 25 \text{ அடி}$$

A இல் ஒளியின் படுகோணம்  $\theta$  என்க.

$$\Delta \quad \text{கோசைன் } \theta = \frac{15}{25} = \frac{3}{5}$$

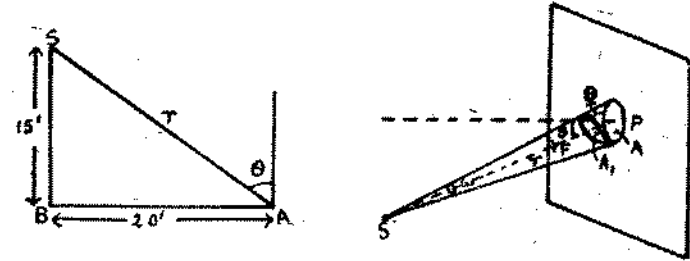
$$\Delta \quad \text{புள்ளி A இல் ஒளிச்செறிவு } E = \frac{I \text{ கோசைன் } \theta}{r^2}$$

$$= \frac{200 \times \frac{3}{5}}{25^2}$$

$$= \frac{200 \times 3}{625 \times 5}$$

$$= 0.192 \text{ அடி-மெழுகுதிரி}$$

$$E = \frac{I \text{ கோசைன் } \theta}{r^2} \text{ என்பதை நிறுவல்}$$



(a) படம்: 139 (b)

P என்னும் புள்ளியைச் சுற்றியிருக்கும் A என்னும் சிறு பரப்பை ஒளிர்ப்படுத்தும் I மெழுகுதிரி வலுவுடைய S என்னும் ஒளிமுதலைக் கருத்திற்கொள்க.  $\omega$  என்பது A என்னும் பரப்பு. S இணைக்கொண்டு அமைக்கும் கூம்பின் திண்மக்கோணமாகும். ஆகவே புள்ளி P இல்

$$\text{ஒளிச்செறிவு } E = \frac{F}{A} = \frac{I\omega}{A} \quad (\because F = I\omega)$$

$$\text{ஆனால்} \quad \omega = A_1/r^2$$

இங்கு  $A_1$  ஆனது S ஐ மையமாகவும் r ஐ அரையாகவும் கொண்டு அமைக்கப்படும் கோளத்தின் மீது கூம்பின் ஆக்கக் கோடுகள் வெட்டும் பரப்பாகும்.

$$\text{எனவே } E = \frac{I\omega}{A} = \frac{I A_1}{r^2 \cdot A}$$

$$\text{ஆனால் } A_1 = A \text{ கோசைன் } \theta \quad (\because A_1, A \text{ இன் எறியம்)}$$

$$\therefore E = \frac{I \cdot A \text{ கோசைன் } \theta}{A r^2} \\ = \frac{I \text{ கோசைன் } \theta}{r^2}$$

மேற்பரப்பின் துலக்கம், தெறித்தற், செலுத்தற் காரணிகள் மேற்பரப்பின் துலக்கம்

மேற்பரப்பொன்றின் 1 சதுரசதமீதறிலிருந்து ஒரு குறித்ததிசையில் வரும் ஒளிர்பாயம் அத்திசையில் அம்மேற்பரப்பின் துலக்கம் எனப்படும்.

இது ஒளிச்செறிவைப் போன்றதலை. உதாரணமாக ஒரு கரும்பலகையில் வெண்கட்டியால் கீறப்பட்ட அடையாளம் கரும் பலகையிலுள்ள மற்றைய பாகங்களிலும் துலக்க முடையதாக இருக்கலாம். ஆயினும் கரும்பலகையை ஒளிர்ப்படுத்தும் முதலிலிருந்து பலகையிலுள்ள வெண்கட்டிக் கோட்டினது ஒளிச்செறிவும் அதன் மற்றைய கரும்பாகத்திலுள்ள ஒளிச்செறிவும் ஒன்றே. இதில் வேற்றுமை கிடை

யாது. ஆனால் இங்கு துலக்கத்தில் வித்தியாசம் ஏற்படுவது வெண் கட்டிக்கும், கரும்பலகைக்கும் உள்ள தெறித்தற்காரணி வித்தியாசமாக இருப்பதனாலாகும். மேலும் மேற்பரப்பின் ஒரு சதுர சதமமீற்றரில் படும் ஒளிர்பாயம் ஒளிச்செறிவெனவும் அச்சதுர சதமமீற்றரிலிருந்து வரும் ஒளிர்பாயம் துலக்கம் எனவும் அறியப்படும்.

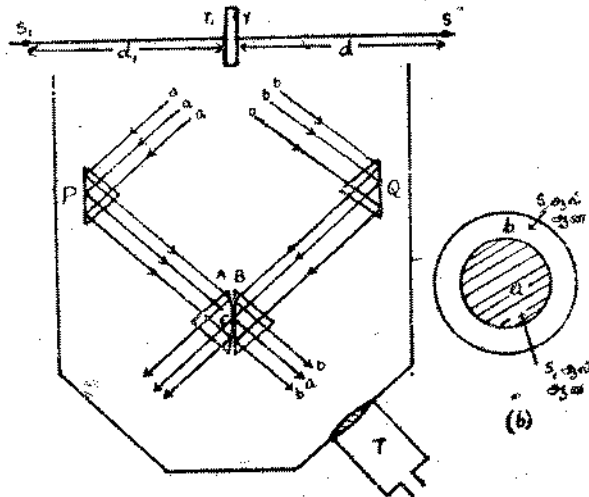
எடுத்துக்காட்டாக ஒரு மேற்பரப்பின் தெறித்தற்காரணி  $r$  எனவும், துலக்கம்  $B$  எனவும் ஒளிச்செறிவு  $E$  எனவும் கொள்ளப்படின  $r = B/E$  என்னும் தொடர்பினால் வரையறுக்கப்படும். எனவே  $B = rE$ :

தெறித்தலைத் தவிர ஒரு மேற்பரப்பின் துலக்கத்திக்கு மேற்பரப்பினூடு செலுத்தப்படும் ஒளிர்பாயமும் காரணமாகும். உதாரணமாக ஒரு முத்துவிளக்கின் துலக்கம் அதன் மேற்பரப்பிற்குடாகச் செலுத்தப்படும் ஒளிர்பாயத்தினால் ஆனதாகும். ஒரு பொருளின் செலுத்தற்காரணி  $t$  எனவும் மேற்பரப்பினூடு செலுத்தப்படும் ஒளிர்பாயம் ஒரு சதுர சமீ. க்கு  $F$  எனவும் அதனில் விழும் ஒளிர்பாயம் ஒரு சதுர சமீ. க்கு  $I$  எனவும் கொள்ளப்படின, செலுத்தற்காரணி  $t$  ஆனது  $t = F/I$  என்னும் விதித்தால் வரையறுக்கப்படும். எனவே  $F = tE$ .

ஒளிமானி

சர் ஒளிமுதல்களின் ஒளிச்செறிவுகளை ஒப்பிடுதற்கு உபயோகிக்கப்படும் ஒரு கருவி ஒளிமானி. ஒளிமானிகளுள் பலவகைகள் உள. ஆனால் அவற்றுள் மிகத்திருத்தமானது உலுமப்புரோதமரீனில் அமைக்கப்பட்ட ஒளிமானியாகும். இதன் விவரங்கள் வருமாறு.

உலுமப்புரோதமரொளிமானி



(a) படம் 140

$S_1, S$  என்பன  $I_1, I$  மெழுதிரி வலுக்கையுடைய இரு ஒளி முதல்கள். இவ்வொளி முதல்கள் ஓர் ஒளிபுகவிடாத வெண் திரையின் எதிர்ப்பக்கங்களில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. திரையின் இரு முகங்களிலும் பரவற்றெறிப்பு அடையும் ஒளியானது சர்வசமனான முழுவுட்டெறிப்பரியங்களை  $P, Q$  மீது விழுகின்றது. அப்பொழுது இவ்வரியங்களில் முழுவுட்டெறிப்படையும் ஒளியானது  $A, B$  எனப்படும் உலும புரோதமர் கனத்துக்கூடாகச் செல்லும். இப்பாகமே இவ்வொளி மானியின் முக்கிய அச்சமாகும். இது  $A, B$  என்னும் இரு சமபக்க செங்கோண அரியங்களைக் கொண்டுள்ளது. இவ்வரியங்கள் இரண்டும் ஒளியியல் தொடுப்பு ஒரு புள்ளி  $C$  இல் இருக்கத்தக்கவாறு  $A, B$  க்கிடையே உள்ளவெளி வளிப்படலத்தையுடையதாகின்றது. இக்கணத்தில் படும் ஒளிக்கதிர்களுள்  $C$  இல் படும் ஒளிக்கதிர்களைத் தவிர மற்றைய கதிர்கள் முழுவுட்டெறிப்பு அடையும்; இக்கட்டத்தில் கணத்தை ஒரு தொலைகாட்டிக் கூடாக நோக்கும் அவதானியொருவருக்கு படம் 140 (b) இல் காட்டியவாறான ஒரு தோற்றம் காணப்படும். இது ஒரு வட்டப்பொட்டைப் போன்றதாகும். அவ்வட்டத்தில் மத்தியிலுள்ள  $a$  என்னும் பாகம் ஒளிமுதல்  $S_1$  ஆலும்  $b$  என்னும் பாகம் ஒளிமுதல்  $S$  ஆலும் ஆனவையாகும். ஒளியியல் சமநிலையைப் பெறுதற்கு ஓர் ஒளிமுதல் நிலையாக இருக்க மற்றதன் தூரம் தொலைகாட்டிக்கூடாகத் தெரியப்படும் பார்வைப்புலம் சமதுலக்கம் உடையதாக இருக்கும்வரை சரிசெய்யப்படும். அப்பொழுது ஒளியியல் சமநிலைக்கு ஒளிமானி சரிசெய்யப்பட்டதெனப்படும்.

கொள்கை

ஒளியியல் சமநிலை எய்தியபின் திரையிலிருந்து  $S_1$  இனதும்,  $S$  இனதும் தூரங்கள் முறையே  $d_1, d$  ஆகும்.

$$\text{எனவே } E_1 = \frac{I_1 \text{ கோசைன் } \theta}{d_1^2}$$

$$E = \frac{I \text{ கோசைன் } \theta}{d^2}$$

ஆனால்

$$\theta = 0$$

$$\therefore E_1 = \frac{I_1}{d_1^2}$$

$$E = \frac{I}{d^2}$$

திரையின் முகம்  $A$  இனது தெறித்தற்காரணி  $r_1$  எனவும் முகம்  $B$  இனது தெறித்தற் காரணி  $r$  எனவும் கொள்ளப்படின

$$\text{முகம் A இன் துலக்கம்} = r_1 \frac{I_1}{d_1^2} \quad \text{----- (i)}$$

$$\text{அத்தடன் முகம் B இன் துலக்கம்} = r \frac{I}{d_2} \quad \text{----- (ii)}$$

ஒளியியற் சமநிலையில் (i) உம் (ii) உம் சமனாகும்.

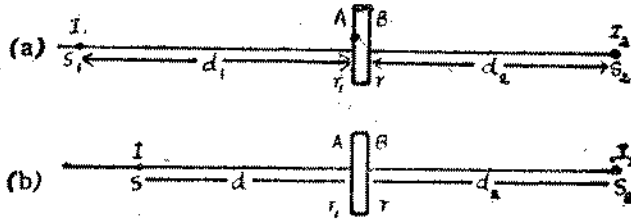
$$\therefore r_1 \frac{I_1}{d_1^2} = \frac{rI}{d_2}$$

$r_1 = r$  ஆகின் அதாவது திரையின் இரு முகங்களும் சமதெறித்தற் காரணிகளையுடையனவாக இருப்பின்

$$\frac{I_1}{d_1^2} = \frac{I}{d_2}$$

$$\text{அதாவது} \quad \frac{I_1}{I} = \frac{d_1^2}{d_2}$$

ஆனால் தெறித்தற் காரணிகள் சமனாக இல்லாதிருப்பின், இரு முகங்களின் மெழுகுதிரி வலுக்களை ஒப்பிட ஒரு துணைவிளக்கை உபயோகிக்க வேண்டியிருக்கின்றது.



படம் 141

இங்கு உபயோகிக்கப்படும் துணைவிளக்கு  $S_2$ ; இதன் மெழுகுதிரி வலு  $I_2$ . இத்துணைவிளக்குடன்  $S_1$  என்னும் ஒளிமுதல் ஒளியியற் சமநிலைக்கு சரிசெய்யப்படும். அப்பொழுது திரையிலிருந்து  $S_1$  இனதம்  $S_2$  இனதம் தூரங்கள் முறையே  $d_1$ ,  $d_2$  ஆகும்.

$$\therefore r_1 \frac{I_1}{d_1^2} = r \frac{I_2}{d_2^2} \quad \text{----- (i)}$$

பின்பு  $S_1$  அகற்றப்பட்டு அப்பக்கத்தில் S என்னும் ஒளிமுதல் வைக்கப்பட்டு  $S_2$  அதே தூரத்தில் இருக்கும்பொழுது S இன் தூரம் ஒளியியல் சமநிலைக்குச் சரிசெய்யப்படும்; அப்பொழுது

$$\frac{I}{r_1 d^2} = r \frac{I_2}{d_2^2} \quad \text{----- (ii)}$$

இப்பொழுது (i), (ii) இலுமிருந்து

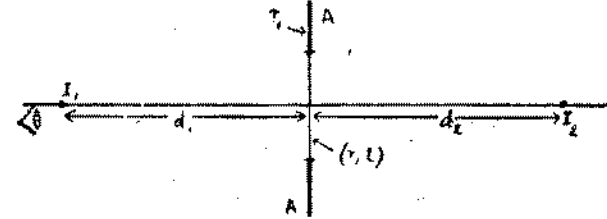
$$r_1 \frac{I_1}{d_1^2} = r_1 \frac{I}{d^2}$$

$$\Delta \quad \frac{I_1}{d_1^2} = \frac{I}{d^2}$$

$$\therefore \frac{I_1}{I} = \frac{d_1^2}{d^2}$$

எனவே மெழுகுதிரி வலுக்கள் திரையிலிருந்து அவற்றிற்கொத்த தூரங்களின் வர்க்கத்துக்கு விகிதசமமாகும்.

பன்சனின் நெய்ப்பொட்டொளிமானி



படம் 142

1844-ம் ஆண்டில் பன்சன் என்பவர் ஓரளவிற் குதி திருத்தமான பெறபேறுகளைத் தரத்தக்க ஓர் ஒளிமானியை அமைத்துள்ளார். இது, ஒரு திரையின் மத்தியில் நெய்ப்பொட்டொன்றைக் கொண்டுள்ளது. திரையின் மற்றைய பாகம் ஒளிபுகவிடாத கடதாசித்தாளைக் கொண்டுள்ளது. படம் 142 இல்  $I_2$  என்னும் மெழுகுதிரிவலுவுடைய விளக்கு கொண்டு திரையின் வலப்பக்கத்திலும்  $I_1$  என்னும் மெழுகுதிரிவலுவுடைய இன்னொரு விளக்கு இடப்பக்கத்திலும் வைக்கப்பட்டு இதன் தூரம் நெய்ப்பொட்டைத் திரையின் ஏனையபாகத்திலுமிருந்து வேறுபடுத்த முடியாதவாறு வரும்வரை சரிசெய்யப்படும்; அப்பொழுது திரையிலிருந்து விளக்குகளின் தூரங்கள் முறையே  $d_1$ ,  $d_2$  ஆகின்,

$$\frac{I_1}{d_1^2} = \frac{I_2}{d_2^2} \quad \text{----- (i)}$$

பின்பு  $I_1$  வலுவுடைய விளக்கு அகற்றப்பட்டு அப்பக்கத்தில் I மெழுகுதிரி வலுவுடைய விளக்கு வைக்கப்பட்டு, அதே நிலையில் இருக்கும் துணைவிளக்கு  $I_2$  வுடன், ஒளியியற் சமநிலைக்குச் சரிசெய்யப்படும். அப்பொழுது அவ்விளக்கின் தூரம் திரையிலிருந்து d எனின்,

$$\frac{I}{d^2} = \frac{I_2}{d_2^2} \quad \text{----- (ii)}$$

(i) இலும் (ii) இலும் இருந்து

$$\frac{I_1}{d_1^2} = \frac{I}{d^2}$$

$$\frac{I_1}{I} = \frac{d_1^2}{d^2}$$



கொள்கை

$r_1, r$  என்பன முறையே ஒளிபுகவிடாத திரையினதும் நெய்ப்பொட்டினதும் தெறித்தறி காரணிகளாகும். அத்துடன்  $t$  என்பது நெய்ப்பொட்டின் செலுத்தறிகாரணி. நெய்ப்பொட்டு அதனைச் சூழும் திரையிலிருந்து வேறுபடுத்த முடியாத நிலையில் இருக்கும்பொழுது நெய்ப்பொட்டின் துலக்கம் B ஆனது நெய்ப்பொட்டின் அதே பக்கத்துத் திரையின் துலக்கம் B' க்குச் சமனாகும்.

மேலும் துலக்கம் B வலப் பக்கத்திலிருந்து இடப் பக்கத்திற்கு நெய்ப்பொட்டினூடு செலுத்தப்படும் ஒளிர் பாயத்தினாலும் நெய்ப்பொட்டின் இடப்பக்கத்தில் நிகழும் தெறித்தறினாலும் ஆனதாகும். வலப்பக்க நெய்ப்பொட்டின் ஒளிச்செறிவு  $I_2/d_2^2$  ஆகவும் இடப்பக்க நெய்ப்பொட்டின் ஒளிச்செறிவு  $I_1/d_1^2$  ஆகவும் இருப்பதால்

$$B = t \frac{I_2}{d_2^2} + r \frac{I_1}{d_1^2} \quad \text{--- (i)}$$

இடப்பக்கத்திரையின் துலக்கம் B' அப்பக்கத்துத் திரையின் தெறிப்படையும் ஒளிர் பாயத்தால் ஆனதாகும்.

$$\therefore B' = r_1 \frac{I_1}{d_1^2} \quad \text{--- (ii)}$$

திரையின் இடப்பக்கம் ஒளியளவியறி சமநிலையில் இருக்கும் பொழுது (i) உம் (ii) உம் சமனாகும்.

அதாவது,

$$t \frac{I_2}{d_2^2} + r \frac{I_1}{d_1^2} = r_1 \frac{I_1}{d_1^2}$$

$$\therefore \frac{I_1}{d_1^2} (r_1 - r) = t \frac{I_2}{d_2^2}$$

$$\therefore \frac{I_1}{d_1^2} = \frac{t}{r_1 - r} \cdot \frac{I_2}{d_2^2} \quad \text{--- (iii)}$$

பின்பு  $I_1$  அகற்றப்பட்டு I மெழுத்திரிவலுவலுடைய இன்னொரு விளக்கு வைக்கப்பட்டுத் துணைவிளக்கு அதேநிலையில் இருக்க ஒளியளவியறி சமநிலை பெறப்படின், அப்பொழுது ஒளியளவியறி சமநிலைச் சமன்பாடு

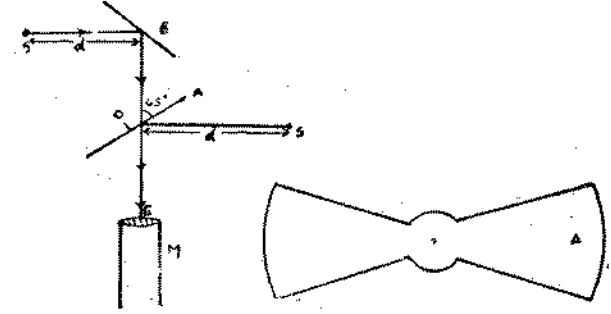
$$\frac{I}{d^2} = \frac{t}{r_1 - r} \cdot \frac{I_2}{d_2^2} \quad \text{ஆகும்.} \quad \text{--- (iv)}$$

(iii) இலும் (iv) இலமிருந்து

$$\frac{I_1}{d_1^2} = \frac{I}{d^2} \text{ பெறப்படும்;}$$

$$\therefore \frac{I_1}{I} = \frac{d_1^2}{d^2}$$

சிமிட்டொளிமானி



படம் 143

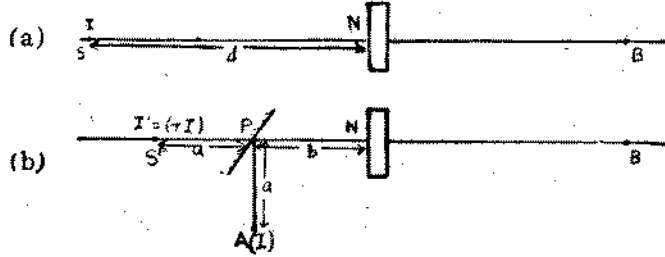
சிமிட்டொளிமானி, வெவ்வேறு நிற ஒளிகளையுடைய ஒளிமுதல்களின் ஒளிர்செறிவுகளை ஒப்பிடப் பயன்படும் ஒரு சாதனமாகும். இங்கு A என்பது பரிசுச்சாந்தால் ஆக்கப்பட்ட ஆரைச்சிறைகளையுடைய ஒரு தட்டாகும். இது  $S_1$  என்னும் ஒளிமுதலினால் ஒளிர்ப்படுத்தப்படும். B என்பது ஒரு வெண்மையான பரவற்றெறிப்பு மேற்பரப்பு. இது S என்னும் ஒளிமுதலினால் ஒளிர்ப்படுத்தப்படும். எனவே  $S_1$  இலிருந்து வரும் ஒளி A இனாலும் S இலிருந்து வரும் ஒளி B இனாலும் தெறிக்கப்படும். A ஆனது BE க்கு  $45^\circ$  சாய்வில் இருக்க O என்னும் கிடைசக்கயிறி சுழற்றப்படும். அப்பொழுது M என்னும் நுணுக்குக்காட்டியினூடு நோக்கும்பொழுது  $S_1$  இன் A இல் தெறித்து வரும் ஒளியும் S இன் B இல் தெறித்துவரும் ஒளியும் மாறிமாறித் தெரியும். A இனாலும் B இனாலும் துலக்கங்கள் வித்தியாசமானவையாக இருப்பின் சிமிட்டல் விளைவு ஒன்று ஏற்படும். ஆனால் A இனாலும் B இனாலும் துலக்கங்கள் ஒரே மாதிரியாக இருக்கக்கவராறு  $S_1$  இன் தூரம்  $d_1$  சரிசெய்யப்படின் சிமிட்டல் விளைவு மறைந்துவிடும். ஒளியின் நிறங்கள் வித்தியாசமானவையாக இருப்பினும் இதுவே நிகழும். பின்பு  $S_1$  அகற்றப்பட்டு இன்னொரு நிறமுடைய ஒளிமுதல்  $S_2$  வைக்கப்பட்டு பரிசோதனை அதே நிலையில் இருக்கும் S உடன் திரும்பவும் செய்யப்படும்; அப்பொழுது ஒளியளவியறி சமநிலையில்  $S_2$  இன் தூரம் A இலிருந்து  $d_2$  ஆயின்,

$$\frac{I_1}{d_1^2} = \frac{I_2}{d_2^2}$$

இங்கு  $I_1, I_2$  என்பன  $S_1, S_2$  என்னும் ஒளிமுதல்களின் மெழுத்திரிவலுக்களாகும்.

தெறித்தறி காரணியைத் துணிதல்

கண்ணாடி அல்லது ஆடிபோன்ற மேற்பரப்பின் தெறித்தறி காரணி உலுமப்புரோதமரின் ஒளிமானி அல்லது பன்சனின் நெய்ப்பொட்டொளிமானி கொண்டு ஒரு துணைவிளக்கின் உதவியுடன் காணப்படும்.



படம் 144

I என்னும் மெழுகுதிரிவலுவுடைய S என்னும் ஒளிமுதல் திரை N இன் ஒரு பக்கத்திலும் B என்னும் துணைவிளக்கு திரையின் மறுபக்கத்திலும் வைக்கப்படும். பின்பு இவ்வொளி முதல்களில் ஏதாவதொன்றை நகர்த்தி ஒளியளவியல் சமநிலை பெறப்படும். அப்பொழுது S இன் தூரம் திரையிலிருந்து d என்க. (படம் 144 a) அடுத்தபடியாக ஒளிமுதல் S ஆனது தெறித்தறி காரணி துணியப்பட்டபோதும் மேற்பரப்பு P க்கு முன் வைக்கப்படும். P ஆனது SB என்னும் நேர் கோட்டுடன்  $45^\circ$  சாய்வில் வைக்கப்படும். இப்பொழுது N ஆனது P இலிருந்து தெறித்துவரும் ஒளியினால் ஒளிர்வுபடுத்தப்படும். A உம் P உம் ஒன்றாக நகர்த்தப்படுமொழுது ஒரு கட்டத்தில் ஒளியளவியல் சமநிலை பெறப்படும். அப்பொழுது P இன் தூரம் திரையிலிருந்து b ஆகும். அத்தடன்  $AP = a$  (படம் 144 b). மேலும் P இலிருந்து தெறிக்கப்படும் ஒளியானது I' என்னும் குறைந்த மெழுகுதிரி வலுவுடைய S' என்னும் ஒளிமுதலிலிருந்து வருகிறதெனவும்  $I' = rI$  எனவும் கொள்ளப்படும். திரையின் துலக்கத்தைக் கருத்திற் கொள்ளும் பொழுது இத் துலக்கமானது N இலிருந்து (a + b) என்னுந் தூரத்தில் இருக்கும் S' என்னும் ஒளிமுதலினால் ஆனதெனக் கொள்ளப்படும். எனவே அறிமுறையின்படி

$$\frac{I'}{(a+b)^2} = \frac{I}{d^2}$$

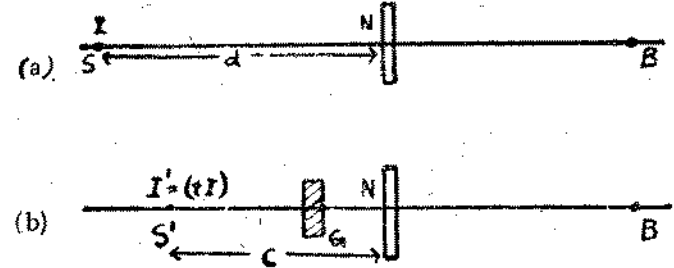
$$\therefore \frac{rI}{(a+b)^2} = \frac{I}{d^2}$$

$$\therefore r = \frac{(a+b)^2}{d^2}$$

இங்கு d, a, b தெரியப்பட்டின் r துணியப்படும்.

செலுத்தற்காரணியைத் துணிதல்

ஒரு பொருளின் செலுத்தற்காரணி ஓர் ஒளிமானியையும் ஒரு துணைவிளக்கையும் கொண்டு காணப்படும். I என்னும் மெழுகுதிரி வலுவுடைய S என்னும் ஒளிமுதல் திரை N இன் ஒரு பக்கத்திலும் துணை



படம் 145

விளக்கு மறுபக்கத்திலும் வைக்கப்படும்; இவ் வொளி முதல்களில் ஏதாவதொன்றை நகர்த்தி ஒளியளவியல் சமநிலையைப் பெறாக. அப்பொழுது S இன் தூரம் N இலிருந்து d என்க. பின்பு திரைக்கும் S இற்கும் இடையில் t என்னும் செலுத்தற்காரணியைக் காணப்போகும் பொழுது G யை வைக்க (படம் 145 b). இப்பொழுது திரை N இல் விழும் ஒளியானது முந்தியதிலும் குறைவுடையதனால் துணைவிளக்கு B அதே நிலையில் இருக்க, N ஐ நோக்கி S என்னும் ஒளிமுதல் ஒளியளவியல் சமநிலையைப் பெறும் முகமாக நகர்த்தப்படும். அப்பொழுது ஒளிமுதலானது N இலிருந்து c தூரத்தில் S' என்னும் புள்ளியில் இருக்கிறதெனக் கொள்க. ஆகவே திரையில்படும் ஒளியானது I' என்னும் குறைந்த மெழுகுதிரி வலுவுடைய ஓர் ஒளிமுதலிலிருந்து வருகிறதற்குச் சமானமாகக் கருதப்படும்; ஒளியளவியலில் சமநிலையில்

$$\frac{I'}{c^2} = \frac{I}{d^2}$$

$$\text{ஆனால் } I' = tI$$

ஏனெனில் ஒளி முதலிலிருந்து செலுத்தப்படும் ஒளிப்பாயம் t எனும் சிணையால் குறைக்கப்பட்டுள்ளது.

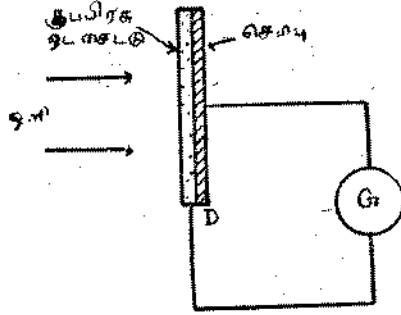
$$\therefore \frac{tI}{c^2} = \frac{I}{d^2}$$

$$t = \frac{c^2}{d^2}$$

c உம் d உம் தெரியப்பட்டின் t துணியப்படும்.

ஒளிச்செறிவை அளத்தல், ஒளியுவோற்றுக்கலம்

இக்கலம் ஒரு செப்புத்தட்டைக் கொண்டுள்ளது. இத்தட்டின் ஒரு பக்கம் ஒட்டியேற்றம் செய்யப்பட்டு குப்பிரசு ஒட்சைட்டிக்கு

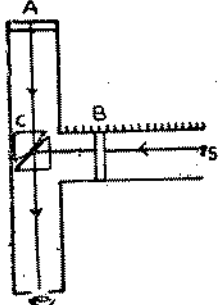


படம் 146

அப்பக்கத்தில் உண்டாக்கப்படுகிறது. இக் குப்பிரசு ஓட்டைக் கொண்ட மேற்பரப்பு ஒளிக்கு உள்ளாக்கப்படும்பொழுது அப்பரப்பு இலத்திரான்களைக் காலுகிறது. இவ்விதம் காலப்படும் இலத்திரான்களின் எண்ணிக்கை அதில் படும் ஒளிச்சத்திக்கு விகிதசமமாகும். இத் தோற்றப்பாடு ஒளிமின்விளைவு எனப்படும். இவ்விளைவின் நிமித்தம் G என்னும் உணர்திறன்மிக்க இயங்கு சுருள் கல்வனோமானியினூடு ஒரு மின்னோட்டம் பாயும். இம்மின்னோட்டம் ஒளிச்செறிவுக்கு விகித சமமாகும். ஆனால் கல்வனோமானி ஏறிகனவே D இலிருந்து தெரிந்த வெவ்வேறு தூரங்களில் வைக்கப்படும் நியமவிளக்கொன்றுடன் அடிமெழுகுதிரிகளில் அளவீடு செய்யப்பட்டதால் ஒளிச்செறிவு நேரடியாக அளக்கப்படும்.

### உயைர் ஒளிமானி

A என்பது ஒரு தேய்தை கண்ணாடியாலான ஒரு திரையாகும். இதன்மீது விழும் ஒளியினால் ஆகும் தெரியாத ஒளிச்செறிவே இங்கு அளக்கப்படும். B என்பது இன்னொரு திரையாகும். இதன் ஒளிச்செறிவை S என்னும் நியம விளக்கொன்றிலிருந்து தூரத்தை மாற்றுவதன்மூலம் மாற்றலாம். B இல் அளவீடுசெய்த அளவுத்திட்டத்தைக் கொண்டு B இன் ஒளிச்செறிகை நேரடியாக அளக்கலாம். A உம் B உம் C என்னும் உலுமபுரோதமரின் கனத்துக்கூடாக நோக்கப்படும்பொழுது சம துலக்கமுடையதாகத் தோற்றின் அவை இரண்டும் சமமாக ஒளிர்வு படுத்தப்பட்டுள்ளனவாக இருக்கும். எனவே A இன் ஒளிச்செறிவானது B இலுள்ள அளவுத்திட்டத்திலிருந்து நேரடியாக அடிமெழுகுதிரிகளில் அளக்கப்படும்.



படம் 147

### உதாரணங்கள்

1. A, B என்னும் இரு விளக்குகள் ஒரு திரையிலிருந்து 60 சமீ., 70 சமீ. தூரங்களில் இருக்கும்பொழுது சம ஒளிர்வை உண்டாக்குகின்றன. A க்குப் பின்னால் ஒரு தளவாடி 8 சமீ. தூரத்தில் திரையையும் A ஐயும் இணைக்கும் கோட்டுக்குச் செங்குத்தாக வைக்கப்படும்பொழுது திரையில் மீண்டும் சம ஒளிர்வை மீளும் பொருட்டு B என்னும் விளக்கு திரையேறோக்கி 10 சமீ. நகர்த்தப்படுகிறது. தளவாடியில் தெறிப்பு வலு என்ன?

S என்பது திரை, C தளவாடி. அத்துடன் A, B என்பன  $I_1, I_2$  மெழுகுதிரிவலுக்களையுடையன:

$$\therefore \frac{I_1}{60^2} = \frac{I_2}{70^2} \quad \text{--- (i)}$$



படம் 148

தளவாடி C படம் 148 இல் காட்டியவாறு இருக்கும்பொழுது அதிலிருந்து தெறிக்கும் ஒளியானது  $rI_1$  என்னும் மெழுகுதிரி வலுவுள்ள ஓர் ஒளிமுதலிலிருந்து வருவதுபோல் தோற்றும். இங்கு r தளவாடியின் தெறிப்புலுவாகும். எனவே திரை S இன் இடப்பக்கம்  $\frac{rI_1}{76^2}$  என்னும் ஒளிச்செறிவையும்  $\frac{I_2}{60^2}$  என்னும் ஒளிச்செறிவையும் உடையதாகிறது.

எனவே ஒளியளவியல் சமநிலையில்

$$\frac{rI_1}{76^2} + \frac{I_1}{60^2} = \frac{I_2}{60^2} \quad \text{--- (ii)}$$

ஏனெனில் B ஆனது 10 சமீ. திரையை நோக்கி நகர்த்தப்பட்டுள்ளது.

(ii) இலிருந்து

$$I_1 \left( \frac{r}{76^2} + \frac{1}{60^2} \right) = \frac{I_2}{60^2}$$

இதை (i) ஆல் பிரிக்க அப்பொழுது

$$60^2 \left( \frac{r}{76^2} + \frac{1}{60^2} \right) = \frac{70^2}{60^2}$$

$$\frac{60^2 r}{76^2} + 1 = \frac{70^2}{60^2}$$

$$\frac{60^2 r}{76^2} = \frac{70^2}{60^2} - 1$$

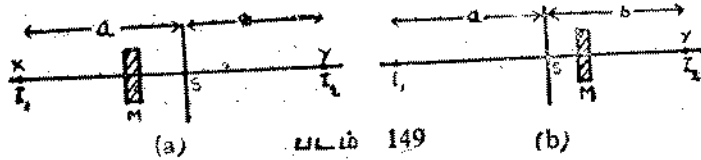
$$\frac{60^2 r}{76^2} = \frac{10 \times 130}{60 \times 60} = \frac{13}{36}$$

$$r = \frac{13}{36} \times \frac{76^2}{60^2}$$

$$= 0.58 \text{ அண்ணளவாக}$$

$$= 58\%$$

2. X, Y என்னும் இரு விளக்குகள் ஓர் ஒளிமானியின் அச்சில் வைக்கப்பட்டு X க்கும் ஒளிமானிக்குமிடையே 80% ஒளி செலுத்தும் பதார்த்தம் வைக்கப்பட்டபின் இரு விளக்குகளும் ஒளியளவியற் சமநிலைக்கு சரிசெய்யப்பட்டுள்ளது. இக்கட்டத்தில் Y இன் தூரம் ஒளிமானியிலிருந்து 90 சமீ. ஆகும். பின்பு அப் பதார்த்தம் Y க்கும் ஒளிமானிக்கும் இடையே வைக்கப்படுகிறது. X அதே தூரத்தில் இருக்கின்றது. ஒளிமானியின் இரு முகங்களும் சமமாக ஒளி ரப்பும்பொழுது ஒளிமானியிலிருந்து Y இன் தூரத்தைக் கணிக்க.



(a) படம் 149

(b)

X இனதும் Y இனதும் மெழுதுதிரி வலுக்கள் முறையே  $I_1, I_2$  ஆகட்டும். திரைக்கும் X க்கும் இடையே பதார்த்தம் இருக்கும் பொழுது X இன் தூரம் திரையிலிருந்து 'a' என்க; ஒளியளவியல் சமநிலையில் Y இன் தூரம் திரையிலிருந்து 90 சமீ. ஆகும்; பதார்த்தத்தின் செலுத்தற்காரணி t எனின்

$$\therefore \frac{tI_1}{a^2} = \frac{I_2}{90^2} \text{ ----- (i)}$$

பின்பு பதார்த்தம் M ஆனது Y க்கும் திரைக்குமிடையேயிருக்கும் பொழுது Y இன் தூரம் ஒளியளவியல் சமநிலையில் திரையிலிருந்து b ஆகும்.

$$\therefore \frac{I_1}{a^2} = \frac{tI_2}{b^2} \text{ ----- (ii)}$$

(ii) ஐ (i) ஆல் பிரிக்கும் பொழுது

$$\frac{1}{t} = \frac{t \times 90^2}{b^2}$$

$$\Delta \quad b^2 = t^2 \times 90^2$$

$$\Delta \text{ ஆல் } t = 80\% = \frac{4}{5}$$

$$\Delta \quad b^2 = \frac{4^2}{5^2} \times 90^2$$

$$\therefore b = \frac{4}{5} \times 90 = 72$$

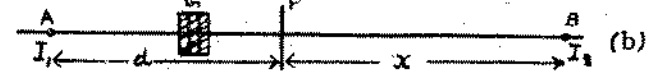
\(\therefore\) ஒளிமானியிலிருந்து Y இன் தூரம் 72 சமீ.

3. A, B என்னும் இரு விளக்குகளுக்கிடையே B ஆனது ஒளிமானியிலிருந்து 100 சமீ. தூரத்தில் இருக்கும்பொழுது ஒளியளவியல் சமநிலை பெறப்பட்டுள்ளது. A க்கும் ஒளிமானிக்குமிடையே G என்னும் கண்ணாடிக்குற்றி புகுத்தப்பட்டபொழுது B ஐ 5 சமீ. க்கூடாக நகர்த்தி ஒளியளவியல் சமநிலை மீட்கப்பட்டுள்ளது. G ஐப் போன்ற இன்னும் இரு குற்றிகள் A க்கும் ஒளிமானிக்குமிடையே வைக்கப்படின ஒளியளவியல் சமநிலையைப் பேணுவதற்கு B எங்கு வைக்கப்படல் வேண்டும்.

A இனதும் B இனதும் மெழுதுதிரிவலுக்கள் முறையே  $I_1, I_2$  ஆகும். ஒளிமானியிலிருந்து A இன் தூரத்தை d என்க. அப்பொழுது



(a)



(b)

படம் 150

ஒளியளவியல் சமநிலையில் படம் 150 (a) இல் காட்டப்படாதிருப்பினும்

$$\frac{I_1}{d^2} = \frac{I_2}{100^2} \text{ ----- (i)}$$

படம் 150 (a) இல் காட்டியவாறு G வைக்கப்படின ஒளியளவியல் சமநிலை B ஆனது 105 சமீ. இல் இருக்கும்பொழுது பெறப்படும். G இன் செலுத்தற்காரணி t எனின். A இனது விளையுள் மெழுதுதிரிவலு  $tI_1$  ஆகும்.

$$\therefore \frac{tI_1}{d^2} = \frac{I_2}{105^2} \text{ ----- (ii)}$$

(ii) ஐ (i) ஆல் வகுப்பின்

$$t = \frac{100^2}{105^2} \text{ ----- (iii)}$$

இன்னும் 2 குற்றிகள் G உடன் சேர்க்கப்படின விளையுள் மெழுதுதிரிவலு  $t^3 I_1$  ஆகும். அப்பொழுது ஒளியளவியல் சமநிலையில் B இன் தூரம் x எனின் (படம் 150 b)

$$\frac{I_1^2}{d^3} = \frac{I_2}{x^2} \quad \text{----- (iv)}$$

(iv) ஐ (i) ஆல் வகுப்பின்

$$I_1^2 = \frac{100^2}{x^2}$$

(iii) இலிருந்து

$$\left(\frac{100^2}{105^2}\right)^3 = \frac{100^2}{x^2}$$

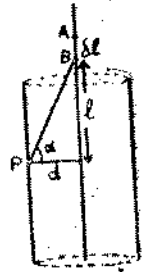
$$\therefore x^2 = \frac{100^2 \times 105^6}{100^6} = \frac{105^6}{100^4}$$

$$\therefore x = \frac{105^3}{100^2} = 115.8 \text{ சமீ.}$$

4. ஆரை d உடையதான உருளைப் பரப்பொன்றின் அச்சிலே வைக்கப்பட்ட முடிவின்றி நீண்ட நேர்கோட்டு ஒளிமுதல் ஒன்றால் அப்பரப்பின் புள்ளியொன்றிலே ஆகும் ஒளிச்செறிவு  $2c/d$  என்பதாறி தரப்படும் எனக் காட்டுக. இங்கு c என்பது அவரு நீளவீத ஒளிமுதலின் சராசரி ஒளிவீச்சல்வலு ஆகும்.

படம் 151 d ஆரையுடைய உருளைப்பரப்பையும் அதன் அச்சின் வழியேயுள்ள முடிவினியான நேர்கோட்டு ஒளிமுதலையும் காட்டுகின்றது. P என்பது ஒளிச்செறிவு காணப்படும் புள்ளியாகும்.

l எனலும் நீளமுள்ள ஒளிமுதலால் P இல் ஏற்படும் ஒளிச்செறிவு



படம் 151

$$= \frac{c \cdot l \cdot \text{கோசைன் } \alpha}{r^2}$$

இங்கு PB = r  
மேலும் l = d தான் a  
 $\therefore l = d \text{ சீக}^2 \alpha \text{ ஶ்}$   
d = r கோசைன் a  
 $r = \frac{d}{\text{கோசைன் } a} = d \text{ சீக } a$

$$\therefore P \text{ இல் மொத்தச் செறிவு} = 2 \int_0^{\pi} \frac{c \cdot d \cdot \text{கோசைன் } \alpha}{r^2}$$

$$= 2 \int_0^{\pi} \frac{c \cdot d \cdot \text{சீக}^2 a \cdot d \cdot d \cdot \text{கோசைன் } a}{d^2 \text{ சீக}^2 a}$$

$$= 2 \int_0^{\pi} \frac{2 \cdot c \cdot \text{கோசைன் } a}{d}$$

$$= \frac{2c}{d} \left[ \text{சைன் } a \right]_0^{\pi}$$

$$= \frac{2c}{d}$$

தேர்வு வினாக்கள்

- இரு வித்தியாசமான நிற ஒளிமுதல்களின் ஒளிர் செறிவுகளை ஒப்பிட உசந்த ஒளிமானி  
A. ரம்போட்டின் ஒளிமானி  
B. உலுமப்புரோதம ரொளிமானி  
C. பன்சனின் நெய்ப்பொட்டொளிமானி  
D. சிமிட்டொளிமானி  
(i) A உம், B உம், C உம் (ii) A உம், C உம்  
(iii) B உம், D உம் (iv) D மட்டும் (v) C உம், D உம்
- ஒரு மேசையின் விட்டம் 6 அடி. அதன் மையத்துக்கு மேல் 4 அடி உயரத்தில் தொங்கும் 100 மெழுகுதிரி வலுவள்ள விளக்கு மேசையின் பரிதியினது ஒரு புள்ளியில் உண்டாக்கும் ஒளிச்செறிவு அடிமெழுகுதிரியில்  
(i) 16/5 (ii) 5/16 (iii) 4/5 (iv) 4/25 (v) 25/4
- அதே விளக்கு மேசையின் மையத்தில் ஏற்படுத்தும் ஒளிச்செறிவு அடிமெழுகுதிரியில்  
(i) 4/25 (ii) 25/4 (iii) 100 (iv) 16/5 (v) 5/16
- 1 இலட்ச சமன் (i) 1 அடி-மெழுகுதிரி (ii) 1 மீற்றர்-மெழுகுதிரி (iii) 1 சதமமீற்றர்-மெழுகுதிரி (iv) 1 மெழுகுதிரி (v) 1 கண்டலா
- 1 போற்று சமன் (i) 1 அடி-மெழுகுதிரி (ii) 1 மீற்றர் மெழுகுதிரி (iii) 1 சதமமீற்றர்-மெழுகுதிரி (iv) 1 மெழுகுதிரி (v) 1 கண்டலா
- ஒளிச்செறிவை அளக்கப்படும்படும் அவகுகள்  
(A) இலுமன் (B) இலுமன்/சு மீற்றர் (C) அடி-மெழுகுதிரி (D) கண்டலா  
(i) A மட்டும் (ii) B மட்டும் (iii) C மட்டும்  
(iv) B உம் C உம் (v) A உம் D உம் மட்டும்

7. ஒளிர்செறிவை அளக்கப் பயன்படும் அலகுகள்  
(A) இலுமன் (B) மெமுகுதிரி (C) இலட்ச (D) கண்டலா  
(i) A மட்டும் (ii) B மட்டும் (iii) C மட்டும் (iv) D மட்டும்  
(v) B உம் D உம்
8. ஓர் ஒளிமானியின் ஒரு பக்கத்தில் x தூரத்தில் ஒரு விளக்கு வைக்கப்பட்டு அடுத்த பக்கத்தில் இன்னொரு விளக்கு வைக்கப்பட்டு y தூரத்தில் இருக்கும்பொழுது ஒளியளவியல் சமநிலை பெறப்பட்டுள்ளது: இப்பொழுது ஒரு தளவாடி ஒளிமானியின் அச்சுக்குச் செங்கத்தாக x தூரத்திலிருக்கும் விளக்குக்குப் பின்னால் வைத்து ஒளியளவியல் சமநிலையைப் பெறுதற்கு  
(i) y தூரத்தில் உள்ள விளக்கு ஒளிமானியை விலத்தி நகர்த்தப் பட்டது.  
(ii) x தூரத்தில் உள்ள விளக்கு ஒளிமானியை நோக்கி நகர்த்தப் பட்டது:  
(iii) தளவாடி ஒளிமானியை நோக்கி நகர்த்தப்பட்டது.  
(iv) y தூரத்திலுள்ள விளக்கு ஒளிமானியை நோக்கி நகர்த்தப் பட்டது.  
(v) முதலிருந்த இடத்தில் y இருக்கச் சமநிலை பெறப்பட்டது:
9. ஒரு விளக்கிலிருந்து ஒரு குறித்த தூரத்திலிருக்கும் கரும்பலகையில் வெண்கட்டிக்கீறு ஒன்று உண்டு. பின்வரும் கூற்றுக்களில் சரியானது எது?  
(i) கரும்பலகையினதும் வெண்கட்டிக் கீறினதும் ஒளிர்செறிவுகளும் துலக்கங்களும் சமன்  
(ii) கரும்பலகையினதும் வெண்கட்டிக் கீறினதும் துலக்கங்கள் சமன், ஒளிர்செறிவுகள் வித்தியாசமானவை;  
(iii) கரும்பலகையினதும் வெண்கட்டிக் கீறினதும் ஒளிர்செறிவுகள் சமன், துலக்கங்கள் வித்தியாசமானவை.  
(iv) கரும்பலகையினதும், வெண்கட்டிக்கீறினதும் ஒளிர்செறிவுகள், துலக்கங்கள் ஆகியவை சமனற்றனவாக இருக்கும்.  
(v) இதனைத் திட்டவாட்டமாகச் சொல்லமுடியாது.

### வினாக்கள்

1. ஒளிர்செறிவு, இலுமன், ஒளிர்செறிவு என்பவற்றை வரையறுக்க. ஓர் ஒளிமானியை விவரித்து அதனை எவ்விதம் இருவிளக்குகளின் ஒளிர்செறிவுகளை ஒப்பிடப் பாவிக்கலாம் என்பதையும் கூறுக.

100 கண்டலா மெமுகுதிரிவலுவுள்ள ஒரு விளக்கு 8 அடி 6 அடி பரிமாணமுடைய ஒரு மேசையின் மையத்துக்குமேல் 12 அடி உயரத்தில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. மேசையின் மையத்திலும் அதன் ஒவ்வொரு மூலையிலும் ஒளிர்செறிவைக் காண்க.

[விடை: 0.69, 0.55 அடி-மெமுகுதிரி]

2. ஒளிர்பாயம், தெறித்தறிகாரணி, செலுத்தறிகாரணி என்பவற்றை வரையறுக்க.  
ஓர் ஒளிமானியிலிருந்து 50 சமீ. தூரத்தில் 20 மெமுகுதிரி வலுவுள்ள ஒரு விளக்கு வைக்கப்பட்டுள்ளது.  
(i) மறுபக்கத்தில் 80 சமீ. தூரத்தில் ஒளியளவியல் சமநிலையை உண்டாக்கத்தக்க விளக்கின் மெமுகுதிரி வலுவையும்  
(ii) மறுபக்கத்தில் 40 மெமுகுதிரிவலு விளக்கு ஒளியளவியல் சமநிலைக்கு என்ன தூரத்தில் இருக்கும் என்பதையும் காண்க.  
[விடை: (i) 51.2 மெ. வ. (ii) 70.7 சமீ.]
3. உலும்புபூராதமரின் ஒளிமானியை எவ்விதம் இரு விளக்குகளின் ஒளிர்செறிவுகளை ஒப்பிடப் பயன்படுத்தலாம் என்பதை விளக்குக. 100 மெ. வ. தெருவிளக்கொன்று தெருவிளக்கிலிருந்து 20 அடி உயரத்தில் தொங்குகின்றது; 0.8 தெறித்தறிகாரணியுடைய ஒரு கிடையான தளவாடியானது 2 அடி உயரத்தில் விளக்குக்குமேல் இருக்கின்றது; விளக்குக்கு நிலைக்குத்தாகக் கீழ் தெருவிளக்கின் செறிவையும், விளக்குக்குக் கூடாகச் செல்லும் செவ்வனிலிருந்து 30 அடி தூரத்தில் தெருவில் ஒரு புள்ளியில் ஒளிர்செறிவையும் காண்க.  
[விடை: 0.389, 0.0765 இலு.(ச. அடி.)]
4. இலுமன், அடி-மெமுகுதிரி, இலட்ச என்பவற்றை வரையறுக்க. ஓர் ஒளிமானியின் இரு பக்கங்களிலும் 80 சமீ., 100 சமீ. தூரங்களில் இருக்கும் இரு விளக்குகள் ஒளியளவியல் சமநிலை கொடுக்க வல்லனவாக இருக்கின்றன. வலிவுள்ள விளக்குக்கு முன்னால் ஒரு கண்ணாடித்தட்டு வைக்கப்படிச் சிறிதளவு ஒளியளவியல் சமநிலை மீட்பதற்கு 20 சமீ. நகர்த்த வேண்டும் கண்ணாடியின் செலுத்தறிகாரணியைக் காண்க.  
[விடை: 0.64]
5. (i) ஒரு பொருளின் தெறித்தறிகாரணி (ii) செலுத்தறிகாரணி அளப்பதற்கு பரிசோதனையொன்றை விவரிக்க.  
8 அடி 6 அடி பரிமாணமுள்ள மேசையின் மையத்துக்கு 6 அடிக்கு மேல் 80 மெ. வ; விளக்கு தொங்குகின்றது. இவ்விளக்குக்கு 2 அடி உயரத்தில் ஒரு தளவாடி வைக்கப்பட்டுள்ளது. மேசையின் மையத்திலும், குறுப்பக்கத்தில் மையத்திலும் ஒளிர்செறிவைக் காண்க. ஆடியின் தெறித்தறிகாரணி 80% ஆகும்.  
[விடை: 2.86, 1.79 அடி-மெமுகுதிரி]

6. பச்சளின் நெய்ப்பொட்டொளிமாயை இரு விளக்குகளின் ஒளிர்ச்செறிவுகளை ஒப்பிட எவ்விதம் பாவிக்கலாம் என்பதை விவரிக்க.

இவ்விளக்குகள், அவற்றின் தூரங்கள் திரையிலிருந்து 9.16 என்னும் விகிதத்தில் இருக்கும்பொழுது ஒளியளவியல் சமநிலை கொடுக்கின்றன. துலக்கமான விளக்குக்கும் திரைக்குமிடையில் ஒரு கண்ணாடி வைத்தபொழுது, ஒளியளவியல் சமநிலைக்கு சரி செய்யப்பட்டபொழுது தூரங்களின் விகிதம் 4:3 ஆகிறது. கண்ணாடியின் செலுத்தற் காரணியைக் காண்க; [விடை: 0.18]

7. A, B என்னும் இரு விளக்குகள் ஒரு திரையிலிருந்து 70, 100 சமீ. தூரங்களில் இருக்கும்பொழுது ஒளியளவியல் சமநிலை கொடுக்கின்றன. திரையின் மறுபக்கத்தில் B இலிருந்து 5 சமீ. தூரத்தில் ஒரு மினுக்கமான பரப்பு வைக்கப்படும்பொழுது A ஆனது 10 சமீ. ஒளியளவியல் சமநிலை மீட்பதற்கு நகர்த்தப்பட்டது. மேற்பரப்பின் தெறித்தற் காரணியைக் காண்க. [விடை: 0.44]

8. ஒரு தெருவுக்குமேல் 40 அடி, 30 அடி உயரங்களில் x, y என்னும் 200, 900 மெ. வ. விளக்குகள் தொங்குகின்றன. x இனதும் y இனதும் செங்குத்தின் அடிகள் 60 அடி இடைவெளியுடையன. இவ்வடிகளுக்கிடையேயுள்ள தெருவின் மையத்தில் ஒளிச்செறிவைக் காண்க. [விடை: 0.42 அடி-மெழுக்குதிரீ]

9. P, Q என்னும் இரு விளக்குகள் ஒரு திரையிலிருந்து 80, 90 சமீ. தூரங்களில் இருக்கும்பொழுது ஒளியளவியல் சமநிலை கொடுக்கின்றன. P க்கும் திரைக்குமிடையே ஒரு கண்ணாடிக்குற்றி வைத்த பொழுது Q ஆனது சமஒளிச்செறிவை உண்டாக்குவதற்கு 10 சமீ. நகர்த்தப்பட்டது. இன்னும் அதேபோன்ற இரு கண்ணாடிக் குற்றிகள் P க்கும் திரைக்குமிடையில் அதனுடன் சேர்க்கப்படின் Q என்ன தூரத்துக் கூடாக ஒளியளவியல் சமநிலையைத் தருவதற்கு நகர்த்தப்படல் வேண்டும்? [விடை: 23.5 சமீ]

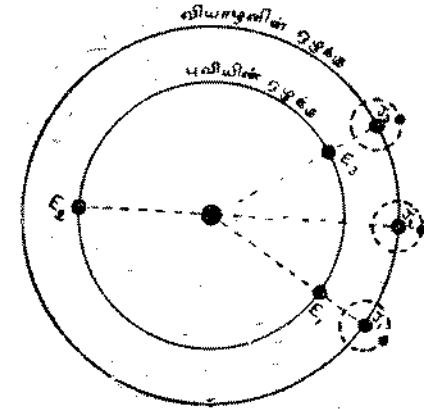
10. ஒளிச்செறிவுக்கும் துலக்கத்துக்கும் வேற்றுமைகள் யாவை? 24 யாரி விட்டமுள்ள ஒரு வட்ட அரங்கு, ஒவ்வொன்றும் 100 கண்டலா, மெ. வ. உடைய 10 விளக்குகளால் ஒளிப்படுத்தப்படுகின்றது. விளக்குகள் பரிதியில் சமதூரங்களுக்கப்பாக்கி இருக்கின்றன. இது ஒவ்வொன்றும் தரையில் இருந்து 27 அடி உயரத்தில் தொங்குகின்றது; அரங்கின் மையத்தில் ஒளிச்செறிவைக் காண்க; [விடை: 2.95 இலுமன்/ச. அடி]

## அத்தியாயம் 11

### ஒளியின் வேகம்

பல நூற்றாண்டுகளாக ஒளியின் வேகம் வரையறையற்ற ஒரு கணியம் எனக் கருதப்பட்டு வந்தது. ஆனால் பதினேழாம் நூற்றாண்டின் இறுதியில் கிடைக்கப்பட்ட பல் சான்றுகளின்படி ஒளியின் வேகம் வரையறையுள்ள ஒரு பிரமாண்டமான கணியம் என அறியப்பட்டுள்ளது. முதன்முதல் 1600-ம் ஆண்டில் ஒளியின் வேகத்தை அளக்க முயன்றவர் கனிலியோ ஆவர். இவரின் முயற்சி பயனளிக்காதபோதிலும் மறிந விஞ்ஞானிகளுக்கு ஒரு தூண்டுகோலாக இருந்தது. 1676-ம் ஆண்டு ஒளியின் வேகத்தைத் துணிவதிக் வெற்றிகண்டவர் டென்மார்க் தேசத்தைச் சேர்ந்த உருமர் என்னும் வானியல் விஞ்ஞானி ஆவர்.

#### (1) உருமரின் வானியல் முறை



படம் 152

உருமர், வியாழன் தொடர்பாகப் பூமி வெல்வேறு நிலைகளிலிருக்கும்பொழுது வியாழனின் மிக அண்மையில் இருக்கும் உபகோளின் கிரகணத்தை (வியாழனின் நிழலில் உபகோள் மறைவதை) அவதானித்தவந்தாரி. வியாழனைச் சுற்றிப் பல உபகோள்கள் வலம் வருகின்றன. ஆனால் தனது பரிசோதனையில் வியாழனுக்கு மிக அண்மையிலுள்ள உபகோளினது கிரகணத்தையே அவதானித்துள்ளாரி. பூமி ரூபனைச் சுற்றி வரும்பொழுது ஒரு கட்டத்தில் வியாழனிலிருந்து விவகிச் செல்லும், அப்பொழுது அவதானிக்கப்படும் அவ்

வுபகோளினது அடுத்தடுத்து நிகழும் கிரகணங்களுக்கிடையேயுள்ள கால இடைகள் பூமி வியாழனை அணுகையில் அவதானிக்கப்படும். அதே உபகோளினது அடுத்தடுத்த கிரகணங்களுக்கிடையேயுள்ள கால இடைகளிலும் பெரிதாகக் காணப்பட்டுள்ளது. இவ் வித்தியாசம் ஒளியின் வேகத்தைத் துணைவதற்கு அடிப்படையாக அமைந்துள்ளது. பூமி வியாழனை விருந்து விலகிச் செல்லுகையில், உபகோளின் அடுத்தடுத்த கிரகணத்தின்போது ஒளி கூடிய தூரம் செல்கிறதெனவும் அணுகும்பொழுது அடுத்தடுத்த கிரகணத்தின்போது ஒளி குறைந்ததூரம் செல்கிறதெனவும் காணப்பட்டுள்ளது.

வியாழன் சூரியனைச் சுற்றி ஒருதரம் வலம்வர 11.85 வருடங்கள் எடுக்கும். ஆனால் பூமி ஒரே வருடம் எடுக்கும். மேலும் எளிதாக்கும் பொருட்டு சூரியனைச் சுற்றி பூமியினதும் வியாழனதும் ஒழுக்குகள் வட்டங்களெனக் கருதப்படும். உபகோள் வியாழனைச் சுற்றும் பொழுது அதன் ஒழுக்கின் தளமும், சூரியனைச் சுற்றி வியாழனின் ஒழுக்கின் தளமும் அண்ணளவாக சாமாந்தரமாக இருப்பதால் உபகோள் ஒவ்வொரு தரமும் சுற்றும்பொழுது வியாழனின் நிழலுக்குள் வருகின்றது. இதனால் கிரகணம் ஏற்படுகின்றது. ஆகவே உபகோளின் சுழற்சிக் காலமும் அடுத்தடுத்து உண்டாகும் கிரகணங்களுக்கிடையேயுள்ள கால இடையும் ஒரே அளவினதாகும்.

சூரியனின் ஒரு பக்கத்தில் பூமியும் வியாழனும் ஒரு நேர்கோட்டில் இருப்பின் அதனுடன் பூமியும் வியாழனும் இணைந்திருக்கின்றனவென்றும், பூமியும் வியாழனும் சூரியனுக்கு எதிர்ப்பக்கங்களில் ஒரு நேர்கோட்டில் சூரியனுடன் இருப்பின் எதிராயுள்ளன வென்றும் சொல்லப்படும். அடுத்தடுத்து நிகழும் கிரகணங்களின் கால இடைகள் வியாழனும் பூமியும் இணைந்திருக்கும் ஒரு கட்டத்திலிருந்து ( $E_1, J_1$ ) அவதானிக்கப்படுகிறதெனக் கொள்க. அதாவது படம் 152 இன்படி  $E_1$  இலிருந்து கிரகணம் அவதானிக்கப்பட்டின்,  $E_1, J_1$  இல் தூரம்  $x$  எனவும் ஒளியின் வேகம்  $c$  எனவும் கொள்ளப்பட்டின்  $E_1$  இல் இருப்பவரி, கிரகணம் தோன்றி,  $x/c$  என்னும் நேரத்திற்குப் பின்பே அதனைக் காண்பார். ஆகவே கிரகணம் நிகழ்ந்த நேரம்  $a$  எனின் பூமியில் கிரகணம் குறிக்கப்பட்ட நேரம்

$$T_1 \text{ ஆனது } T_1 = a + \frac{x}{c} \quad \text{----- (i)}$$

பூமியும் வியாழனும் தம் ஒழுக்குகளில் இயங்கிக்கொண்டிருக்கும் பொழுது  $6\frac{1}{2}$  மாதங்களுக்குப்பின் எதிராயுள்ள நிலைக்கு வருகின்றன. அதாவது  $E_2, J_2$  நிலைக்கு வருகின்றன. இவ்  $6\frac{1}{2}$  மாதக் காலத்தினில் நிகழும் கிரகணங்களின் எண்ணிக்கை  $n$  எனவும், அத்துடன் ஒவ்வொரு கிரகணம் தோன்றுவதற்கு இடையேயுள்ள கால இடை  $T$  எனவும்

கொள்ளப்பட்டின் முதலாம் கிரகணத்துக்கும்  $n$  ஆம் கிரகணத்துக்கு மிடையேயுள்ள கால இடை  $(n-1)T$  ஆகும்.  $J_2, E_2$  என்னும் நிலையில் அதாவது  $J_2$  விலிருந்து  $E_2$  விற்கு (வியாழனைவிருந்து பூமிக்கு) ஒளி செல்லும் தூரம்  $x+d$  ஆகும்; இங்கு  $d$  என்பது பூமியின் ஒழுக்கினது விட்டமாரும். இத்தூரத்தை ஒளிசெல்ல எடுக்கும் நேரம்  $= \frac{x+d}{c}$

ஆகவே  $n$  ஆம் கிரகணம் நிகழும்பொழுது  $E_2$  வில் குறிக்கப்படும் நேரம்  $T'$  ஆனது வருமாறு தரப்படும்.

$$T' = a + (n-1)T + \frac{x+d}{c} \quad \text{----- (ii)}$$

$$\text{ஆனால் (i) இலிருந்து } T_1 = a + \frac{x}{c}$$

$$\therefore \text{(ii) - (i), } T' - T_1 = I = (n-1)T + \frac{d}{c} \quad \text{----- (iii)}$$

இவ்வாறு  $E_2, J_2$  நிலையிலிருந்து கோள்கள்  $E_3, J_3$  நிலைக்கு வரும் பொழுதும் நிகழும் கிரகணங்களின் எண்ணிக்கை  $n$  ஆகும். இங்கு முதலாவது கிரகணத்துக்கும்  $n$  ஆவது கிரகணத்துக்கும் பூமியில் அவதானிக்கப்படும் காலஇடை

$$I' = (n-1)T - \frac{d}{c} \quad \text{----- (iv)}$$

$$\therefore \text{(iii) - (iv) } I - I' = \frac{2d}{c}$$

உருமரில் பரிசோதனைப்பட்டி.

$$I - I' = 33 \text{ நிமிடங்களாகும்.}$$

$$\therefore \frac{2d}{c} = 33 \times 60$$

$$\therefore c = \frac{2d}{33 \times 60}$$

ஆனால்  $d = 186,000,000$  மைல்கள்

$$\therefore c = \frac{2 \times 186,000,000}{33 \times 60}$$

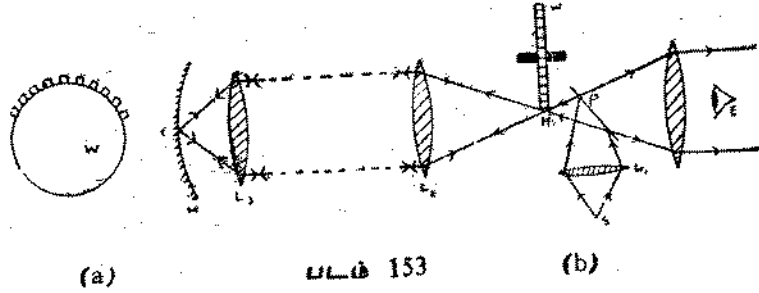
$$= 186,000 \text{ மைல்கள்/செக. அண்ணளவாக}$$

இத பின்வரும் காரணங்களுக்காகச் செப்பமற்ற முறையாகும்.

1. ஒழுக்குகள் வட்டமல்ல, அவை நீள்வட்டமாயும்.
2. பூமியின் விட்டத்தினது திருத்தமான பெறுமானம் தெரியாது;
3. கிரகணம் நிகழும் சரியான நேரம் தெரிவதில்லை.



## (2) பீசோவின் முறை



(a)

படம் 153

(b)

ஒளியின் வேகத்தைப் புவிமுறையால் முதன் முதல் துணிந்தவர் பீசோ என்னும் பிரான்சுத் தேசத்தைச் சேர்ந்த விஞ்ஞானி ஆவார். இவர் 1849-ம் ஆண்டு இப்பரிசோதனையை நிகழ்த்தியுள்ளார். இவர் செய்த பரிசோதனை ஒழுங்குகள் படம் 153 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

S என்னும் ஒளிமுதலிலிருந்து செலுத்தப்படும் ஒளி ஆனது  $L_1$  எனும் வில்லையினூடு சென்று, அச்சுடன்  $45^\circ$  சாய்வில் பெருத்தப் பட்ட P என்னும் கண்ணாடித் தட்டில் விழுகின்றது. P இல் அரைப் பங்கு வெள்ளி பூசப்பட்டதாக இருக்கும். P இல் தெறிப்பதும் கதிர்கள் H என்னும் புள்ளியில் குவியும். பின்பு இப்புள்ளியைக் குவியமாகக் கொண்டுள்ள வில்லை  $L_2$  இன்மீது இக்கதிர்கள் படுவதால் அவை  $L_2$  விளிருந்து சமாந்தரமாக வெளியேறும். இக்கதிர்கள் 4 அகலது 5 மைல்கள் தூரத்துக்கப்பால் இருக்கும்  $L_3$  என்னும் வில்லையில் பட்டு அதன் குவியம் C இனில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் குழிவாடி M இல் குவியும். மேலும் வில்லை  $L_3$  இன் ஒளியியல் மையமும் குழிவாடியின் வளைவு மையமும் ஒரிடத்தில் இருக்கின்றன. எனவே  $L_3$  இல் குவியத்தூரம் குழிவாடியின் வளைவினரையும் ஒரே அளவாகும். குழிவாடியில் இவ்வாறு படும் கதிர்கள் தெறிப்புற்று வந்த பாதை வழியே மீண்டும் திரும்பிச் சென்று  $L_2$  இல் பட்டு H இல் குவியும்.

ஒரு இடைஅச்சில் நிலைக்குத்துத் தளத்தில் சுழலத்தக்க W எனும் பற்கில்லு ஆனது H இல் அதன் ஓரம் இருக்கத்தக்கவாறு வைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இச் சில்லு சுழற்றப்படும்போழுது ஒளியானது பற்களால் தடுக்கப்படும். பற்களின் இடைவெளிகளுக்கிடாகச் செலுத்தப்படுமுமாகும். பற்களின் இடைவெளிக்கிடாக ஒளி வரின் அது P இனூடு செலுத்தப்பட்டு கண்ணை அடையத்தக்கதாகும். ஆகவே ஒளிமுதலின் விம்பம் தெரியக்கூடியதாகும். சில்லிலுள்ள பற்களினதும், இடைவெளிகளினதும் அகலங்கள் ஒரே அளவில்தாகும்.

சில்லு மெதுவாகச் சுழற்றப்படும் பொழுது ஒளிமுதல் S இல் சிமிட்டல் விம்பம் தெரியுமாகும். சில்லின் கதி ஒரு செக்கனுக்கு 10 விம்பங்களுக்குமேல் தெரியத்தக்கவண்ணம் அதிகரிக்கப்படும். பார்வை நிலையேறு காரணத்தால், ஒரு தொடர்ந்த மங்கலான விம்பம் தெரியப்படும். ஆனால் இரு பற்களுக்கிடையேயுள்ள ஓர் இடைவெளி H இல் வருகையில் அதனூடு செல்லும் ஒளி C ஐ அடைந்த மீண்டும் H இற்கு வரும். இது நிகழ்வு நேரத்தினில் அவ்விடைவெளிக்கு அடுத்தாற்போல் இருக்கும் பல் அவ்விடைவெளி இருந்த இடத்திற்கு வரவேண்டும். இதற்கேற்ப சில்லின் கதி சரிசெய்யப்படும். அப்பொழுது பார்வைப்புலம் இருட்டாகவும் விம்பம் புலப்படாத வாகும் இருக்கும்.

இக்கட்டத்தில் H க்கும் C க்கும் இடையேயுள்ள தூரம் d எனவும், சில்லின் சுழற்சிக்கு ஒரு செக்கனுக்கு n சுழற்சிகள் எனவும் கொள்ளப்படின், ஒளியானது H இலிருந்து C க்குச் சென்று மீண்டும் H இற்கு வர எடுக்கும் நேரம்  $t = \frac{2d}{c}$  ஆகும். இங்கு c ஒளியின் வேகமாகும்.

சில்லுக்கு m பல்லுகளும் m இடைவெளிகளும் இருப்பின் t எனும் இந்த நேரத்தினில் ஓர் இடைவெளி இருந்த இடத்துக்கு அதற்கு அடுத்திருக்கும் பல்லு வந்துவிடுவதால்

$$t = \frac{1}{2mn}$$

$$\therefore \frac{2d}{c} = \frac{1}{2mn}$$

$$\therefore c = 4 mnd$$

இப் பெறுமானம் ஒளியின் வேகத்தைத் தரும்.

பீசோவின் பரிசோதனையில்,

$$n = 12.6 \text{ சுழற்சி/செக்.}$$

$$m = 720$$

$$d = 8633 \text{ மீற்றர் ஆகும்.}$$

$$\therefore c = 4 \times 720 \times 12.6 \times 8633$$

$$= 3.13 \times 10^8 \text{ மீற்றர்/செக்.}$$

ம் முறையிலுள்ள

(A) அலுகலங்கள்

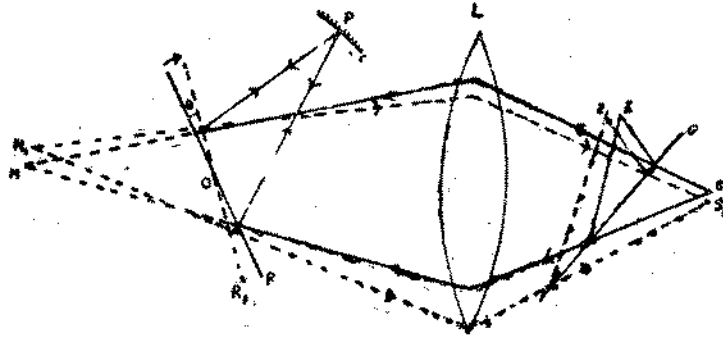
1. இது ஓர் எளிய தத்துவத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டது.
2. இதில் தோற்றும் விம்பம் சரியாக ஒளிமுதலைப் போன்றதாகும்.

## (B) பிரதிபலனங்கள்

1. விடப்பத்தின செறிவு வெவ்வேறு மேற்பரப்புக்களில் தெறிப்புகள் நிகழ்வதால் குறைவாகும். இதனை ஓரளவிற்கு கண்ணாடித் தட்டிக்கு வெள்ளியூசி அதன் மையத்தில் ஒரு சிறு துவாரம் ஒளிகண்ணுக்கு வரத்தக்கவாறு வைப்பதன் மூலம் நிவிர்த்திக்கலாம்.
2. பல்விவ ஒளிச் சிதறல் நிகழ்வதால் ஒளியின் முறிபுள மறைவைப் பெற இயலாதிருக்கிறது. இதனைப் பற்களை சரிவாக வெட்டுவதன் மூலமும் கருமையாக்குவதன் மூலமும் ஓரளவிற்கு நிவிர்த்திக்கலாம்.
3. சுழற்சிக் கதியை சீராக்குவதும் அதை திருத்தமாக அளப்பதும் சிரமமானதாகும்.
4. பற்களும் இடைவெளிகளும் வரையறையான அகவங்கையுடையன. அதனால் விம்பம் சடுதியாக மறைவதில்லை. இது படிப்படியாகவே நடைபெறுகிறது.

## (3) போக்கோவின் முறை

ஒளியின் வேகத்தைத் துணிவதற்கு போக்கோ என்பவர் கையாண்ட இழுங்கின் முறை படம் 154 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. S என்பது ஒரு பிரகாசமான ஒளிப்புள்ளி. இதுவிருந்து வரும் ஒளி ஒரு நிறந்தரா குவிவில்லை S இனால் R என்னும் தளவாடியின்மீது விழுந்தப்பட்டு இறுதியில் ஒரு குழிவாடி C க்குக் குவிக்கப்படுகிறது. தளவாடி R ஆனது O வினாடு செல்லும் நிலைக்குத்து அச்சுபற்றிச் சுழலத்தக்கதாகும். அத்துடன் O எனும் புள்ளி குழிவாடி C இன் வளைவுமையமுமாகும்.



படம் 154

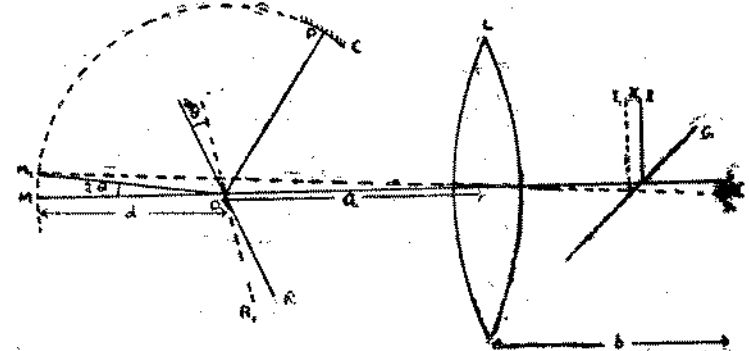
தளவாடி R நிலையாக இருக்கும்பொழுது, C இல் பட்டுத் தெறித்த வரும் ஒளியானது தான்வந்த பாதை வழியே மீண்டும் வந்து S உடன்

பொருந்தும் ஒரு விம்பத்தை உண்டாக்குகிறது. இவ்வொளியானது M என்னும் புள்ளியிலிருந்து விரிந்து வருவதுபோல் தோற்றும். G என்னும் கண்ணாடித்தட்டு வில்லையின் அச்சில்  $45^\circ$  சாய்வில் வைக்கப்படின, இறுதிவிம்பம் S இல் ஏற்படுவதற்குப் பதிலாக I இல் பெறப்படும் இவ்விம்பத்தை ஒரு நுண்திருகுமானிப் பார்வைத்துண்டினால் பார்க்க முடியுமாகும்.

O வினாடு செல்லும் நிலைக்குத்து அச்சுபற்றி தளவாடி R சுழற்றப்படும்பொழுது ஓர் இடையிட்ட விம்பம் ஒவ்வொரு சுழற்சிக்குத் தோற்றும். கொக்கனுக்கு 16 க்கு மேல் சுழற்சிக்கதி அதிகரிக்கப்படின, பார்வை நிலையேறு காரணத்தினால் விம்பம் தொடர்ச்சியாக தெரியாதக்கதாகும். R என்னும் தளவாடி ஒரு மாறுக்கதியில் வெறுவிரைவாகச் சுழற்றப்படின, குழிவாடி C இல் பட்டுத் தெறித்துவரும் கதிர்கள், θ என்னும் சிறுகோணத்துக்கூடாகத் திருப்பப்பட்டு தளவாடி R இன் மீது மீண்டும் படுகின்றன. இதனால் தெறிக்கிகள் 2θ என்னும் கோணத்துக்கூடாகத் திருப்பப்படுகின்றன ஆகவே வில்லையினாடு செல்லும் இத்தெறிக்கிகள்  $S_1$  என்னும் புள்ளியில் குவிக்கின்றன. அதாவது விம்பம்  $S_1$  இல் அல்லது G இருப்பதால்  $I_1$  இல் தோற்றும். இத் தெறிக்கிகள்  $M^1$  என்னும் புள்ளியிலிருந்து வருவதுபோலத் தோற்றும். விம்பம் அடைந்த இடப் பெயர்ச்சி  $I_1 I_2$  ஆனது ஒரு நுண்திருகுமானிப் பார்வைத்துண்டால் அளக்கப்படுகிறது.

## கணிப்பு:-

குழிவாடியிலிருந்து தளவாடியில் தாரத்தை d என்க. இதுவே குழிவாடியின் வளைவினாரையுமாகும். தளவாடியின் சுழற்சிக்கதி செக்கனுக்கு n சுழற்சிகளாகும். இப்பொழுது தளவாடி ஆனது θ என்னும் கோணத்துக்கூடாகச் சுழற்றப்படும் நேரத்தினால் ஒளியானது



படம் 155

O விளிர்ந்து C க்குச் சென்று தெறிப்புற்று மீண்டும் O வுக்கு வந்துவிடுகின்றதாகும். அதாவது O விற்ற கூடாகச் சுழற்றப்படும் நேரத்துக்குள் ஒளி 2d தூரம் சென்றுவிடுகின்றது. எனவே ஒளியின் வேகம் c எனின்,

$$\frac{2d}{c} = \frac{\theta}{2\pi n}$$

$$\therefore c = \frac{4\pi n d}{\theta}$$

இங்கு  $\theta$  வருமாறு கணிக்கப்படும்.

வில்லை L இன் ஒளியியல் மையத்திலிருந்து O வினதும் S இனதும் தூரங்களை முறையே a உம், b உம் எனக் கொள்க.  $\theta$  சிறிதாகவும் ஆரையனிலும் இருப்பதால்

$$2\theta = \frac{MM_1}{d}$$

$$\therefore MM_1 = d \cdot 2\theta$$

மேலும் S உம் M உம்,  $S_1$  உம்  $M_1$  உம் வில்லை L இற்கு இணக்க குவியங்களாகவும் இருப்பதால்

$$\frac{SS_1}{MM_1} = \frac{b}{a+d}$$

ஆகவே  $SS_1 = II_1 = x$  எனக் கொள்க;

$$\therefore MM_1 = \frac{a+d}{b} \cdot x$$

$$= \frac{a+d}{b} \cdot x$$

$$\therefore d \cdot 2\theta = \frac{a+d}{b} \cdot x$$

$$\theta = \frac{a+b}{2bd} \cdot x$$

$\theta$  விண் இப்பெறுமானத்தை சமன்பாடு (1) இல் பிரதியிடுக.

$$\text{அதாவது } c = \frac{4\pi n d}{(a+d)x} \times 2bd$$

$$= \frac{8\pi n b d^2}{(a+d)x}$$

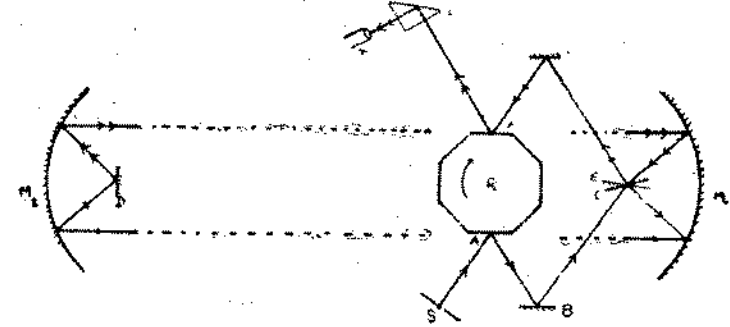
இங்கு b, d, a, n அளக்கத்தக்க கணியங்களாவதால் c துணியப்படும்.

இம்முறையில், இடப்பெயர்ச்சி  $II_1$  மிகச் சிறிதாகும். ஆகவே இதனை வேண்டிய அளவிற்குப் பொருத்தமாக அளப்பது கடினமாகும்; அத்துடன் பல்வேறு இடங்களில் தெறிப்புகள் நிகழ்வதால் இறுதி விம்பம் துலக்கமற்றதாக இருக்கும்;

மேலும் இம்முறையைக் கையாண்டு நீரில் ஒளியின் வேகத்தையும் துணியலாம். அதாவது குழிவாடிக்கும் தளவாடிக்குமிடையில் நீளமான குழாய்க்கூடாக நீரைச் செலுத்தி நீரில் ஒளியின் வேகத்தைத் துணிய முடியுமாகும்.

மைக்கேல்சனின் முறை

ஒளியின் வேகத்தைத் துணிதற்கு ஒரு திருத்தமான தற்கால முறை மைக்கேல்சனின் முறையாகும். இட்பரிசோதனை 1926-ம் ஆண்டில் வில்சன் திட்டையில் இருக்கும் அவதான நிலையத்தில் மைக்கேல்சனால் செய்யப்பட்டதாகும். அவர் கையாண்ட உபகரணமும் மற்றும் வேண்டிய ஒழுங்குகளும் படம் 156 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன;



படம் 156

R என்பது உருக்கினால் ஆக்கப்பட்ட ஓர் எண்கோண அரியம். இது அதன் மையத்துக்கூடாகச் செல்லும் நிலைக்குத்து அச்சுபற்றி ஒரு மாறாக்கதியில் சுழற்றப்படத்தக்கதாகும். அரியத்தின் முகங்கள் நன்கு துலக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு பிரகாசமான ஒளிமுதலிலிருந்து S என்னும் பிளவினூடு செல்லும் ஒளியானது அரியத்தின் ஒரு முகம் A இல் பட்டு B என்னும் தளவாடியை நோக்கித் தெறிப்புற்று B இலும் தெறிப்படைந்து C இல் உள்ள தளவாடியில் படும். அங்கும் இவ்வொளி தெறிப்புற்று  $M_1$  என்னும் குழிவாடியில் படும். C ஆனது குழிவாடி  $M_1$  இன் குவியத்தில் இருப்பதால், C இலிருந்து  $M_1$  ஐ அடையும் ஒளி சமாந்தரக்கற்றையாகத் தெறிப்புற்று  $M_2$  என்னும் இன்னொரு குழிவாடியில் படும். அங்கு படும் கதிர்கள் தெறிப்புற்று அதன் குவியத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் D என்னும் தளவாடியில் பட்டு, தெறிப்புற்று மீண்டும்  $M_2$  இல் பட்டு, தெறிப்புற்று சமாந்தரக் கதிர்களாக  $M_1$  ஐ அடையும். அங்கும் இவ்வொளி தெறிப்படைந்து C க்குச் சற்று கீழ் வைக்கப்பட்டுள்ள E என்னும் தளவாடியில் படும்; அவ்வாறு படும் ஒளி தெறிப்புற்று F என்னும் தளவாடியில் பட்டுத் தெறிப்புற்று  $A_1$  ஐ அடையும்; அதாவது முகம் A க்கு

எதிராக உள்ள முகத்தில் படும். இங்கும் ஒளிதெறிப்படைந்து P என்னும் முழுவட்டெறிப்பு அரியத்திற்று அங்கும் தெறிப்படையும். இவ்வாறு தெறிப்புற்ற ஒளியானது T என்னும் துண்டிருகமானிப்பாரிவைத் துண்டால் நோக்கப்படும். அதாவது S இன் இறுதி விம்பம் T இற்குடாக நோக்கப்படும்.

R என்னும் அரியம் நிலையாக இருக்கும்பொழுது விம்பமானது முகம் A<sup>1</sup> இன் மேற்பகுதியில் பட்டுத் தெறித்தவரும் ஒளியினால் தெரிசின்றது. ஆனால் அரியம் சுழற்றப்படும்பொழுது அவ்விம்பம் மறைந்துவிடும்; எனினும் அரியத்தின் சுழற்சியைத் தகுந்தவாறு சரிசெய்யின் விம்பமானது, அரியம் நிலையாக இருக்கும்பொழுது தேரறி யியதுபோல் தோற்றும். இவ்வாறு சரிசெய்யப்படின A இலிருந்து தெறிப்புற்ற கதிரானது, அரியம் R எட்டிலொரு சுழற்சியை அல்லது 45° மைய ஆக்க எடுக்கும் நேரத்தினில், A<sup>1</sup> இற்கு வந்தடைந்துவிடுமாரும். அதே நேரத்தில் அடுத்தமுகமும் A க்கு வந்துவிடுமாரும்.

இக்கட்டத்தில் ஒளி A இலிருந்து A<sup>1</sup> இற்கு செல்லும் பயணத்தின் தூரம் d எனின், ஒளியின் வேகம் c எனின் ஒளியால் பயணத்துக்கு எடுக்கப்பட்ட நேரம்  $t = d/c$  ஆகும். அத்துடன் அரியத்தின் சுழற்சிக்கதி செக்கனுக்கு n சுழற்சிகளாயின்,

$$t = \frac{1}{8n}$$

$$\therefore \frac{1}{8n} = \frac{d}{c}$$

$$\therefore c = 8nd$$

இங்கு n உம் d உம் தெரியப்படும்; ஆகவே c துணியப்படும்.

குறிப்பு

M<sub>1</sub> க்கும் M<sub>2</sub> வுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் ஏறத்தாழ 22 மைல்களாரும். M<sub>1</sub> இனதும் M<sub>2</sub> இனதும் துவாரங்கள் 2 அடியும், குவியத்தாரங்கள் 30 அடியுமாரும். அரியத்தின் சுழற்சிக்கதி சுழனிலைக்காட்டி முறையால் அளக்கப்படும்.

வினாக்கள்

1. பீசோவின் ஒளியின் வேகத்தைத் துணியும் முறையை விவரிக்க; பீசோவின் பற்சில்லுப் பரிசோதனையில் பற்களின் எண்ணிக்கை 720 சில்லுக்கும் தெற்கிறுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் 8,633 மீற்றர். ஒளியின் வேகம் செக்கனுக்கு  $3 \cdot 13 \times 10^8$  மீற்றர் ஆயின், விம்பமறைவு முதல் நிகழும்பொழுது சில்லின் சுழற்சிக் கதியைக் கணிக்க. பீசோவின் முறையினது பிரதிகூலங்கள் யாவை? [விடை: 12.6]

2. உரோமரின் ஒளியின் வேகத்தைத் துணியும் முறையை விவரிக்க;

3. ஒளியின் வேகத்தைத் துணிதற்கு பீசோவின் பரிசோதனையை வரிப்படத்தடன் விளக்குக;

பீசோவின் பரிசோதனையில் சில்லிலுள்ள பற்கள் 720, சில்லுக்கும் தெற்கிறுக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் 8633 மீற்றர். ஒளி மறைவு முதல் நிகழும்பொழுது சில்லின் சுழற்சிக்கதி செக்கனுக்கு 12.6 சுழற்சிகளாரும். ஒளியின் வேகத்தைக் கணிக்க.

[விடை:  $3 \cdot 13 \times 10^8$  மீ./செக்.]

4. போக்கோவின் ஒளியின் வேகத்தைக் காணும் முறையை விவரிக்க;

இப் பரிசோதனையில் தளவாடி செக்கனுக்கு 250 சுழற்சிகளை ஏற்படுத்துகின்றது; இவ்வாடியிலிருந்து 10<sup>6</sup> சமீ. தூரத்தில் இருக்கும் ஒரு நிலையான ஆடிக்கு ஒளிக்கற்றை தெறிக்கப்படுகின்றது. மேலும் தளவாடியில் தெறிக்கும் கதிர் ஆரம்பக்கதிரின் திசையுடன் 12° ஆக இருக்கின்றது; இவ்வளவைகளிலிருந்து ஒளியின் வேகத்தைக் காண்க. [விடை:  $3 \times 10^8$  மீ./செக்.]

5. மைக்கேல்சனின் ஒளியின் வேகத்தைத் துணியும் முறையை விவரிக்க;

## அத்தியாயம் 12

### ஒளியின் கொள்கைகள்

ஒளியுடன் சம்பந்தப்பட்ட பல தோற்றப்பாடுகளை விளக்குவதற்கு இரு கொள்கைகள் பலகாலமாக இருந்துவந்தன. இவற்றுள் ஒன்று மறிதிலும் முந்திவந்ததனால் விரும்பத்தக்கதாகவும் கொஞ்சக் காலம் இருந்தது. அக்கொள்கைதான் நியூற்றனினால் விளக்கப்பட்ட சிறுதுணிக்கைக் கொள்கையாகும். இதனை ஆதாரமாகக் கொண்டு நேர்கோட்டுச் செல்லுகை, தெறிப்பு, முறிவு போன்ற ஒளியின் சில தோற்றப்பாடுகள் நிறுவத்தக்கதாக இருந்தது. தடையு முனைவாக்கம் போன்ற மற்றும் தோற்றப்பாடுகளை இதனைக் கொண்டு விளக்க முடியாதிருந்தது. ஆனால் பின்னர் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட அலைக் கொள்கை ஒளியின் சகல தோற்றப்பாடுகளுக்கும் விளக்கம் கொடுக்கத்தக்கதாக இருந்தது. இது ஒலிலாந்து தேசத்தைச் சேர்ந்த ஐகன் என்னும் விஞ்ஞானியால் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட கொள்கையாகும். எனவே ஒளியின் தோற்றப்பாடுகளை விளக்க இரு கொள்கைகள் இருந்துவந்தன வெனலாம். அவை

1. நியூற்றனின் சிறுதுணிக்கைக் கொள்கை
2. ஐகனின் அலைக்கொள்கை

சிறுதுணிக்கைக் கொள்கை

இக் கொள்கையின்படி

1. ஒளியானது சிறு துணிக்கைகளைக் கொண்டுள்ள தென்றும் அச் சிறு துணிக்கைகள் ஓர் ஒளிபொருளிலிருந்து காலப்பட்டுக் கண்ணின் விழித்திரையில் மோதும்பொழுது பாரிவை என்னும் புணைணர்வு உண்டாகிறதெனவும் கொள்ளப்படுகின்றது.
2. இச் சிறுதுணிக்கைகள் சிறியனவும் நேர்கோட்டில் ஓரினலூடகத்தில் செல்கின்றனவுமாகும்.
3. இச் சிறுதுணிக்கைகள் வெவ்வேறு பருமன்களுடையனவாக விருப்பதால் கண்ணில் வெவ்வேறு நிறங்கள் அருட்டப்படுகின்றன.
4. ஓர் ஒளிச் சமவளவு ஊடகத்தில் சிறு துணிக்கைகள் சீரான வேகத்துடன் செல்கின்றன. அவை இன்னொருவிதமான ஊடகத்தின் மேற்பரப்புக்குக் கிட்ட வந்தவுடன் இயக்கத்தில் மாற்றம் அடைகின்றன. அதாவது இம்மேற்பரப்பினால் சிறு துணிக்கைகள் தள்ளப்படுகின்றன. அவ்வது கவரப்படுகின்றன. இது

ஊல் இயக்கத்தின் திசையிலும் சில நேரங்களில் பருமனிலும் மாற்றம் நிகழ்கின்றன. அப்பொழுது தெறிப்பு முறிவு போன்ற தோற்றப்பாடுகள் நிகழ நேரிடுகின்றன. நியூற்றன் இக்கொள்கையைக் கொண்டு நேர்கோட்டுச் செல்லுகை, தெறிப்பு, முறிவு போன்றனவற்றிற்கு விளக்கம் கொடுக்கத்தக்கதாக இருந்தார்.

நியூற்றன் தனது மேற்கொள்கையின்படி ஓர் அடர்ந்த ஊடகத்தில் ஒளியின் வேகம் ஐதான ஊடகத்திலும் பார்க்கக் கூடுதலாக இருக்கின்றது என்னும் முடிவுக்கும் வந்துள்ளார். ஆனால் பரிசோதனையின்படி போக்கோவின்னால் (1850) அடர்ந்த ஊடகத்தில் ஒளியின் வேகம் ஐதான ஊடகத்திலும் குறைவேனக் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது இக் கொள்கைக்கு முரணாக இருந்தது.

அலைக்கொள்கை

இக் கொள்கை ஐகன், பிரேனல் என்னும் இரு விஞ்ஞானிகளால் 1678-ம் ஆண்டு கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இக்கொள்கையின்படி

1. அண்ட கோளத்தில் பூராகவுள்ள எல்லாச் சடங்களிலும், திரவியமற்ற ஓர் ஊடகம் அவற்றினூடு ஊடுருவிச் செல்கின்றன வெனக் கொள்ளப்படுகின்றது. இவ்லூடகம் ஒளிகடத்தும் ஈதர் எனப்படும்.
2. ஒரு பொருளிலுள்ள ஒளிச்சத்தியானது அப்பொருளைச் சூழ்ந்திருக்கும் ஈதரில் ஆவர்த்தனக் குழப்பங்களை ஏற்படுத்தி அலைவடிவங்களில் பரவுகின்றனவாகும். இவ்வதிர்வுகளின் சத்தி ஈதரின் ஒரு துணிக்கையிலிருந்து மற்றத் துணிக்கைக்கு இடமாற்றப்படுகிறது. எனவே ஒளியானது ஈதரில் பரப்பப்படும் ஓர் அலை இயக்கம் எனப்படும்.
3. அலைகளைச் செலுத்துவதற்கு ஈதர் ஒரு தொடர் ஊடகமாகவும் அத்துடன் மீள்தன்மையும் அடர்த்தியுமுள்ளதாகவும் இருத்தல் வேண்டும். இதன் மீள்தன்மை ஒரு மீள்தன்மைத் திண்மத்தினதைப் போன்று உயர்ந்ததாகவும் அடர்த்தி ஐதான வாயுவொன்றினதைப் போன்று மிகச் சிறிதாகவும் இருக்கும்.
4. அலைகள் குறுக்கிடைகளாகும். அதாவது அலைகள் செல்லும் திசைக்குச் செங்குத்தாக ஈதர் துணிக்கைகள் அதிர்கின்றன.
5. குறுக்கதிர்வுகளின் ஒரு கூட்டம் எங்கள் கண்ணை அடையுமி பொழுது ஒளியின் உணர்வை நாம் அனுபவிக்கின்றோம்.
6. இவ்வலைகள் மிகச் சிறியன, ஆனால் மிக உயர் வேகத்துடன் பரவுகின்றன; ஒரு குறித்த நளமுள்ள அலைகள் ஒளியின் ஒரு குறித்த நிறத்தை ஆக்குகின்றனவாக இருக்கின்றன.

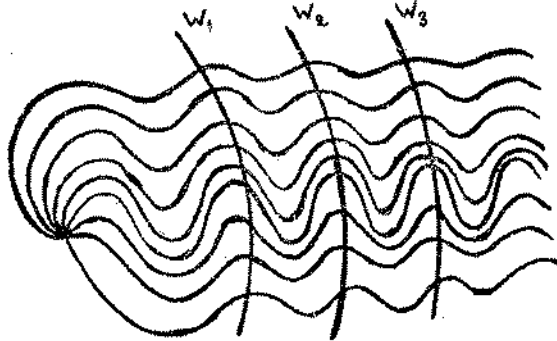
அலைக்கொள்கை, சிறுதுணிக்கைக் கொள்சையால் விளக்கத்தக்க தோற்றப்பாடுகளையும் மற்றும் அதனால் விளக்க முடியாமலிருக்கும் தோற்றப்பாடுகளையும், விளக்கத்தக்கதாக இருக்கின்றதால் இக் கொள்கை இன்று விரும்பத்தக்கதாக நிலவுகின்றது.

ஐகனின் கொள்கையும் ஒளிக்கொள்கையையும்

ஒரு புள்ளி ஒளிமுதல் ஒளியைக் காலும்பொழுது, நீரில் குறி நிலைகள் இரு பரிமாணங்களில் உண்டாக்கப்படுவதைப்போல, ஈதரில் அலைகள் முப்பரிமாணங்களில் உண்டாக்கப்படுகின்றன. ஊடகம் ஒளி மையின் ஒளிமுதலிலிருந்து சமதாரத்தில் இருக்கும் ஈதர் துணிக்கைகளாவன எக்கணத்திலும் ஒரே அதிர்வு நிலையில் இருக்கும். அதாவது அவை ஒரே அவத்தையில் உள்ளனவாக இருக்கும்.

ஒரே அவத்தையில் அதிர்வுறும் புள்ளிகளைக்கொண்ட ஒரு மேற்பரப்பு அலைமுகம் எனப்படும். ஒரின் ஊடகத்திலிருக்கும் ஒரு புள்ளி ஒளி முதலிலிருந்து வெளிவரும் அலைமுகங்கள் கோளவடிவில்தானும். புள்ளி ஒளிமுதலிலிருந்து வெகுதாரத்தில் இருக்கும் அலைமுகமொன்றின் ஒரு சிறு பகுதி தளமுகம் எனக் கருதப்படும். ஒரு தள அலை என்னும்பொழுது அலைமுகங்கள் தளமேற்பரப்பையுடையனவாக இருக்கும் என்பதேயாம்.

படம் 157 இல்  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$  என்பன அதிசயர் இடப்பெயர்ச்சியில் இருக்கும் துணிக்கைகளுக்கூடாகச் செல்லும் அலைமுகங்களாகும். ஓர் அலை ஓர் ஊடகத்தினூடு செல்லும்பொழுது அலைமுகம் ஊடகத்தின் ஒவ்வொரு புள்ளிக்கூடாகவும் செல்லும் என்பதும் குறிக்கத்தக்கதாகும். ஓர் ஒளிமுதலின் ஒவ்வொரு புள்ளியும் அலை என்னும் குழப்பத்தை அனுப்பும் மையம் எனக் கருதப்படும்; அலை செல்லும் திசைகதிர் எனப்படும். இது அலைமுகத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும்.



படம் 157

ஐகனின் தத்துவம்

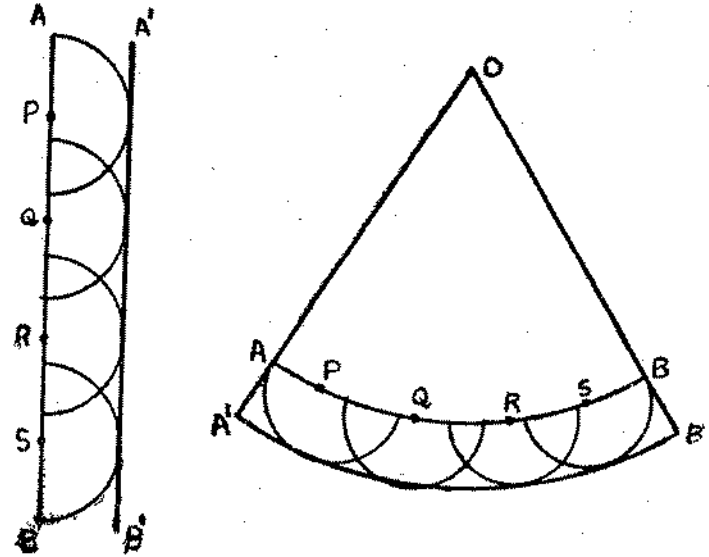
ஐகனின் தத்துவம், ஓர் அலைமுகம் ஒரு குறித்த நேரத்திற்குப்பின் வரும் நிலையைப் பெறுதற்கு ஒரு தகுந்த கேத்திரகணித அமைப்பு முறையைத் தருகின்றது. இத்தத்துவத்தின்படி,

ஓர் அலைமுகத்தில் இருக்கும் ஒவ்வொரு புள்ளியும் துணைச்சிற்றலைகளை ஒளி முதலிலிருந்து வெளிநோக்கி அனுப்பும் குழப்பமொன்றின் மையமெனவும், அச்சிற்றலைகளைத் தொடும் மேற்பரப்பு அல்லது அவ்வலைகளின் குழி புதிய அலைமுகம் எனவுங் கொள்ளப்படும்.

ஐகனின் அமைப்பு

படம் 158 (a) இல் AB என்பது ஒரு கணத்திலுள்ள தள அலைமுகமாகும்; படம் 158 (b) இல் AB ஒரு கணத்திலுள்ள கோள அலைமுகமாகும். இவ்வலை முகங்கள் t என்னும் நேர இடைக்கூப்பின் A'B' என்னும் புதிய நிலைக்கு முன்னேறியிருக்கின்றன, எனவே A'B' புதிய அலைமுகமாகும்; இவற்றை வரும்பொழுது துணியலாம்.

ஒளியின் வேகம் v எனின் அலைமுகத்தின் வேகமும் v என்பது வெளிப்படும். ஆகவே t என்னும் நேரத்திற்குப் பின் அலைமுகங்கள் முன்னேறியுள்ள தூரம் vt ஆகும். இதன் பிரகாரம் vt ஐ ஆரையாக கொண்ட கோளங்களை AB இலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியையும் மைய



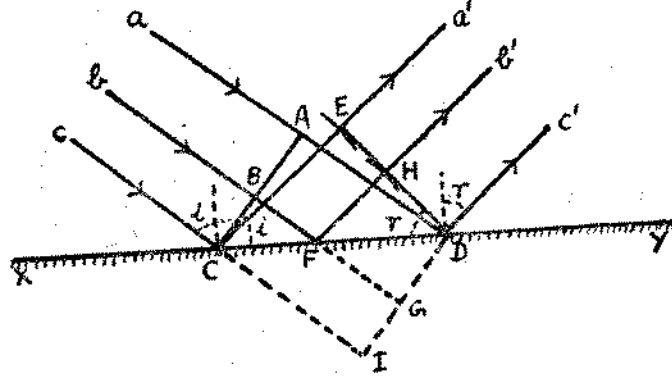
(a)

படம் 158

(b)

மாகக் கொண்டு வரைவு அலை படம் 158 (a) இலும் (b) இலும் காட்டப்படுகின்றன. இக்கோளங்கள் துணைக்கற்றில்கள் எனப்படும். இக்கோளங்களைத் தொடுமாறு A' B' ஐ வரைக. A' B' ஆனது அலைமுகத்தின் புதிய நிலையைத் தரும். எனவே A' B' புதிய அலைமுகமாகும்.

தளமேற்பரப்பில் தளஅலைமுகத்தின் தெறிப்பு



படம் 159

ABC என்பது XY என்னும் தளமேற்பரப்பில் படப்போகும் தள அலைமுகமாகும். a, b, c என்பன ஒளிக்கதிர்கள். ABC என்னும் அலைமுகமானது XY இல் படும்பொழுது அலைமுகத்தில் முதல் குழப்பமடையும். புள்ளி C உம், கடைசியாகக் குழப்பம் அடையும் புள்ளி D உம் ஆகும். C ஆனது குழப்பம் அடைந்தவுடன், C அப்புள்ளியிலிருந்து துணைக்கற்றில்கள் அல்லுடகத்தில் தெறிப்புறும். ஒளி அடையில் வேகம் v எனவும், A ஆனது D க்கு வருவதற்கு எடுக்கும் நேரம் t எனவும் கொள்ளப்படின் இந்நேரம் t இனில் C இலிருந்து தெறிப்புற்ற அலை vt என்னும் தூரத்துக்கூடாக இயங்கியுள்ளதாகும். எனவே C ஐ மையமாகவும், vt ஐ ஆரையாகவும் கொண்டு ஒரு வில் அமைத்து, DE ஐ D இலிருந்து இவ்வில்லுக்கு தொடலியாக அமைக்க. அப்பொழுது, DE புதிய அலைமுகத்தின் கவடு ஆகும். இதனை வருமாறு நிரூபிக்கலாம்.

இதற்கு F என்னும் புள்ளியிலிருந்து புறப்படும் குழப்பமொன்று C இலிருந்து புறப்படும் குழப்பம் E ஐ அடையும் அதே கணத்தில் அடையுமெனக் காட்டல் வேண்டும். தளம் XY இல்லாவிடில் ABC என்னும் அலைமுகம் நிலை DGI அடைந்திருக்கும். அப்பொழுது, F இல் ஏற்படும் குழப்பம் G ஐ அடைந்திருக்கும். இனி FH ஐ DE க்குச் செங்குத்தாக வரைக. அத்துடன் FG = FH எனக் காட்டினால், DE உண்மையான அலைமுகமாகும்.

இதைக் காட்டுவதற்கு  $\Delta$  கள் CDE, CDI கருத்திற்கொள்க.

இங்கு  $CE = CI$  ( $\because CE = CI = vt$ )

CD பொது

$\angle CED = \angle CID$  (செங்கோணங்கள்)

$\therefore \Delta CDC \equiv \Delta CDI$

$\therefore \angle CDE = \angle CDI$

அடுத்தாற்போல்,

$\Delta$  s FDG, FDH ஐக் கருத்திற்கொள்க.

$\angle FDG = \angle FDH$

FD பொது

$\angle FGD = \angle FHD$  செங்கோணங்கள்

$\therefore \Delta FDG \equiv \Delta FDH$

$\therefore FH = FG$

எனவே C இலிருந்து புறப்படும் குழப்பம், E ஐ அடையும் அதே கணத்தில் F இலிருந்து புறப்படும் குழப்பம் H ஐ அடையும் F ஐப் போன்ற CD இலுள்ள வேறு எவையேனும் புள்ளிகளிலிருந்து புறப்படும் குழப்பங்களும் அதே நேரத்தில் தொடலி DE ஐ அடையும். ஆகவே DE புதிய அலைமுகமாகும்.

தெறிப்பு விதிகளை நிறுவல்

$\Delta$  கள் CAD, CED இல்

$AD = CE$

CD பொது

$\angle CAD = \angle CED = \angle 90^\circ$

$\therefore \Delta CAD \equiv \Delta CED$

$\therefore \angle ACD = \angle EDC$

இவற்றுள்

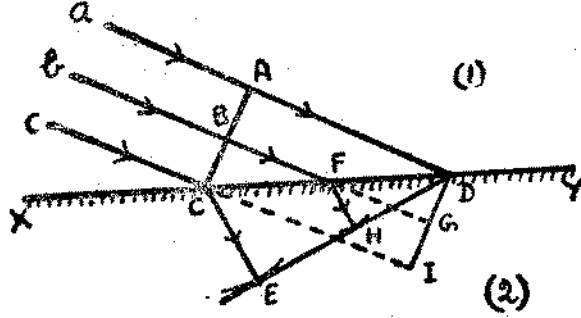
$\angle ACD =$  படுகோணம்

$\angle EDC =$  தெறிகோணம்

$\therefore$  படுகோணம் = தெறிகோணம்

மேலும் a, b, c என்னும் படுகதிர்களும் a', b', c', என்னும் தெறிகதிர்களும் வரிப்படத்தின் தளத்தில் இருப்பனவாக, இவை ஒரே தளத்தில் இருக்கின்றன. இத்தளம் படுப்புள்ளியிலுள்ள செவ்வகையும் கொண்டுள்ளது.

(2) தளமேற்பரப்பில் முறிவு



படம் 160

ABC என்பது XY இல் படும் அலைமுகத்தில் கவடு, ஊடகங்கள் (1) ஐயும் (2) ஐயும் பிரிக்கும் மேற்பரப்பு XY எனவும், அவ்ஊடகங்களில் ஒளியின் வேகங்கள்  $v_1, v_2$  எனவும் அத்துடன் A இலிருந்து Dக்குக் குழப்பம் செல்ல எடுக்கும் நேரம்  $t$  எனவுங் கொள்க.

C இலிருந்து புறப்படும் முதற்சிறிற்லை, ஊடகம் (2) இலாடு  $v_2$  எனும் வேகத்துடன் செல்லும். அவ்ஊடகத்தில், C ஐ மையமாகவும்,  $v_2 t$  ஐ ஆரையாகவும் கொண்டு ஒரு வட்டத்தின் வில்கலை வரைந்து, அவ்வில்கலுக்கு D இலிருந்து DE என்னும் தொடனியையும் வரைக. அப்பொழுது DE வேண்டிய முறிந்த அலைமுகம் ஆகும், இதனை வருமாறு நிரூபிக்கலாம்.

இரண்டாம் ஊடகம் இல்லாதிருப்பின் ABC, DGI அடைந்திருக்கும்; FH ஐ DE க்குச் செங்குத்தாக வரைக. FH இந் கூடாகக் குழப்பம் செல்ல எடுக்கும் நேரமும், FG ஆனது முதல் ஊடகத்தைப் போன்ற தொன்றில் இருப்பின் அத் தூரங்களுக்கூடாகக் குழப்பம் செல்ல எடுக்கும் நேரமும் சமனைக்க காட்டின் DE உண்மையான தளம் என நிறுவப்படும்;

இப்பொழுது,

$$\frac{CE}{CI} = \frac{v_2 t}{v_1 t} = \frac{v_2}{v_1}$$

$$\frac{FH}{CE} = \frac{FD}{CD} = \frac{FG}{CI}$$

$$\text{எனவே } \frac{FH}{FG} = \frac{CE}{CI} = \frac{v_2}{v_1}$$

F இலிருந்து ஒரு குழப்பம் முதல் ஊடகத்தைப் போன்றதொன்றிற் கூடாக G க்குச் செல்வதற்கு எடுக்கும் நேரம்  $t'$  எனின்,  $FG = v_1 t'$

ஆகும். அதே நேரத்தில் (2)ம் ஊடகத்தில் குழப்பம்,  $v_2 t' = FH$  எனும் தூரத்துக்கூடாக இயங்கியிருக்கும். எனவே CD இலுள்ள எந்தப் புள்ளியிலிருந்தும் புறப்படும் குழப்பம், அலைமுகம் ABC ஆனது DGI அடையும் அதே கணத்தில் தொடனி DE ஐ அடையுமாகும்; எனவே DE முறிந்த அலைமுகம் ஆகும்.

சினேலின் விதியைக் நிறுவுதல்

$$\angle ACD = \text{படுகோணம்}$$

$$\angle CDE = \text{முறிகோணம்}$$

$$\frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \frac{AD/CD}{CE/CD} = \frac{AD}{CE} = \frac{v_1 t}{v_2 t}$$

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

$$\therefore \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \text{மாறினி} = \mu_2$$

(v<sub>1</sub>, v<sub>2</sub> அவ்வவ் ஊடகங்களுக்கு மாறினிகளாகும்)

இதுவே சினேலின் விதி

$$\text{மேலும், } \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \mu \text{ ஆதலினாலும் } \mu > 1 \text{ ஆதலினாலும் அலைக்}$$

கொள்கையின்படி,  $v_1 > v_2$ 

அதாவது வளியில் ஒளியின் வேகம் ஊடகத்தில் உள்ள ஒளியின் வேகத்திலும் பெரிதாகும். இதுவிருந்து  $\mu$  க்கு வருமாறு வரைவிலக்கணம் கூறலாம்.

ஆதாவது

$$\mu = \frac{\text{வளியில் அல்லது வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம்}}{\text{தரப்பட்ட ஊடகத்தில் ஒளியின் வேகம்}}$$

(3) முழுவுட்டெறிப்பு

(2) ம் ஊடகத்திலுள்ள ஒளியின் வேகம்  $v_2$  (1) ம் ஊடகத்திலுள்ள ஒளியின் வேகத்திலும் பெரிதாகவும், அத்தடன்  $CE > CD$  ஆகவுமிருப்பின், D இலிருந்து C ஐ மையமாகவும் CE ஐ ஆரையாகவும் கொண்டு சிறப்படும் வில்கலுக்குத் தொடனி அமைக்க இயலாததாகும். எனினும் எல்லைச் சந்தர்ப்பத்தில்

அதாவது  $CE = CD$  ஆக இருக்கும்பொழுது

$$AD = CD \text{ சைன் } i$$

$$v_1 t = CE \text{ சைன் } i$$

$$= v_2 t \text{ சைன் } i$$

$$\therefore v_1 = v_2 \text{ சைன் } i$$



$$\therefore \text{சைன் } i = \frac{v_1}{v_2} = \mu_2 = \frac{1}{2\mu_1}$$

$$\text{அதாவது சைன் } i = \frac{1}{2\mu_1}$$

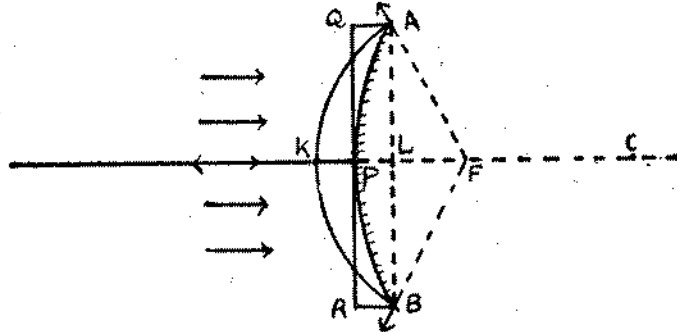
(இது  $v_2 > v_1$  ஆயின் பொருந்தும்? அதாவது குறைவாக அடர்ந்த ஊடகத்தில் மோதும்பொழுது).

இங்கு  $\mu_1$ , 2ம் ஊடகம் சார்பாக 1-ஆம் ஊடகத்தின் முறிவுக் குணகமாகும். இங்கு  $i = C$  ஆகும்.

$$\therefore \text{சைன் } C = \frac{1}{2\mu_1}$$

C அவதிக் கோணமாகும்.

கோளமேற்பரப்பில் தள அலைமுகத்தின் தெறிப்பு



படம் 161

APB என்பது ஒரு கோள தெறிமேற்பரப்பும் QPR என்பது அதில் படும் அலைமுகமாகும். Q விலும் R இலும் உள்ள குழப்பம் தெறிமேற்பரப்பிலுள்ள A, B என்னும் புள்ளிகளில் போய்ப்பட எடுக்கும் நேரத்தினில் P இலிருந்து தெறித்துச் செல்லும் தலை அலை அதே ஊடகத்தில் PK என்னும் தூரத்துக்கூடாகச் சென்றுவிடுமாகும். இத்தூரம் PK ஆனது  $QA = RB = PL = PK$  ஆகுமாறு இருக்கும். அப்பொழுது AKB என்பது தெறித்துச் செல்லும் கோள அலைமுகமாகும்; இவ்வலைமுகத்தின் வளைவுமையமானது F இல் உள்ளது. இவ்வாறு தள அலைமுகம் QPR இல் உள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் அதே நேரத்தினில் மேற்பரப்பு AKB ஐ அடைந்துவிடும். F என்பது கோளவாடியின் குவியமும் அத்துடன் KF தெறித்துச் செல்லும் அலைமுகம் AKB இன் வளைவினாலையுமாகும்; PF கோளவாடியின் குவியத்தூரமாகும்.

படம் 161 இல் APB வட்டமொன்றின் ஒரு சிறிய வில் எனவும் PC அதன் ஆரை R எனவும் ALB ஐ அவ்விலின் நாண் எனவும் கொள்ளப்படின் கேத்திரகணித முறைப்படி,

$$\begin{aligned} AL^2 &= PL(2R - PL) \\ &= 2R \cdot PL - PL^2 \end{aligned}$$

துவாரங்கள் சிறியனவாயின்  $PL^2$  புறக்கணிக்கப்படும்:

$$\therefore AL^2 = 2R \cdot PL$$

$$\therefore R = \frac{AL^2}{2PL}$$

இதேபோல் AKB என்னும் கோளமேற்பரப்பிற்கு

$$KL = \frac{AL^2}{2KF}$$

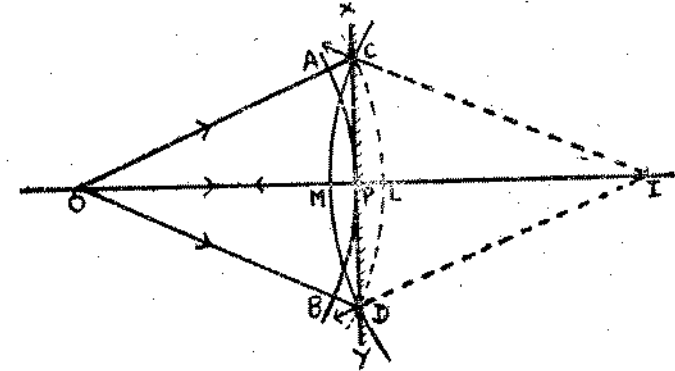
$$\therefore KF = \frac{AL^2}{2KL} = f \text{ (அண்ணளவாக)}$$

ஆனால்  $KL = KP + PL = 2PL$

$$\begin{aligned} \therefore f &= \frac{AL^2}{2 \times 2PL} = \frac{1}{2} \left( \frac{AL^2}{2PL} \right) \\ &= \frac{R}{2} \end{aligned}$$

எனவே QPR என்னும் தள அலைமுகமானது AKB என்னும் கோள அலைமுகமாக, வளைவுமையம் F இல் இருக்குமாறு, தெறிக்கும். மேலும் கோளவாடியின் குவியத்தூரம் அதன் வளைவினாலையின் அரைமட்டமாகும்.

தளமேற்பரப்பொன்றில் கோள அலைமுகத்தின் தெறிப்பு



படம் 162

XY என்பது ஒரு தளதெறிமேற்பரப்பும், O என்பது தளமேற்பரப்பிலிருந்து OP என்னும் தூரத்திலுள்ள ஓர் ஒளிப்புள்ளியுமாகும். APB என்பது XY இன் மீதுள்ள P இல் படும்கோள அலைமுகமாகும். A இலும் B இலும் உட்குள குழப்பங்கள் C, D என்னும் புள்ளிகளை அடைய எடுக்கும் நேரத்தில் P இலிருந்து வெளிவரும் துணை அலை யானது PM என்னும் தூரத்துக்கூடாகச் செல்லும். இத்தூரமானது  $PM = AC = BD$  ஆகுமாறு இருக்கும். இத் தெறிமேற்பரப்பு அவ் விடத்தில் இல்லாதிருப்பின் அலைமுகம் PL என்னும் தூரத்துக்கூடாக முன்னேறி CLD என்னும் நிலையை அடைந்தவிடும் (படம் 162). மேலும்  $PL = PM$  ஆகும். A க்கும் B க்கும் இடையேயுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியிலுமிருந்து தெறித்துவரும் துணை அலையும் தெறித்துச் செல்லும் கோள அலைமுகம் CMD இலுள்ள அவற்றிற்கொத்த புள்ளிகளை அந்நேரத்தில் அடைந்தவிடும். மேலும் I என்பது CMD என்னும் மேற்பரப்பின் வளைவுமையமாகும். அத்துடன் O வின் விம்பமும் I ஆகும். படும்கோள அலைமுகத்தின் வளைவினாரை தெறிக்கும் அலை முகத்தின் வளைவினாரைக்குச் சமனுமாகும்.

CLD என்னும் மேற்பரப்பிற்கு

$$PL = \frac{Cp^2}{2LO} \quad \text{----- (1)}$$

CMD என்னும் மேற்பரப்பிற்கு

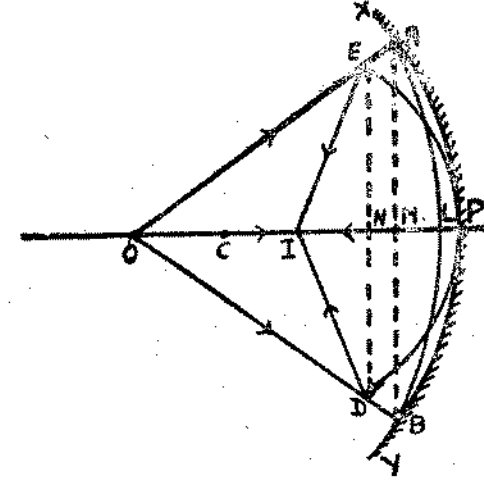
$$MP = \frac{CP^2}{2MI} \quad \text{----- (2)}$$

ஆனால்  $PL = MP$   
 $\therefore LO = MI$   
 $OP + PL = MP + PI$   
 அதாவது  $OP = PI$

எனவே ஒரு தளவாடியில் பொருளானது ஆடிக்கு முன்னால் எவ்வளவு தூரத்தில் இருக்கின்றதோ அவ்வளவு தூரத்தில் விம்பம் ஆடிக்குப் பின்னால் இருக்கின்றதாகும்.

கோள மேற்பரப்பில் கோள அலைமுகத்தின் தெறிப்பு

XPY என்பது குழிவான ஒரு கோளத் தெறி மேற்பரப்பாகும். அதன் வளைவுமையம் C உம் வளைவினாரை R உம் ஆகும். O என்பது தெறிமேற்பரப்பின் அச்சில் இருக்கும் ஒரு புள்ளி ஒளிமுதல். அத்துடன் ALB தெறிமேற்பரப்பில் படும் ஒரு கோள அலைமுகம். இது அம்மேற்பரப்பை A, B என்னும் புள்ளிகளில் தொடுகின்றன; L இலுள்ள குழப்பமானது P ஐ அடையும் நேரத்தினில் A இலும் B இலும் ஏற்பட்டுள்ள துணை அலைகள் AE, BD என்னும் தூரங்களுக்கூடாகச்



படம் 163

சென்றவிடும். ஆனால் இத்தூரங்கள் AE உம் BD உம் ஒன்றுக்கொன்று சமனும் அத்துடன் PL க்கும் சமனாகும். அதாவது  $AE = BD = PL$  எனவே EPD தெறித்த கோள அலைமுகமாகும். இதன் வளைவுமையம் I ஆகும். I ஆனது O வின் விம்பமுகமாகும்;

மேலும், கோளமேற்பரப்பின் துவாரம் சிறிதெனவும் கொள்ளப்படின், கோளமேற்பரப்பு ALB க்கு

$$LM = \frac{AM^2}{2LO} = \frac{AM^2}{2PO} \quad \text{----- (i)}$$

கோளமேற்பரப்பு EPD க்கு

$$PN = \frac{EN^2}{2PI} = \frac{AM^2}{2PI} \quad \text{----- (ii)}$$

( $\because EN = AM$  அண்ணளவாக)

கோள மேற்பரப்பு XPY க்கு

$$PM = \frac{AM^2}{2PC} \quad \text{----- (iii)}$$

மேலும்

$$PL = AE = MN \text{ அண்ணளவாக}$$

$$PN = PM + MN = PM + PL$$

$$= PM + PM - LM$$

$$A \quad PN + LM = 2PM \quad \text{----- (iv)}$$

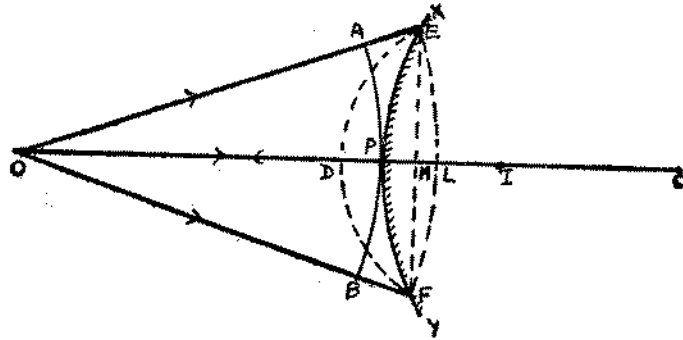
இச் சமன்பாட்டுக்கு PN, LM, PM ஆகியவற்றின் மேற்பெறுமானங்களைப் பிரதியிடுவர்,

$$\frac{AM^2}{2PI} + \frac{AM^2}{2PO} = \frac{2AM^2}{2PC} \text{ பெறப்படும்.}$$

குறிவழக்கின்படி  $PI = -v$ ,  $PO = -u$ ,  $PC = -R$   
எனவே இச்சமன்பாடு,

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{2}{R} = \frac{1}{f} \text{ ஆகும்.}$$

கோளத் தெறிமேற்பரப்பு குவிமேற்பரப்பாயின், அலைமுகம் குவிமேற்பரப்பின் முனைவு P ஐ முதல் சந்திக்கும்.



படம் 164

இங்கு XPY குவிவான கோளத்தெறி மேற்பரப்பெனவும் அதன் வளைவுமையம் C எனவும் வளைவினாரை R எனவும் கொள்க. அதன் அச்சில் ஒரு புள்ளியில் O என்னும் ஓர் ஒளிமுதல் உண்டு. இதிலிருந்து வெளிவரும் கோள அலைமுகமானது XPY என்னும் மேற்பரப்பை முதல் P இல் சந்திக்கும். அப்பொழுது அவ்வலைமுகத்தின் சுவடு APB ஆகும். ஆனால் A இலும் B இலும் உள்ள குழப்பங்கள் மேற்பரப்பை முறையே E இலும் F இலும் அடையும் நேரத்தில் P இல் தெறிப்புற்ற குழப்பமானது D ஐ அடைந்துவிடுமாகும். ஆகவே  $PD=AE=BF$ . மேலும் தடுப்பு இல்லாவிடில் அலைமுகம் APB ஆனது ELF என்னும் நிலையை அடைந்துவிடும்.

$$\therefore PD = AE = BF = PL$$

அதாவது  $PD = PL$

மேலும் அலைமுகம் APB இலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியிலுமுள்ள குழப்பமும் தெறிப்புறலதால், தெறித்த அலைமுகம் EDF ஆகும். இது I என்னும் புள்ளியிலிருந்து வெளிவருவது போலாகும். ஆகவே I ஆனது O வின் ஒரு மாயவிம்பமாகும்.

இங்கு  $PL = PD$   
 $ML = PL - PM$   
 $MD = PD + PM$   
 $\therefore ML - MD = PL - PD - 2PM$   
 $= -2PM \quad (\because PL = PD)$   
 $\therefore ML - MD = -2PM$  -----(i)

மேலும்  $ML = \frac{EM^2}{2OL}$ ;  $MD = \frac{EM^2}{2ID}$ ;  
 $PM = \frac{EM^2}{2CP}$

மேற்பரப்பின் துவாரம் சிறிதாகையால்,  
 $OL = OP$ ,  $ID = IP$  அண்ணளவாக  
இதன் பிரகாரம் சமன்பாடு (i) வருமாறு அமையும்.

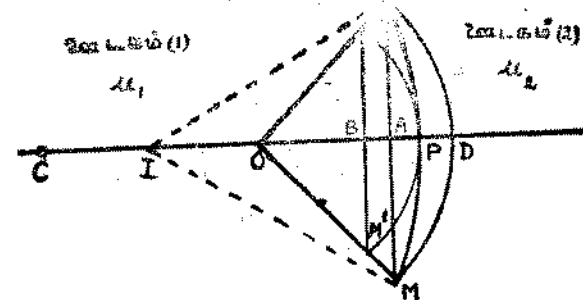
$$\frac{EM^2}{2OP} - \frac{EM^2}{2IP} = -\frac{2EM^2}{2CP}$$

குறிவழக்கின்படி OP, IP, CP க்களுக்கு u, v, R பிரயோகிக்கப்படுமபொழுது

$$\frac{EM^2}{-2u} - \frac{EM^2}{+2v} = -\frac{2EM^2}{+R}$$

அதாவது  $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{2}{R} = \frac{1}{f}$

கோளமேற்பரப்பில் குறிவு



படம் 165

LPM கோளமேற்பரப்பின் சுவடாகும். அதன் அச்சிலுள்ள O என்னும் புள்ளியிலிருந்து கோள அலையொன்று வெளிவருகிறதெனவும் ஒளிமுறிவின் பின் I இலிருந்து வெளிவருவது போல் தோன்றுகிறதெனவும் கொள்க. அலைமுகம் மேற்பரப்பில் முதல் முதல் படும்

கணத்தில் அதன் சவடு  $L' PM'$  ஆகும். ஒளிமுறிவின் பின் அலைமுகத்தின் சவடு  $LDM$  ஆகும். முதலாம் ஊடகத்தில் அலையின் ஓரம்  $LL'$  என்னுந் தூரத்திற்கு கூடாகச் செல்லும்பொழுது,  $P$  இலிருந்து ஒரு துணை அலை இரண்டாம் ஊடகத்தில்  $PD$  என்னும் தூரத்திற்கூடாகச் செல்கின்றது;

முதலாம் ஊடகத்திலும் இரண்டாம் ஊடகத்திலும் ஒளியின் வேகங்கள் முறையே  $v_1, v_2$  எனவும் அவற்றின் முறிவுக் குணகங்கள்  $\mu_1, \mu_2$  எனவும் கொள்க.

$$\begin{aligned} \text{அப்பொழுது } LL' &= v_1 t, \quad PD = v_2 t \\ \text{மேலும் } AB &= PB - PA = v_1 t \\ &\quad (\text{மேற்சொன்ன அண்ணளவாக்கங்களின்படி}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PD &= AD - PA = v_2 t \\ \frac{PB - PA}{v_1} &= \frac{AD - PA}{v_2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{மேலும் } \frac{\mu_1}{\mu_2} &= \frac{v_2}{v_1} \\ \mu_1 (PB - PA) &= \mu_2 (AD - PA) \end{aligned}$$

ஆனால்

$$\begin{aligned} PB &= \frac{L'B^2}{2PO} = \frac{LA^2}{2PO}, \quad PA = \frac{LA^2}{2PC} \\ AD &= \frac{LA^2}{2PI} \end{aligned}$$

$$\therefore \mu_1 \left( \frac{LA^2}{2PO} - \frac{LA^2}{2PC} \right) = \mu_2 \left( \frac{LA^2}{2PI} - \frac{LA^2}{2PC} \right)$$

குறிவழக்கின்படி

$$PO = -u, \quad PC = -R, \quad PI = -v$$

$$\therefore \mu_1 \left( -\frac{1}{2u} + \frac{1}{2R} \right) = \mu_2 \left( -\frac{1}{2v} + \frac{1}{2R} \right)$$

$$-\frac{\mu_1}{2u} + \frac{\mu_2}{2R} = -\frac{\mu_2}{2v} + \frac{\mu_2}{2R}$$

$$\Delta \frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R}$$

வினாக்கள்

1. ஒளியின் அலைக்கொள்கை என்பதால் அறியப்படுவது என்ன? இக் கொள்கைக்கு ஆதாரமாக இருக்கும் சான்றுகளைத் தருக. அலைக்கொள்கை மூலம் தெறிப்பு முறிவு விதிகளை எவ்வாறு பெறலாம் என்பதை விளக்குக.

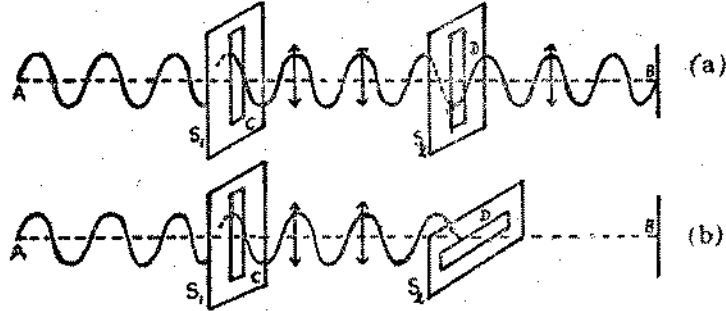
2. அலைமுகங்களைக் காண்பதற்கு ஐகனின் அமைப்பு என்ன? இவ்வமைப்பை உபயோகித்து ஒர் எக்ஸ்பெரிமென்ட்டின் மீது படுகின்ற தளவலைக்கு ஒளிமுறிவு விதியைப் பெறுக.
3. ஐகனின் தத்துவம் என்ன? வளி சார்பாக ஒர் ஊடகத்தின் முறிவுக் குணகத்திற்கும் ஒளியின் வேகத்திற்கும் இடையேயுள்ள தொடர்பை ஆலைக்கொள்கைமூலம் விளக்குக.
4. ஐகனின் தத்துவத்தை உபயோகித்து, ஒரு புள்ளியிலிருந்து வெளிவரும் ஒளியலைகள் தளவாடியொன்றில் தெறித்தபின், இன்னொரு புள்ளியிலிருந்து வெளிவருபவைபோல் தோன்றுமெனக் காட்டுக. இப்புள்ளியின் நிலையைக் காண்க.
5. ஒரு புள்ளி ஒளிமுதலிலிருந்து வெளிவரும் ஒளிஅலைகளை குழிவாடி, யொன்றில் தெறித்து ஒரு புள்ளி விம்பத்தைக் கொடுக்கிறதெனக் கொண்டு ஐகனின் தத்துவத்தை உபயோகித்து பொருட்டூரம் விம்பதூரம், ஆடியின் வளைவினாரை, ஆடியவற்றின் சார்பாக ஒரு கோவையைப் பெறுக.
6. இரு ஊடகங்களைப் பிரிக்கும் கோளமேற்பரப்பில் ஒளி முறிவுக்கு, ஐகனின் தத்துவத்தை உபயோகித்து பொருட்டூரம், விம்பதூரம், வளைவினாரை, ஊடகங்களின் முறிவுக் குணகங்கள் ஆகியவற்றின் சார்பாக ஒரு கோவையைப் பெறுக.

### அத்தியாயம் 13

#### முனைவாக்கம்

ஒளி ஓர் அலை இயக்கம். ஆனால் அலை இயக்கங்கள் இருவகையாகும். (அதாவது ஒன்று நீள்பக்க அலைஇயக்கம் அடுத்தது குறுக்கலை இயக்கம்). இவற்றுள் ஒளி எந்த வகையைச் சேர்ந்ததென்பதைத் திட்டவாட்டமாக நிரூபிப்பது இவ்வத்தியாயத்தில் விளக்கப்படும் முனைவாக்கம் என்னுந் தோற்றப்பாடாகும். இதன்படி ஒளி ஓர் குறுக்கலை இயக்கம் எனக் காட்டப்படுகிறது. இதனை வருமாறு எடுத்துக்காட்டலாம்.

குறுக்கலைகளின் முனைவாக்கம்

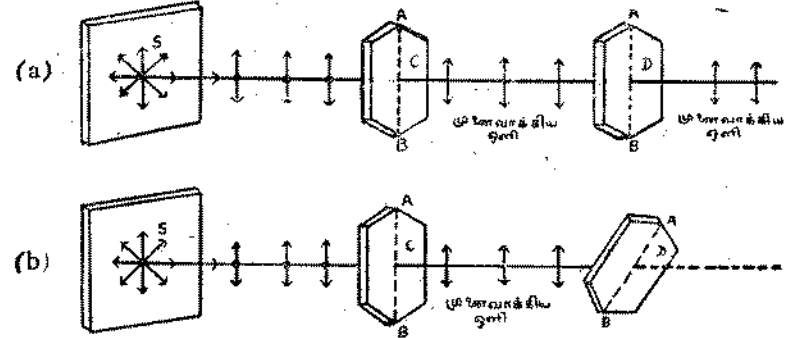


படம் 166

AB என்னும் ஓர் இழை,  $S_1 S_2$  என்னும் இரு பிளவுகளினூடு B என்னும் புள்ளியில் பொருத்தப்பட்டு செல்கின்றதாகும். இழையை மறுமுனை A இல் பிடித்துக் கொண்டு அதை AB க்குச் செங்குத்தாக மேலும் கீழும் அசைக்க. அப்பொழுது CD வழியே பிளவு  $S_1$  க்குச் சமாந்தரமாக குறுக்கலை இயக்கமொன்று செல்லும்.  $S_2$  என்னும் இரண்டாம் பிளவானது  $S_1$  க்குச் சமாந்தரமாக இருக்கும்வரை அவ்வலை இயக்கம் அதனூடும் செல்கின்றது படம் 166 (a). ஆனால்  $S_2$  ஐ பிளவு  $S_1$  க்குச் செங்குத்தாக படம் 166 (b) இல் காட்டியவாறு சரித்த பொழுது  $S_2$  என்னும் பிளவு அலையைச் செலுத்தாமலிருந்தது.

மேலும் A ஐ வட்டமாக அசைத்தபொழுது இழை பிளவு  $S_1$  வரை வட்டமாகவும்  $S_1$  க்கு அப்பால்  $S_2$  க்குச் சமாந்தரமாகவும் இயக்கியது. இங்கு  $S_1$  தளத்திக்குச் சமாந்தரமாக இருக்கும் அதிர்வுகளைச் செலுத்தி மற்றவைகளைச் செலுத்தாதிருந்தது.  $S_2$  ஆனது  $S_1$  க்குச் செங்குத்தாகச் சரிக்கப்பட்டபொழுது  $S_2$  க்கு அப்பால் ஒருவித அதிர்வும் காணப்படாதிருந்தது.

ஆனால் இழையை முன்னும் பின்னும் அசைத்து நீள்பக்க அலை இயக்கத்தை இழையில் ஏற்படுத்தியபோது  $S_1$  வும்,  $S_2$  வும் ஒன்றுக் கொன்று எந்தநிலையில் இருந்தபோதும் அவ்வலை இயக்கம் அவற்றினூடு செலுத்தப்பட்டது. இதே மாதிரியான தோற்றப்பாடு ஒளி ஒரு தோரமல்லிப் பளிங்கினூடு செல்லும்பொழுதும் அவதானிக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 167

S என்னும் ஒளிமுதலிலிருந்து C என்னும் தோரமல்லிப் பளிங்கில் ஒளி விழுகிறதாகும். இப் பளிங்கில் AB பளிங்கியலச்சு ஆகும், இங்கு C என்பது  $S_1$  ஐப் போன்று ஒரு பிளவுபோல் தொழிற்படும். இப் பளிங்கு C ஐ சுழற்றிக்கொண்டு அதற்குடாக நோக்கும்பொழுது ஒருவித மாற்றமும் தோற்றப்படுவதில்லை. இனி D என்னும் பளிங்கை அதன் பளிங்கியலச்சு C இனதற்குச் சமாந்தரமாக இருக்கத்தக்கதாக வைக்க.

1. இரு பளிங்குகளையும் அவற்றின் அச்சுகள் சமாந்தரமாக இருக்கத்தக்கதாகச் சுழற்றுக. D க்குடாக நோக்கும் பொழுது அதற்குடாக வெளிவரும் ஒளியில் ஒருவித மாற்றமும் அவதானிக்கப்படுவதில்லை (படம் 167 a).
2. பின்பு C ஐ நிலையாக நிலைக்குத்தாக வைத்து D ஐச் சுழற்றுக. D இனூடு செலுத்தப்படும் ஒளி மங்கி C க்குச் செங்குத்தாக வரும்பொழுது ஒளி முற்றாக மறைந்துவிடும் (படம் 167 b).

மேலும் D சுழற்றப்படவில்லையென்றால் செறிவு படிப்படியாக அதிகரித்து C க்குச் சமாந்தரமாக வரும்பொழுது அதி உயர்வாகும்.

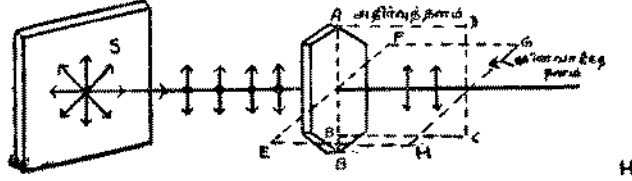
இப்பரிசோதனையிலிருந்து ஒளியின் அலை திட்டவாட்டமாகக் குறுக்கலை என அறியப்படுகின்றது? ஆனால் நீள்பக்க அலையாயின் பளிங்கு

D எந்த நிலைக்கு சுழற்றப்பட்டிருப்பினும் ஒளியின் செறிவு ஒரேமாதிரி யாக இருக்கும். இங்கு அப்படி நிகழாது அதிலுயர்விவிருந்து பூச்சி யத்துக்கு வந்து மீண்டும் படிப்படியாக அதிலுயர்வை அடைகின்றது. இது ஒளி ஒரு குறுக்கலை என்பதற்குச் சான்றாகும்.

மேலும் ஒளி அலைகளானவை C இனூடு செலுத்தப்பட்டபின் ஒரே திசையில் அதிர்வின்றன வென்பது வெளிப்படை. ஆகவே C க் கூடாக வெளிவரும் ஒளி ஒருபக்கத்தன்மை (one sidedness) உடையதாகவுள்ளது. இது தளமுனைவாக்கிய ஒளி எனப்படும்.

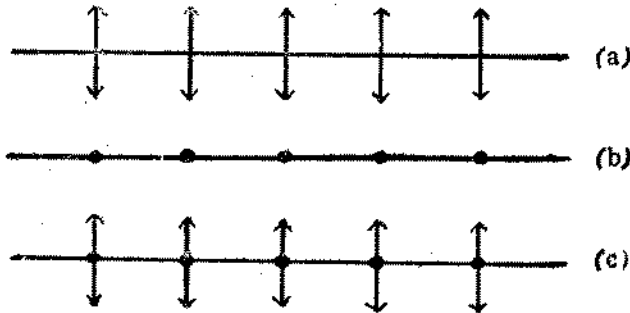
கருக்கமாகச் சொல்லில், ஓர் ஒளிக்கற்றையின் அச்சக்கூடாகச் செல்லும் தளத்துக்குச் சமாந்தரமாக ஒரே திசையில் அதிர்வுகள் நிகழ் மாயின் அப்பொழுது தளமுனைவாக்கிய ஒளி பெறப்படும்.

அதிர்வுத்தளமும் முனைவாக்கத் தளமும்



படம் 168

சாதாரண ஒளி தோரமல்லிப் பனிக்கினூடு சென்று வெளிவரும் பொழுது முனைவாக்கிய ஒளி ஆகின்றது. ஆகவே அது ஒளிசெல்லும் திசைக்குச் செங்குத்தாகவுள்ள ஒரு திசையில் அதிர்வுறும். இவ்வதிர்வுகள் நிகழும் தளம் அதிர்வுத்தளம் எனப்படும். படம் 168 இல் ABCD அதிர்வுத்தளமாகத் தொழிற்படுகின்றது. அதிர்வு நிகழ இயலாத தளம் முனைவாக்கத்தளம் எனப்படும். இது எப்பொழுதும் அதிர்வுத்தளத்துக்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். படம் 168 இல் EFGH முனைவாக்கத் தளமாகத் தொழிற்படுகின்றது.

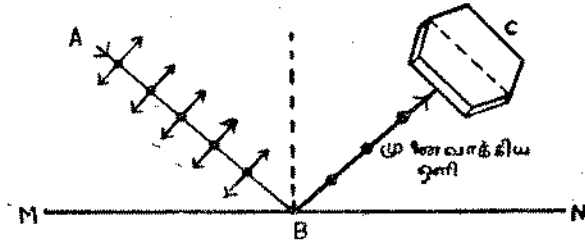


படம் 169

1. புத்தகக் காகிதத்தாளின் தளத்தில் முனைவாக்கிய ஒளியின் அதிர்வுகள் இருப்பின் அது படம் 169 (a) இல் காட்டிய அம்புக் குறிகளினால் குறிக்கப்படுகிறது.
2. காகிதத் தாளுக்குச் செங்குத்தாகவுள்ள தளத்தில் அதிர்வுகள் இருப்பின் அது படம் 169 (b) இலுள்ள குறிக்களால் குறிக்கப்படும்.
3. முனைவாக்கப்படாத ஒளியின் அதிர்வுகள் எல்லா திசைகளிலும் இருக்கின்றன வென்பதைப் படம் 169 (c) இலுள்ள அம்புக் குறியினாலும், குறியினாலும் குறிக்கப்படுகின்றன. அதாவது ஒளி செல்லும் திசைக்குச் செங்குத்தாகவுள்ள தளத்தில் எல்லா திசைகளிலும் அதிர்வுகள் நிகழும் என்பதையே இது காட்டுகின்றது.

தெறிப்பினால் முனைவாக்கம்

1808-ம் ஆண்டு மாலசு என்யவர் கண்ணாடியின் மேற்பரப்பின் மீது தெறிப்பினால் ஒளியின் முனைவாக்கத்தை ஏற்படுத்தலாம் என்பதைக் கண்டுபிடித்தார். ஒரு கண்ணாடித் தட்டின்மீது படும் ஒளி தெறிப்புறும்பொழுது பகுதி முனைவாக்கம் அடையும். முனைவாக்கத்தின் பருமன் தெறிமேற்பரப்பின் மீதுள்ள படுகோணத்தில் தங்கியுள்ளது. தெறிமேற்பரப்பின் தன்மையைப் பொறுத்து ஒளி ஒரு குறித்த படுகோணத்தில் விழும்பொழுது மட்டுமே தெறித்த 'ஒளி முற்றாக முனைவாக்கம் அடையும். இப்படுகோணம் அவ்வுடசத்துக்குரிய முனைவாக்கக் கோணம் ஆகும். இதன் பருமன் கண்ணாடிக்கு  $57.5^\circ$  ஆகும் மேலும் முற்றான முனைவாக்கத்தைப் பெறுதற்கு வெள்ளொளியிலும் பாரீக ஓர் ஒருநிற ஒளியே சிறந்தது.



படம் 170

MN என்னும் ஒளி ஒரு தெறிமேற்பரப்பின் மீது அண்ணளவாக  $57^\circ$  படுகோணத்துடன் விழும் சாதாரண ஒளியைக் கருதித் திற்கொள்க. இதன் தெறித்த ஒளியை தோரமல்லிப் பனிக்கினூடு நோக்குக. தோரமல்லிப் பனிக்கை இப்பொழுது பாரீவை கோட்டைப் பற்றி மெதுவாகச் சுழற்றுக. பனிக்கு ஒரு நிலைக்கு வரும்பொழுது

ஒளியானது முற்றாக மறைக்கப்படுகிறது. இது, தெறிப்பிற்ற ஒளியானது தளமுனைவாக்கம் பெற்றிருக்கிற தென்பதைக் காட்டுகின்றது. இதன் விளக்கம் வருமாறு

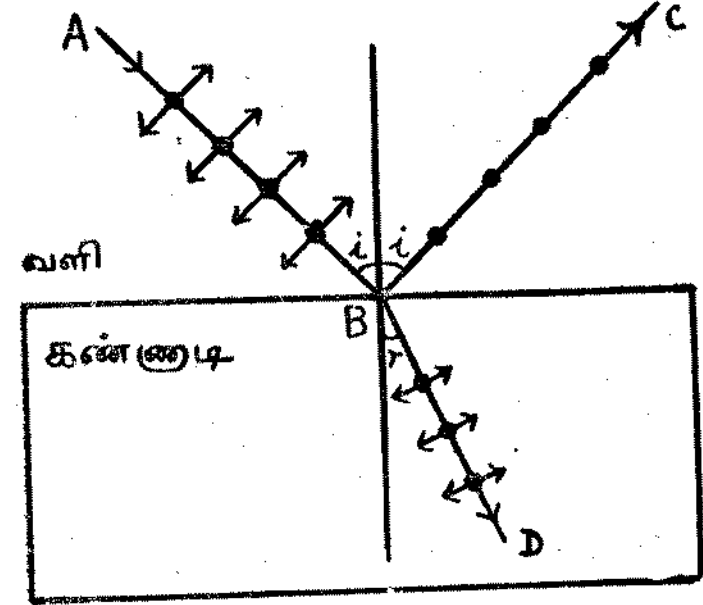
MN என்னும் தெறிமேற்பரப்பின் மீது ஓர் ஒளித்தள அலைமுகம் திசை AB இல் படுகின்றதாகும். படுமொளியிலுள்ள ஈதர் துணிக்கைகள் ஒளிசெல்லும் திசைக்குச் செங்குத்தாகவுள்ள எக்லாத் திசைகளிலும் அதிர்ச்சிற்றன. இவ்வதிர்வுகளை ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகவுள்ள திசைகளில் படுதளத்துக்குச் சமாந்தரமாகவும், செங்குத்தாகவும் பிரிக்கை செய்யலாம், இங்கு படுதளம் என்பது படுகதிர் திசையையும் தெறிகதிர் திசையையும் தெறிமேற்பரப்பின் படுபுள் வியிலுள்ள செவ்வனையும் கொண்டதாகும். மேல் வரிப்படம் உள்ள தளம் இங்கு படுதளமாகும். படுதளத்தில் பிரிக்கை செய்யப்பட்ட அதிர்வுகள் அம்புக்குறியிட்ட கோடுகளாகும். படுதளத்துக்கு செங்குத்தாக பிரிக்கை செய்யப்பட்ட அதிர்வுகள் குறித்துக்களாலும் படம் 170 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. எப்பொழுதும் குறித்துக்களால் குறிக்கப்படும் பிரிக்கை அதிர்வுகள் தெறிமேற்பரப்புக்குச் சமாந்தரமாக இருக்கும். மேலும் தெறிமேற்பரப்புக்குச் சமாந்தரமாக அமையும் அதிர்வுகள் தெறிமேற்பரப்புக்குச் சரிந்திருக்கும் அதிர்வுகளிலும் பார்க்க தெறிப்புறுதற்கு மிக்க வசதியுள்ளனவாகும்,

உதாரணமாக, படம் ஒளியில் 100 அதிர்வுகள் இருக்கின்றன வெனக் கொள்க. இவற்றை தெறிமேற்பரப்புக்குச் சமாந்தரமாக 100 அதிர்வுகளாகவும், சாய்வாக 100 அதிர்வுகளாகவும் பிரிக்கை செய்யலாம். 100 சமாந்தர அதிர்வுகளும் 30 சாய்ந்த அதிர்வுகளும் தெறிமேற்பரப்பில் தெறிப்படையில் தெறித்தவொளியில் 30 சாய்ந்த அதிர்வுகளும் 30 சமாந்தர அதிர்வுகளும் சேர்ந்து சாதாரண முனைவாக்கப்படாத ஒளியாக மாறுகின்றன. எஞ்சிய 70 சமாந்தர அதிர்வுகளும் தளமுனைவாக்கிய ஒளியாக மாறுகின்றன. ஆகவே இங்கு தெறித்தவொளி பகுத்தித்தள முனைவாக்கிய ஒளியாக அமையும். ஆனால் படம்ஒளி முனைவாக்கக் கோணத்தில் விழின் முற்றான தள முனைவாக்கிய ஒளி பெறப்படும்.

புருசுதரின் விதி

1811-ம் ஆண்டு புருசுதர் என்பவர் வெவ்வேறு ஊடகங்களின் மேற்பரப்புகளில் தெறிப்பினால் ஏற்படும் ஒளியின் முனைவாக்கத்தை அறிதிற்பொருட்டு பல பரிசோதனைகளை நிகழ்த்தியுள்ளார். அவர் செய்த பரிசோதனைகளின்படி ஓர் ஒளிபுகவிடும் ஊடகத்திலிருந்து சாதாரண ஒளி தெறிக்கும்பொழுது முற்றான முனைவாக்கம் ஏற்படுவது படுகோணமானது முனைவாக்கக் கோணத்துக்குச் சமனாகும். பொழுதெனவும், இவர் ஊடகத்தின் முறிவுக்குணைத்தின் எண் பெறு

மானத்துக்கு முனைவாக்கக் கோணத்தின் தாஞ்சன் பெறுமானம் சமனென்றும், தெறிகதிரும் முறிகதிரும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்கின்றன வென்றும் காட்டியுள்ளார். இதிவிருந்து புருசுதரின் விதி வருமாறு அமையும்;



படம் 171

ஒளியானது முனைவாக்கக் கோணத்தில் படும்பொழுது, தெறிகதிரும் முறிகதிரும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகும்.

AB என்னும் முனைவாக்கம் பெறாத ஒளி  $i$  என்னும் முனைவாக்கக் கோணத்தில் ஊடகத்தில் படுகிறதெனக் கொள்க. அப்பொழுது BC தெறித்த முனைவாக்கிய ஒளியாகும். BD முறிவொளியாகும்; புருசுதரின் விதிப்படி,

$$i + r = 90^\circ$$

$$r = 90 - i$$

கிணெனின் விதிப்படி

$$\mu = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r}$$

$$= \frac{\text{சைன் } i}{\text{கோசைன் } i}$$

$$\therefore \mu = \text{தான் } i$$

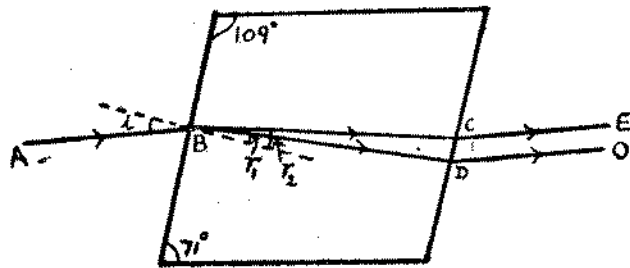
உதாரணம்

ஒர் ஒளிக்கதிர்  $1.55$  முறிவுக்குணகமுடைய கண்ணாடித் தட்டில் முனைவாக்கக் கோணத்தில் படுகின்றது. முறிகோணத்தைக் கணிக்க:

$$\begin{aligned} \mu &= \text{தான் } i \\ \therefore \text{தான் } i &= 1.55 \\ \text{அதாவது } i &= 57^\circ 11' \\ i + r &= 90^\circ \\ r &= 90^\circ - 57^\circ 11' \\ &= 32^\circ 49' \end{aligned}$$

இரட்டை முறிவினால் முனைவாக்கம்

1669-ம் ஆண்டில் இராசமசு பதோலீஸிசு என்னும் தேனியர் கல்சைற்றுப் பளிங்கினூடு ஒரு சாதாரண ஒளி செலுத்தப்படும்பொழுது அது இரு கதிர்களாகப் பளிங்கினுள் பிரிந்து செல்வதை அவதானித்தார். இவ்விரு முறிகதிர்களும் ஒன்று சாதாரண ஒளிமுறிவுவிதிகளுக்கு அமைகிறது. மற்றது இவ்விதிகளுக்கு அமைவதில்லை. இத்தோற்றப்பாடு இரட்டை முறிவு எனப் பெயர் பெறும். ஒரு காசுதத்தாளில் ஒரு பொட்டுப்போன்ற அடையாளத்தை இட்டு அதனை கல்சைற்றுப் பளிங்கினூடு நோக்கும்பொழுது இரு விம்பங்கள் காணப்படுகின்றன. பளிங்கைச் சுழற்றும்பொழுது ஒரு விம்பம் நிலையாக இருக்க மற்றது அதனைச் சுற்றி வருவதையும் அவதானிக்கலாம். நிலையாக இருக்கும் விம்பத்தை உண்டாக்கும் முறிகதிர் சாதாரண கதிர் என்றும் சுற்றும் விம்பத்தை உண்டாக்கும் கதிர் அசாதாரண கதிர் என்றும் சொல்லப்படும்.



படம் 172

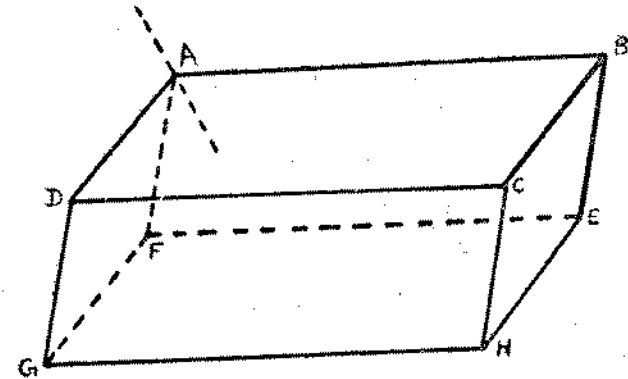
AB என்னும் கதிர் கல்சைற்றுப் பளிங்கில்  $i$  என்னும் படுகோணத்தில் படும்பொழுது பளிங்கினுள் இரு பாதைகளில் முறிகின்றது. ஒரு முறிகதிர்  $r_1$  என்னும் முறிகோணத்தையும் மற்றது  $r_2$  எனும் முறி

கோணத்தையும் ஆக்குகின்றன. ஆனால் இரு கதிர்களும் வெளிவரும் பொழுது சமாந்தரமாக வருகின்றன. சாதாரண கதிருக்கு அதாவது BD க்கு  $\mu_0 = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r_1}$  இனால் தரப்படும். அசாதாரண கதிருக்கு

அதாவது BC க்கு முறிவுக்குணகம்  $\mu_e = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r_2}$  இனால் தரப்படும்:

கல்சைற்றுக்கு  $\mu_0 > \mu_e$  ஏனெனில்  $r_1 > r_2$  (படம் 172). ஆகவே பளிங்கினுள் சாதாரண கதிரின் ஒளியின் வேகம் அசாதாரண கதிரின் ஒளியின் வேகத்திலும் குறைவாக இருக்கும். மேலும் இரு கதிர்களும் தள முனைவாக்கப்பட்டவையாகவும் அவ்விரு கதிர்களின் கதிர்கள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகவும் இருக்கும்.

ஒரு கல்சைற்றுப்பளிங்கு (கல்சியம் காபனேற்று) 6 இணைகரங்களை முகங்களாகக் கொண்ட ஒரு சாய்சதுரத்தின்மீடம் போன்றிருக்கும். A, H என்னும் முனைகளில் முகங்களால் ஆக்கப்படும் கோணங்கள் விரிகோணங்களாக  $102^\circ$  க்கு அவ்ணளவாகச் சமனாகும். B, G



படம் 173

என்னும் முனைகளில் முகங்கள் ஆக்கும் கோணங்கள் கூர்விகோணங்களாக  $72^\circ$  க்குச் சமனாகும். விரிகோணங்களைக் கொண்ட முனைகள் A, B க்களில், முகங்களோடு அல்லது ஓரங்களோடு சமகோணங்களை ஆக்கும் திசை பளிங்கின் ஒளியிச்சு எனப்படும். இது ஒரு திசையே யொழிய, கோடு எனக் கருதப்படுவதில்லை. இத்திசைக்குச் சமாந்தரமாக இருக்கும் எத்திசையும் ஒளியிச்சு ஆகலாம்.

ஒளியிச்சினூடு செல்கின்றதும் கல்சைற்றுச் சாய்சதுரத் திண்மத்தில் முகமொன்றிற்குச் செங்குத்தானதுமான தளமானது தலைமைத்துளம் எனப்படும்;





அத்தியாயம் 14

ஒலியியல்

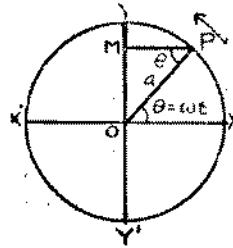
ஒலியின் உற்பத்தி

ஒலியானது அதிரும் பொருளொன்றால் உண்டாக்கப்படுகின்றது. ஒரு மணியானது கத்தியொன்றால் தட்டப்படும்பொழுது ஒலி கேட்கப்படுகின்றது. மணியின் அதிர்வினால் எழுப்பப்படும் ஒலி வளியினூடு செலுத்தப்படும். அதாவது பொருளின் அதிர்வுகள் செவியையடைந்து செவிப்பறையை அதிர்ச் செய்கின்றன. இவ்வதிர்வுகள் மூளைக்குக் காவப்பட்டு அங்கு ஒலியின் புலனுணர்வு அனுபவிக்கப்படுகின்றது. இவ்வாறு பொருள்களின் அதிர்வுகளால் எழுப்பப்படும் ஒலி அவை நிறுத்தப்பட நின்றுவிடுகின்றது. ஆகவே பொருளின் அதிர்வுகளே ஒலிக்கு மூலதனமாக விளக்குகின்றன; மேலும் அதிர்வுகளால் ஒலி ஆக்கப்படுவதால் அது ஓர் அலை இயக்கமும் ஆகும். அலை இயக்கத்துக்கு ஊடகம் இன்றியமையாததாகும். ஊடகம் இல்லாமல் ஒலியும் இல்லாது.

எளிய இசை இயக்கம்

அலை இயக்கங்களுள் மிக எளிமையானது எளிய இசை இயக்கமாகும். அலையொன்று ஊடகங்களுக்குக் கடாகச் செல்லும்பொழுது அதன் துணிக்கைகள் தத்தம் சமநிலைபற்றி எளிய இசை இயக்கத்தை நிகழ்த்துகின்றன. ஆகவே இத்தகைய இயக்கத்தைப்பற்றி அறிந்து கொள்வது முக்கியமானதாகும்.

a என்னும் ஆரையுடைய வட்டத்தின் பரிதியில் v என்னும் சீரான கதியுடன் இயங்கும் P என்னும் துணிக்கையைக் கருத்திடுகொள்க. துணிக்கையின் கோண வேகம்  $\omega$  ஆகும். துணிக்கை இயங்கும் வட்டம் மாட்டெற்று வட்டம் எனப்படும். துணிக்கை P ஆனது வட்டத்தில் சீரான கதியுடன் இயங்கும்பொழுது, P இலிருந்து yy' க்குக் கீறப்படும் செங்குத்து PM இன் அடி M ஆனது yy' இல் அலைந்து கொண்டிருக்கும். P இன் இயக்கம் சீரானதால் M ஆவர்த்தன இயக்கத்தை உடையதாக இருக்கும். வட்டத்தின் மையம் O வினிருந்து M இன் தூரம் எந்தக் கணத்திலும் இடப்பெயர்ச்சி எனப்படும். துணிக்கையானது X இலிருந்து P க்கு t என்னும் நேரத்தில் செல்லின்,



படம் 176

$$\angle POX = \angle MPO = \theta = \omega t.$$

$$\Delta MPO \text{ இல், சைன் } \theta = \text{சைன் } \omega t = \frac{OM}{a}$$

$$OM = y = a \text{ சைன் } \omega t.$$

OM என்பது அதிரும் துணிக்கையின் இடப்பெயர்ச்சியாகும். இது ஓய்வின் சராசரி நிலையிலிருந்து அளக்கப்படும் தூரமாகும். அதிரும் துணிக்கையொன்றின் அதிஉயர் இடப்பெயர்ச்சி அதன் வீச்சம் எனப்படும்.

$$\text{இடப்பெயர்ச்சி} = y = a \text{ சைன் } \omega t. \quad \text{----- (I)}$$

இடப்பெயர்ச்சி வீதம் அதிரும் துணிக்கையின் வேகம் எனப்படும்,

$$\therefore \text{வேகம்} = \frac{dy}{dt} = + a\omega \text{ சைன் } \omega t \quad \text{----- (ii)}$$

வேகமற்ற வீதம் அத்துணிக்கையின் ஆர்முடுகல் எனப்படும்;

$$\therefore \text{ஆர்முடுகல்} = \frac{d}{dt} \left( \frac{dy}{dt} \right) = \frac{d^2y}{dt^2} = - a\omega^2 \text{ சைன் } \omega t \\ = - \omega^2 a \text{ சைன் } \omega t \quad \text{----- (iii)}$$

ஓர் அதிரும் துணிக்கையின் பூரண அதிர்வொன்றில் இடப்பெயர்ச்சி, வேகம், ஆர்முடுகல் என்பனவற்றில் நிகழும் மாற்றங்கள் பின்வரும் அட்டவணையில் காட்டப்படுகின்றன:

கோணம் $\omega t$	அதிரும் துணிக்கை M இன் நிலை	இடப்பெயர்ச்சி $y = a \text{ சைன் } \omega t$	வேகம் $\frac{dy}{dt} = a\omega$ கோணம் $\omega t$	ஆர்முடுகல் $\frac{d^2y}{dt^2} = -\omega^2 a$ கோணம் $\omega t$
0	O	பூச்சியம்	+ a $\omega$	பூச்சியம்
$\pi/2$	y	+ a	பூச்சியம்	- a $\omega^2$
$\pi$	O	பூச்சியம்	- a $\omega$	பூச்சியம்
$3\pi/2$	y'	- a	பூச்சியம்	+ a $\omega^2$
2 $\pi$	O	பூச்சியம்	+ a $\omega$	பூச்சியம்

ஓர் அதிரும் துணிக்கையின் வேகம் (oy அல்லது oy' திசையில் வழியே) ஓய்வின் சராசரி நிலையில் அதிஉயர்வாகவும் அதிர்வின் மிகக் கூடிய நிலைகளில் பூச்சியமாகவும் இருக்கும். ஆனால் ஆர்முடுகல் ஓய்

வின் சராசரி நிலையில் பூச்சியமாகவும் அதிர்வின் மிகக்கூடிய நிலைகளில் அதிஉயர்வாகவும் இருக்கும். எப்பொழுதும் ஆர்முடுகல் ஓய்வின் சராசரி நிலை நோக்கியும் துணிக்கையின் இடப்பெயர்ச்சிக்கு எதிர்மமாகவும் இருக்கும். இத்தகையதொரு இயக்கம் எளிய இசை இயக்கம் எனப்படும்;

$$\begin{aligned} \text{மேலும் ஆர்முடுகல்} &= \frac{d^2y}{dt^2} = -\omega^2 y \\ &= -\omega^2 \times \text{இடப்பெயர்ச்சி} \\ &= \text{ஆர்முடுகல்} \end{aligned}$$

$$\text{என்பெறுமானங்களில் } \omega^2 = \frac{\text{ஆர்முடுகல்}}{\text{இடப்பெயர்ச்சி}}$$

$$\text{அல்லது } \omega = 2\pi n = \frac{\text{ஆர்முடுகல்}}{\sqrt{\text{இடப்பெயர்ச்சி}}}$$

$$\text{அல்லது } \frac{2\pi}{T} = \frac{\text{ஆர்முடுகல்}}{\sqrt{\text{இடப்பெயர்ச்சி}}}$$

$$T = 2\pi \frac{\sqrt{\text{இடப்பெயர்ச்சி}}}{\text{ஆர்முடுகல்}}$$

P என்னும் துணிக்கை வட்டத்தைச் சுற்றி செக்கனுக்கு  $n$  தடவைகள் சுழலுமாயின்  $\omega$  என்னும் கோணவேகம்,

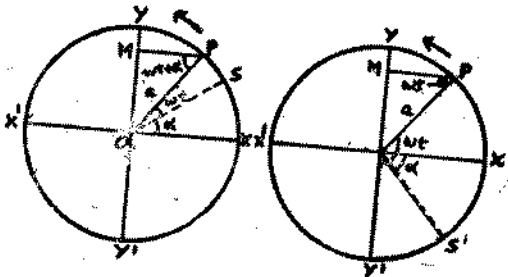
$$\omega = 2\pi n = \frac{2\pi}{T} \text{ ஆகும். } (\because n = \frac{1}{T})$$

இங்கு  $T$  அதிர்வுகாலமாகும்)

$$\therefore y = a \text{ சைன் } 2\pi nt = a \text{ சைன் } \frac{2\pi t}{T}$$

நேரம் ஆனது  $X$  இலிருந்து அளக்கப்படுவதற்குப் பதிலாக  $P$  ஆனது  $S$  ஐக் கடக்கும் கணத்திலிருந்து அளக்கப்படின் ( $\angle SOX = a$ ) (படம் 177 a)

$$\begin{aligned} \text{இடப்பெயர்ச்சி } y &= a \text{ சைன் } (\omega t + a) \\ &= a \text{ சைன் } \left( \frac{2\pi t}{T} + a \right) \end{aligned}$$



(a) படம் 177 (b)

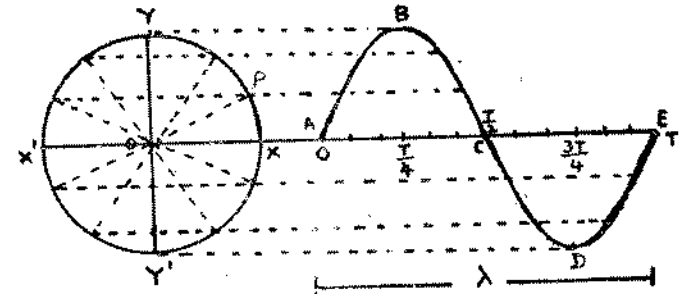
அடுத்து படம் 177 (b) இல் காட்டியபடி  $S'$  ஐ  $P$  கடக்கும் கணத்திலிருந்து நேரம் அளக்கப்படின்,

$$\begin{aligned} y &= a \text{ சைன் } (\omega t - a) \\ &= a \text{ சைன் } \left( \frac{2\pi t}{T} - a \right) \end{aligned}$$

அதிருக் துணிக்கையொன்றின் அவத்தை (நிலைமை)

1. அதிரும் துணிக்கையொன்றின் அவத்தை வரையறுக்கப்படும். அதாவது யாதுமொரு கணத்தில் துணிக்கையில் இடப்பெயர்ச்சிக்கும் அதன் அதிர்வின் வீச்சத்துக்கும் உள்ள விகிதம் ( $y/a$ ) அவத்தை எனப்படும்.
2. இவ்வாறும் அவத்தை வரையறுக்கப்படும். ஓய்வின் சராசரி நிலையிலிருந்து நேரத் திசையாக துணிக்கை செல்ல எடுக்கும் நேரத்தை அலைவுகாலத்தின் பின்னமாகக் குறிப்பதையும் ( $t/T$ ) அவத்தை எனலாம்.
3. OP என்னும் ஆரை ஓய்வின் சராசரி நிலையிலிருந்து வட்டத்தில் செல்லும்பொழுது ஆக்கிய கோணத்தைக் கொண்டும் துணிக்கையின் அவத்தை குறிப்பிடப்படும். மேற் சமன்பாடுகளில்  $\omega t$ ,  $\omega t + a$ ,  $\omega t - a$  துணிக்கையின் அவத்தையைக் குறிக்கின்றன. இவை அவத்தைக் கோணங்கள் எனப்படும்.  $t$  பூச்சியமாக இருக்கும்பொழுதுள்ள ஆரம்ப அவத்தைக்கோணம் அதாவது இங்கு  $a$  காலவதி எனப்படும்.

எளிய இசை இயக்கத்தை அலையினால் காட்டல்



படம் 178

$a$  என்னும் ஆரையுடைய வட்டத்தில் பரிதியில்  $P$  என்னும் துணிக்கை இயங்குகின்றது. செங்குத்தில் அடி ஆனது  $yy'$  என்னும் விட்டத்தில்,

$$y = a \text{ சைன் } \omega t = a \text{ சைன் } 2\pi \frac{t}{T}$$

என்பதற்கிசைய அலைகின்றது. இடப்பெயர்ச்சி வரைபு ABCDE இனல் குறிக்கப்படும் சைன்வளையினால் காட்டப்படும். AE என்னும் தூரம் அலை நீளம் எனப்படும். இது  $\lambda$  இனல் குறிக்கப்படும்.

எளிய இசை அலையின் சமன்பாடு

ஒரு துணிக்கை எளிய இசை இயக்கத்துடன் அதிரும்பொழுது அதன் இடப்பெயர்ச்சியானது  $y = a \text{ சைன் } \omega t$  என்னும் சமன்பாட்டினால் குறிக்கப்படும். படம் 178 இல் O, A, B, C என்பன ஊடகத்திலுள்ள வெவ்வேறு துணிக்கைகளாகும். இவற்றின் தூரங்களை துணிக்கை O விளிருந்து  $x_1, x_2, x_3$  எனவும் O விளிருந்து அலையானது A, B, C என்னும் புள்ளிகளுக்குச் செல்ல எடுக்கும் நேரங்கள்  $t_1, t_2, t_3$  எனவும் கொள்ளப்படின், யாதொரு கணத்தில் O வின் இடப்பெயர்ச்சி

$$y = a \text{ சைன் } \omega t = a \text{ சைன் } 2\pi \frac{t}{T} \quad \text{----- (i) இனல் தரப்படுமாகும்.}$$

மேலும்  $t_1 = x_1 / v$ ,  $t_2 = x_2 / v$  இங்கு  $v$  அலையின் வேகமாகும். எனவே A, B என்னும் துணிக்கைகளின் இடப்பெயர்ச்சிகள் பின்வரும் சமன்பாடுகளால் தரப்படும்.

$$y_1 = a \text{ சைன் } \frac{2\pi}{T} (t - t_1) \quad \text{----- (ii)}$$

$$y_2 = a \text{ சைன் } \frac{2\pi}{T} (t - t_2)$$

சமன்பாடு (ii) இல்  $t_1 = x_1 / v$  ஐப் பிரதியிடுக.

$$\text{அப்பொழுது } y_1 = a \text{ சைன் } \frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{x_1}{v} \right) \text{ பெறப்படும்.}$$

$$= a \text{ சைன் } 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x_1}{vT} \right)$$

$$= a \text{ சைன் } 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda} \right) \quad \text{----- (iii)}$$

$$(\therefore v = n\lambda; \therefore vT = \lambda)$$

சமன்பாடு (iii) இல்  $2\pi (t/T - x_1/\lambda)$  அவத்தை எனப்படும்.

அத்துடன்  $\frac{2\pi x_1}{\lambda}$  துணிக்கைகள் O விற்கும் A க்கும் உள்ள அவத்தை வித்தியாசமாகும்.

அலையினால் T என்னும் நேரத்திற்குடாக செல்லப்படும் தூரம்  $\lambda$  ஆகும்.

அத்துடன்  $t_1$  என்னும் நேரத்திற்குடாக செல்லப்படும் தூரம்  $x_1$  ஆகும்.

$$\therefore \frac{x_1}{\lambda} = \frac{t_1}{T}$$

$\therefore$  சமன்பாடு (iii) வருமாறும் எழுதப்படும்.

$$y_1 = a \text{ சைன் } 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{t_1}{T} \right)$$

$$x_1 = \lambda \text{ ஆயின், அவத்தை வித்தியாசம் } \frac{2\pi\lambda}{\lambda} = 2\pi$$

$$y_1 = a \text{ சைன் } \left[ \frac{2\pi t}{T} - 2\pi \right]$$

$$= a \text{ சைன் } \frac{2\pi t}{T}$$

அதாவது துணிக்கைகள் O விற்கும் A க்கும் உள்ள அவத்தை வித்தியாசம் பூச்சியமாகும், அல்லது இரு துணிக்கைகளும் ஒரே அவத்தையில் அதிர்கின்றனவாகும். இவ்வாறு O விளிருந்து  $\lambda, 2\lambda, 3\lambda$  - தூரங்களிலிருக்கும் எல்லாத் துணிக்கைகளும் ஒரே அவத்தையில் அதிர்வுறும்.

அலை இயக்கம்

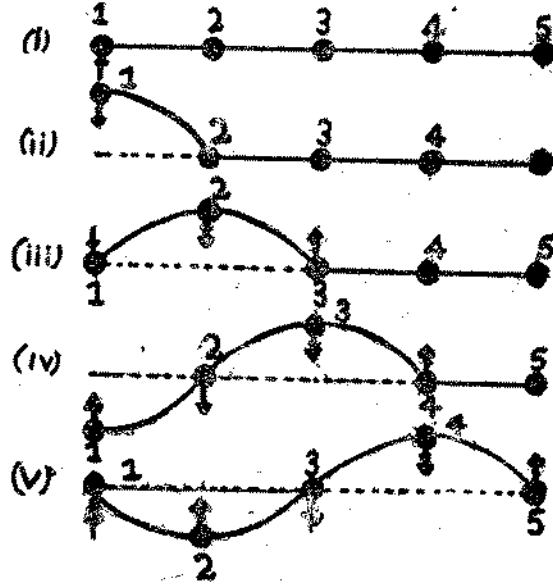
அலை இயக்கங்களுள் பொதுவாக இருவகைகள் உள்.

1: குறுக்கலை இயக்கம்

இவ்வலை இயக்கத்தில் அலை செல்லும் திசைக்குச் செங்குத்தாக ஊடகத்தின் துணிக்கைகள் அதிர்கின்றன. ஒளி, வெப்பம், நேடியோ அலைகளும் அத்துடன் நீர் அலைகளும் இதற்கு உதாரணங்களாக இருக்கின்றன.

இவ்வதாரணங்களுள் கண்ணால் பார்க்கக்கூடியதாக அமைவது நீர் அலையாகும். கிடைத்தளத்தில் செல்லும் நீர் அலைகள் நோக்கும்பொழுது, குழப்பம் அடையாத தளத்திற்கு மேல் இருக்கும் அலையின் பகுதி முடி எனவும், கீழ் இருக்கும் பகுதி தாழி எனவும் பெயர் பெறும். ஒரு முடியும் தாழியும் சேர்ந்து ஓர் அலையை உண்டாக்குகின்றன. குறிக்கப்பட்ட எண் பெறுமானமுள்ள தொடர் அலைகள் அலை இயக்கம் எனப்படும். ஒரு முடியிலும் தாழியிலும் உள்ள துணிக்கைகள் சமநிலையிலிருந்து சமதூரங்களில் இருக்கின்றன. ஆனால் அவை எதிர்த்திசையில் இயங்குவனவும் அத்துடன் எதிர் அவத்தைகளில் உள்ளனவாகும். [குறுக்கலை இயக்கமொன்று ஊடகத்தினூடு

செல்லும்பொழுது அவத்தை வித்தியாசத்தில் இயங்கும் துணிக்கைகளைக் கொண்டு அலை இயக்கத்தின் வடிவத்தை வரும்பொழுது காட்டலாம். படம் 179 (i) இல்  $t=0$  ஆக இருக்கும்பொழுதுள்ள ஐந்து துணிக்கைகளைக் கருத்திற் கொள்க. இந்நிலையில் துணிக்கை 1 ஊடகத்தில் மேல்முகமாக இயங்க ஆரம்பிக்கப்போகின்றதாகும். படம் 179 (ii) இல்  $t=T/4$  செக்கனுக்குப்பின் (1) ம் துணிக்கை தனது மேல்முக இயக்கத்தின் எல்லை நிலையை அடைந்துவிடும். அதே நேரத்தில் (2) ம் துணிக்கை அருட்டப்பட்டு மேல்முகமாக இயங்க ஆரம்பிக்கும். இவ்விரு துணிக்கைகளுக்கு மிடையிலுள்ள துணிக்கைகளும் இந்நேரத்தில் இடப்பெயர்ச்சிபெற்று (ii) இல் கிறப்பட்ட தடித்த கோட்டில் இருக்கும். படம் 179 (iii) இல்  $t=T/2$  செக்கனுக்குப்பின் (1) ம் துணிக்கை சமநிலைக்கு வர (2) ம் துணிக்கை தனது மேல்முக இயக்கத்தின் எல்லையில் இருக்க (3) ம் துணிக்கை



படம் 179

அருட்டப்பட்டு மேல்முகமாக இயங்க ஆரம்பிக்கும்; இவற்றிடையே யுள்ள துணிக்கைகளும் இந்நேரத்தில் (iii) இலுள்ள தடித்த கோட்டில் இருக்கும். படம் 179 (iv) இல்  $t=3T/4$  செக்கனுக்குப்பின் (1) ம் துணிக்கை கீழ்முக இயக்கத்தின் எல்லையிலும் (2) ம் துணிக்கை சமநிலையிலும் (3) ம் துணிக்கை மேல்முக இயக்கத்தின் எல்லையிலும் இருக்க (4) ம் துணிக்கை அருட்டப்பட்டு மேல்முகமாக இயங்க ஆரம்பிக்கும். படம் 179 (v) இல்  $t=T$  செக்கனுக்குப்பின் (1) ம்

துணிக்கை ஓர் அலையை முடித்து அடுத்த மேல்முக இயக்கத்தை ஆரம்பிக்கும். (2) ம் துணிக்கை கீழ்முக இயக்கத்தின் எல்லையிலும் (3) ம் துணிக்கை கீழ்முக இயக்கத்தோடு சமநிலையிலும் (4) ம் துணிக்கை மேல்முக இயக்கத்தின் எல்லையிலும் (5) ம் துணிக்கை அப்பொழுது அருட்டப்பட்டு மேல்முக இயக்கத்தை ஆரம்பிக்கும் நிலையிலும் இருக்கும்.

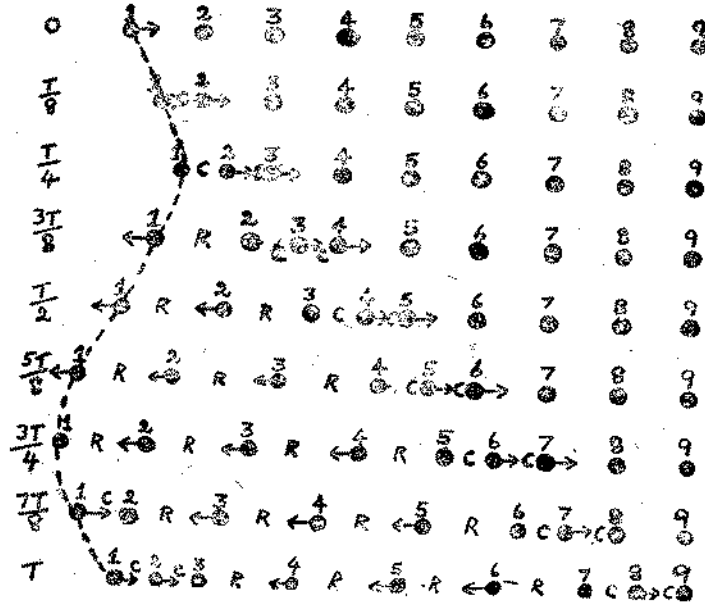
இக்கட்டத்தில் அதாவது  $t=T$  செக்கனுக்குப்பின் (1) ம் துணிக்கையும் (5) ம் துணிக்கையும் ஒரே அவத்தையில் இருப்பதையும், (1) ம் துணிக்கையின் அதிர்வு பூர்த்தியானதும் (5) ம் துணிக்கையின் இடத்தை அலைஇயக்கம் அடைந்ததையும் அவதானிக்க முடிகிறது. இவ்வலை இயக்கவடிவில் ஒரு தாழியும் ஒரு முடியும் காணப்படுகின்றன. ஆகவே இவை ஒரு அலையைக் குறிக்கின்றன. 1-ம் துணிக்கைக்கும் 5-ம் துணிக்கைக்கும் இடைப்பட்ட தூரம் அலை ஓர் அதிர்வில் சென்ற தூரமாகும். இத்தூரம் அலைநீளமாகும். துணிக்கைகள் மேலும் தொடர்ந்து அதிருமாயின் இதேபோல் அலைகள் தொடர்ந்து உருவாக்கிக்கொண்டிருக்கும். ஒரு குறுக்கலை இயக்கம் காணாததால் லொன்றில் படம் 179 (v) இல் காட்டியவாறு எளிய இசை இயக்கத்தின் வரையிலில் குறிக்கப்படும்.

## (2) நீள்பக்க அலை இயக்கம்

இவ்வலை இயக்கத்தில் ஊடகத்திலுள்ள துணிக்கைகள் அலை செல்லும் திசையில் பாதையில் அதிரும். எனவே இவற்றின் இடப்பெயர்ச்சிகள் ஊடகத்தில் முடிசுளையும் தாழ்ச்சியும் உண்டாக்க மாட்டா. ஆனால் அலை செலுத்தப்படும் திசையில் துணிக்கைகள் இயங்கும் கட்டங்களில் அவை சாதாரண நிலையிலும் பார்க்க ஒன்றுக்கொன்று கிட்ட வர நேரிடுகின்றன. அத்தருணம் நெருக்கல் உண்டாகின்றது. அலை செலுத்தப்படும் திசைக்கு எதிராகத் துணிக்கைகள் இயங்கும் கட்டங்களில் துணிக்கைகள் சாதாரண நிலையிலும் பார்க்க ஒன்றுக்கொன்று தூரமாக வர நேரிடுகின்றன. இப்பகுதியிலுள்ள துணிக்கைகள் அப்பொழுது ஐதாக இருப்பதால் அப்பகுதியில் ஐதாக்கல் உண்டாகின்றன. இதனை வரும்பொழுது விளக்கலாம்.

ஒரு மீள்தன்மை ஊடகத்தினில் கிடையான வரிசையொன்றில் சமதூர இடைவெளிகளுக்கிடையால் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒன்பது துணிக்கைகளைக் கருத்திற் கொள்க. படம் 180 இல் துணிக்கைகளின் நிலைகள் குறிக்கலானாலும் எண்களாலும் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இத் துணிக்கைகள் யாவும் ஒரு மீள்தன்மை விசையால் இணைக்கப்பட்டவையாக இருக்குமெனக் கொள்க. இப்பொழுது 1-ம் துணிக்கை 2-ம் துணிக்கையை நோக்கி இயக்கப்படின் இவ்விரு துணிக்கைகளுக்கும் இடைப்பட்ட தூரம் குறையும். ஆகவே 2-ம் துணிக்கையிலுள்ள அமுக்கம்

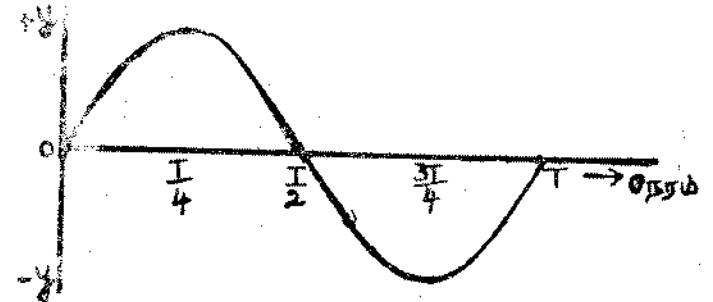
அதிகரிக்கும். இதனை 2-ம் வரிசை காட்டுகிறது. அப்பொழுது 1-ம் துணிக்கை T/8 செக்கனுக்குப்பின் அனுபவித்த இடப்பெயர்ச்சியும் காட்டப்பட்டுள்ளது. இக்கட்டத்தில் 2-ம் துணிக்கை அதன் மீது உருற்றப்பட்டுள்ள அமுக்க அதிகரிப்பினால் 3-ம் துணிக்கையை நோக்கி இடம்பெயர்க்கப்படும் (3-ம் வரிசை). T/4 செக்கனுக்குப்பின் 1-ம் துணிக்கை தனது எல்லை அதிர்வையும் அடைந்தவிடுமாகும்!



படம் 180

இப்பொழுது 3-ம் துணிக்கை இயங்க ஆரம்பிக்கும். இவ்விதம் மறிந்த துணிக்கைகளும் இடம்பெயர்க்கப்படும். 1-ம் துணிக்கையின் ஓர் அதிர்வு காலத்தின் பின் 9 துணிக்கைகளில் நிலைகள் 9-ம் வரிசையில் காட்டப்பட்டுள்ளன. அலை இப்பொழுது 9-ம் துணிக்கையை யடைந்துவிட்டது. மேலும் 1-ம் துணிக்கையும் 9-ம் துணிக்கையும் ஒரே அவதையிலும் 1, 5, 9-ம் துணிக்கைகளை சமநிலை நிலையிலும் இருப்பதை அவதானிக்கலாம். 1-ம் துணிக்கையும், 3-ம் துணிக்கையும் 2-ம் துணிக்கைக்கு கிட்டவும் இருப்பதால் இவையிருக்கும் பகுதியில் ஒரு நெருக்கல் உண்டாகும். இதேபோல் 9-ம் 8-ம் துணிக்கைகள் 7-ம் துணிக்கைக்கு கிட்டவிருப்பதால் அப்பகுதியிலும் ஒரு நெருக்கல் உண்டாகின்றது. அடுத்தபடியாக 4-ம் துணிக்கையும், 6-ம் துணிக்கையும் 5-ம் துணிக்கைக்கு தூரவிருப்பதால் அப்பகுதி

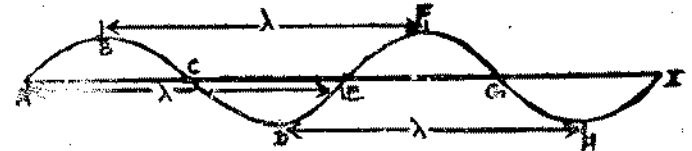
யில் ஓர் ஐதாக்கலும் ஏற்படுகின்றது. ஆகவே ஒரு நீள் பக்க அலை இயக்கம் அடுத்தடுத்து ஒரு நெருக்கலையும் ஓர் ஐதாக்கலையும் கொண்டமைந்ததாக இருக்கின்றது. எனவே ஓர் அலை ஒரு நெருக்கலையும் ஓர் ஐதாக்கலையும் கொண்டுள்ள பாகமாகும். மேலும் ஒரு நீள் பக்க அலை இயக்கத்தின்போது ஒரு துணிக்கையின் இடப்பெயர்ச்சிக்கும் நேரத்துக்குமுள்ள தொடர்பு படம் 181 இல் காட்டப்பட்டுள்ளதாக அமையும். இங்கு அலை செல்லும் திசையிலுள்ள இடப்பெயர்ச்சி y அச்சிலும் நேரம் x அச்சிலும் குறிக்கப்படும். இவ்வரையும் ஒரு சைன் வளைவியாக அமையும்;



படம் 181

சில வரைவிலக்கணங்கள்

அலைநீளம்: ஊடகமொன்றினூடு ஓர் அலை இயக்கம் செல்லும் பொழுது அடுத்தடுத்துள்ள ஒத்த அவதையிலுள்ள இரு துணிக்கைகளுக்கு இடைப்பட்ட தூரம் அலைநீளம் எனப்படும்.



படம் 182

படம் 182 இல் AE = BF = DH = lambda (அலைநீளம்).

அதிர்வெண்: ஒரு செக்கனில் ஓர் அதிரும் பொருள் அல்லது துணிக்கை ஆக்கும் அதிர்வுகளின் எண்ணிக்கை அப்பொருளின் அல்லது துணிக்கையின் அதிர்வெண் எனப்படும்.

வீச்சம்: சராசரி ஓய்வு நிலையிலிருந்து அதிரும் பொருளொன்று அடையும் அதிகபடிய இடப்பெயர்ச்சி வீச்சம் எனப்படும்;



புனல் குறிக்கப்படும்; இங்கு  $y$  ஒரு மாறும் கனியத்தின் பருமனாகும்.  $a$  வீச்சமாகும்,  $\lambda$  அலைநீளமாகும்,  $t$  நேரமாகும்,  $x$  ஆனது நினைத்தபுள்ளி  $O$  விவிருந்து அளக்கப்படும் தூரமாகும்.

$O$  என்னும் புள்ளியில்  $x = 0$  ஆகும். ஆகவே மேற்சமன்பாட்டிலிருந்து  $y = a$  சைன்  $\frac{2\pi t}{T}$  ஆகும். இதிலிருந்து அவ்விடத்தில்  $y$  ஆனது நேரம்  $t$  உடன் எளிய இசை இயக்கத்தைக் கொண்ட மாறையுடையதாக அமைகின்றது.

$O$  விவிருந்து அரை அலைநீளமுள்ள தூரத்திலுள்ள ஓர் இடத்தில் அதாவது  $x = \lambda/2$  ஆக இருக்கும் பொழுது,

$$y = a \text{ சைன் } 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{1}{2} \right) \\ = a \text{ சைன் } \left( \frac{2\pi t}{T} - 180^\circ \right) \text{ ஆகும்.}$$

இவ்விடத்தில்  $y$  ஆனது நேரம்  $t$  உடன் எளிய இசை இயக்க மாறையுடையதாகின்றது. ஆனால்  $O$  விவிருந்து இயக்கத்தின்  $180^\circ$  அவத்தை வித்தியாசம் உடையதாகிறது.

$O$  விவிருந்து  $\frac{\lambda}{4}$  தூரத்திலிருக்கும் ஓர் இடத்தில்,  $x = \frac{\lambda}{4}$  ஆயின்

$$\therefore y = a \text{ சைன் } 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{1}{4} \right) = a \text{ சைன் } \left( \frac{2\pi t}{T} - 90^\circ \right)$$

ஆகவே இவ்விடத்தில்  $y$  இன் மாறல்  $O$  விவிருந்து மாறலுடன்  $90^\circ$  அவத்தை வித்தியாசம் உடையதாக இருக்கின்றது;

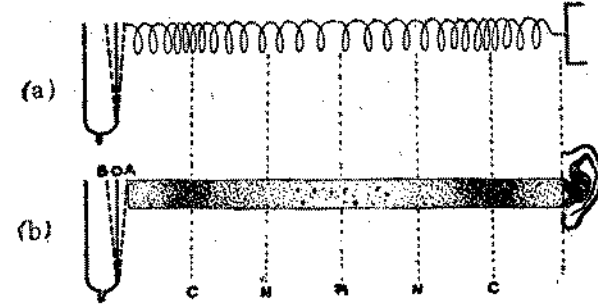
$O$  விவிருந்து  $x = \lambda$  என்னுந் தூரத்தில்,

$$y = a \text{ சைன் } 2\pi \left( \frac{t}{T} - 1 \right) \\ = a \text{ சைன் } \left( \frac{2\pi t}{T} - 360^\circ \right) \\ = a \text{ சைன் } \frac{2\pi t}{T} \text{ ஆகும்.}$$

இதிலிருந்து ஒன்றுக்கொன்று  $\lambda$  தூரங்களில் இருக்கும் இடங்களில்  $y$  இன் மாறல் ஒத்த அவத்தையில் நிகழ்வு பெறுகின்றன. கருக்கச் சொல்லின் ஒன்றுக்கொன்று  $\lambda$  தூரத்தில் இருக்கும் துணிக்கைகளின் அதிர்வுகள் ஒத்த அவத்தையில் அதிர்வின்றன என்பதேயாம்;

ஒளி செலுத்துகை

ஓர் அதிரும் முதல் எவ்விதம் வளியில் நீள்பக்க அலைகளை எழுப்புகின்றன என்பதையும் அவை எவ்விதம் செலுத்தப்படுகின்றன என்பதையும் சற்று ஆராய்வோம்.



படம் 186

ஓர் அதிரும் இசைக்கவரைக் கருத்திற் கொள்க. இது அதிரும் பொழுது அதன் புயங்கள் உள்ளும் வெளியும் மாறி மாறி இயங்கும். ஒரு புயமானது  $B$  இலிருந்து  $A$  க்கு வலமாக இயங்கும்பொழுது அது தனக்குமுன் இருக்கும் வளிப்படையை நெருக்கும். இதனால் நெருக்கப்பட்ட ப்படையில் உள்ள வளியின் துணிக்கைகள் விகாரப்படுகின்றன. இவ்விகார நிலையிலிருந்து விடுவிக்கத் துணிக்கைகள் முயலுகையில் அவற்றிற்கு அடுத்துள்ள வளிப்படையை நெருக்கும். முன்போல் நெருக்கப்பட்ட இத்துணிக்கைகளும் அதற்கு அடுத்துள்ள படையை நெருக்கும். இவ்விதம் ஒரு நெருக்கல் வலமாக ஒரு படையிலிருந்து அடுத்த படைக்கு முன்னேறும். அப்புயமானது  $A$  ஐ அடையும் நேரத்தினில் நெருக்கலானது ஊடகத்தின் அடர்த்திக்கும், மீள்தன்மைக்கும் ஏற்ப ஒரு குறித்த தூரத்துக்கூடாகச் சென்றுவிடும். புயம் இப்பொழுது பின்புறமாக  $B$  க்கு இயங்கும்பொழுது ஒரு வெற்றிடம் அதற்குப் பின்னால் உண்டாகும். அப்பொழுது புயத்துடன் தொடுகையுடைய வளிப்படை வீரியும். இந்த விரிந்த பிரதேசத்துக்குள் வளித் துணிக்கைகள் புகுதற்காக இடமாக இயங்கும். அப்பொழுது அதற்குப் பின்னாலும் அதாவது வலப்பக்கத்தில் வெற்றிடமொன்று உண்டாகும். இவ்வெற்றிடத்தை அதற்கு அடுத்துள்ள வளித் துணிக்கைகள் நிரப்பும். இவ்விதம் ஓர் ஐதாக்கல் வலமாக நெருக்கலுக்குப் பின் தொடரும். இசைக்கவர் தொடர்ச்சியாக அதிர்வின்றதால் அது



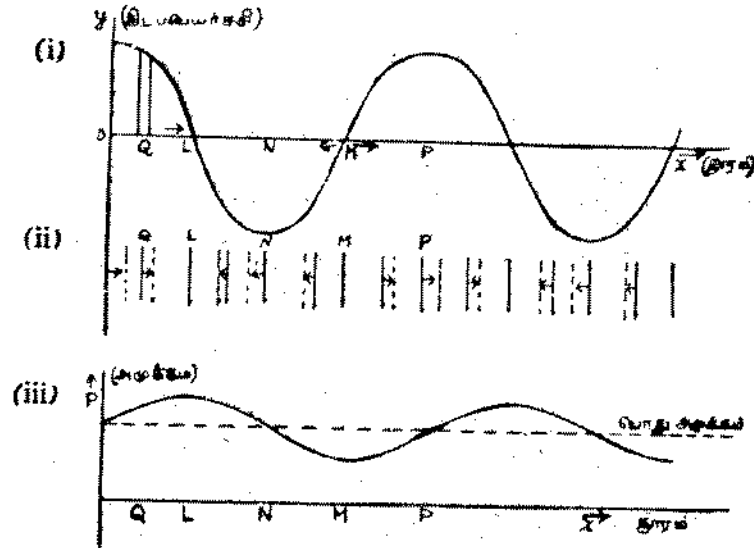
னைச் சூழ்ந்துள்ள ஊடகத்தில் மாறிமாறி நெருக்கலும் ஐதாக்கலும் சென்றுகொண்டிருக்கும். இவை செலிப்பறையில் மோதும்பொழுது நரம்புக்கணத் தாக்கல்கள் உண்டாகின்றன. இத் தாக்கல்கள் மூளைக்குக் காவப்பட்டு அங்கு ஒலி என்னும் உணர்வை எழுப்புகின்றன.

படம் 185 (b) இல் எவ்வாறு ஓர் ஐதாக்கல் நெருக்கலைப் பின் தொடர்கின்றது என்பதையும் அவை, அதிரும் இசைக்கவரொன்றால் தொடங்கப்பட்டுள்ள சுருளிவீலில் நெருக்கலுக்குப் பின் ஐதாக்கல் செல்வதைப் போல் செல்கின்றனவென்றும் அறியப்படுகிறது (படம் 186 a).

தளவிருத்தி அலையினால் ஏற்படும் அமுக்கமாறல்

ஓர் அலையானது ஊடகமொன்றினூடு செல்லும்பொழுது வளிப்படைகள் அசைகின்றன. இதனால் வளியில் அமுக்க மாறல்களுக்கு வளிப்படைகளின் இடப்பெயர்ச்சிக்கும் உள்ள தொடர்பு எவ்விதம் இருக்கும் என்பதை படம் 187 (i) & (ii) இலும் இருந்து அறியமுடியுமாறும்:

சூழ்நிலை: | சூழ்நிலை: | இடப்பெயர்ச்சியின் திசை



படம் 187

படம் 187 (i) ஒரு குறித்த கணத்தில் வளிப்படையின் நிலைகளைக் குறிக்கின்றது. இங்கு L இலுள்ள வளிப்படையின் இடப்பெயர்ச்சி பூச்சியமாகும். L இற்குச் சற்று இடமாக இருக்கும் ஒரு புள்ளியிலுள்ள

படை வலமாக இடம்பெயர்க்கப்படும். அத்துடன் L இற்கு சற்று வலமாக ஒரு புள்ளியிலிருக்கும் படை அக்கணத்தில் இடமாக இடம் பெயர்க்கப்படும். ஆகவே L இலுள்ள வளிப்படை நெருக்கப்படும். அப்பொழுது அங்குள்ள அமுக்கம் பொது அமுக்கத்திலும் சற்று உயர்வாக இருக்கும் (படம் 187 iii). M என்னும் படைக்கு இடமாக உள்ள வளிப்படை இடமாக இடம்பெயர்க்கப்படும் அதே நேரத்தில் M க்கு வலமாக உள்ள வளிப்படை வலமாக இடம்பெயர்க்கப்படும்: (படம் 187 i, ii). இதனால் M இலிருக்கும் வளி ஐதாக்கப்படும்; ஆகவே அங்குள்ள அமுக்கம் பொது அமுக்கத்திலும் சற்று தாழ்வாக விருக்கும் (படம் 187 iii). L க்கும் M க்கும் நடுவிருக்கும் N இனது இரு பக்கங்களிலும் உள்ள படைகள் தத்தம் அதிர்வின் எல்லை நிலைகளில் காணப்படும். அதாவது அவை சம அளவால் இடம்பெயர்க்கப்பட்டுள்ளன. ஆகவே அவ்விடத்தில் அமுக்கம் பொது அமுக்கத்திற்குச் சமனாகும் (படம் 187 ii). மேலும் Q க்கு இடப்பக்கத்தில் இருக்கும் படை Q க்கு வலப்பக்கத்தில் இருக்கும் படையிலும் பார்க்க மேலதிகமாக வலதக்கு இடப்பெயர்க்கப்படும் (படம் 187 (i), (ii), (iii)). ஆகவே இங்கு அமுக்கம் பொது அமுக்கத்திலும் உயர்வாகவும் ஆனால் L இல் உள்ளதிலும் தாழ்வாகவும் இருக்கும் (படம் 187 iii).

தொடர்ச்சியாக இவ்விதம் நிகழ்வதை நோக்கும்பொழுது, அமுக்கமாறலானது படம் 187 (iii) இல் காட்டியவாறுள்ளதைப்போல் அமையும். இது ஓர் எளிய இசை இயக்கமாறலைக் கொண்டதாகும்; பொது அமுக்கத்துக்கு மேல் அதனிலும் உயர் அமுக்கங்களும், கீழ் அதனிலும் தாழ் அமுக்கங்களும் குறிக்கப்படும். L இல் வளியின் அமுக்கம் பொது அமுக்கத்திலும் அதி உயர்வாகவிருப்பதால் அவ்விடத்தில் ஒரு நெருக்கலும்; M இல் வளியின் அமுக்கம் பொது அமுக்கத்திலும் அதிதாழ்வாக இருப்பதால் அங்கு ஓர் ஐதாக்கலும் காணப்படும்; அலை வளியில் முன்னேறும் பொழுது படம் 187 (i) இலும், (ii) இலும் காட்டியதுபோல் வேறு புள்ளிகளிலும் நெருக்கல்களும் ஐதாக்கல்களும் தோன்றும்; படம் 187 (i) ஐயும் இருக்கும் இடங்களில் நெருக்கல் அல்லது ஐதாக்கல் உண்டாகின்றதை அவ் தாளிக்கலாம். உதாரணமாக L உம் M உமாகும்; இடப்பெயர்ச்சி அதி உயர்வாக இருக்கும் இடங்களில் அமுக்கம் பொது அமுக்கமாக இருக்கும்; உதாரணமாக N அல்லது P.

நீள்பக்க விருத்தி அலையின் இயல்புகள்

1. ஒவ்வொரு துணிக்கையும் அங்குமிங்கும் ஒரே விச்சத்துடனும் அலைவுக்காலத்துடனும் அதிர்வின்றது;
2. அலையிலுள்ள துணிக்கைகள் ஒரே நேரத்தில் அதிர்வதில்லை ஆனால் ஒரு துணிக்கையிலிருந்து அடுத்த துணிக்கைக்குப் போகும்

பொழுது அவதையில் மாற்றம் விருத்தியடைந்து கொண்டு போகின்றது.

3. துணிக்கைகளின் அங்குமிங்கும் இயக்கம் அலை செல்லும் வழியே நெருக்கலையும் ஐதாக்கலையும் உண்டாக்குகின்றது.
4. நெருக்கலில் துணிக்கைகள், அலை முன்னேறும் திசையில் அசைகின்றன. ஆனால், ஐதாக்கலில் அவை அலை செல்லும் திசைக்கு எதிர்திசையில் அசைகின்றன.
5. ஒவ்வொரு துணிக்கையும் அதற்கு முன்னால் இருக்கும் ஒன்றில் விசை உருற்றுகிறதெனக் கொள்ளப்படுகிறது. நெருக்கலில் துணிக்கைகளுக்கிடையேயுள்ள மீள்தன்மைக்கட்டு அவற்றிற்கு முன்னாலுள்ள துணிக்கைகளைத் தள்ளுகின்றது. ஆனால் ஐதாக்கலில் முன்னாலுள்ள துணிக்கைகள் பின்னுக்கு இழுக்கப்படுகின்றன. எனவே துணிக்கைகள் இவ்விசைகளின் திசையில் வழியே இயங்குவதால் முன்னாலுள்ள துணிக்கையின் மீது வேலை செய்யப்படுகின்றது. அதாவது அலை செல்லும் திசையில் எப்பொழுதும் சத்தி இடமாற்றப்படுகிறது.

### தேர்வு வினாக்கள்

#### வலியுறுத்தல்

திண்மங்கள் நீள்பக்க அலையையும் குறுக்கலையையும் செலுத்தத்தக்கன.

#### காரணம்

அவை வடிவமாற்றங்களை எதிர்க்கின்றன. ஆனால் கனவளவில் மாற்றங்களை எதிர்ப்பதில்லை.

1. (i) வலியுறுத்தலிலும் காரணத்திலும் உள்ள கூற்றுக்கள் சரியானவை. அத்துடன் காரணம் வலியுறுத்தலுக்குச் சரியான விளக்கமுமாகும்.
- (ii) வலியுறுத்தலிலும் காரணத்திலும் உள்ள கூற்றுக்கள் சரியானவை. ஆனால் காரணம் வலியுறுத்தலுக்குச் சரியான விளக்கமல்ல.
- (iii) வலியுறுத்தலிலுள்ள கூற்று உண்மையானது. ஆனால் காரணத்திலுள்ளது பொய்யானது.
- (iv) வலியுறுத்தலிலுள்ள கூற்று பொய்யானது. காரணத்திலுள்ள கூற்று மெய்யானது.
- (v) வலியுறுத்தலிலும் காரணத்திலும் உள்ள கூற்றுக்கள் பொய்யானவை.

#### 2. வலியுறுத்தல்

மேற்பரப்பு அலைகளை தவிர்ப்பின், பாய்கள் நீள்பக்க அலைகளை மட்டுமே செலுத்தும்.

#### காரணம்

அவை கனவளவில் மாற்றங்களை எதிர்க்கும் ஆனால் வடிவத்தில் மாற்றங்களை எதிர்ப்பதில்லை.

- (i) வலியுறுத்தலும் காரணமும் உண்மையானவை. அத்துடன் காரணம் வலியுறுத்தலுக்குச் சரியான விளக்கமுமாகும்.
  - (ii) வலியுறுத்தலும் காரணமும் உண்மையானவை. ஆனால் காரணம் வலியுறுத்தலுக்குச் சரியான விளக்கமல்ல.
  - (iii) வலியுறுத்தல் உண்மை, காரணம் பொய்யானது.
  - (iv) வலியுறுத்தல் பொய்யானது. காரணம் மெய்யானது.
  - (v) வலியுறுத்தலும் காரணம் பொய்யானவை.
3. ஒளி அலைகள் நீள்பக்க அலைகள் எனக் கொள்ளப்படுவன ஏனெனில்
    - (i) அவை செல்லுவதற்கு ஊடகமொன்று தேவையாகிறது.
    - (ii) அலை செலுத்தப்படும் பாதையில் துணிக்கை இடப்பெயர்ச்சிகள் நிகழ்கின்றன.
    - (iii) அழுக்க மாறல்களும் துணிக்கை இடப்பெயர்ச்சிகளும் அவதையில்லாதிருக்கின்றன.
    - (iv) ஒர் அதிசயம் முதலிலிருந்து வெளிவருகின்றன.
    - (v) வாயுக்களில் மட்டும் நிகழ்கின்றன.
  4. வலியினூடு செக்கனுக்கு  $340$  மீற்றர் வீதம் செல்லும் ஒளி அலை மூலக்கூறுகளில் ஆவரித்தன இயக்கத்தை உண்டாக்குகின்றன. இது  $y = 2 \times 10^{-6} \sin(2000\pi t + \phi)$  என்னுஞ் சமன்பாட்டுக் கிசைய நிகழாமாயின்,
    - (A) அதிர்வின் வீச்சு  $2 \times 10^{-6}$  சமீ.
    - (B) ஒளியின் அதிர்வெண்  $500$  Hz.
    - (C) ஒளியின் அலைநீளம்  $68$  சமீ.
    - (D)  $34$  சமீ. தூரத்துக்கப்பால் இருக்கும் இரு மூலக்கூறுகளுக்கிடையே அவததை வித்தியாசம்  $\phi$ .

- (i) A, B, C சரி (ii) A உம் C உம் சரி (iii) B உம் D உம் சரி (iv) D மட்டும் சரி (v) D உம் D உம் சரி

#### வினாக்கள்

1. குறுக்கலைக்கும் நீள்பக்க அலைக்குமுள்ள வேறுபாடுகள் என்ன? இவற்றுள் வாயுவில் எது உண்டாகும்? ஏன்?
2. ஒரு குறுக்கலை எவ்விதம் வளையியொன்றினால் குறிக்கப்படும் என்பதைக் காட்டுக; இவ்வளையிலிருந்து துணிக்கையொன்றின் வேகம் எவ்வாறு காணப்படும்?
3. எவ்வாறு ஒரு நீள்பக்க அலை சைன் வளையினால் குறிக்கப்படும். இடப்பெயர்ச்சி வளையையும் அழுக்க வளையையும் எவ்விதம் வேறுபடுத்தலாம்?
4. ஒளியானது அலைஇயக்கத்தினால் காவப்படுகிறதென்பதற்கு என்ன காரணங்கள் உண்டு?

## அத்தியாயம்

### ஒலியின் சிறப்பியல்புகள் குணங்கள், வேகம்

#### ஒலியின் சிறப்பியல்புகள்

##### இசை ஒலியும் சத்தமும்

ஒரு மனிதனின் செவியில் படும் ஒலிகள் இருவகைகளாகப் பிரிக்கப்படும்: ஒரு வகுப்பைச் -சேர்ந்த ஒலி குறுகிய -நேரத்திற்கு ஒலிக்கும், ஒலிப்பு மேலும் நீடிக்கப்படிவன் அதன் இயல்புகளில் தொடர்ச்சியாக மாற்றம் ஏற்படும். இத்தகைய தன்மையுள்ள ஒலி சத்தம் எனப்படும். ஆனால் அடுத்த வகுப்பைச் சேர்ந்த ஒலி அது எந்த முதலிடத்திலிருந்து எழுகின்றதோ அம்முதலிடத்தின் அதிர்வுகள் ஆவர்த்தன தன்மையுடையதாக இருக்கும். இம் முக்கிய தன்மையைக் கொண்டுள்ள ஒலி இசை அல்லது சுரம் எனப்படும்: இவை, பௌதிகத் தன்மைகளின் அடிப்படையில் வகுக்கப்பட்டனவேயொழிய மற்றும் அவற்றில் வரும் இனிமை அல்லது இனிமையற்ற உணர்வைக் கொண்டு வகுக்கப்பட்டவ்கலை. பொதுவாக, சத்தம் செவிக்கு இனிமையற்றதாக இருக்கும். ஆனால் சில சமயங்களில் இனிமையான உணர்வைத் தரத்தக்கதாக ஒழுங்கு செய்யப்படும். இசை அல்லது சுரம் செவிக்கு இனிமையானதாக இருக்கும்.

#### இசைச் சுரங்களின் சிறப்பியல்புகள்

இசை ஒலிகள் ஒன்றிலிருந்து ஒன்று மூன்று பிரதான இயல்புகளில் வித்தியாசப்படும். அவையாவன; (i) உரப்பு (ii) சுருதி (iii) பண்பு

##### உரப்பு

வேறு எல்லா விதங்களிலும் ஒற்றுமைப்பட்ட இரு ஒலிகளைக் கேட்கும்பொழுது மிகத் தூரத்திலிருந்து வரும் ஒலி மற்றதிலும் உரப்புவையதெனப்படும். எல்லா ஒலிகளும் உரப்பு என்னும் சிறப்பியல்பையுடையன. ஆனால் செவியில் ஒலி உண்டாக்கும் உணர்வின் பருமன் உரப்பை நிர்ணயிக்கும். ஒளிக்குப் பிரகாசம்போல் ஒலிக்கு உரப்பு அமையும்.

##### சுருதி

ஓர் ஆர்மோனியத்திலுள்ள கட்டைகளை அடுத்தடுத்துத் தொடர்ந்து ஒரு முனையிலிருந்து மற்ற முனைவரை அழுத்தும்பொழுது சுரத்தில் எழும் வித்தியாசம் சுருதி வித்தியாசத்தினால் உண்டாக்கப்பட்டுள்ள தெனக் கருதப்படும். உதாரணமாக சரளி வரிசையிலுள்ள

'ச' என்னும் சுரத்தின் சுருதி 'க' (2a) என்னும் சுரத்தின் சுருதியிலும் தாழ்வுடையதாகும். இவ்வாறு சரளி வரிசையிலுள்ள எல்லாச் சுரங்களையும் ஆர்மோனியத்தில் அடுத்தடுத்து அழுத்தும்பொழுது முதல் 'ச' விவிருந்து இறுதிச் 'ச' வரை சுருதி உயர்ந்துகொண்டு போகும். இசை ஒலியில் ஒரே செறிவுள்ள சில் என்னும் ஒலியையும் சாதாரண ஒலியையும் வேறுபடுத்துவது சுருதியாகும். ஓர் அதிரும் இழை அதன் நீளம் குறுகும்பொழுது உயர் சுருதியுள்ள சுரத்தை எழுப்பும். சுருதி ஒலிமுதலின் அதிர்வெண்ணில் தங்கியுள்ளது: அதிர்வெண் உயரும்பொழுது சுருதி உயரும். குன்றும்பொழுது குன்றும், உரப்பு, பண்பு என்னும் சிறப்பியல்புகள் சுருதியைப் பாதிப்பதில்லை. ஒளிக்கு நிறம் போல் ஒலிக்குச் சுருதி அமையும்.

##### பண்பு

வெவ்வேறு விதமான இசைக்கருவிகளிலிருந்து எழும் ஒரே அளவான உரப்பும் சுருதியும் கொண்ட இரு சுரங்களை வேறுபடுத்தும் சிறப்பியல்பு பண்பு எனப்படும். ஒருவித கஷ்டமின்றி புல்லாங்குழலிலிருந்து எழும் சுரத்தையும் ஆர்மோனியத்திலிருந்து வரும் அதே போன்ற சுரத்தையும் வேறுபடுத்த எவராலும் முடியும். இவ்விதம் வேறுபடுத்துவதற்கு உறுதுணையாக இருக்கும் சிறப்பியல்பே பண்பு.

##### உரப்பைப் பாதிக்கும் பௌதிகக் காரணிகள்

உரப்பு, செவியையடையும் அலைகள் காலும் சத்தியின் பருமனில், தங்கியுள்ளது; பொதுவாகச் சத்தி உயர்வாகவிருப்பின் உரப்பும் உயர்வாகவிருக்கும். இது ஓர் உணர்வாதலால் அளந்தறிதற்கரிய அளவைகளால் நிர்ணயிக்க ஆயலாது. ஆனால் ஒலியின் செறிவோ அளக்கத்தக்க ஒரு கணியமாகும். இவ்வளவையின் மூலம் உரப்பு மட்டிடப்படும்.

ஓர் ஊடகத்தின் புள்ளியொன்றிற் கூடாக ஒலி அலைகளை செல்லும்பொழுது அலைகள் செல்லும் திசைக்குச் செங்குத்தாகப் புள்ளியைச் சூழ்ந்திருக்கும் ஒரு சதுரப் பரப்பலகினூடு செலுத்தப்படும்; ஒலிச்சத்தி அப்புள்ளியினுள்ள ஒலியின் செறிவைத் தரும் எளிய கணிப்புகளின் பிரகாரம் ஒரு புள்ளியில் ஒலிச்செறிவு வீச்சம், அதிர்வெண், ஊடகத்தின் அடர்த்தி ஆகியவற்றில் தங்கியுள்ள தெனவும் அடர்த்திக்கும், வீச்சத்தின் வர்க்கத்திற்கும், அலையின் அதிர்வெண்ணுக்கும் விகிதசமமெனவும் அறியப்படும். ஒரு உறிசுத சுருதியுடைய ஒலியின் உரப்பு அவ்வொலி அலையின் வீச்சத்தினால் நிர்ணயிக்கப்படும். எவ்வே வீச்சத்தைப் பாதிக்கும் காரணிகளையாவும் உரப்பையும் பாதிக்கும், உரப்பு பின்வரும் காரணிகளில் தங்கியுள்ளது.

(a) ஒலி முதலினது அதிர்வின் வீச்சத்தில்

ஒலி முதலினது அதிர்வின் வீச்சம் பெரிதாயின் அதிலிருந்து எழும் அலையின் வீச்சமும் பெரிதாகும். ஆகவே உரப்பும் பெரிதாகும். உதாரணமாக ஓர் இசைக்கவரை மென்மையாக அருட்டும்பொழுது ஒரு மெலிந்த சுரத்தை எழுப்புகின்றது. ஆனால் உயர்ந்த வீச்சத்துடன் இசைக்கவர் அதிரும் பொழுது ஓர் உரப்பான சுரம் எழுகின்றது. எனினும் நேரப்போக்கில் வீச்சம் குன்றி சுரத்தின் ஒலிப்பு மெலிந்து குன்றிவிடும்.

(b) ஒலி முதலினது தூரத்தில்

எல்லாத் திசைகளிலும் ஒலியைக் காலும் முதலொன்றிற்கு ஒலிச்செறிவு தூரத்தில் வர்க்கத்துக்கு நேர்மாறு விகிதத்துக்கேற்ப குன்றும்.

$$\begin{aligned} \text{அதாவது செறிவு } I &\propto \frac{1}{r^2} \\ \text{அத்தடன் } I &\propto a^2 \quad (\text{இங்கு } a \text{ வீச்சம்}) \\ \therefore a &\propto \frac{1}{r} \end{aligned}$$

எனவே தூரத்தில் நேர்மாறு விகிதத்திற்கேற்ப வீச்சம் மாறுகின்றது. இதன் பிரகாரம் ஒலி முதலிலிருந்து தூரத்தில் நிற்கும் ஒருவன் கேட்கும் ஒலி உரப்புக் குறைந்ததாக இருக்கும்.

(c) ஊடகத்தின் அடர்த்தி

ஒலியின் செறிவு அடர்ந்த ஊடகத்தில் உயர்வாகவிருக்கும். இதனை வருமாறு காட்டலாம். ஒரு மணிச்சாடியை எடுக்க. அதனுள் ஒரு மின்மணியைத் தொக்கவிடுக. பின்பு வளியை நிரப்பி மின்மணியை ஒலிக்கச் செய்க. இவ்விதம் மணிச்சாடியை முறையே நீராவியாலும் அதன்பிறகு காபனீர் ஓட்சைட்டிலும் நிரப்பி மின்மணியை ஒலிக்கச் செய்க. அப்பொழுது அடர்த்தி உயர்ந்த வாயு மணிச்சாடியினுள்ளிருக்கும் பொழுது மின்மணி ஒலியின் உரப்பு உயர்வாகவிருந்தது. இக்காரணம் பற்றியே வளிமண்டலம் குளிராக இருக்கும் காலங்களில் தூரத்திலுள்ள ஒலி திறமாகக் கேட்கப்படுகிறது.

(d) ஒலி முதலின் பருமலில்

அதிரும் பரப்பு பெரிதாயின் அதிலிருந்து வரும் சத்தி பெரிதாகும். எனவே ஒலி முதலின் பருமல் பெரிதாகும்பொழுது அது எழுப்பும் ஒலியும் பெரிதாகும். உதாரணமாக ஒரு சிறு மணியிலும் ஒரு பெருத்த மணி எழுப்பும் ஒலி மிகப் பெரிதாக இருக்கும். மேலும்

ஒரு சாதாரண இசைக்கவரிலிருந்து எழும் ஒலி மெலிவாக இருக்கும். இவ்விசைக்கவரின் தண்டை ஒரு பெரும் பரப்புடைய பெட்டியின் மீது வைக்கும்பொழுது கேட்கும் இசைக்கவரின் ஒலி இப்பொழுது உயர்வாகவிருக்கும். இசைக்கவரைப் பெட்டியில் அழுத்தும்பொழுது பெட்டி வலிந்த அதிர்வைப் பெறுகின்றது. எனவே இப்பொழுதள்ள அதிரும் பரப்பு பெரிதாக இருப்பதால் கேட்கும் ஒலியின் உரப்பும் பெரிதாக இருக்கும்.

சுருதியை ஆளும் காரணிகள்

ஒரு சுரத்தின் சுருதி ஒலிமுதலின் அதிர்வெண்ணினால் துணியப்படும். அதிர்வெண் அதிகரிக்கும்பொழுது சுரம் சில என ஒலிக்கும். அத்தடன் சுருதி உயரும். கேட்கத்தக்க ஒலியின் மிகத் தாழ்ந்த அதிர்வெண் செக்கனுக்கு ஏறத்தாழ 30 அதிர்வுகளையும் மிக உயர்ந்த அதிர்வெண் செக்கனுக்கு 18,000 க்கும் 22,000 க்கு மிடையேயும் இருக்கும். இது கேட்பவர்களைப் பொறுத்ததன்றி. முதலிடத்தின் அதிர்வெண் அதிகரிக்கும்பொழுது அலைநீளம் குன்றும். எனவே சுரம் சில் என ஒலிக்கும்பொழுது அதன் அலைநீளம் குறையும். சுருதி ஓர் உணர்வையொழிய அதனை உண்டாக்கும் அதிர்வைக் குறிப்பதல்ல. இப்பதத்தை அதிர்வெண்ணுக்குச் சமானமாகப் பாவிப்பது தவறான தொன்றாகும். மேலும் சுருதி என்னும் உணர்வு ஒலிமுதலும் அவதானியும் இயங்கும் பொழுதும் அல்லது ஏதாவது இரண்டில் ஒன்று இயங்கும் பொழுதும் மாற்றமடையும். இத்தோற்றப்பாடு தொப்பிளரின் விளைவு எனப்படும். உதாரணமாக ஒலிமுதலும் அவதானியும் ஒன்றையொன்ற அணுகும்பொழுது சுருதி அதிகரிப்பதையும் விலகும் பொழுது சுருதி குன்றுகிறதையும் அவதானிக்க முடியும்.

பன்மைய ஆளும் காரணிகள்

ஏதுமொரு இசை ஒலி சுரம் எனப்படும். ஆனால் ஒரு தனி அதிர்வெண்ணுடைய ஒலி தொனி எனப்படும்; ஒரு சுரத்தில் பொதுவாக பல தொனிகள் உள். அதாவது வித்தியாசமான அதிர்வெண்களையுடைய அதிர்வுகள் இருக்கும். ஒரு சுரத்தின் மிக்க தாழ்வுள்ள அதிர்வெண்ணுள்ள தொனி அடிப்படைத் தொனி எனப்படும். இதிலும் மிக உயர் அதிர்வெண்களையுடைய தொனிகள் மேற்றொனிகள் எனப்படும். அடிப்படைத் தொனியும் மேற்றொனிகளும் ஒரே ஒலிமுதலில் தோற்றுவின. இவை ஒன்றாகச் சேரின் ஒரு தனி இசைச் சுரம் உண்டாகும். ஒரு மேற்றொனி அடிப்படைத் தொனியின் அதிர்வெண்ணினது முழுவெண் பெருக்கத்தையுடையதாயின் அது அனுசுரம் எனப்படும். இதன் பிரகாரம் அடிப்படைத்தொனி முதலாம் அனுசுரம் எனவும், முதலாம் மேற்றொனி இரண்டாம் அனுசுரமெனவும் இரண்டாம் மேற்றொனி மூன்றாம் அனுசுரமெனவும் அழைக்கப்படும்;

ஓர் இசைச் சுரத்தின் சிறப்பியல்புகளை விளக்கும் வரைபுகள்

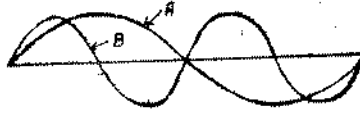
(a) உரப்பில் வித்தியாசம்



படம் 188

படம் 188 இல் காட்டப்பட்டுள்ள இரு வரைபுகளும் ஒரே அதிர்வெண்ணை அடலது அலைநீளத்தைக் கொண்ட சைன் வளையங்களாகும். ஆனால் வீச்சங்கள் வித்தியாசமானவை. இவற்றால் குறிக்கப்படும் தொனிகள் செறிவில் மட்டும் வித்தியாசமுடையன. ஆகவே உரப்பிலும் வித்தியாசமுடையன. ஆனால் மற்ற சிறப்பியல்புகளில் வித்தியாசமற்றவையாகும்.

(b) சுருதியில் வித்தியாசம்



படம் 189

படம் 189 இல் காட்டப்பட்டுள்ள A, B என்னும் இரு சைன் வளையங்களும் ஒரே அலை வடிவையும் வீச்சத்தையும் உடையன. ஆனால் அவற்றின் அதிர்வெண்ணும் அடலது அலைநீளமும் வித்தியாசமானவை; குறுகிய அலைநீளம் உள்ள வளையி உயர்ந்த அதிர்வெண்ணையுடையது. அதனால் அதன் சுருதி உயர்ந்தது.

(c) பண்பில் வித்தியாசம்



படம் 190

படம் 190 இல் காட்டப்பட்டுள்ள A, B என்னும் இரு வளையங்களினதும் அலைநீளமும் வீச்சமும் சமமாகும். ஆனால் அவற்றின் அலை வடிவங்கள் வித்தியாசமானவை. மேலும் அவை குறிக்கும் ஒளிகள் ஒரே செறிவும் சுருதியும் உடையன. ஆனால் பண்பில் வித்தியாசம்

முடையன. A துணை குறிக்கப்படும் சைன் வளையி ஒரு சுத்தமான தொனியைக் குறிக்கின்றது. மற்றது ஒரு சைன் வளையியல்லாததால் மேற்றொனிகளைக் கொண்டுள்ளது.

இசை வரிசை

ஒரு சுரத்தின் சுருதியை இரு விதத்தில் விளக்கலாம். பௌதிக ரீதியில் அதிர்வெண் தொடர்பாகவும் இசை ரீதியில் இசைவரிசையில் சுரத்தின் சூடத்தைக் கொண்டும் விளக்கலாம். சார் அதிர்வெண்களைக் கொண்ட ஓர் அளவுத்திட்டம் இசைவரிசை எனப்படும். இதனால் ஒரு சுரத்தின் அதிர்வெண் அடிப்படைச் சுரம் (Key Note) என அழைக்கப்படும் நியமச் சுரமொன்றின் அதிர்வெண் தொடர்பாக விளக்கப்படும். எந்த அடிப்படைச் சுரத்திலும் இசைவரிசை யொன்றைத் தயாரிக்கலாம். ஆனால் ஒரு பௌதிக வல்லுநர் அடிப்படைச் சுரத்தின் அதிர்வெண்ணைச் செக்கனுக்கு 256 அதிர்வுகளாக விரும்புவார். இது ஏனெனில் 2 இன் அடுக்காக இருப்பதாலும் ( $256=2^8$ ) கணிப்புக்குச் சுவமமாக இருப்பதாலும் விரும்பத்தக்கதாகிறது.

இசையிடை

ஏதாவது இரு சுரங்களினது அதிர்வெண்களில் விகிதம் அவ்விரு சுரங்களுக்கிடையேயுள்ள இடை ஆகும். ஓர் அதிர்வெண்ணுடைய இரு சுரங்கள் ஒத்திசை யுள்ளனவாகும். 1:2 என்னும் விகிதத்தில் அதிர்வெண்கள் அமைந்த இரு சுரங்களுக்கிடையேயுள்ள இடை அட்டம சுரம் எனப்படும். உராரணமாக அதிர்வெண் 100 ஐ உடைய சுரம் அதிர்வெண் 100 உடைய சுரத்திலும் உயர் அட்டமசுரத்திலுள்ளது எனப்படும். அதிர்வெண் 50 உடைய சுரம் அதிர்வெண் 100 உடைய சுரத்திலும் சீழ் அட்டம சுரத்திலுள்ளது எனப்படும். இதேபோல் 2:3 என்னும் விகிதத்தில் அதிர்வெண்களையுடைய சுரங்களுக்கிடையேயுள்ள இடை ஐந்தாவது எனப்படும்;

அதிர்வெண்களின் விகிதம்

1 : 2  
2 : 3  
3 : 4

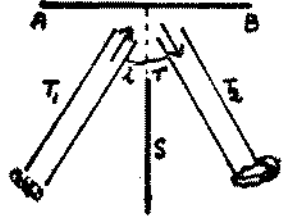
இடையில் பெயர்

அட்டமசுரம்  
ஐந்தாவது  
நான்காவது

ஒலியின் தெறிப்பும் முறிவும்

ஒளியைப்போல் ஒலியும் தெறிப்பு முறிவு போன்ற குணங்களை யுடையது; ஒலி தெறிப்படையும்பொழுது ஒளியின் தெறிப்பு விதிகளுக்கமையத் தெறிப்புறுகின்றது. ஒலித்தெறிப்பை வருமாறு எடுத்துக் காட்டலாம்.

## (a) ஒரு தளமேற்பரப்பில் தெறிப்பு

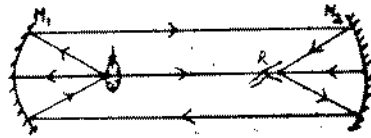


படம் 191

ஒலித்தெறிப்பை எடுத்தக் காட்டுவ தற்கு முதல் ஒரு குறுகிய அலைநீளமுள்ள ஒலி அலைகளை அனுப்பத்தக்க ஒலிமுதல் வேண்டும். இத்தகைய ஒலியை ஒரு சிறு கடிக்காரத்திலிருந்து பெற முடியும். AB என்பது ஒரு மரப்பலகை, இதற்குச் செங்குத்தான ஒரு உளத்தில்  $T_1$ ,  $T_2$  என்னும் குழாய்கள் வைக்கப்பட்டு  $T_1$  இன் ஒரு முனையில் கைக்கடிக்காரம் வைக்கப்படும்.

இரு குழாய்களில் முனைகளுக்குமிடையே S என்னும் மரத்திரை வைக்கப்படும்.  $T_2$  என்னும் குழாயின் முனைக்கருகே செவியை அணைத்துக்கொண்டு அத்தளத்தில் குழாய் திருப்பப்படும். இவ்வாறு திருப்பப்படும்பொழுது ஒரு கட்டத்தில் கடிக்காரத்தின் 'ரீக்' ஒலி கேட்கும். மற்ற இடங்களில் கேட்கமாட்டாது. அப்பொழுது  $T_1$ ,  $T_2$  என்னும் குழாய்கள் படுபுள்ளியிலுள்ள செவ்வனுடன் ஆக்கும் கோணங்கள் அளக்கப்படும். இவ்வாறு குழாய்  $T_1$  இன் வெவ்வேறு சாய்வுக் கோணங்களுக்குப் பரிசோதனை செய்யப்பட்டு படுகோணங்களும் தெறிகோணங்களும் ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் ஒன்றுக்கொன்று சமனாக இருப்பதை அவதானிக்க முடிகிறது.

## (b) குழிமேற்பரப்பில் தெறிப்பு



படம் 192

ஒரு குறித்த தூரத்தக்கப்பால்  $M_1$ ,  $M_2$  என்னும் இரு குழிவாடிகள் நிறுத்தப்படுகின்றன.  $M_1$  இன் குவியத்தில் ஒரு கடிக்காரமும்  $M_2$  இன் குவியத்தில் ஒரு கொம்புக்குழாயும் வைக்கப்படும். பின்பு கடிக்காரத்தின் 'ரீக்' ஒலி R என்னும் குழாயினூடு கேட்கப்படும். கொம்புக்குழாயின் அல்லது கடிக்காரத்தின் இடமோ மாற்றப்படின் அவ்வொலி கேட்கப்படுவதில்லை. இங்கு  $M_1$  இன் குவியத்திலிருந்து எழும் ஒலி ஆடியில் தெறிப்புற்று சமாந்தரமாகச் சென்று மற்ற ஆடியில் பட்டு அங்கும் தெறிப்புற்று அதன் குவியத்தில் குவிகின்றது. இவ்விரு பரிசோதனைகளும் ஒலி தெறிப்புறுகிறதென்பதை எடுத்தக் காட்டுகின்றன.



படம் 193

## தெறிப்பின் செய்முறைப் பிரயோகம்

மிகவுந் தூரங்களுக்கிடையே ஒலிச்செறிவு இழக்கப்படாதவாறு ஒலியைச் செலுத்துவதற்கு பேசும் குழாய் உபயோகிக்கப்படும். குழாயின் வாயில் ஒலியொன்றை ஏற்படுத்தின் அது குழாய்க்குள் விரிய இயலாது அடுத்தடுத்த குழாயின் உட்கவர்களில் தெறிப்புறுகின்றது. ஒலி பரவமுடியாததனால் அதன் செறிவு நேர்மாறு வர்க்க விதிக்கமைய குறைவதில்லை. டாக்டர்கள் உபயோகிக்கும் உடலொலி பெருக்கிக்காட்டி 'கிராமப்போன்' குழாய்கள் இத் தத்துவத்தையே ஆதாரமாகக் கொண்டு செயல்படுகின்றன.

## எதிரொலிகள்

உற்பத்தி ஒலியிலிருந்து வித்தியாசப் படுத்தத்தக்கதாக கேட்கப்படும். தெறிப்புற்று வரும் ஒலி எதிரொலி எனப்படும். இது உண்டாவ தற்குத் தகுந்த தெறிகருவிகள் உதாரணமாக நீண்டசுவர் மிகச் சாரல் உகந்தவையாகும். ஒலியையும் அதன் எதிரொலியையும் கேட்பதற்குத் தெறிகருவி கணிசமான தூரத்தில் ஒலிமுதலிலிருந்து இரு திசைகளில் வேண்டும். ஒலி என்னும் உணர்வு சூனியில் ஒலி கேட்டபின்,  $\frac{1}{16}$  செக்கனுக்கு நிலைநிற்கும். எனவே ஒலியையும் எதிரொலியையும் பிறம்பாகக் கேட்பதற்கு இந் நேர இடை தாண்டிய பின்பே எதிரொலி செவியை அடையவேண்டும். அறை வெப்பநிலையில் ஒலியின் வேகம் வளியில் 1150 அடி / செக். ஆகும். ஆகவே  $\frac{1}{16}$  செக்கனில் வளியில் ஒலி செல்லத்தக்க தூரம் 115 அடி. ஓர் ஒலியின் எதிரொலியைத் தெளிவாகக் கேட்பதற்கு ஒலிமுதலுக்கும் தெறிகருவிக்குமிடையிலுள்ள குறைந்தளவு தூரம் 57.5 அடியாக இருத்தல் வேண்டும்.

பெரிய மண்டபங்களில் ஒலி உண்டாக்கப்பட்டு முடிவடைந்தபின் தொடர்ந்து ஒலி சிறிய நேரத்துக்குக் கேட்பதை அவதானிக்க முடிகிறது. இத்தோற்றப்பாடு தெறிப் பொலிகள் எனப்படும். இது சுவரில் ஏற்படும் பல தெறிப்புகளால் ஏற்படுகின்றது. இதனைத் தவிர்ப்பதற்கு ஒலி உறுஞ்சும் கம்பளங்கள் சுவர்களில் பொருத்தப்படுகின்றன; மற்றும் வன்வல்களாலும் தெறிப்பொலிகள் குறைக்கப்படும். எதிரொலிகளின் உபயோகங்கள்

இரவு அல்லது பனிப்புக்கார மிக்கதான காலங்களில் கப்பல்கள் 'ஆட்டிக்' சமுத்திரங்களில் செல்லும்பொழுது பனிக்கட்டிப் பாரை

களைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு எதிரொளி இன்றியமையாததாக அமைகிறது. கப்பலில் ஊதுகுழாயொன்றினால் எழுப்பப்படும் ஒலி பனிக்கட்டிப் பாதைகளில் மோதி தெறிப்புற்று மீண்டும் எதிரொளியாக கப்பலையடையும். இதனால் பனிக்கட்டிப் பாதையைக் கண்டுபிடிக்க முடிகிறது. ஆகவே கப்பல் இவ்விடத்தை விலகிச் செல்லத்தக்கதாக இருக்கிறது.

கடல்களின் ஆழங்களை அளக்கவும் எதிரொளி கையாளப்படுகிறது.

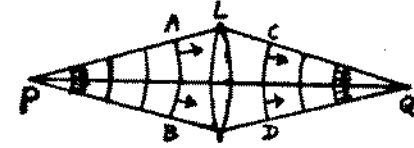
### ஒலிமுறிவு

ஒலி ஊடகத்தில் ஒலி அலைகள் மாறா வேகத்துடன் நேர்கோடுகளில் செல்கின்றன. இவை இரண்டாம் ஊடகத்தைச் சந்திக்கும் பொழுது ஒரு பகுதி அலைகள் இவ்ஊடகத்திற்குள் புகுந்து வித்தியாசமான வேகத்துடன் இயங்குகின்றன. பிரிக்கும் பரப்பில் மீது செங்குத்தாக அலைகள் விழாதிருப்பின் அலைகளின் சிதை இரண்டாம் ஊடகத்தில் திருப்பம் அடையும். இத்தோற்றப்பாடு முறிவு எனப்படும். இத் திசைதிருப்பம் இரு ஊடகங்களிலும் உள்ள வேகங்களில் வித்தியாசம் ஏற்படுவதால் நிகழ்வதாகும். ஓர் ஊடகத்தில் ஒலியின் வேகம் குறைவாக இருப்பின் ஒலிக்கதிர் செவ்வண நோக்கி வளையும். இது அடர்ந்த ஊடகங்களிலேயே நிகழும். ஒளியைப்போல இங்கும் 1-ம் ஊடகம் சார்பாக 2-ம் ஊடகத்தின் முறிவுக்குணகம் வருமாறு தரப்படும்.

$$\text{அதாவது } \mu = \frac{1\text{-ம் ஊடகத்தில் ஒலியின் வேகம்}}{2\text{-ம் ஊடகத்தில் ஒலியின் வேகம்}}$$

ஒலியியலில் ஒலியின் வேகம் குறைகின்ற ஊடகங்கள் ஒலியால் அடர்ந்த ஊடகங்கள் எனவும், ஒலியின் வேகம் அதிகரிக்கின்ற ஊடகங்கள் ஒலியால் ஐதான ஊடகங்கள் எனவும் கருதப்படும். இதே போல் ஒலியியலிலும் நிகழ்கின்றது. ஆயினும் வளியையும் நீரையும் எடுப்போமாயிருந்தால் வளியில் ஒலியின் வேகம் நீரிலும் குறைவுற்றிருப்பதால் வளியானது ஒலியால் அடர்ந்த ஊடகம் எனப்படும். நீர் ஒலியால் ஐதான ஊடகம் எனப்படும். ஆகவே வளியிலிருந்து நீருக்கு ஒலி அலை செல்லின் அது நீரில் செவ்வண விலகி முறிவுறும். ஆனால் ஒளியைப் பொறுத்தளவில் வளியில் ஒலியின் வேகம் நீரிலும் அதிகரிப்புற்றிருப்பதால் வளியானது நீரிலும் பார்க்க ஒலியால் ஐதான ஊடகம் ஆகும்; அதாவது நீரானது வளி சார்பாக ஒலியால் அடர்ந்த ஊடகமும் எனப்படும். வளியையும் கண்ணாடியையும் கருத்திற் கொள்ளப்படும்பொழுது வளியானது கண்ணாடி சார்பாக ஒலியால் அடர்ந்த ஊடகம் ஆனால் ஒலியால் ஐதான ஊடகம் ஆகும்.

ஒலிமுறிவைக் காட்டல்.



படம் 194

ஒலிமுறிவைக் காட்டுவதற்கு வில்லை வடிவமான பாத்திரமொன்று இந்தியா இரப்பரில் தயாரிக்கப்படும். இதற்குள் காபனீரொட்சைட்டு (CO<sub>2</sub>) நிரப்பப்படும். வளியிலும் பார்க்க CO<sub>2</sub> வில் ஒலி மெதுவாகச் செல்லும். ஆகவே இது வளியிலும் அடர்ந்த ஊடகமாகும். எனவே இது ஒரு குவிவில்லைபோல் தொழிற்படும். ஐதரசனால் நிரப்பப்படின் அது ஒரு விரிவில்லைபோல் தொழிற்படும். படம் 194 இல் காட்டிய வாயு P என்னும் புள்ளியில் ஓர் ஊதுகுழாய் வைத்து ஊதப்படின் வில்லையின் மறுபக்கத்தில் Q என்னும் புள்ளியில் வில்லையால் ஒலி அலைகள் குவிக்கப்படும். அவ்விடத்தில் ஒலியைக் கேட்கமுடியுமாகும். உதாரணங்கள்:

1. சமாந்தரமான இரு மலைகளுக்கிடையே நிற்கும் ஒரு மனிதன் துவக்கொன்றால் கடுகின்றான். அப்பொழுது இரு எதிரொலிகளை ஒன்று 2½ செக்கனுக்குப் பின்னும் மீறாது 3½ செக்கனுக்குப் பின்னும் கேட்கின்றான். ஒலியின் வேகம் 330 மீற்றர்/செக்., ஆயின் இரு மலைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தையும் மூன்றும் எதிரொலி கேட்க எடுக்கும் நேரத்தையும் காண்க.
 

முதலாம் எதிரொலி கேட்க எடுத்த நேரம்	= 2½ செக்.
∴ ஒலிமுதலிலிருந்து ஒலி மலைக்குச் செல்ல எடுத்த நேரம்	= 1½ செக்.
∴ மனிதனுக்கும் மலைக்கும் இடையிலுள்ள தூரம்	= 330 × 1½ = 412.5 மீற்றர்.
- 2-ம் எதிரொலி கேட்க எடுத்த நேரம் = 3½ செக்.
 

∴ ஒலிமுதலிலிருந்து ஒலி மீற்ற மலைக்குச் செல்ல எடுத்த நேரம் = 1½ செக்.
∴ மனிதனுக்கும் மீற்றமலைக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் = 330 × 1½ = 577.5
∴ இரு மலைக்குமிடையிலுள்ள தூரம் = 412.5 + 577.5 = 990 மீற்றர்.

முதலாம் எதிரொலி இரண்டாம் மலையில்பட்டு திரும்பி மனித னுக்கு வரும்பொழுது மூன்றாம் எதிரொலி கேட்கப்படும். இவ் வெதிரொலி தொடக்கத்திலிருந்து சென்ற மொத்தத்தாரம்

$$= 2 \times 990 \text{ மீற்றர்}$$

∴ துவக்குச் சுட்டபின் 3-ம் எதிரொலி கேட்டநேரம்

$$= \frac{2 \times 990}{330} = 6 \text{ செக்கன்.}$$

2. ஒரு பையன் மேள்விட்டுப் படிசனாக்கு முன்னால் நின்று கை தட்டு கிறான். அதனால் ஓர் இசை எதிரொலியைக் கேட்கின்றான். ஒலி யின் வேகம் 1120 அடி/செக். ஆகவும் ஒவ்வொரு படியில் அக லமும் 10 அங்குலமாகவும் இருப்பின் கேட்கும் எதிரொலியின் அதிர்வெண் என்ன?

அடுத்தடுத்த இரு படிகளில் பட்டுவரும் தெறிப்புக்களுக்கிடையே ளுள்ள நேர இடையானது ஒரு படியின் இரு மடங்கு அகலத் தைச் செல்ல எடுக்கும் நேரமாகும். அதாவது படியின் அக லம் d எனவும் வேகம் V எனவும் கொள்ளின் எடுக்கப்படும் நேரம்  $\frac{2d}{V}$  ஆகும்.

$$\text{இங்கு } b = \frac{10}{12} \text{ அடி}$$

$$V = 1120 \text{ அடி / செக்.}$$

$$\therefore \text{ நேர இடை (T)} = \frac{2 \times 10}{12 \times 1120}$$

$$\therefore \text{ அதிர்வெண்} = \frac{1}{T} = \frac{12 \times 1120}{2 \times 10} = 672 \text{ அதிர்வுகள் / செக்.}$$

3. 34.5 சமீ. அலைநீளமுள்ள ஒலி அலைகள் வளியில் சென்று ஒரு CO<sub>2</sub> படையின் மேற்பரப்போடு 60° கோணத்தில் படுகின்றன. CO<sub>2</sub> வில் அலைகளின் முறிக்கோணத்தைக் கணிக்க. வளியிலும், CO<sub>2</sub> விலும் ஒலியின் வேகங்கள் முறையே 330 மீற்றர் / செக்., 265 மீற்றர் / செக். ஆகும். CO<sub>2</sub> வில் ஒலியின் அலைநீளம் என்ன?

$$\mu_{\text{CO}_2} = \frac{\text{வளியில் ஒலியின் வேகம்}}{\text{CO}_2 \text{ வில் ஒலியின் வேகம்}}$$

$$\mu_{\text{CO}_2} = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \frac{\text{சைன் } 30^\circ}{\text{சைன் } r^\circ} = \frac{33000}{26500}$$

$$\therefore \text{சைன் } r^\circ = \frac{26500}{33000} \times \frac{1}{2} = 0.4015;$$

$$r^\circ = 23^\circ 40'$$

$$V_a = n \lambda$$

$$33000 = n \times 34.5$$

$$\therefore n = \frac{33000}{34.5} = 956 \text{ அதி. / செக்.}$$

$$V_{\text{CO}_2} = n \cdot \lambda$$

$$26500 = 956 \times \lambda$$

$$\therefore \lambda = \frac{26500}{956} = 27.72 \text{ சமீ.}$$

ஒலியின் வேகம்

ஒலி முதலிலிருந்து அவதானிக்கு ஒலிவர நேரம் எடுக்கும். இது னைச் சாதாரண தோற்றப்பாடுகளாகிய இடிமின்னல், துவக்கொலி— புகை என்பவற்றிலிருந்து அறிய முடிகிறது. அதாவது மின்னல் தெரிந்து சற்று நேரத்தின்பின் இடி கேட்கின்றது; துவக்கிலிருந்து வெளிவரும் புகை தெரிந்தபின்பே ஒலி கேட்கின்றது. ஆகவே ஒலிக்கு வேகம் உண்டு என்பதை இவற்றிலிருந்து அறியமுடிகிறது. ஒலியின் வேகத்தைத் துணி தற்குரிய சாதாரண முறையை க. பொ. த. (சாதாரண) வகுப்பில் படித்துள்ளோம். ஆனால் இதனிலும் சிறந்த முறைகள் இங்கு கையாளப்படும்.

ஒலியின் வேகத்துக்குரிய நியூறனின் சூத்திரம்

ஓர் ஊடகத்தில் ஒலி அலை செல்லும்பொழுது அதனிலுள்ள துணிக் கைகள் மாறும் தகைப்புக்களுக்கு உள்ளாக்கப்படுகின்றன. இதனால் அவை விகாரப்படுகின்றன. ஆகவே ஒலி அலையின் வேகம் ஊடகத் தின் மீள்தன்மைக் குணத்தில் ஓரளவிற்குத் தங்கியுள்ளது. மீள்தன்மைக் குணம் வருமாறு வரையறுக்கப்படும்.

$$\text{மீள்தன்மைக் குணம் } K = \frac{\text{தகைப்பு}}{\text{விகாரம்}}$$

ஒரு சதுரப்பரப்பிலுள்ள விசை

$$= \frac{\text{நீளத்தில் அல்லது கனவளவில் மாற்றம்} / \text{ஆரம்பநீளம்}}{\text{அல்லது கனவளவு}}$$

மேலும் வேகம் ஊடகத்தின் அடர்த்தியிலும் தங்கியுள்ளது.

$$\text{அத்துடன் வேகம் } V = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \text{ எனக் காட்டப்படும். இங்கு } \rho \text{ ஊடகத்தின் அடர்த்தியாகும்; } E \text{ கைக்கள் / ச. சமீ. இலும் } \rho \text{ கிராம் / ச; சமீ. இலும் இருப்பின் } V \text{ சமீ. / செக். இலிருக்கும். } E \text{ இருத்தலி / ச; அடி இலும் } \rho \text{ இலுத்தல் / ச. அடி இலும் இருப்பின் } V \text{ அடி / செக். இலிருக்கும்.}$$



ஒரு திண்மத்துக்கு உதாரணமாக உருக்குக்கு  $E$  இன் பருமன்  $2 \times 10^{12}$  தைன்/ச. சமீ. யும்  $\rho$  பருமன்  $7.8$  கி./க. சமீ. யுமரக இருப்பின், உருக்கில் ஒலியின் வேகம்

$$V = \sqrt{\frac{2 \times 10^{12}}{7.8}} \text{ சமீ./செக். ஆகும்.}$$

ஒரு திரவத்துக்கு உதாரணமாக நீருக்கு கனவளவு மீள்தலைமைக் குணகம்  $2.04 \times 10^{10}$  தைன்/ச. சமீ. யும்  $\rho = 1$  கி./க. சமீ. ஆயுமிருப்பின் நீரில் ஒலியின் வேகம்

$$V = \sqrt{\frac{2.04 \times 10^{10}}{1}} = 1.43 \times 10^5 \text{ சமீ./செக். ஆகும்.}$$

ஒலியேகத்தின் சூத்திரத்தை நிறுவலி

இதனைப் பரிமாணமுறையால் வருமாறு நிறுவலாம்.

$$\text{அடர்த்தி } \rho = \frac{\text{திணிவு}}{\text{கனவளவு}}$$

$$\Delta \rho \text{ இன் பரிமாணம்} = \frac{M}{L^3} = ML^{-3}$$

$$E = \frac{\text{தகைப்பு}}{\text{விகாரம்}}$$

$$\text{தகைப்பு} = \frac{\text{விசை}}{\text{பரப்பு}}$$

$$\text{விசையின் பரிமாணம்} = MLT^{-2}$$

$$\begin{aligned} \text{தகைப்பின் பரிமாணம்} &= \frac{MLT^{-2}}{L^2} \\ &= ML^{-1}T^{-2} \end{aligned}$$

விகாரம் இரு ஒத்த கணியங்களின் விதிமானதால் அது பூச்சியப் பரிமாணத்தையுடையது:

$$\therefore E \text{ இன் பரிமாணம்} = ML^{-1}T^{-2}$$

$V = KE^x \rho^y$  எனக் கொள்க; இங்கு  $k$  ஒரு மாறிலியாகும்;

$$V \text{ இன் பரிமாணம்} = LT^{-1}$$

$$\begin{aligned} \Delta LT^{-1} &= (ML^{-1}T^{-2})^x \cdot (ML^{-3})^y \\ &= M^{x+y} \cdot L^{-x-3y} \cdot T^{-2x} \end{aligned}$$

சமன்பாட்டின் இரு பக்கங்களிலுமுள்ள  $M$ ,  $L$ ,  $T$  களின் அடுக்களை சமப்படுத்தின்

$$x + y = 0 \quad \text{----- (1)}$$

$$-x - 3y = 1 \quad \text{----- (2)}$$

$$-2x = -1 \quad \text{----- (3) பெறப்படும்}$$

$$(3) \text{ இலிருந்து } x = \frac{1}{2}$$

$$(1) \text{ இலிருந்து } y = -\frac{1}{2}$$

$\therefore V = KE^x \rho^y$  இல் இவற்றைப் பிரதியிடும்பொழுது

$$V = KE^{\frac{1}{2}} \rho^{-\frac{1}{2}} \therefore V = k \sqrt{\frac{E}{\rho}} \text{ பெறப்படும்}$$

$k$  இன் பெறுமானம் கணிப்புகளின்படி 1 எனக் காணப்படும்.

$$\Delta V = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \text{ ஆகும்.}$$

வாயுவில் ஒலியின் வேகமும், இலப்பினாசின் திருத்தமும்

நியூறன் ஒலியின் வேகத்துக்குச் சூத்திரமொன்றை இயற்றும் பொழுது ஒலிஅலை வாயுக்கூடாகச் செல்லும்பொழுது வாயுவில் ஏற்படும் கனவளவு—அழுக்கமாற்றம் வெப்பநிலைமாறாத நிலையில் நிகழ்ந்தெனவும் ஆசையால் அது ஒரு சமவெப்பமாற்றம் எனவுங்கொண்டு கணிப்பைத் தொடங்கியுள்ளார். சமவெப்ப மாற்றத்தில் அழுக்கத்துக்கும் கனவளவுக்குமுள்ள மாற்றம் போயிலின் விதிக்கமைய நிகழ்வதாகும். எனவே  $PV = K$  என்னுஞ் சமன்பாடே இங்கு பிரயோகிக்கப்படும்.

ஒரு வாயுப்படையில் கனவளவானது  $P$  என்னும் அழுக்கத்தில்  $V$  என்க. இதற்கூடாக ஒலிஅலை செல்லும்பொழுது ஒரு கணத்தில் அழுக்கம்  $P+p$  எனவும் கனவளவு  $V-v$  எனவும் இருக்கிறதென்க; அப்பொழுது போயிலின் விதிப்படி

$$(P+p)(V-v) = PV$$

$$PV - Pv + pV - pv = PV$$

$$pv = pV \quad (\because pv \text{ புறக்கணிக்கப்படுவதால்})$$

$$P = \frac{p}{v} = \frac{\text{அழுக்கமாற்றம்}}{\text{ஒர் அலகுக்கனவளவில் ஏற்படும் கனவளவு மாற்றம்}}$$

$$= \frac{\text{தகைப்பு}}{\text{விகாரம்}}$$

$$\Delta E = P \text{ ஆகும்;}$$

$$\therefore \text{வேகம் } V = \sqrt{\frac{P}{\rho}}$$

இச் சூத்திரத்தின்படி  $0^\circ\text{C}$  இலும் 76 சமீ; வளிமண்டல அழுக்கத் திலும்

$$V_0 = \sqrt{\frac{76 \times 13.6 \times 980}{0.001293}} \text{ சமீ. / செக.}$$

(இங்கு வளியின் அடர்த்தி  $0^\circ\text{C}$  இல்  $0.001293$  ஆகும்.)  
= 286 மீற்றர் / செக.

ஆனால் பரிசோதனைப் பெறுமானத்தின்படி ஒலியின் வேகம் 332 மீற்றர் / செக. ஆகும். இது நியூற்றனின் கணித்த பெறுமானத்திலும் உயர்ந்திருந்தமையால் நியூற்றனின் மேற்கொள்கையில் தவறுண்டு எனக் கருதப்பட்டுள்ளது. இத்தவறு 100 ஆண்டுகளாக இருந்த பின்பு இப்பொழுது என்னும் விஞ்ஞானி கனவளவு-அழுக்கமாற்றம் சமவெப்பமாற்றம் என நியூற்றனால் மேற்கொள்ளப்பட்டது பிழை எனச் சுட்டிக்காட்டி அங்கு நிகழும் மாற்றம் வெப்பஞ் செல்லா நிலை மாற்றம் எனக் காட்டினார். எனவே இம்மாற்றம் போயின் விதிக்கமைவ தில்லையென்றும் அம்மாற்றத்திற்குரிய சமன்பாடு வருமாறு அமைவு மெனவும் குறித்துள்ளார்.

அதாவது  $PV^\gamma = K$  என்பதே இங்கு உகந்தது எனக் காட்டப்பட்டது. மேலும்  $\gamma$  என்பது மாறு அழுக்கத்தில் வாயுவொன்றின் தன் வெப்பத்துக்கும் மாறாக் கனவளவில் அவ்வாயுவின் தன்வெப்பத்துக் கும் உள்ள விதிமாதும்; அதாவது,  $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ , ஓரணுக் கொண்ட வாயுக்களுக்கு  $\gamma = 1.4$ , ஈரணுக் கொண்ட வாயுக்களுக்கு  $\gamma = 1.67$  ஆகும்.

எனவே வாயுவொன்றினுடே ஒலி ஆலை செல்லும்போது அழுக்கத் துக்கும் கனவளவுக்குமிடையில் நிகழும் மாற்றத்துக்குரிய செம்மை யான தொடர்பு வருமாறு அமையும்.

$$\begin{aligned} PV^\gamma &= (P+p) \left( V-v \right)^\gamma \\ &= V^\gamma \left( P+p \right) \left( 1 - \frac{v}{V} \right)^\gamma \\ P &= \left( P+p \right) \left( 1 - \frac{\gamma v}{V} + \dots \right) \\ &= P - \gamma \frac{Pv}{V} + \gamma \frac{Pv}{V} + p \end{aligned}$$

ஈரணுப்புத் தேற்றத்தின்படி

இங்கு  $p$  யும்  $v$  யும் சிறிதாகையால் புறக்கணிக்கப்படும்.

$$\begin{aligned} \Delta \frac{\gamma P v}{V} &= P \\ \gamma P &= \frac{P}{v/V} = \text{தகைப்பு விசாரம்} \\ E &= \gamma P \\ \Delta V &= \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} \end{aligned}$$

இச் சூத்திரத்தில் வளிக்கு  $\gamma = 1.404$  ஐயும்  $P = 76$  சமீ; இரசத் தையும்,  $\rho = 0.001293$  கி. / க. சமீ. யையும் பிரதியிட்டால்

$$V_0 = \sqrt{\frac{1.404 \times 76 \times 13.6 \times 980}{0.001293}} \text{ சமீ. / செக.}$$

= 332 மீற்றர் / செக.

இப் பெறுமானம் பரிசோதனைப் பெறுமானத்துடன் பொருந்துவ தால் இப்பொழுதின் மேற்கொள்ளுகை சரியெனக் கொள்ளப்பட்டது.

வளியில் ஒலியின் வேகத்தைப் பாதிக்கும் காரணிகள்

வளியின் அழுக்கத்தையும் அடர்த்தியையும் பாதிக்கும் காரணிகள் யாவும் அவ்வளிக்கடாகச் செல்லும் ஒலியின் வேகத்தையும் பாதிக்கும்.

(1) அழுக்கத்தினதும் வெப்பநிலையினதும் விளைவு

ஒரு குறித்த வாயுவில் தனிவு  $m$  எனவும் கனவளவு  $v$  எனவும் கொள்க. அதன் அடர்த்தி  $\rho = m/v$

$$\text{எனவே ஒலியின் வேகம் } V = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma P v}{m}}$$

ஆனால்  $Pv = mRT$  இங்கு  $R$  ஆனது 1 கிராம் வாயுக்குரிய வாயு மாறிலியாகும்.  $T$  ஆனது அதன் தனிவெப்பநிலையாகும்.

$$\text{எனவே } \frac{Pv}{m} = RT$$

$$\Delta V = \sqrt{\gamma RT}$$

இச்சமன்பாட்டில்,  $\gamma$ ,  $R$  ஆகியன மாறிலிகளாகும்; எனவே வெப்பநிலை மாறுதிருப்பின் ஒலியின் வேகம் அழுக்கத்தும் பொறுத்த தல்லவாகும்.

மேலும் வேகம் ஆனது தனிவெப்பநிலை T இன் வர்க்கமூலத்திற்கு நேர்விகிதசமமானாகும்.

உதாரணமாக ஒரு வாயுவின் வேகம் 15°C இல் 338 மீ.நீ. / செக். ஆயின் அதன் வேகம் 0°C இல் வருமாறு காணப்படும்.

$$\frac{V^{\circ}}{338} = \sqrt{\frac{273}{288}} = 328 \text{ மீ.நீ.நி. / செக். அண்ணளவாக}$$

**சரப்பதனின் விளைவு**

நீராவி வளியிலும் இலேசானதும் அதன் அடர்த்தி வளியினதின் மடங்காகும். ஆகவே வளியிலுள்ள சரப்பதன் அதிகரிக்கும்பொழுது வளியின் அடர்த்தி குறையும். அதனால் உலர்ந்த வளியிலும் பார்க்க சரவளியினில் ஒலி விரைவாகச் செல்லும்.

**காற்றின் விளைவு**

காற்றடிக்கும் திசையில் ஒலி செல்லும்பொழுது அதன் வேகம் தரை சார்பாக அதிகரிக்கும். எதிர் திசையில் செல்லின் தரை சார்பாக ஒலியின் வேகம் குறையும்.

**அதிவெண்ணின் விளைவு**

ஒலியின் வேகம் அதிவெண்ணில் தங்குவதில்லை. இதனால்தான் ஓர் இசைக்கருவி வாத்தியத்தைக் கிட்ட நின்று கேட்கும்பொழுதுள்ள இனிமை தாரத்தில் நிற்கும்பொழுதும் உண்டு.

**வேறு வாயுக்களில் ஒலியின் வேகம்**

பு சமமான இரு வாயுக்களில் ஒரே வெப்பநிலையிலும் அழுக்கத் திலும் ஒலியின் வேகங்கள் வாயுக்களின் அடர்த்திகளின் வர்க்கமூலத்திற்கு நேர்மாறு நிகிதசமமானாகும்.

மேலும் வாயுவொன்றின் அடர்த்தி அணுநிறைக்கு விகிதசமமாக இருப்பதனால், ஒரே T பெறுமானமும் சர்வசமன் நிலையிலுமுள்ள இரு வாயுக்களினூடு ஒலியின் வேகங்களை அணுநிறைகளின் வர்க்கமூலத்திற்கு நேர்மாறு விகிதசமமானாகும்.

**திரவங்களிலும் திண்மங்களிலும் ஒலியின் வேகங்கள்**

நி. வெ. அ. இல் வாயுக்களில்	திண்மங்களிலும் நீரிலும்
வளியில் 331.9 மீ.நி./செக்.	செம்பில் 3600 மீ.நி./செக்.
ஐதரசனில் 1286 ..	உருக்கில் 5100 ..
ஓட்சிசனில் 317.2 ..	கண்ணாடியில் 5000 ..
CO <sub>2</sub> இல் 319.0 ..	நீரில் (13°C) 1437 ..

திண்மங்களிலும் திரவங்களிலும் ஒலியானது வாயுக்களிலும் பார்க்க மிகவிரைவாகச் செல்லும். திரவங்களில் ஒலியின் வேகம்

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

இதனால் தரப்படும். இதற்கு E திரவத்தின் மீள்தன்மைக்

கனவளவுக்குணகத்தைக் குறிக்கும். திண்மத்தில்  $V = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$  இங்கு Y திண்மத்தின் யங்கின் குணகத்தைக் குறிக்கும்;

**உதாரணங்கள்**

- 0°C இல் வளியில் ஒலியின் வேகம் 1120 அடி/செக்; வாயுவின் விரிவுக்குணகம் ஒரு °Cக்கு 1/273; ஒரு °C வெப்பநிலை உயர்ச்சிக் குரிய வேகமாற்றத்தைக் காண்க.  
1°C இல் ஒலியின் வேகம் V என்க;

$$\Delta \frac{V}{V_0} = \frac{\Delta T}{273}$$

$$\therefore V = V_0 \frac{274}{273} = 1120 \frac{274}{273}$$

$$= 1122 \text{ அடி/செக்;}$$

வேகமாற்றம் = 2 அடி/செக்;

- நி. வெ. அ. இல் வளியின் அடர்த்தி 0.001293 கி. / க. சமீ; ஆகவும் இரசத்தின் அடர்த்தி 0°C இல் 13.6 கி. / க. சமீ; ஆகவும், C<sub>p</sub> = 0.2417, C<sub>v</sub> = 0.1715 ஆகவும் இருப்பின் 80°C இல் ஒலியின் வேகத்தைக் காண்க.

$$\text{வளியில் ஒலியின் வேகம் } V = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$$

இதனால் தரப்படும்.

$$\therefore V_0 = \sqrt{\frac{0.2417 \times 76 \times 13.6 \times 980}{0.1715 \times 0.001293}}$$

$$\text{மேலும் } \frac{V_{80}}{V_0} = \sqrt{\frac{353}{273}}$$

$$V_{80} = \sqrt{\frac{353 \times 0.2417 \times 76 \times 13.6 \times 980}{273 \times 0.1715 \times 0.001293}}$$

$$= 37790 \text{ சமீ. / செக்.}$$

- செக்கனுக்கு 512 அதிவெண்ணுடைய இசைக்கவர் 20°C இல் எழுப்பும் ஒலி அலையின் அலைநீளம் 68 சமீ. ஆகும்; நி. வெ. அ. இல் வளியின் அடர்த்தி 1 இலீற்றருக்கு 1.29 கிராமாயில் பு வைக் காண்க.

இரசத்தின் அடர்த்தி 13.6 கி./க. சமீ.  
20°C இல்  $V = 512 \times 68$  சமீ./செக்.

$$\frac{V_0}{V_{20}} = \sqrt{\frac{273}{293}}$$

$$\begin{aligned} \therefore V_0 &= V_{20} \sqrt{\frac{273}{293}} \\ &= 512 \times 68 \times \sqrt{\frac{273}{293}} \end{aligned}$$

$$\text{ஆனால் } V_0 = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$$

$$\gamma = \frac{V_0^2 \rho}{P}$$

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{512^2 \times 68^2 \times 273 \times 1.29}{76 \times 13.6 \times 980 \times 293 \times 1000} \\ &= 1.43 \end{aligned}$$

### தேர்வு வினாக்கள்

1. ஒரு மனிதன் 2 மைல் இடைத்தூரம் உள்ள இரு மலைகளுக்கிடையில் நின்று ஊதுகுழாயொன்றை ஊதுகின்றான். ஒரு மலைக்குக் கிட்டத்தட்ட 2 மைல் தூரத்தில் நிற்பானாயின் ஒலியின் வேகம் வளியில் 1100 அடியாயின் 2-ம் எதிரொளி கேட்க எடுக்கும் நேரம் செக்கனில்

$$(i) \frac{3}{2} \times \frac{5280}{1100} \quad (ii) \frac{2}{3} \times \frac{5280}{1100} \quad (iii) 2 \times \frac{3}{2} \times \frac{5280}{1100}$$

$$(iv) 2 \times \frac{2}{3} \times \frac{5280}{1100} \quad (v) \frac{2 \times 5280}{1100}$$

2. இசைச் சுரத்தின் சுருதி

- பண்பில் தங்கியுள்ளது.
- பண்பிலும் அதிர்வெண்ணிலும்
- அதிர்வெண்ணில் தங்கியுள்ளது. ஆனால் அதிர்வெண் அதிகரிக்க சுருதி தாமும்
- அதிர்வெண் அதிகரிக்க உயரும்
- அதிர்வெண்ணிலும் விசுத்திலும் தங்கியுள்ளது.

3. 512 அதிர்வெண்ணுடைய ஒரு சுரத்தின் கீழ் அட்டமசுரத்தின் அதிர்வெண்
- 1024
  - 256
  - 512
  - 128
  - 384

4. வாயுவொன்றில் ஒலியின் வேகம் மாறாமல் பரிமாற்றத்தில்

- சுரப்பதனில் மட்டும் தங்கியுள்ளது
- அனுநிறைக்கு நேர்மாறு விகிதசமம்
- அடர்த்திக்கு நேர்மாறு விகிதசமம்
- அமுக்கத்துக்கு நேர் விகிதசமம்
- அனுநிறையின் வர்க்கமூலத்துக்கு நேர்மாறு விகிதசமம்

5. ஒரு மேல் வீட்டுப் படிக்கட்டுக்கு முன்னின்று கை தட்டும்பொழுது ஓர் இசைச்சுரம் கேட்கும். அதன் அதிர்வெண் ஒலியின் வேகம் 1122 அடி / செக். ஆகவும் படியின் அகலம் 1½ அடி ஆகவும் இருக்கும்பொழுது

- 374
- 3366
- 561
- 748
- 2244

6. ஒளி அலைகளுக்கும் ஒளி அலைகளுக்குமுள்ள தொடர்புகளில் சரியானவை

- இரண்டும் ஒரே தெறிப்பு விதிகளும் ஒரே முறிவு விதிகளும் அமைகின்றன.
  - இரண்டு அலைகளும் ஒரேவிதமானவை
  - இரண்டும் செல்வதற்கு ஊடகம் இன்றியமையாதது
  - இரண்டினது வேகங்களும் ஐதான ஊடகத்திலிருந்து அடர்ந்த ஊடகத்தில் செல்லும்பொழுது குன்றுகின்றன.
- a, c
  - a, b, c
  - a, d
  - b, d
  - a, c, d

7. 0°C இலும் 76 சமீ. இரச அமுக்கத்திலும் ஒலியின் வேகம் 300 மீதர்/செக். 27°C இலும் 80 சமீ. இரச அமுக்கத்திலும் அதன் வேகம் மீதர் / செக். இல்

$$(i) \frac{300 \times 273}{300} \times \frac{76}{80} \quad (ii) 300 \times \sqrt{\frac{300}{273}}$$

$$(iii) 300 \times \sqrt{\frac{300 \times 76}{273 \times 80}} \quad (iv) 300 \times \sqrt{\frac{300 \times 80}{273 \times 76}}$$

$$(v) \frac{300 \times 300 \times 80}{273 \times 76}$$

8. ஒரு மெல்லிய சவ்வு 27°C இலுள்ள ஐதரசனை 87°C இலுள்ள ஐதரசனிலிருந்து பிரிக்கின்றது. ஒரு நேர் வரிசையாகக் கட்டப்பட்ட ஒளிக்கற்றை குளிரான வாயுவில் 30°C யில் படின், முறிக்கோணம்

$$(i) \text{சைன்}^{-1} \left( \frac{3}{10} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (ii) \text{சைன்}^{-1} \left( \frac{10}{8} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (iii) \text{சைன்}^{-1} \left( \frac{8}{3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$(iv) \text{சைன்}^{-1} \left( \frac{8}{3} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (v) \text{சைன்}^{-1} \left( \frac{3}{8} \right)^{\frac{1}{2}}$$

9. ஒலியின் வேகம் பின்வரும் எந்த ஊடகத்தில் உயர்வாகவிருக்கும்  
(i) ஐதரசனில் (ii) CO<sub>2</sub> வில் (iii) நீரில் (iv) செம்பில்  
(v) உருக்கில்
10. ஒரு மனிதனின் ஒலி கேட்கத்தக்க விச்சு 30 Hz - 16000Hz இடையிலுள்ளது. வளியில் ஒலியின் வேகம் 325 மீ/நி. / செ.கி. ஆயின் அவர் கேட்கத்தக்க ஒலியின் மிகக்கூடிய அலைநீளம் மீற்றரில்  
(i) 188800 (ii) 325 (iii) 188800 (iv) 188800  
(v) 30 × 325

### வினாக்கள்

1. சுரத்தையும் சத்தத்தையும் வேறுபடுத்துவது என்ன? இசையொலியின் சிறப்பியல்புகளைக் கூறுக. அவை என்ன காரணிகளில் தங்கியுள்ளன?
2. தெறிப்பு, முறிவு என்னும் தோற்றப்பாடுகளை விளக்கப் பரிசோதனைகள் தருக. இவற்றின் விதிகளையும் கூறுக.
3. எதிரொலி என்ன? ஓர் ஆகாய விமானி 200 மீ. / செ.கி. வேகத்தில் கிடையாகச் செல்லும் விமானத்திலிருந்து ஒரு துவக்கைச் சுடுகின்றான். அப்பொழுது நிலத்தில் பட்டுவரும் எதிரொலி 8 செக்கனுக்குப் பின் கேட்கின்றது. ஒலியின் வேகம் 340 மீ. / செ.கி. எனின் விமானத்தில் உயரத்தைக் காண்க. [விடை: 1004 மீற்றர்]
4. ஒரு பையன் மேல்வீட்டுப் படிகளுக்கு முன்னால் தனது கையைக் கொட்டுகிறான். அப்பொழுது இசையொலியைக் கேட்கின்றான். இதை விளக்குக:  
ஒலியின் வேகம் 1120 அடி / செ.கி. ஆயின் ஒவ்வொரு படியினதும் அகலம் 1 அடி ஆக இருக்கும்பொழுது கேட்கும் ஒலியின் அதிர்வெண் என்ன? [விடை: செக்கனுக்கு 560]
5. ஒரு மலையை அணுகும் எஞ்சினென்று 3 மைல் தூரத்தில் வரும் பொழுது ஊதியை ஊதுகின்றது. எதிரொலி 4 1/2 செக்கனுக்குப் பின் கேட்கின்றது. எஞ்சின் 50 மைல்/மணி வேகத்தில் செல்லின் வளியில் ஒலியின் வேகத்தைக் காண்க. [விடை: 1100 அடி / செ.கி.]
6. அரை மைலுக்கப்பால் நிிற்கும் இரு மனிதர்கள் ஒரு நிகைக்குத் தான மலையிலிருந்து ஒரேயளவு தூரத்தில் நிிற்கின்றார்கள். ஒருவர் துவக்கைச் சுடும்பொழுது மற்றவர் நேரடியாகக் கேட்கும்

- ஒலிக்கு 3 செக்கனுக்குப்பின் எதிரொலியைக் கேட்கின்றார். ஒலியின் வேகம் 1120 அடி / செ.கி. ஆயின், மலையிலிருந்து மனிதர்கள் வின் தூரம் என்ன? [விடை: 898 யார்]
7. ஒரு புகையிரதம் மலேச்சாரலினால் மூடப்பட்ட சுரங்கமொன்றை அணுகுகின்றது. புகையிரதம் 1 மைலுக்கப்பால் வரும்பொழுது சாரதி 'விசில்' ஊதுகிறார். எதிரொலி அவரை 9 செக்கனுக்குப் பின் அடைகின்றது. புகையிரதத்தில் வேகத்தைக் காண்க. [விடை: 36 1/4 மைல் / மணி]
8. ஒலியின் வேகத்துக்குரிய நியூதனின் சூத்திரம் என்ன? இதற்குரிய இலப்பினாசின் திருத்தம் என்ன? காரணம் தருக. நி. வெ. அ. இல் வளியின் அடர்த்தி ஒரு இலீற்றருக்கு 1.29 கிராமாவும் C<sub>p</sub> = 0.24, C<sub>v</sub> = 0.17 கலோரி/கி. / °C ஆகவுமிருப்பின் 17°C இல் ஒலியின் வேகம் என்ன? [விடை: 343.2 மீ./செ.கி.]
9. 15°C இல் ஒலியின் வேகம் 342 மீ/செ.கி. ஆயின் அதன் வேகம் (a) 0°C இல் (b) 47°C இல் என்ன? 15°C இல் வெப்பநிலை மாறு திருக்க, அழுக்கம் 76 ச.மீ. இலிருந்து 75 ச.மீ. இர ச த து க் கு மாறின் வேகம் என்ன? [விடை: (a) 333 (b) 360.4 மீ./செ.கி., 342 மீ./செ.கி.]
10. ஒலியின் வேகம் அழுக்கம், வெப்பநிலை, சுரப்பதன் ஆகியவற்றில் எவ்விதம் தங்கியுள்ளது? நி. வெ. அ. இல் வளியின் அடர்த்தி = 0.00129 கி. / க. ச.மீ., C<sub>p</sub> = 0.24 கலோ / கி. / °C; C<sub>v</sub> = 0.17 கலோ / கி. / °C ஆயின் 27°C இல் ஒலியின் வேகம் என்ன? [விடை: 349 மீற்றர்/செ.கி.]
11. வாயுவொன்றில் ஒலியின் வேகம் தங்கும் காரணிகளை விவரிக்க 190 அடி நீளமுள்ள ஒரு மூடிய விரூந்தையின் அந்தமொன்றில் நின்று ஒரு மனிதன் 'விசில்' ஊதுகின்றான். விசிலின் ஊதுகைக்கும் 6-வது எதிரொலிக்குமிடையிலுள்ள நேரம் 2 செக்கனாகும். அப்பொழுது வெப்பநிலை 17°C ஆயின் 0°C இல் ஒலியின் வேகம் என்ன? [விடை: 1106 அடி / செ.கி.]
12. வளியில் ஒலியின் அலைகள் ஏன் நீள்பக்க அலைகளாக இருக்கின்றன. வடக்கு நோக்கிப் பார்ப்பும் அவதானியொருவர் துவக்கின் பளித்த சீட்டை ஒலி அவரை அடைவதற்கு 4 செக்கனுக்குமுன் பார்ப்பின் ருர். வெப்பநிலை 20°C ஆகவும் காற்று சிழக்கிலிருந்து மேற்கு 30 மைல்/மணி வேகத்துடன் வீசின், அவதானிக்கும் துவக்குக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் என்ன? 0°C இல் ஒலியின் வேகம் 1100 அடி/செ.கி. [விடை: 4556 அடி]

## அத்தியாயம் 16

### ஒலியின் மேற்பொருத்துகை

#### ஒலியின் மேற்பொருத்துகைத் தத்துவம்

ஒர் ஊடகத்தில் ஈர் அலைகள் ஒன்றன்மீது ஒன்று மேற்பொருந்தும்பொழுது ஊடகம் அதன் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் இரு அலைத் தொடர்களின் விளையுள் விளைவை அனுபவிக்கும். துணிக்கையொன்றின் விளையுள் இடப்பெயர்ச்சியைக் கணிப்பதற்கு மேற்பொருத்துகைத் தத்துவம் பிரயோகிக்கப்படும். மேற்பொருந்துகைத் தத்துவ மாவது வருமாறு:- துணிக்கையின் இடப்பெயர்ச்சி சிறிதாயின், அம்மிடப் பெயர்ச்சி, துணிக்கை ஒவ்வொரு அலையும் செல்லும்பொழுது அனுபவிக்கும் இடப்பெயர்ச்சிகளின் காவிக் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமனாகும்.

இத்தத்துவம் கண்டிப்பாக மிகச்சிறிய வீச்சமுள்ள அலைகளுக்குத் தான் உண்மையெனினும், மற்றும் சாதாரண அலைகளுக்கும் கிட்டத்தட்ட உண்மையெனக் கொள்ளப்படும். ஒலியில் பல முக்கிய நோற்றப்பாடுகள் ஒளி அலைகளின் மேற்பொருத்துகையால் ஆனவையாகும். அவையாவன: (i) தலையீடு (ii) அடிப்புக்கல் (iii) நிலையான அலைகள்

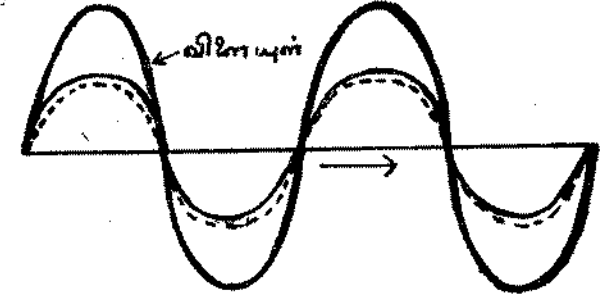
#### தலையீடு

ஒர் ஊடகத்தினூடு ஈர் அலைத்தொடர்கள் ஒரே நேரத்தில் செல்லும்பொழுது ஊடகத்திலுள்ள ஒவ்வொரு துணிக்கையும் இவ்விரு அலைகளாலும் தாக்கப்படுகின்றது. இரு அலைகளும் ஒரே அவதையில் ஒரு புள்ளியில் சந்திப்பின் அதாவது இரு முடிகள் அல்லது இரு தாழிகள் மேற்பொருத்தின் விளையுள் வீச்சம் இரண்டினது வீச்சுகளின் கூட்டுத்தொகையாகும். அல்லது இரு அலைகளுக்கும் ஒரு புள்ளியில் எதிர் அவதையில் சந்திப்பின் அதாவது ஒன்றினது முடி மற்றினது தாழியுடன் மேற்பொருத்தின் விளையுள் வீச்சம் இரண்டினது வீச்சங்களின் வித்தியாசமாகும். ஒரே அவதையில் சந்திக்கும் புள்ளிகளில் ஒலியின் செறிவு உயர்வாகவும் எதிர் அவதையில் சந்திக்கும் புள்ளிகளில் செறிவு தாழ்வாகவும் இருக்கும். இத்தோற்றப்பாடு தலையீடு எனப்படும்.

#### ஆக்கும் தலையீடு

ஒரே அதிர்வெண்ணும் வீச்சமும் உடைய இரு அலைத்தொடர்கள் ஒரே அவதையில் ஒரு திசையில் செல்லும்பொழுது இவ்வலைகள் ஒன்றையொன்று பெலப்படுத்துகின்றன. இவ்விரு அலைகளின் விளை

யுள் அலையின் வீச்சம் இரண்டினதும் கூட்டுத்தொகையாகும்; இவற்றை வரைபுமலம் வருமாறு காட்டலாம்.

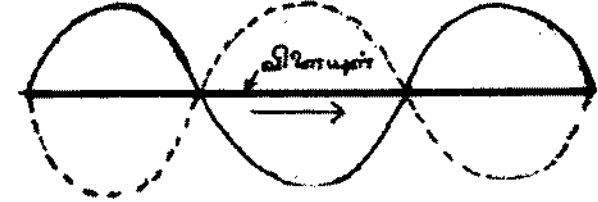


படம் 195

தொடர்கோடு ஒரு அலையையும் கீறிட்ட கோடு மற்ற அலையையும் தடித்தகோடு விளையுள் அலையையும் காட்டுகின்றன. இது ஆக்கும் தலையீடு எனப்படும்.

#### அழிக்கும் தலையீடு

ஒரே அதிர்வெண், வீச்சமுடைய இரு அலைகள் எதிர் அவதையில் ஒரு திசையில் செல்லும்பொழுது ஒன்றினது முடி மற்றினது தாழியில் பொருந்தும். இங்கு விளையுள் செறிவு பூச்சியமாகும்.



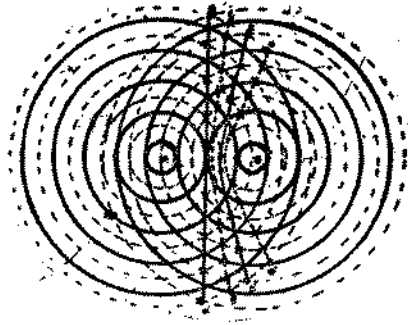
படம் 196

முன்பால் தடித்தகோடு விளையுள் அலையைக் குறிக்கும். இவ்வலையின் வீச்சம் பூச்சியமாகும். ஆகவே ஒலியின் செறிவு பூச்சியமாகும்.

#### கோள அலைகளின் மேற்பொருத்துகை

A உம் B உம் ஒரே அதிர்வெண் வீச்சம் உடைய இரு அலைத்தொடர்களின் மையங்களாகும். இத்தகைய குழப்பங்களை உண்டாக்கும் மையங்களை வருமாறு பெறலாம்.

ஒரு மின்முறையால் இயங்கும் இசைக்கவரின் இரு புயங்களிலும் செங்குத்தாக ஒவ்வொரு கம்பியைப் பொருத்துக. இக்கம்பிகளின்



படம் 197

றுனிகளை இரசத்தின் அல்லது ஓர் அசையுந் திரவத்தின் மேற்பரப்புக் குச் சிறுக்கீழ் அமிழ்ச்செய்க. இசைக்கவர் அதிரும்பொழுது ஒவ்வொரு கம்பியும் ஒரு மையவட்ட அலைகளை அனுப்பும். இவ்வலைகள் முடிக்கையும் தாழிகளையும் மாறிமாறிக் கொண்டிருக்கும். படம் 197 இல் தொடர்கோடுகள் முடிக்கையும் கீறிட்ட கோடுகள் தாழிகளையும் குறிக்கும். சில புள்ளிகள் X என்னும் அடையாளத்தால் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. அப்புள்ளிகள் ஒரு அலையின் முடியும் மற்ற அலையின் முடியும் பொருந்தும் இடங்களையும், ஒரு அலையின் தாழியும் மற்ற அலையின் தாழியும் பொருந்தும் இடங்களையும் காட்டுகின்றன. இப்புள்ளிகளில் இரு முதல்களினதும் அலைகள் ஒன்றையொன்று பெலப்படுத்துகின்றன. இப்புள்ளிகள் யாவும், அதிபரவளைவு வளையங்களில் அமையும். அதாவது aa', cc' போன்ற வளையங்களில் புள்ளிகள் இருக்கின்றன. ஒளி முதல்களிலிருந்து இத்தகைய ஒவ்வொரு புள்ளியினதும் தூரங்களின் வித்தியாசம் ஒன்றில் பூச்சியம் அல்லது அலைநீளத்தின் முழு வெண் மடங்காகவிருக்கும். இத்தூரங்களை A இலும் B இலும் இருந்து  $d_A - d_B$  எனின், அலைகள் ஒன்றையொன்று பெலப்படுத்தும் பொழுது சமன்பாடானது  $d_A - d_B = n\lambda$  ஆகும். இங்கு n முழுவெண் 0, 1, 2, 3 என்பவற்றைக் குறிக்கும்.

குறிக்காளால் குறிக்கப்பட்ட புள்ளிகளில், ஒரு மையத்திலிருந்து வெளிவரும் அலையின் முடியும், மற்ற மையத்திலிருந்து வரும் அலையின் தாழியும் ஒரே கணத்தில் அடைகின்றன. இவ்வலைகளின் வீச்சங்கள் சமமாயின் அவை நொதுமறிபடும். ஆகவே அப்புள்ளிகளில் விளையுள் இடப்பெயர்ச்சி பூச்சியமாகும்; அத்தகைய புள்ளிகள் bb', dd'

என்னும் கீறிட்ட கோடுகளால் படம் 197 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன. இரு மையங்களிலுமிருந்து இப்புள்ளிகளுள் யாதாயினுமொன்றினது தூரங்களின் வித்தியாசம் அரை அலைநீளத்தின் ஒற்றைமடங்காகும்; அதாவது  $d_A - d_B$  இரு மையங்களிலுமிருந்து ஒரு புள்ளியின் தூரமாயின்  $d_A - d_B = (2n + 1) \frac{\lambda}{2}$  என்பதேயாம். இங்கு  $n=1, 2, 3, \dots$  மேலும் இப்புள்ளிகளை இணைக்கும் வளையியின் சமன்பாடு  $d_A - d_B = (2n + 1) \frac{\lambda}{2}$  ஆகும்.

ஈர் அலைத் தொடர்களுக்கிடையே தலையீடு நிகழ்வதற்குப் பின் வரும் நிபந்தனைகள் நிறைவேற்றப்படல் வேண்டும்.

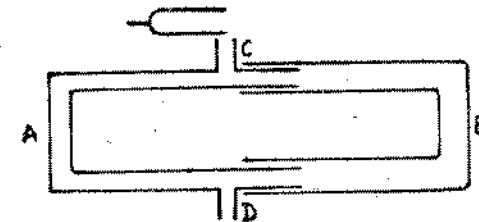
1. அலைத்தொடர்களின் அதிர்வெண்கள் சமமாயிருத்தல் வேண்டும். அப்படி இக்லாவிடில் ஏதுமொரு குறித்த புள்ளியிலுள்ள எந்த அவத்தை வித்தியாசத்தையும் நிலைநாட்ட முடியாது.
2. வீச்சங்கள் சமமாயிருத்தல் வேண்டும். அவை வித்தியாசப்படின,

$(2n + 1) \frac{\lambda}{2}$  என்னும் வழிவேற்றுமையைக் கொண்ட நிலைகள் பூச்சிய இடப்பெயர்ச்சியையுடைய நிலைகளாக இருக்கமாட்டாது;

3. இடப்பெயர்ச்சிகள் ஒரே கோட்டில் இருத்தல் வேண்டும். குறிப்பு: தலையீட்டின்போது வழிவேற்றுமை அரை அலை நீளத்தின் ஒற்றைமடங்காக இருப்பின் அமைதி நிகழும். முழு வெண் மடங்களின் உரப்புள்ள சத்தம் ஏற்படும்.

ஒலியின் தலையீட்டை எடுத்துக் காட்டலும் (குவிக்கையின் முறை) அதன் வேகத்தைத் துணிதலும்.

இப்பரிசோதனைக்குரிய உபகரணமானது இரு கிளைகளை உடைய ஒரு குழாயைக் கொண்டுள்ளது. குழாயின் ஒரு கிளையின் நீளம் மாறு திருக்கதம் அதே நேரத்தில் மற்றதன் நீளம் மாற்றத்தக்கதாக விருக்கும். குழாயில் B என்னும் பாகம் A என்னும் பாகத்தின்மீது படம் 198 இல் காட்டியவாறு வழக்கத்தக்கதாக அமையும். C என்னுந்



படம் 198

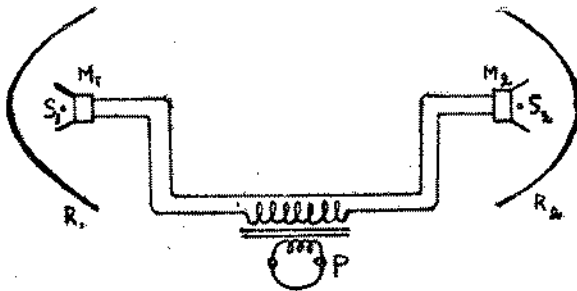
துவாரத்தில் உயர் அதிர்வெண்ணுடைய உதாரணமாக 1000 சக்./செக். உள்ள இசைக்கவர் ஒலிக்கப்படும். இது எழுப்பும் ஒலியை D என்னும் துவாரத்தினூடு இரப்பர்க்குழாய்மூலம் செவிக்குச் செலுத்தலாம். வழுக்கும் குழாயின் நீளமானது. CAD என்னும் வழியையும் CBD என்னும் வழியையும் சமனாகும் வரை சரிசெய்யப்படும். அப்பொழுது இசைக்கவரினிருந்து இவ்விரு வழிகளினூடு வரும் அலைகள் Dஐ அடையும் பொழுது ஒன்றையொன்று பெலப்படுத்தகின்றன. இதனால் ஓர் உரத்த ஒலியை D இல் கேட்கமுடியும். இப்பொழுது B ஆனது  $\frac{\lambda}{2}$  என்னும் வழிவேற்றமை ஆக்கத்தக்கவாறு வெளியே இழுக்கப்படும். இக்கட்டத்தில் கேட்கும் ஒலி மெலிவுற்றதாக இருக்கும்: இங்கு ஒரு வழியால் வரும் நெருக்கலும், மற்ற வழியால் வரும் ஐதாக்கலும் D இல் ஒரே நேரத்தில் வந்து பொருந்தகின்றன. ஆகவே ஒன்றையொன்று நொதுமற்படுத்துகின்றதால் ஒலி மிகவும் தாழ்வாக விருக்கும். மேலும் CBD - CAD என்னும் வழிவேற்றமை  $\lambda$  வின் முழு வெண்மடக்காகும் பொழுது கேட்கும் ஒலி உயர்வாகவும்  $\frac{\lambda}{2}$  வின் ஒற்றை மடக்காகும்பொழுது ஒலி தாழ்வாகவும் இருக்கும். ஒலி தாழ்வாக கேட்கும்பொழுது B என்னும் குழாய் இழுக்கப்பட்ட தூரம் l எனின்

$$\frac{\lambda}{2} = l \text{ ஆகும்}$$

$$\therefore \lambda = 2l$$

இதிலிருந்து இசைக்கவரின் அதிர்வெண் (n) தெரியப்படின ஒலியின் வேகமானது  $V = n\lambda$  என்னுஞ் சமன்பாட்டினால் பெறப்படும். அத்துடன் தடையீடு என்னும் தோற்றப்பாடும் இங்கு எடுத்துக்காட்டப்படுகிறது.

ஒலியின் வேகத்தை எப்பின் முறையால் துணியில்



படம் 199

எப்பு என்பவர் தடையீடு என்னும் தோற்றப்பாட்டைக் கையாண்டு சுயாதீன வளியில் ஒலியின் வேகத்தைத் திருத்தமாகக் காண்பதற்கு ஒரு முறையைக் கண்டார். அவர் இப்பரிசோதனையைக் காற்றின் விளைவை அகற்றுவதற்காக ஒரு பெரிய மண்டபத்தில் நிகழ்த்தினார். வளியின் வெப்பநிலை மண்டபத்தில் பல்வேறு இடங்களில் வைக்கப்பட்ட வெப்பமானிகளினிருந்து அளக்கப்பட்டது  $R_1, R_2$  என்னும் பரவலாவாடிகள் மண்டபத்தில் ஒவ்வொரு அந்தத்திலும் வைக்கப்பட்டு அவற்றின் குவியங்கள்  $S_1, S_2$  க்களில்  $M_1, M_2$  என்னும் நுணுக்கப்பன்னிகள் வைக்கப்பட்டன. இவை  $R_1, R_2$  க்களில் பட்டுத் தெறித்து வரும் ஒலிகளை வாங்கத்தக்கனவாகும். ஒரு மின்மாற்றியைக் கொண்டு நுணுக்குப் பன்னிகளிலுள்ள மின்னோட்டங்கள் தொலைபன்னிக் கேட்டற்றுண்டுக்குள் தூண்டப்படுகின்றன. ஆகவே  $M_1, M_2$  களினால் வாங்கப்படும் ஒலிஅலைகளின் விளையுள் விளைவு செவியால் கேட்கப்படும்.

ஒரு தெரிந்த மாற அதிர்வெண்ணுடைய ஒலிமுதல் குவியம்  $S_1$  இல் வைக்கப்படுகின்றது.  $R_1$  இல் தெறிப்படையும் ஒலி அலைகள் சமாந்தரத்திசையில்  $R_2$  க்குச் சென்று அங்கு  $S_2$  என்னும் குவியத்திற்குத் தெறிப்புறுகின்றன. இவை  $M_2$  வினால் வாங்கப்படும்.  $M_1$  என்னும் நுணுக்குப்பன்னி ஒலி அலைகளை ஒலிமுதலினிருந்து நேரடியாக வாங்குகின்றது. ஆகவே தொலைபன்னிக் கேட்டற்றுண்டில் கேட்கப்படும் ஒலி இவ்விரண்டினதும் விளையுளாகும். ஒலிமுதலும் நுணுக்குப் பன்னியும் குவியம்  $S_1$  இல் இருக்கத்தக்கதாக  $R_1$  ஆனது ஒரு திசையில் அதன் அச்சின் வழியே நகர்த்தப்படும். அப்பொழுது  $R_1$  இன் நிலைகள் தாழ்வொலிகள் கேட்கும்பொழுது குறிக்கப்படும். அடுத்தடுத்த இரு தாழ்வொலிகள் கேட்கும் நிலைகளுக்கிடையிட்ட தூரம் ஓர் அலைநீளத்தை ( $\lambda$ ) குறிக்கும். ஒலிமுதலின் அதிர்வெண் தெரியும், அலைநீளம் துணியப்படும். ஒலியின் வேகம்  $v = n\lambda$  என்னுஞ் சமன்பாட்டில் பிரதியிடப்பட்டுப் பெறப்படும்.

இம்முறையில் காற்று, வெப்பநிலை, ஈரப்பதன், காண்போன் குற்றம் ஆகியவற்றால் ஏற்படத்தக்க வழக்கள் யாவும் நீக்கப்படுகின்றன. எனவே வளியில் ஒலியின் வேகத்தைத் துணியவதற்கு இது ஒரு சிறந்த முறையெனக் கருதப்படும்.

அடிப்புகள்

ஏறத்தாழச் சமமான அதிர்வெண்களையுடைய ஈர் ஒலி அலைத் தொடர்கள் ஒரே திசையிலும் ஒரே நேர்கோட்டிலும் செல்லும் பொழுது ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் விளையுள் இடப்பெயர்ச்சியில் விச்சம் மாறிமாறி ஏறி இறங்கும்: இது அவ்விரு அலைகளின் அதிர்வெண்களின் வித்தியாசத்தக்கச்சிற்ப நிகழும். எனவே கேட்கும் விளை



யுள் ஒலியின் செறிவு ஓர் ஆவர்த்தன ஏற்றத்தையும் இறக்கத்தையு முடையதாக இருக்கும். இத்தோற்றப்பாடு அடிப்புக்கள் எனப்படும்;

ஓர் அடிப்பு ஓர் உயர்வையும் அதன்பின் தொடர்ந்து வரும் தாழ்வையும் கொண்டதாகும். எனவே ஒரு செக்கனுக்குக் கேட்கப்படும் உயர்வுகளின் எண்ணிக்கையைக் கொண்டு அடிப்புக்களின் எண்ணிக்கையைத் துணியலாம்.

மேற்கூறிய அலைகள் ஒரு திசையில் செல்லும்பொழுது எந்த ஒரு குறித்த புள்ளியிலுமுள்ள நிலைமைகள் தொடர்ச்சியாக மாற்றமடைகின்றன. இதனால் அப்புள்ளியில் நிகழும் இடப்பெயர்ச்சியானது வீச்சத்தில் ஏறி இறங்கும் தன்மையுடையதாகும். இது ஏனெனில் ஒழுங்கான நேர இடைகளில் அலைத்தொடர்கள் ஒரே படியிலும் ஒரே படியில் இல்லாமலும் செல்கின்றன. ஒரே படியில் என்னும் பொழுது ஒரே நிலைமை என்பதையே இங்கு குறிக்கப்படும். ஒரு குறித்த புள்ளியில் இரு அலைகளும் ஒரே அவத்தையில் இருப்பின் ஓர் அலையின் நெருக்கல் மற்ற அலையின் நெருக்கலுடன் பொருந்தும் அல்லது ஓர் அலையின் ஐதாக்கல் மற்ற அலை ஐதாக்கலுடன் பொருந்தும். எனவே ஒரு புள்ளியில் இரு அலைகள் ஒத்த அவத்தையில் வரும்பொழுது அப்புள்ளியிலுள்ள வீசையுள் இடப்பெயர்ச்சி அதிகுடியதாக இருக்கும். மேலும் ஓர் அலையினது அலைநீளம் மற்றதிலும் சிறிதாக இருப்பதால் அலைகள் படிப்படியாக ஒரே படியில் செல்லுந் தன்மையை இழக்கும். அதாவது குறைந்த அலைநீளமுள்ள அலை மற்றதற்குப் பின்தங்கும். இவ்வாறு செல்லும்பொழுது அவ்வலை மற்றதிலிருந்து ஓர் அரை அலைநீளத்தால் பின்தங்கும் கணத்தில் ஒன்றினது நெருக்கலும் மற்றதின் ஐதாக்கலும் செவியில் ஒரே நேரத்தில் படும். இதனால் ஓர் அதிகுறைந்த ஒலி கேட்கும். பின்பு சிறிது நேரத்தின்பின் குறுகிய அலை ஓர் அலைநீளத்தால் மற்றதிலிருந்து பின்தங்கும்பொழுது ஈர் அலைகளும் ஒரே அவத்தையில் சந்திக்கும். அப்பொழுது அவை ஒன்றையொன்று பெலப்படுத்தும். இதனால் ஆரம்பத்திலுள்ளதபோல் ஓர் உயர் ஒலி கேட்கும் எனவே செவியில் ஓர் ஏறி இறங்கும் செறிவுள்ள தனி ஒலி கேட்கும். உயர்வுர்ப்புக்கும் தாழ்வுர்ப்புக்கும் இடையே நிகழும் ஒலியின் இத்தகைய ஆவர்த்தன மாற்றத்தையே அடிப்புக்கள் எனப்படும்.

அடிப்புக்கள் என்னும் தோற்றப்பாட்டைக் காட்டல்

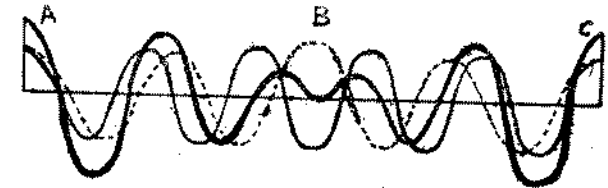
1. ஒரே அதிர்வெண்ையுடைய இசைக்கவர்கள் இரண்டை ஒரே நேரத்தில் ஒலிக்கச் செய்யின், அவை ஒத்திசைக்கும். ஓர் இசைக்கவரின் புயமொன்றினது நுனியில் மெழுகு சிறிதளவைப் பொருத்தி மீண்டும் இசைக்கவர்கள் இரண்டையும் ஒரே நேரத்

தில் ஒலிக்கச் செய்க. இவை மேசையொன்றில் வைக்கப்படுகின்ற அவற்றிலிருந்து எழும் ஒலிகள் உரப்புடையனவாகவிருக்கும். அப்பொழுது அடிப்புக்கள் தெளிவாகக் கேட்கும். இங்கு புயத்தின் ஒரு முனையில் மெழுகு பொருத்தினதால் அதன் அதிர்வெண் சற்று குறைக்கப்பட்டுள்ளது.

2. ஒரு சுரமானியில் ஈர்க்கப்பட்ட தந்தியின் நீளத்தை இசைக்கவரொன்றின் சுரத்துடன் ஒத்திசைக்கத்தக்கதாகப் பாலத்தை (முனை)ச் சரிசெய்க. பின்பு முனையின் நிலையை சற்று மாற்றுக. அப்பொழுது தந்தியின் அதிர்வெண்ணில் சற்று மாற்றம் நிகழும். இப்பொழுது தந்தியையும் இசைக்கவரையும் ஒரே நேரத்தில் ஒலிக்கச் செய்க. அடிப்புக்கள் இப்பொழுது கேட்கும்.

ஒரு நியம இசைக்கவருடன் அடிப்புக்களைக் கொடுக்கும் ஒரு சுரத்தின் அதிர்வெண் இசைக்கவரின் அதிர்வெண்ணிலும் உயர்ந்ததாக அல்லது தாழ்ந்ததாக என்பதையும் வருமாறு அறியலாம். நியம இசைக்கவரின் புயமொன்றின் நுனியில் சிறிதளவு மெழுகைப் பொருத்துக. பின் இரண்டையும் ஒன்றாக ஒலிக்கச் செய்க. இப்பொழுது கேட்கும் அடிப்புக்களின் எண்ணிக்கை ஆரம்பத்திலுள்ள இசைக்கவரின் சுரத்தினதும் அடிப்புக்களின் எண்ணிக்கையிலும் குறைந்திருப்பின் இசைக்கவரின் அதிர்வெண் சுரத்தினதிலும் உயர்ந்ததாகும்; அதிர்வெண் சுரத்தினதிலும் தாழ்வாகும்.

அடிப்புக்களை வரையுமுலம் விளக்கல்



படம் 200

அதிர்வெண்கள் 5 : 4 என்னும் விகிதத்திலுள்ள ஈர் இசைக்கவர்களைக் கருத்திற் கொள்க. அலைத் தொடரொன்றின் ஒவ்வொரு ஐந்து அலைகள் மற்றதனது நான்கு அலைகளுடன் மேற்பொருந்தும். இத்தகைய ஈர் அலைகளின் வடிவங்கள் படம் 200 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன. A இல் ஒரே நிலைமையில் அலைகள் இருக்கின்றன. ஆகவே அவை ஒன்றையொன்று பெலப்படுத்தும். B இல் இரு அலைகளும் அரை அலைநீள விகிதயாசத்தை யுடையனவாக இருப்பதால் ஒன்றையொன்று நொதுமற்படுத்தும். மீண்டும் C இல் ஒரே அவத்

தையில் வந்து சேர்கின்றன. அதனால் அங்கும் அலைகள் ஒன்றை யொன்று பெலப்படுத்தும். படம் 200 இல் விளையுள் அலைத்தொடர் தடித்த தொடர் கோட்டால் விச்சத்தின் மாறலைக் காட்டுமுமமாகக் கீறப்பட்டுள்ளது. இதிலிருந்து A க்கும் C க்கும் உள்ள இடைநேரத்தில் ஓர் அலைத்தொடர் மற்றதிலும் பார்க்க ஓர் அதிர்வை நயமடைந்ததாக இருக்கின்றது. ஆகவே ஓர் அடிப்பு உண்டாக்கப்படுகின்றது. அலைத்தொடர்களின் அதிர்வெண்கள் முறையே  $f_1, f_2$  ஆக இருப்பின் ஒன்றானது மற்றதிலும் பார்க்க  $f_1 - f_2$  அதிர்வுகளை ஒரு செக்கனில் நயமடையத்தக்கதாக இருக்கும். ஒவ்வொரு தரமும் ஒரு அலையானது மற்றதிலும் ஓர் அதிர்வை நயம்பெறும்பொழுது இரு ஒலிகளும் ஒத்த அவத்தையில் இருக்கும். எனவே ஒன்றை யொன்று பெலப்படுத்தும். இங்கு அப்படி  $f_1 - f_2$  தரங்கள் பெலப்படுத்தல் நிகழ்வதால் ஒரு செக்கனுக்கு  $f_1 - f_2$  உயர்வுகள் நிகழும். அதேபோல்  $f_1 - f_2$  தாழ்வுகளும் நிகழும். அதாவது இரு சுரங்களுக்குமிடையேயுள்ள அடிப்புகள் அதிர்வெண்களின் வித்தியாசமாகும்.

#### அடிப்பதிர்வெண்ணின் சூத்திரம்

1.  $f_1, f_2$  அதிர்வெண்களையுடையதும் சமவீச்ச அலைஇயக்கங்களை ஆக்கின்றதுமான உடல் ஒலிக்கும் ஈர் இசைக்கவர்களைக் கருத்திற் கொள்க. இவற்றுள்  $f_1$  ஆனது  $f_2$  விலும் பெரிதாகும். ஆகவே அவற்றின் அலைவுகாலங்கள்  $T_1, T_2$  எனின்  $T_1 < T_2$  ஆகும்: இவ்விரு அலை இயக்கங்களும் ஒரு நிலைத்த புள்ளிக்கூடாக ஒரே அவத்தையில் செல்லும் ஒரு கணத்தில் விளையுள் விச்சம் ஏதாவது தொன்றினது விச்சத்தின் இரு மடங்காகும். அக்கணத்திலிருந்து  $t$  நேரத்திற்குப்பின் மீண்டும் அவ்வலை இயக்கங்கள் ஒரே அவத்தையில் வரின்,  $f_1$  அதிர்வெண்ணுள்ள இசைக்கவரானது  $f_2$  அதிர்வெண்ணுள்ள இசைக்கவரிலும் பார்க்க ஓர் அதிர்வு கூடுதலாக அதிர்ந்துள்ளதாகும்; இந்நேரம்  $t$  இனில்  $f_1$  ஆனது  $f_1 t$  அதிர்வுகளையும்  $f_2$  ஆனது  $f_2 t$  அதிர்வுகளையும் ஆக்கும்:

$$\text{ஆகவே, } f_1 t - f_2 t = 1$$

$$t(f_1 - f_2) = 1$$

$$\therefore t = \frac{1}{f_1 - f_2}$$

அதாவது அடுத்தடுத்துக் கேட்கும் உயர்வொலிகளுக்கிடையேயுள்ள பட்ட அல்லது அடுத்தடுத்த அடிப்புகளுக்கிடையேயுள்ள நேரஇடை  $t$  ஆனது,

$$t = \frac{1}{f_1 - f_2} \text{ ஆகும்.}$$

அதாவது  $t$  அல்லது  $\frac{1}{f_1 - f_2}$  நேரத்தில் கேட்கும் அடிப்பு 1 ஆகும்.

$\therefore$  1 அலகு நேரத்தில் கேட்கும் அடிப்புகள் =  $\frac{1}{t} = f_1 - f_2$  ஆகும்.

அதாவது

$$\text{அடிப்பதிர்வெண்} = f_1 - f_2$$

2. எந்த ஈர் அடிப்புகளுக்கு மிடையேயுள்ள நேர இடையைய  $t$  என்க. இந் நேர இடையில் ஆரம்பத்திலும் இறுதியிலும் இசைக்கவர்களின் அதிர்வுகள் ஒத்திருக்கும். அத்தடன் இந் நேர இடையில் ஓர் இசைக்கவர்  $x_1$  அதிர்வுகளையும் மற்ற இசைக்கவர்  $x_2$  அதிர்வுகளையும் ஆக்கின,

$$x_1 = f_1 t$$

$$x_2 = f_2 t$$

(இங்கு  $f_1, f_2$  இசைக்கவர்களின் அதிர்வெண்களாகும்;)

$$\text{இதிலிருந்து } x_1 - x_2 = (f_1 - f_2) t$$

$$\therefore t = \frac{x_1 - x_2}{f_1 - f_2}$$

இச் சமன்பாட்டில்  $t$  இன் இழிவு பெறுமானம் அடுத்தடுத்த அடிப்புகளுக்கிடையேயுள்ள நேரத்தைத் தரும்:  $x_1$  உம்  $x_2$  வும் முழுவெண்களாக இருப்பதால்  $x_1 - x_2$  இன் இழிவு பெறுமானம் 1 ஆகும். ஆகவே  $t$  இன் இழிவுப் பெறுமானம்  $\frac{1}{f_1 - f_2}$  ஆகும். அதாவது அடுத்தடுத்த அடிப்புகளுக்கிடையேயுள்ள நேரம்  $\frac{1}{f_1 - f_2}$  ஆகும்;

எனவே அடிப்புகளின் அதிர்வெண்  $\frac{1}{t}$  இனல் தரப்படும்.

$$\text{அதாவது அடிப்பதிர்வெண்} = \frac{1}{1/f_1 - f_2} = f_1 - f_2$$

அடிப்புகளின் உபயோகங்கள்

1. அடிப்புகளின் தோற்றப்பாட்டைக் கொண்டு சுரமொன்றின் தெரியாத அதிர்வெண்  $f_1$  ஐத் துணியலாம்: இதற்கு ஒரு தெரிந்த அதிர்வெண்  $f_2$  வுடைய சுரத்தை  $f_1$  வுடன் உடன் ஒலிக்கச் செய்து ஒரு குறித்த நேரத்தில் ஆக்கப்படும் அடிப்புகளை எண்ணல் வேண்டும். இதிலிருந்து அடிப்பதிர்வெண்  $f$  துணியப்படும்

பின்பு  $f_1 = f_2 + f$  அல்லது  $f_1 = f_2 - f$  ஆகும். இங்கு  $f_1$  இன் எப் பெறுமானம் சரியெனப் பார்ப்பதற்கு  $f_1$  இசைக்கவரின் புயத்தினது நுனியில் சிறிதளவு மெழுகைப் பொருத்தி  $f_2$  லுடன் ஒலிக்கச் செய்க. முதல் எடுத்த நேரத்துக்குரிய அடிப்புக்களை இப்பொழுது எண்ணும்பொழுது அவை குறையின்,  $f_1 = f_2 + f$  ஆகும். அவை அதிகரிப்பின்  $f_1 = f_2 - f$  ஆகும்.

2. ஒரு தரப்பட்ட சுரத்துடன் ஓர் இசைக்கருவியை ஒத்திசைக்கச் செய்வதற்கு அடிப்புக்கள் பிரயோகிக்கப்படுகின்றன.

#### உதாரணங்கள்

(i) 512 அதிர்வெண்ணுடைய A என்னும் இசைக்கவருடன் B என்னும் இசைக்கவர் ஒத்திசைக்கத்தக்கதாகும். B இன் புயங்கள் சற்று ராவப்பட்டு A யோடு உடன் ஒலிக்கச் செய்யும் பொழுது செக்கனுக்கு 6 அடிப்புக்கள் கேட்டன. B இன் அதிர்வெண் ராவப்பட்டபின் என்ன?

தொடக்கத்தில் A உம் B உம் ஒத்திசைத்தால்,

B இன் அதிர்வெண்ணும் 512 ஆகும்.

B ராவப்பட்டால் அதன் திணிவு குறையும்

இதனால் கவரின் சுருதி உயரும்

∴ B இன் அதிர்வெண் ராவப்பட்டபின் =  $512 + 6$   
= 518 அதிர்வுகள்/செக்

(ii) A, B என்னும் ஈர் இசைக்கவர்கள் 5 அடிப்புக்களை ஒரு செக்கனுக்குக் கொடுக்கின்றன. A சற்று பாரமேற்றப்படும் பொழுது 3 அடிப்புக்கள் 5 செக்கனில் கேட்டன. A இன் அதிர்வெண்ணை பாரமேற்ற முன்னும் பின்னும் காண்க. B இன் அதிர்வெண் 256 ஆகும்.

பாரமேற்றமுன் A இன் அதிர்வெண் =  $256 \pm 5$

பாரமேற்றியபின் 1 செக்கனில் அடிப்புக்கள் = 3

அத்துடன் பாரமேற்றுவதால் A இன் அதிர்வெண் குன்றியது

∴ A இன் ஆரம்ப அதிர்வெண் B இனதிலும் உயர்ந்ததாகும்

A இன் ஆரம்ப அதிர்வெண் =  $256 + 5 = 261$  அதிர்/செக்

A இன் அதிர்வெண் சற்று பாரமேற்றப்பட்டபின்  
=  $256 + 6 = 256 + 6$  அதிர்/செக்.

கட்டில்லாவதிர்வு, வலிந்த அதிர்வு, பரிவு

கட்டில்லாவதிர்வு

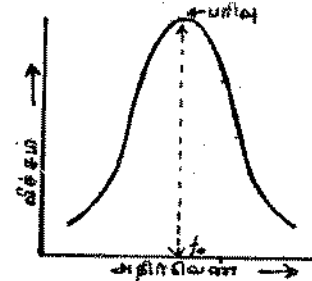
ஒவ்வொரு பொருளும் அதிரும்பொழுது தத்தனக்குரிய அதிர்வெண்ணுடன் அதிரும். இவ்வதிர்வெண் திணிவு, வடிவம், மீள்

தன்மை ஆகியவற்றில் தங்கியுள்ளது. உதாரணமாக ஒரு தனி ஊசலை அல்லது இசைக்கவரை அருட்டும் விசையொன்றால் அதிரச் செய்து அவ்விசையை நீக்கின் தனிஊசல் அல்லது இசைக்கவர் தொடர்ந்து தத்தம் சொந்தமான அதிர்வெண்ணுடனும் அதிர்வுகாலத்துடனும் அதிரும். இத்தகைய அதிர்வு கட்டில்லாவதிர்வு எனப்படும். வெவ்வேறு பொருள்கள் வெவ்வேறு அதிர்வெண்களையுடையன. கட்டில்லாவதிர்வுகள் குறுக்கதிர்வுகளாகவும் நீள்பக்க அதிர்வுகளாகவும் இருக்கலாம்;

#### வலிந்த அதிர்வு

ஓர் ஆவர்த்தன விசையை (சமநேர இடைகளில் ஒரே பருமனையும் ஒரே திசையையும் அடையும் ஒரு மாறும் விசை ஆவர்த்தன விசையெனப்படும்) அதிரத்தக்க பொருளொன்றின் மீது பிரயோகிப்பின், பொருள் முதல் தன் சொந்த அதிர்வு காலத்துடன் அதிரும். பின்பு நேரம்போக, பிரயோகிக்கப்படும் விசை இருக்கும்வரை அதன் அதிர்வுகாலத்துடன் அப்பொருள் அதிரும். இவ்வதிர்வு வலிந்த அதிர்வு எனப்படும். வலிந்த அதிர்வு நிகழ்வதற்கு அதிரும் பொருளினதும் பிரயோகிக்கும் விசையினதும் அதிர்வெண்கள் வித்தியாசமானவையாக இருத்தல் வேண்டும்;

#### பரிவு



அதிரும் பொருளினதும் பிரயோகிக்கும் விசையினதும் அதிர்வெண்கள் சர்வசமமாக இருப்பின், பிரயோகிக்கும் விசை பொருளை அதிரச் செய்யும்பொழுது பொருள் ஒரு பெரிய வீச்சத்துடன் உடனடியாக அதிரும். இத்தகைய அதிர்வு பரிவு எனப்படும்.

ஒரு மரப்பாலம், குழாய்களில் உள்ளபோன்ற ஒரு பொறிமுறைத் தொகுதியைக் கருத்திற் கொள்க.

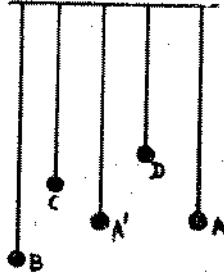
படம் 201

இதன் அதிர்வெண்  $f_0$  ஆகட்டும். இத்தொகுதியின் மீது ஒரு வித்தியாசமான அதிர்வெண்ணையுடைய ஆவர்த்தன விசையை பிரயோகிப்பின் தொகுதி சிறிய வீச்சத்துடன் வலிந்த அதிர்வுகளை ஆக்கும். பிரயோகிக்கும் ஆவர்த்தன விசையின் அதிர்வெண் தொகுதியின் அதிர்வெண்  $f_0$  க்குச் சமனாகுமாயின் தொகுதி ஒரு பெரும் வீச்சத்துடன் அதிரும். தொகுதி பல்வேறு அதிர்வெண்களையுடைய ஆவர்த்தன விசைகளுக்குக்கீழ் அதிரும்பொழுது தொகுதியின் வீச்சு

சத்துடன் அதிரும். தொகுதி பல்வேறு அதிர்வெண்களையுடைய ஆவர்த்தன விசைகளுக்கீழ் அதிரும்பொழுது தொகுதியின் வீச்சுத் துக்கும் பிரயோகிக்கப்படும் அதிர்வெண்ணுக்கும் வரை பொன்று தீறின் அது படம் 201 இல் காட்டியவாறு அமையும். வரையில் அதி உயர் வீச்சத்துக்கான அதிர்வெண் தொகுதியின் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமனாகும். அப்பொழுது பரிவு நிகழும்.

வலிந்த அதிர்வு, பரிவு ஆகியவற்றை எடுத்துக் காட்டல்

ஓர் எளிய பரிசோதனையைக் கொண்டு வலிந்த அதிர்வு, பரிவு என்பவற்றை எடுத்துக் காட்டலாம்: ஒரு கிடையாக ஒழுங்கு செய்யப்பட்ட மரக்கோவில் பல தனி ஊசல்களை படம் 202 இல் காட்டியவாறு தொங்கவிடுக. இவற்றுள் A மற்ற ஊசல்களிலும் பாரமுடையதாகும். B, C, D என்னும் ஊசல்களின் நீளங்கள் A இலும் வித்தியாசமானவையாகும். ஆனால் A<sup>1</sup> இனதும் A இனதும் நீளங்கள் சமமானவை. கோலுக்குச் செங்குத்தாக A ஆனது அதிர்ச் செய்யப்படும் பொழுது A<sup>1</sup> உடனடியாக ஒரு பெரும் வீச்சத்துடன் அதிர்கின்றது; ஆனால் மற்ற ஊசல்கள் சிறு வீச்சங்களுடன் அதிர்கின்றன. ஊசல் A இன் அதிர்வு கோலில் ஓர் ஆவர்த்தன விசையை உளுற்றுகின்றது. இது கோலிற் கூடாக மற்ற ஊசல்களுக்குச் செலுத்தப்பட்டு அவற்றை அதிர்ச் செய்கின்றது. உளுற்றும் விசையின் அலைவு A இனதை ஒத்திருக்கும். இது B, C, D என்பவற்றின் அலைவுகளுடன் ஒத்திருக்காததால் அவற்றின் இடப்பெயர்ச்சிகள் சிறிதாகும். மேலும் அவை A இன் இயக்கத்தின் கீழ் சிறு வீச்சங்களுடன் அதிரும். அவற்றின் அதிர்வெண் A இனதிற்குச் சமனாகும். ஆனால் A இனதும் A<sup>1</sup> இனதும் அதிர்வெண்கள் ஏறிகனவே ஒத்திருந்ததால் A<sup>1</sup> இல் பரிவு உண்டாக்கப்படுகிறது. இது A இன் அலைவு காலத்துடன் அதிர்ந்து பெரிய வீச்சத்தை உடையதாகிறது.



படம் 202

2. ஒரு சர்வசமனான தந்திகள் அருகருகே சமனான இழுவைக்குக் கீழ் மரப்பெட்டியொன்றின் மீது இரு பாலங்களுக்கிடையே நீட்டப்பட்டிருக்கின்றன. இன்னொரு வித்தியாசமான இழுவையின் கீழுள்ள மூன்றும் தந்தியொன்று இவற்றிற்குப் பக்கத்தில் நீட்டப்படுகின்றது. முதல் இரு தந்திகளும் ஒரே சமனான அதிர்வெண்களையுடையவாகும். சர்வசமனான இத் தந்திகளிலொன்று அருட்டப்படின் இதன் அதிர்வுகள் மற்றத் தந்திகளுக்குச் செலுத்தப்படும்:

அப்பொழுது பரிவு முதலாவதற்குச் சர்வசமனான தந்தியில் நிகழ்வதையும் மற்றதில் வலிந்த அதிர்வு ஏற்படுவதையும் அவதானிக்க முடிகிறது. பரிவு நிகழும் தந்தியின் நடுப்பாகத்தில் ஒரு V வடிவக் கடதாசி ஏறியை வைக்கும் பொழுது அது விரைவாக எறியப்படுவதைக் காணமுடிகின்றது. இது அத் தந்தியின் வீச்சம் பெரிதெனக் காட்டுகின்றது. மற்றத் தந்தியில் அத்தகைய ஏறி வைக்கப்படும் பொழுது அது எறியப்படாதிருக்கின்றது. (இது அத் தந்தி வலிந்த அதிர்வையும் சிறிய வீச்சத்தையும் உடையதென்பதைக் காட்டுகின்றது.)

### தேர்வு வினாக்கள்

- ஒரு அலைத்தொடர்களுக்கிடையே தலையீடு நிகழ்வதற்கான முக்கிய நிபந்தனைகள்
  - அலைத்தொடர்களின் அதிர்வெண்கள் சமனாக இருத்தல் வேண்டும்.
  - எதிர்த்திசைகளில் செல்பவையாக இருத்தல் வேண்டும்
  - ஒரே கோட்டில் இடப்பெயர்ச்சிகள் இருத்தல் வேண்டும்
  - அலைகளின் வீச்சங்கள் சமனாக இருத்தல் வேண்டும்
  - (i) a உம் b உம் (ii) a உம் c உம் (iii) a உம் c உம் d உம் (iv) c உம் d உம் (v) a மட்டும்
- ஒலியின் மேற்பொருத்துகை செயற்படும் தோற்றப்பாடுகள்
  - தலையீடு (b) எதிரொளி (c) அடிப்புக்கள் (d) நிலையான அலைகள்
  - (i) a, b, c (ii) a, c, d (iii) b, c, d (iv) a, b (v) b, c
- அரை அலைநீளத்தின் ஒற்றை மடங்கால் ஈர் அலைகள் வித்தியாசப்படும் கணங்களில் கேட்கும் ஒளி
  - உரப்புடையதாக இருக்கும்
  - சாதாரண உரப்புடையதாக இருக்கும்
  - கரடுமுரடாக இருக்கும்
  - மெலிவாக இருக்கும் (v) பூச்சிய உரப்பாக இருக்கும்
- A, B என்னும் ஒரே அலைநீளமும், வீச்சமுடைய அலைகளை அனுப்பும் ஒலிமுதல்களிலிருந்து ஒரு புள்ளி ஆனது X, Y தூரங்களிலிருக்கும்பொழுது  $X - Y = 3\lambda$  என்னுஞ் சமன்பாட்டைத் தரிசு அப்புள்ளியில்
  - ஒரு ஐதாக்கலும் ஒரு நெருக்கலும் சந்திக்கும்
  - ஒரு ஐதாக்கல்கள் ஒன்றோடொன்று பொருந்தும்

- (c) இரு நெருக்கல்கள் ஒன்றோடொன்று பொருந்தும்  
 (d) ஓர் உரப்புள்ள ஒலி கேட்கும்  
 (e) ஓர் அமைதி நிகழும்  
 (i) a, e (ii) b, d (iii) c, d (iv) b, e (v) b, c, d

5. A உம் B உம் ஈர் ஒத்திசைக்கும் இசைக்கவர்களாகும். A இனது அதிர்வெண்  $n$  ஆகும். B இன் புயமொன்றில் சிறிதளவு மெழுது பொருத்தப்பட்டு A உடன் ஒலிக்கச் செய்தபொழுது 4 அடிப்புக்கள் கேட்டன. B இன் தொடக்கத்திலுள்ள அதிர்வெண்  
 (i)  $n$  (ii)  $n+4$  (iii)  $n-4$  (iv)  $2n-4$  (v)  $4-n$

6. X, Y என்பன ஒரு செக்கனுக்கு 3 அடிப்புக்களை ஆக்கும் இசைக்கவர்களாகும். X ஆனது அரத்தால் தேய்க்கப்பட்டு Y உடன் ஒலிக்கச் செய்தபொழுது அடிப்புக்கள் நின்று விட்டன. X இன் ஆரம்ப அதிர்வெண் Y இனது 256 ஆயின்  
 (i) 253 (ii) 250 (iii) 259 (iv) 83½ (v) 768

7. ஒரு குழாய்க்குள்விருக்கும் வளி இன்னொரு அதிரும் பொருளால் அருட்டப்பட்டபொழுது ஓர் உரப்பமான சுரம் கேட்டது. அப் பொழுது

- (i) எதிரொலி கேட்டது  
 (ii) ஒலி முறிவடைந்து ஓரிடத்தில் குவிந்தது  
 (iii) பரிவு நிகழ்ந்தது  
 (iv) தெறிப்பொலி கேட்டது  
 (v) வலிந்த அதிர்வு நிகழ்ந்தது

8. வலியுறுத்தல் காரணம்  
 தன் அதிர்வெண்கள் சம ஏனெனில் ஈர் அலைத்தொடர்களும்  
 னான ஈர் ஒலிமுதல்கள் ஒரே நேரத்தில் இயங்கும்  
 பரிவை ஏற்படுத்துவதற்கு பொழுது ஒரே நிகை  
 இன்றியமையாதவையா மையை யுடையனவாக  
 மும். இருக்கின்றன;

- (i) வலியுறுத்தல் பொய் காரணம் மெய்  
 (ii) வலியுறுத்தலும் காரணமும் மெய்  
 (iii) வலியுறுத்தல் மெய்-காரணம் பொய்  
 (iv) வலியுறுத்தலும் காரணமும் பொய்  
 (v) இரண்டும் ஐயுறவான கூற்றுக்களாக இருக்கின்றன

9. ஓர் அதிரத்தக்க பொருளானது இன்னொரு அதிரும் பொருளொன்றால் அருட்டப்படும் பொழுது முதற்பொருளானது சிறிய

விச்சத்துடன் இரண்டாம் பொருளின் அதிர்வெண்ணுடன் அதிர்ந்தது. அப்பொழுது நிகழ்ந்தது:

- (i) அடிப்புக்கள் (ii) பரிவு (iii) கட்டில்லாத அதிர்வு  
 (iv) வலிந்த அதிர்வு (v) தகையீடு

### வினாக்கள்

1. தகையீடு என்றால் என்ன? (a) ஆக்கும் தகையீடு (b) சுழிக்கும் தகையீடு என்பவற்றை விளக்குக. தகையீட்டை எடுத்துக்காட்ட ஒரு பரிசோதனை தருக.

2. அடிப்புக்கள் என்றால் என்ன? இதை விளக்குக.

ஈர் இசைக்கவர்கள் உடன் ஒலிக்கும் பொழுது 10 அடிப்புக்களை 3 செக்கனில் ஆக்கின்றன. முதலாவது இசைக்கவர் செக்கனுக்கு 384 அதிர்வுகளை ஆக்கின் அத்துடன் மற்றதன் நுனி ராவப்படும் பொழுது அடிப்புக்கள் மறையின் இரண்டாவது இசைக்கவரின் அதிர்வெண் என்ன? [விடை: 380½]

3. A, B என்னும் ஈர் இசைக்கவர்களில் ஒரு செக்கனுக்கு 4 அடிப்புக்கள் கேட்கின்றன. A க்குச் சற்று பாரம் ஏற்றும்பொழுது 5 செக்கனில் 3 அடிப்புக்கள் கேட்கின்றன. B இன் அதிர்வெண் 256, ஆயின் பாரமேற்ற முன்பும் பின்பும் A இன் அதிர்வெண் என்ன? [விடை: 260, 256.6]

4. அடிப்பு என்னும் தோற்றப்பாட்டை ஓர் இசைக்கவரின் அதிர்வெண்ணைத் துணிதற்கு எவ்வாறு உபயோகிக்கலாம் என்பதை விளக்குக.

A + B என்னும் ஈர் இசைக்கவர்கள் உடன் ஒலிக்கும்பொழுது செக்கனுக்கு 4 அடிப்புக்கள் கேட்கின்றன. A யின் அதிர்வெண் 512 ஆகும். B யின் புயத்தில் சிறுமெழுது பூசியபோது, அடிப்புக்கள் நின்று, B யின் ஆரம்பத்திலுள்ள அதிர்வெண் என்ன? [விடை: 516]

5. தகையீடு, அடிப்புக்கள் என்பவற்றை வேறுபடுத்துக.

ஒலி அலைகளின் தகையீட்டைக் காட்ட பரிசோதனை ஒன்று தருக. ஒரு மனிதன், இரு சர்வசமனான ஒலிமுதல்களை இணைக்கும் நேர்கோட்டில் செல்கின்றான். ஒவ்வொன்றின் திண் அதிர்வெண் 100, அவை ஒரே அவத்தையில் அதிர்கின்றன. ஒன்றிலிருந்து மற்றதை நோக்கி என்ன வேகத்தில் செல்லின் செக்கனுக்கு 10 அடிப்புக்கள் கேட்கும். ஒலியின் வேகம் 1120 அடி/செக்

## அத்தியாயம் 17

நிலையான (நின்ற) அலைகள்

6. ஓர் அதிரும் இசைக்கவரிவிருந்து ஒலி அலைகள் புள்ளி A யை இரு பாதைகளில் சென்றடைகின்றன. வழிவேற்றுமை 12 சமீ. அல்லது 36 சமீ. ஆக இருக்கும்பொழுது A இல் அமைதி ஏற்படும். இதனை விளக்கி இசைக்கவரின் அதிர்வெண்ணைக் கணிக்க; ஒலியின் வேகம் 330 மீற்றர்/செக்.

[விடை: 1375 அதி./செக்.]

7. அடிப்பதிர்வெண்ணுக்கு ஒரு சூத்திரத்தைப் பெறுக. இரு சுரிக் கணுக்குரிய அலைகளையும் விளையுள் அலையையும் வரைபுகள் மூலம் காட்டுக;

8. ஒலியின் வேகத்தைக் காண்பதற்கு ஒரு திருத்தமான முறையை விவரிக்க. இம்முறையின் நயங்களையும் கூறுக; இங்கு கையாளப்படும் தத்துவத்தை சற்று விவரிக்க.

9. கட்டில்லா அதிர்வு, வலிந்த அதிர்வு, பரிவு எப்பவற்றை விபரித்து பரிசோதனைகளால் விளக்குக;

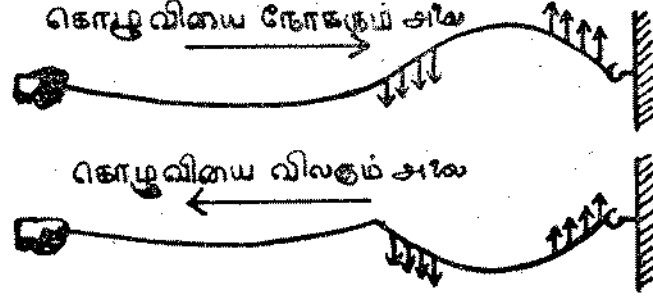
இரு விருத்தி அலைகள் ஒரு திசையில் செல்லும்பொழுது நிகழும் தோற்றப்பாட்டைப் பற்றி இதுகாறும் படித்தோம். இனி ஒன்றுக் கொன்று எதிர்த்திசையில் செல்லும் இரு சர்வசமனான அலைகள் ஒன்றன்மீது ஒன்று மேற்பொருந்தவதால் ஏற்படும் தோற்றப்பாட்டைப்பற்றி சற்று ஆராய்வோம். விருத்தி அலைகளைப்போல் நிலையான அலைகளும் இருவகைகளுண்டு. அவையாவன (i) நிலையான குறுக்கலை (ii) நிலையான நீளக்க அலை. முதலாவது வகையை ஒரு முனை நிலையாகப் பொருத்தப்பட்ட இழை அல்லது கயிற்றின் வழியே துடிப்பு ஒன்றை அனுப்புவதன் மூலம் பெறலாம். இரண்டாவது வகையைச் சுரமண்டலக் குழாயில் அதிரும் வளிநிரலில் ஏற்படுத்தலாம். இவ்விரு வகைகளும் எதிர்த்திசைகளில் செல்லும் சர்வசமனான அலைகள் மேற் பொருந்தும்பொழுது ஏற்படுவதால், ஒரு விருத்தி அலைக்குச் சமனான எதிர்த்திசையில் செல்லும் அலையை தெறிப்பினால் ஏற்படுத்தலாம். முன்னேறும் விருத்தி அலையுடன் இத் தெறிப்பலை மேற் பொருந்தும்பொழுது நிலையான அலை ஏற்படும். நிலையான அலைகள் இரு முனைகளினால் எல்லைப்படுத்தப்பட்ட ஊடகத்தில் ஏற்படுத்தப்படும் அத்துடன் அலைத்தெறிப்பின் தன்மை முனைகளின் நிபந்தனைகளில் தங்கியுள்ளது. முனை விறைப்பாகப் பொருத்தப்படி, அதனில் ஓர் அலையின் முடி படி அது ஒரு தாழியாகவும், முனை சுயாதீனமாயின் அலையின் முடியொன்று முடியாகவும், தெறிக்கும் இவற்றை வருமாறு காட்டலாம்.

இழைகளில் அலைகளின் தெறிப்பு

(a) பொருத்தப்பட்ட முனையில்

ஒரு முனை கையால் பிடிக்கப்பட்டதும் மறுமுனை ஒரு கொழுக்கியில் கவருடன் பொருத்தப்பட்டதுமான இழையொன்றின் வழியே செலுத்தப்படும் ஒரு முடியை கருத்திற் கொள்க. கையினால் இழையை உதறி ஒரு முடியை ஏற்படுத்தின், முடியின் முன்பகுதியிலுள்ள துணிக்கைகள் தமக்கு முன்னாலுள்ள துணிக்கைகளை இழுத்து முடியை முன்னேறச் செய்யும். கொழுக்கியை முடி அணுகியதும் அதன் முற்பகுதியிலுள்ள துணிக்கைகள் மேல் எழும்பொழுது கொழுக்கியை மேல்தோக்கி இழுக்கின்றன. அப்பொழுது கொழுக்கி நிழிநிழின் 3.ம் விதிக்கிணங்க இழையில் ஒரு கீழ்முக விசையை உருற்றும்.

இதன் காரணமாக ஒரு தாழி இழையின் நுனியில் ஏற்பட்டு கொழு வியை விசை இயங்கும். இதேபோல் ஒரு தாழி செலுத்தப்படின் அது ஒரு முடியாக முனையில் தெறித்த வரும். எனவே ஓர் அலை



படம் 203

விறைப்பான முனையிலிருந்து தெறிக்கும்பொழுது முடி தாழியாகவும், தாழி முடியாகவும் தெறிக்கும். அதாவது இங்கு அவத்தை முறிக்க நேர்மாறாக்கப்படும். உதாரணமாக,

ஒரு படும் அலையின் சமன்பாடு  $y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt - x)$  எனின் தெறி அலையின் சமன்பாடு,

$$y = a \sin \left[ \frac{2\pi}{\lambda}(vt + x) + \pi \right] = -a \sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt + x)$$

இதை தரப்படும், a இன் எதிர்க்குறி வீச்சம் நேர்மாறாக்கப்படுவதையும் ஆகவே முடி தாழியாக மாற்றப்படுகிறதையும் குறிக்கும். x இன் குறிமாற்றம் தெறி அலை படும் அலையின் எதிர் திசையில் செல்கின்றதையும் குறிக்கும்;

(b) சுயாதீன முறையில்

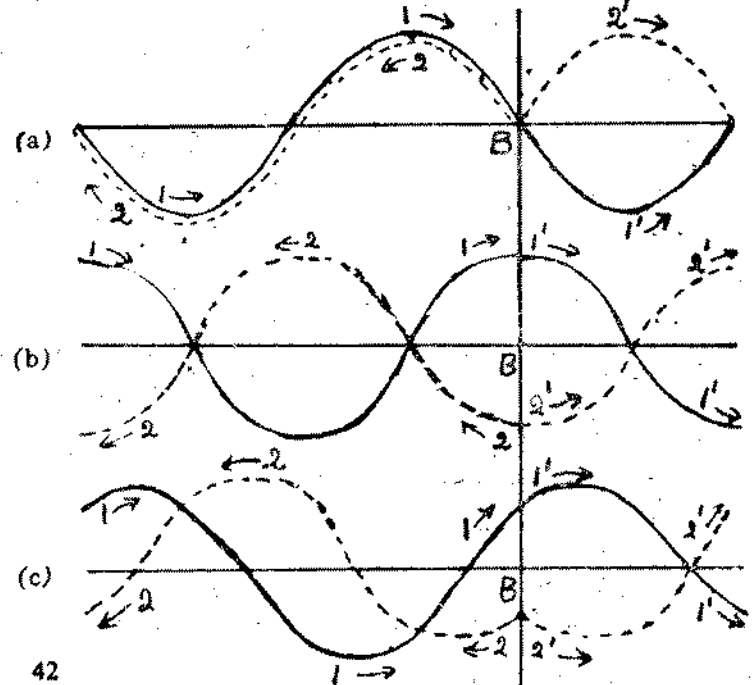
தெறிப்பு நிகழும் இழையின் முனை சுயாதீனமாக இருப்பின் மேற் கூறிய அவத்தை மாற்றம் தெறிப்பில்போது ஏற்படுவதில்லை. ஆகவே ஒரு முடியானது முடியாகவும், தாழியானது தாழியாகவும் தெறிப்புறும். கையில் ஒரு முனை பிடிக்கப்பட்டதும் நிலையாகத் தொங்குகின்றதுமான இழையில் கீழ்க்குமாக ஒரு முடியை அனுப்புக; B என்னும் முனை சுயாதீனமானதாகவும் A என்பது பிடிக்கப்பட்டதாகவும் இருக்கும். இழையின் வலமாக ஒரு முடியை

அனுப்புவதற்கென இழை உதறப்படின் B என்னும் முனையை அணுகும் முடி அதனை வலமாக இழுக்கும்; அப்பொழுது B ஒரு வேகத்தை வலப்பக்கமாகப் பெறுவதால் ஒரு முடியைத் திரும்பியும் வலமாக இழையில் அனுப்பும். இங்கு தெறி அலையின் சமன்பாடு

$$y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt + x) \text{ இதனால் தரப்படும்.}$$

தெறி அலையை உண்டாக்கும் முறை (பொருத்தப்பட்ட முனையில்)

B என்னும் முனையில் பொருத்தப்பட்ட இழையைக் கருத்திற் கொள்க. இதன் வழியே ஓர் அலை இடப்பக்கத்திலிருந்து செலுத்தப்படுகின்றது. இவ்வலையானது B என்னும் நிலையான முனையைடைந்து தெறிப்புறும். தெறிக்கும் அலையைக் காண்பதற்கு ஒரு முறை வருமாறு கையாளப்படுகிறது. படம் 205 (a) (b) (c) என்பன வெவ்வேறு கணங்களில் படும் அலையொன்றின் நிலைகளையும் அவ்வேளைகளில் அவற்றிற்குரிய தெறி அலைகளையும் காட்டுகின்றன. 1 ஆல் குறிக்கப்படும் அலை படும் அலையையும் 2 ஆல் குறிக்கப்படும் அலை அதற்குரிய தெறி அலையையும் விளக்குகின்றன. உதாரணமாகப் படம் 205 (a) இல் காட்டப்படும் 1 ஆல் குறிக்கப்படும் அலையை நினைவு கொள்க. படம் 204 இம் முன்னேறும் அலையானது B இல்லாவிடில் மேலும் 204

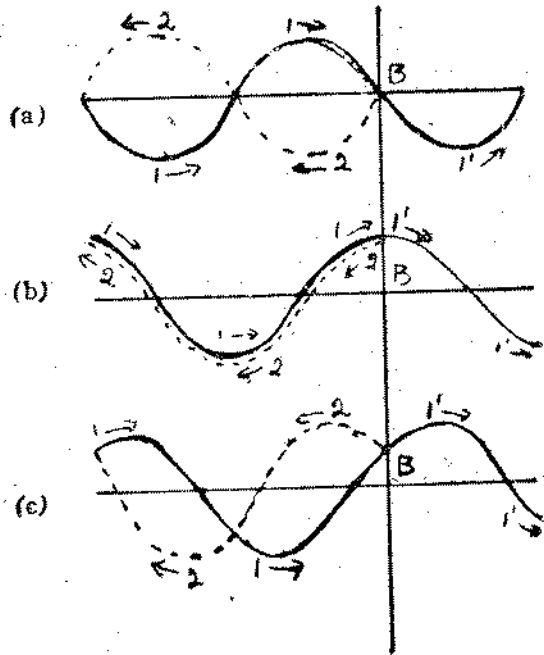


42

தொடருமாகும்; அவ்வாறு தொடரும் அலை 1' ஆல் குறிக்கப்படும்; ஆனால் B ஆனது விறைப்பாகப் பொருத்தப்பட்டிருப்பதால் B க்கப் பால் (வலப்பக்கத்தில்) அலை தோற்றப்படுவதில்லை. எனவே 1' ஆல் குறிக்கப்படும் தொடரும் அலையை நொதுமறிப்படுத்த முகமாக 2' ஆல் குறிக்கப்படும் குற்றிட்ட அலையொன்று B இல் தோற்றியுள்ளதாகக் கொள்ளப்படும். இக் கட்டத்தில் இவ்வலை செல்லும் அச்சுக்குச் செங்குத்தாக B இல் ஒரு தளவாடியை நிலைக்குத்தாக வைப்பின் அதன் விம்பம் B க்கு இடப்பக்கத்தில் காணப்படும். அது 2 ஆல் குறிக்கப்படும். இதுவே 1 ஆல் குறிக்கப்படும். படம் அலைக் குரிய தெறி அலையாகும். இவ்வாறு b, c இல் காட்டப்படும் படம் அலைகளுக்கும் தெறி அலைகள் காணப்படும்;

சுயாதீன முனையில்

இங்கு B என்னும் முனை சுயாதீனமாக இருப்பதால் இடப் பெயர்ச்சியில் அவததை மாற்றம் நிகழ்வதில்லை. ஆனால் தெறி

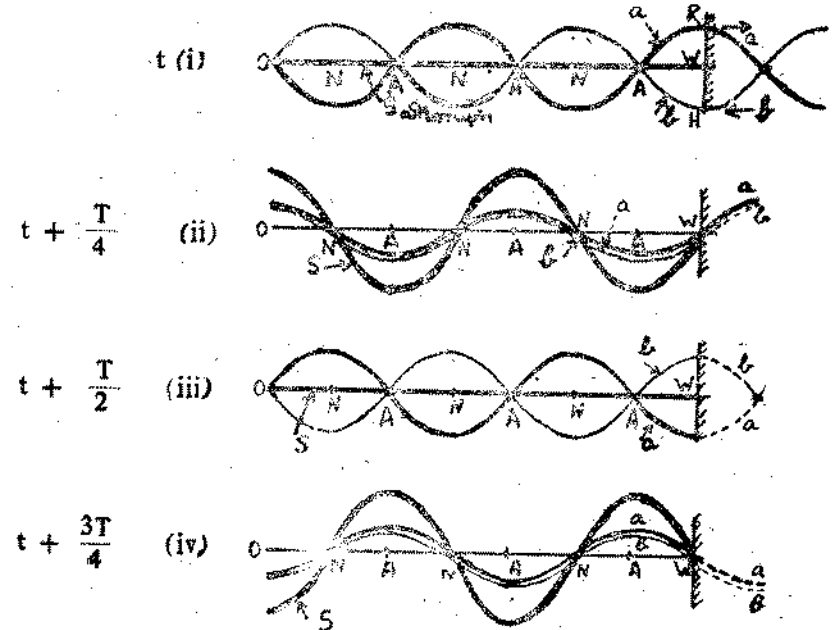


படம் 206

அலையின் திசை அலை செல்லும் திசைக்கு நேர்மாறாக்கப்படும். இங்கு படம் 206 a, b, c இல் வெவ்வேறு கணங்களில் படும் அலை யொன்றின் நிலைகள் 1 ஆலும் அவற்றின் தெறி அலைகள் 2 ஆலும் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவற்றைப் பெறுவதும் மேற்கூறியவாறே யாகும்;

நிலையான (நின்று) அலைகள்

வளியில் OW வழியே செல்லும் a என்னும் ஒருதள விருத்தி அலையைக் கருத்திற்கொள்ள (படம் 207 i), இது சுவரில் W என்னும் இடத்தில் படும்பொழுது b என்னும் தெறி அலை உண்டாகின்றது. a என்னும் படும் அலையும் b என்னும் தெறி அலையும் எதிர்த்திசைகளில் செல்கின்றனவால் அவை ஒன்றன்மீது ஒன்று மேற்பொருந்துகின்றன. இதனால் O க்கும் W க்கும் இடையே ஒரு விளையுள் அலை தோற்றுவின்றது. W என்பது விறைப்பான புள்ளியாதலினால் அங்கு

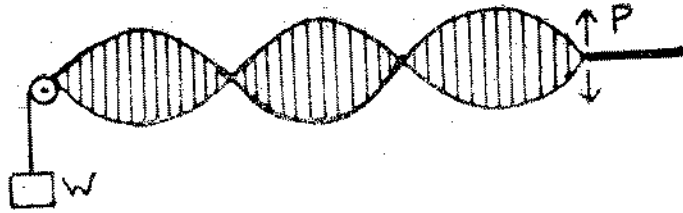


படம் 207



படம் 207 இல்  $OW$  வழியேயுள்ள வழிப்படைகளில் உண்டாகிய நிலையான அலைகள் வெவ்வேறு இடங்களில் நிலைகள் வெவ்வேறாக இருக்கின்றன.  $S$  என்னும் விளையுள் இடப்பெயர்ச்சியைக் குறிக்கும் வளையங்களில்  $N$  எனக் குறிக்கப்பட்ட இடங்களிலுள்ள படைகள் நிரந்தரமாக ஒய்வில் இருக்கின்றன. இத்தகைய இடங்கள் கணுக்கள் எனப் பெயர்பெறும்.  $A$  எனக் குறிக்கப்பட்ட இடங்களில் படைகள் பெரிய வீச்சத்துடன் அதிரிகின்றன படம் 207 (ii), (iv). இவ்விடங்கள் முரண் கணுக்கள் எனப்படும். ஒரு கணுக்களுக்கிடையிட்ட படைகள் (துணிக்கைகள்) ஒன்றுக்கொன்று ஒரே அவத்தை யில் அதிர்கின்றன. எனினும் அவற்றின் வீச்சங்கள் கணுவில் பூச்சியமாகவும் முரண் கணுவில் அதி உயர்வாகவும் இருக்கும்.

நிலையான அலையைக் காட்டல்



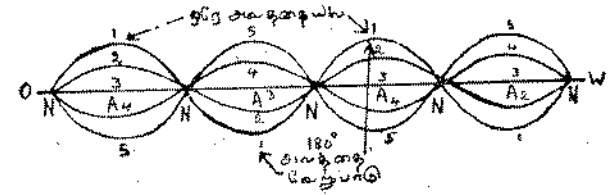
படம் 208

ஓர் இசைவான இழையின் முனையொன்று தாழ் அதிர்வெண் ணுடைய ஓர் இசைக்கவரின் புயமொன்றுடன் பொருத்தப்படுகின்ற தது. மறுமுனை கம்பியொன்றின் மீது சென்று ஒரு நிறைக்கு இணைக் கப்படுகின்றது. இசைக்கவரின் புயம் இழைக்குச் செங்குத்தாக அதிரும்பொழுது இழையின் வழியே ஓர் எண்ணிக்கையுள்ள நிலை யான தடங்கள் உண்டாவதை அவதானிக்க முடிகின்றது. நிறையை மாற்றினால் வேறு எண்ணிக்கையுடைய தடங்களும் பெறப்படும்.

எதிர்த்திசையில் செல்லும் இரு சர்வமனான அலை இயக்கங்கள் ஒன்றன்மீது ஒன்று மேற்பொருந்தும் பொழுது உண்டாகும் தோற்றம் பாடு நிலையான அலை எனப்படும்.

கணுக்கள் முரண்கணுக்கள்

படம் 207 இல்  $OW$  வழியேயுள்ள வழிப்படைகளில் உண்டாகிய நிலையான அலையின் வெவ்வேறு இடங்களில் நிலைகள் வெவ்வேறாக இருக்கின்றன.  $S$  என்னும் விளையுள் இடப்பெயர்ச்சியைக் குறிக்கும் வளையங்களில்  $N$  எனக் குறிக்கப்பட்ட இடங்களிலுள்ள படைகள் நிரந்தரமாக ஒய்வில் இருக்கின்றன. இத்தகைய இடங்கள் கணுக்கள் எனப் பெயர்பெறும்.  $A$  எனக் குறிக்கப்பட்ட இடங்களில் படைகள் பெரிய வீச்சத்துடன் அதிரிகின்றன படம் 207 (ii), (iv). இவ்விடங்கள் முரண் கணுக்கள் எனப்படும். ஒரு கணுக்களுக்கிடையிட்ட படைகள் (துணிக்கைகள்) ஒன்றுக்கொன்று ஒரே அவத்தை யில் அதிர்கின்றன. எனினும் அவற்றின் வீச்சங்கள் கணுவில் பூச்சியமாகவும் முரண் கணுவில் அதி உயர்வாகவும் இருக்கும்.



படம் 209

படம் 209 இல் 1, 2, 3, 4, 5 என்னும் ஐந்து வித்தியாசமான கணங்களில்  $OW$  வழியேயுள்ள படைகளின் இடப்பெயர்ச்சிகள் காட்டப்படுகின்றன.

ஒரு அடுத்தடுத்த கணுக்களுக்கிடையிட்ட தூரம்  $NN = \frac{\lambda}{2}$  அத்தடம்

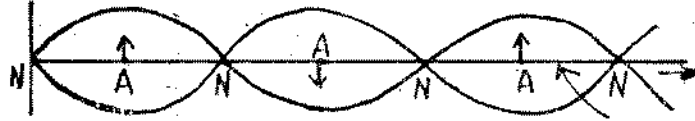
ஒரு அடுத்தடுத்த முரண்கணுக்களுக்கிடையிட்ட தூரம்  $AA = \frac{\lambda}{2}$

ஒரு கணுவுக்கும் அடுத்த முரண்கணுவுக்கும் இடைப்பட்ட தூரம்  $= \frac{\lambda}{4}$

என்பவற்றையும் அறியமுடிகிறது. மேலும் ஒரு கணுவின் இரு பக்கங்களிலும் உள்ள படைகள் அல்லது துணிக்கைகள் எதிரீ அவத்தைகளில் அதிரும் ( $180^\circ$  அவத்தை வித்தியாசத்தில்);

## துணிக்கை வேகம்

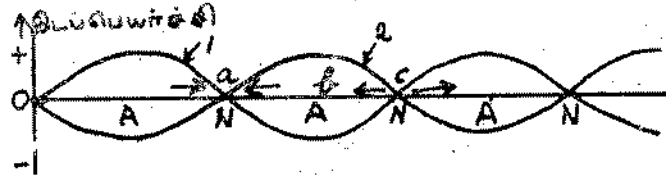
ஒரு நிலையான அலையில் துணிக்கை வேகமானது நேரம் தொடர்பாக இடப்பெயர்ச்சியின் மாற்ற வீதமாகும். கணுக்களில் துணிக்கைகள் ஓய்வில் இருப்பதால் அந்த அவற்றின் வேகங்கள் பூச்சியமாகும். முரண் கணுக்களில் வேகமானது பூச்சியத்திலிருந்து



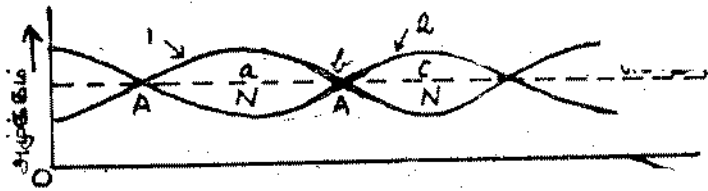
படம் 210

அதிவுயர்வுக்கு அதிகரிக்கும். அதாவது அதிர்வின் எல்லையில் வேகம் பூச்சியமாகவும் பின் படிப்படியாகக் கூடி சராசரி நிலைக்கூடாகச் செல்லும்பொழுது அதிவுயர்வையும் பெறும் என்பதேயாம். படம் 210 இல் இடப்பெயர்ச்சி வளையியும் வேக வளையியும் காட்டப்பட்டுள்ளன.

## நிலையான அலையில் அமுக்கமாறல்



படம் 211 (i)



படம் 211 (ii)

நிலையான அலையில் வளியின் அமுக்கமாறல் எவ்வாறு இருக்குமென்பதை படம் 211 (i) இலும் (ii) இலுமிருந்து நோக்கின் கணுக்களில் அமுக்கமாறல் அதிவுயர்வாகவும் முரண்கணுக்களில் பூச்சியமாகவும் இருக்கும். படம் 211 (i) இல் 1-ஆல் குறிக்கப்படும் வளையி முரண்கணுக்களிலும் மற்றும் புள்ளிகளிலும் இடப்பெயர்ச்சி உயர்வாக இருக்குமொரு கணத்திலுள்ள இடப்பெயர்ச்சி வளையியாகும். a இலுள்ள கணுவுக்கு இடமாக இருக்கும் வளிப்படையின் இடப்பெயர்ச்சி நேர் (+ve) ஆக இருப்பதால் a ஐ நோக்கியும் வலமாக இருக்கும் வளிப்படையின் இடப்பெயர்ச்சி எதிர் (-ve) ஆகவும் இருப்பதால் a ஐ நோக்கியும் இடம்பெயர்க்கப்படும். எனவே a இலுள்ள வளி நெருக்கப்படும். அதனால் அதன் அமுக்கம் பொது அமுக்கத்திலும் உயர்வாக விருக்கும். இது படம் 211 (ii) இலுள்ள வளையி 1 ஆல் காட்டப்பட்டுள்ளது. முரண்கணு b க்கு இரு பக்கங்களிலும் உள்ள வளிப்படை ஒவ்வொன்றினதும் இடப்பெயர்ச்சி அதிஉயர்வாக இடப்பக்கத்திற்கு இருக்கும். ஆகவே அப்புள்ளியிலுள்ள அமுக்கம் பொது அமுக்கமாக விருக்கும். மேலும் கணு c க்கு இடமாகவுள்ள வளியானது c ஐ விலத்தியும் வலமாகவுள்ள வளியும் c ஐ விலத்தியும் இடம்பெயர்க்கப்படுவதால் அப்புள்ளியில் ஐதாக்கல் ஏற்படுகின்றது. எனவே அப்புள்ளியிலுள்ள அமுக்கம் பொது அமுக்கத்திலும் குறைந்திருக்கும். இவ்வாறு வளியிலுள்ள மற்றப் புள்ளிகளிலும் இதே முறையைக் கையாண்டு அமுக்கங்களை அறியின், அமுக்கமாறல் வளையி படம் 211 (ii) இல் 1 ஆல் விளக்கப்படும்; படம் 211 (i) இல் 2 ஆல் குறிக்கப்படும் ஒரு கணத்திற்கான இடப்பெயர்ச்சி வளையிக்கூறிய அமுக்கமாறல், படம் (ii) இல் 2 ஆல் குறிக்கப்பட்ட வளையியினால் காட்டப்படுகின்றது; ஆனால் ஒரு விருத்தி அலை செல்லும்பொழுது ஊடகத்தின் எல்லாப் புள்ளியிலும் அமுக்கமாறல் ஒரேமாதிரியாகவிருக்கும்.

## நிலையான அலைகளின் இயல்புகள்

1. அதிர்வின் வீச்சம் ஊடகத்தினிடம் ஊடகத்தில் மாறும். A எனக் குறிக்கப்பட்ட புள்ளிகளில் வீச்சம் அதிவுயர்வாகவிருக்கும். இப்புள்ளிகள் முரண்கணுக்கள் எனப்படும்;
2. சில புள்ளிகளில் ஊடகம் ஒருவித இடப்பெயர்ச்சிக்கு உள்ளாகப்படுவதில்லை; N எனக் குறிக்கப்பட்ட அப்புள்ளிகள் கணுக்கள் எனப்படும்.
3. அடுத்தடுத்த கணுக்கள் அளித்து அடுத்தடுத்த முரண்கணுக்களுக்கு கிடைப்பட்ட தூரம் அரை அலைநீளத்துக்குச் சமனாகும்.
4. அலை செல்லும் பொதுக் கோட்டில் கணுக்களும் முரண்கணுக்களும் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக அடுத்தடுத்தே உருகும்.

5: இரு அடுத்துள்ள கணுக்களுக்கிடையில் இருக்கும் எல்லா துணிக்கைகளும் ஒரே நேரத்தில் ஒரே திசையில் செல்லும். அவை ஒரே நேரத்தில் தத்தம் அதிவயர் இடப்பெயர்ச்சியையும் அல்லது பூச்சிய இடப்பெயர்ச்சியையும் அடையும். ஆகவே அவை ஒரே அபத்தையுடையவாகின்றன. வீச்சம் கணுவில் பூச்சியத்திலிருந்து அதிகரித்து முரண்கணுவில் அதிவயர்வையடையும். இரு கணுக்களுக்கிடையிலுள்ள ஊடகத்தின் பகுதி தடம் எனப்படும்.

6: அடுத்தடுத்த தடங்களில் உள்ள துணிக்கைகள் எதிர் அவத்தை யில் அதிரும்.

7. ஊடகத்தின் ஒரு துணிக்கையானது, ஓர் அலைக்கூறு ஓர் அலை நீளத்துக்கூடாக முன்னேற்றப்பொழுது, ஓர் அதிர்வை பூர்த்தி யாக்கும்; எனவே துணிக்கையின் அதிர்வெண் அவ்வலைக்கூறின் அதிர்வெண்ணாகும்.

நிலையான அலைகளின் கணிதப் பகுத்தறிதல்

ஓர் ஊடகத்தில் எதிர்த்திசைகளில் செல்லும் இரு சர்வசமனான அலைத்தொடர்களைக் கருத்திற்கொள்க. X அச்சின் நேர்த் திசையில் v என்னும் வேகத்துடன் செல்லும் அலையின் இடப்பெயர்ச்சி t என்னும் நேரத்திலும் உற்பத்தித் தானத்திலிருந்து x என்னும் தூரத்திலும்.

$$y_1 = a \text{ சைன் } \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) \text{ ஆகும். } \text{----- (i)}$$

இங்கு  $\lambda$  அலைநீளமாகும்

எதிர்த்திசையில் செல்லும் சர்வசமனான அலையின் இடப்பெயர்ச்சி அதே நேரத்தில்,

$$y_2 = a \text{ சைன் } \frac{2\pi}{\lambda} (vt + x) \text{ ஆகும். } \text{----- (ii)}$$

வினாயுளின் இடப்பெயர்ச்சி  $y = y_1 + y_2$

$$\begin{aligned} \therefore y &= a \text{ சைன் } \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) + a \text{ சைன் } \frac{2\pi}{\lambda} (vt + x) \\ &= 2a \text{ சைன் } \frac{2\pi}{\lambda} vt \text{ கோசைன் } \frac{2\pi}{\lambda} x \text{ ----- (iii)} \end{aligned}$$

$$\text{அதாவது } y = A \text{ சைன் } \frac{2\pi}{\lambda} vt \text{ ----- (iv)}$$

$$\text{இங்கு } A = 2a \text{ கோசைன் } \frac{2\pi}{\lambda} x$$

சமன்பாடு (4) ஓர் எளிய இசை இயக்கச் சமன்பாடாகும்;

$$y = a \text{ சைன் } \frac{2\pi}{\lambda} vt \text{ கோசைன் } \frac{2\pi}{\lambda} x \text{ அதிவயர்வாக விருப்பின்}$$

$$\text{கோசைன் } \frac{2\pi}{\lambda} x = \pm 1$$

அதாவது  $x = 0, \frac{\lambda}{2}, \lambda, \dots, \frac{m\lambda}{2}$  என்னும் புள்ளிகளில் வீச்சம் அதிவயர்வாகும். எனவே அப்புள்ளிகளில் முரண்கணுக்கள் இருக்கும்.

கோசைன்  $\frac{2\pi}{\lambda} x = 0$  என்னும் புள்ளிகளில் இடப்பெயர்ச்சி அதிசூறையும்.

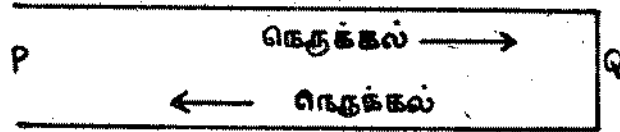
அதாவது  $x = \frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \dots, (2m+1)\frac{\lambda}{4}$  என்னும் புள்ளிகளில் கணுக்கள் இருக்கும்.

விருத்தி, நிலையான அலைகளுக்கிடையேயுள்ள வேறுபாடுகள்

விருத்தி அலை	நிலையான அலை
1. விருத்தி அலைகள் ஓர் ஊடகத்தின் பகுதி யொன்றின் தொடர்ச்சியான ஆவர்த்தன இயக்கத்தால் உண்டாகின்றன.	நிலையான அலைகள் ஊடகத்தினூடு ஒரே கோட்டில் எதிர்த்திசைகளில் செல்லும் சர்வசமனான இரு அலைகள் மேற் பொருந்தும்பொழுது உண்டாகின்றன.
2. துணிக்கை யொன்றின் நிலைமை (அவத்தை) அடுத்த துணிக்கைக்கு அலை செல்லும் கோட்டின் வழியே செலுத்தப்படுவதால் அலை வடிவம் முன்னேறுகின்றது; அலையின் வேகம் ஊடகத்தின் மீதன்மை இயல்புகளினால் துணியப்படும்;	ஊடகத்தினூடு அலை வடிவம் முன்னேறுவதில்லை. அது எதிர்த்திசைகளில் செல்லும் அலைகள் மேற் பொருந்தும் பகுதியினில் தோற்றும்.
3. ஊடகத்தின் ஒவ்வொரு துணிக்கையும் அதன்சமநிலைபற்றி ஒரே அதிர்வெண்ணுடன் அதிரும்;	துணிக்கைகளின் வீச்சம் எல்லா இடங்களிலும் ஒரேமாதிரி இல்லை; கணுக்களில் பூச்சியமும் முரண்கணுக்களில் அதி உயர்வுமாகும். அவை எல்லாம் ஒரே அதிர்வெண்ணுடன் அதிரும்.

விருத்தி அலை	நிலையான அலை
4. செலுத்தற் கோட்டின் வழியே துணிக்கைகளின் அதிர்வுகளுக்கிடையே அவத்கை வித்தியாசம் உள், அவ்வவத்கை வித்தியாசம் துணிக்கைகளுக்கிடையே யுள்ள தூரத்திற்கு விசிகத சமமாகும்.	இரு கணுக்களுக்கிடையிலுள்ள துணிக்கை ஒரே அவத்கையில் அதிர்கின்றன. ஆனால் ஒரு கணுவின் இரு பக்கங்களிலுமுள்ள துணிக்கைகள் எதிர் அவத்கைகளில் அதிர்கின்றன.
5. அலை விருத்தியடையும் பொழுது ஊடகத்தின் புள்ளி ஒவ்வொன்றும் ஒரே அளவான அமுக்க, அடர்த்தி மாற்றங்களை அனுபவிக்கின்றது.	அமுக்கமாற்றமும் அடர்த்தி மாற்றமும் ஊடகத்தின் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் ஒரே அளவாகவிடலை. கணுக்களில் அதிவுயர்வும் மூரண்கணுக்களில் அதி தாழ்வுமாகும்.

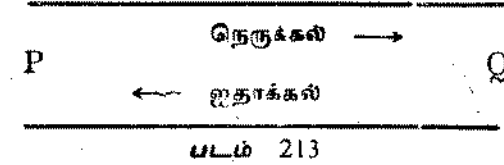
குழாய்களில் வளியின் அதிர்வு முடிய குழாயில் தெறிப்பு



படம் 212

PQ என்பது Q வில் மூடப்பட்ட ஒரு குழாயாகும். முடி முனையில் அலைத்தொடரொன்று செங்குத்தாகப் படுகிறதெனக் கொள்க. அம்முனை விறைப்புள்ள தொன்றாக இருப்பதால் அதனில் படும் சத்தியானது முனையே செலுத்தப்பட முடியாததாக இருக்கின்றது. ஆகவே அம்முனையுடன் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் வளி நிரந்தரமாக ஒய்வில் இருக்கும். அது முனையைச் சற்று விலகி இயங்கின் ஒரு வெற்றிடம் வலப்பக்கத்திலும் மறுபக்கத்தில் பொதுவளிமண்டல அமுக்கமும் இருக்கும். எனவே முடிய முனையில் ஒரு நெருக்கல் அடையின் அதனால் வளி விகாரப்படும். இதிலிருந்து வளி விடுவித்துக் கொள்வதற்கு ஒரேயொரு வளியுண்டெனின் அதுதான் ஒரு நெருக்கல் அலையை இடப்பக்கமாக அனுப்புவதாகும். இதேபோல் தர்க்கித்த முடிய முனையை அடையும் ஐதாக்கல் அலையும் ஐதாக்கலாகவே திருப்பிமென்பதையும் அறியலாம். சுருங்கச் சொல்லின் முடிய முனையொன்றில் படும் நெருக்கலானது நெருக்கலாகவும், ஐதாக்கலானது ஐதாக்கலாகவும் தெறிக்கும்.

திறந்தகுழாயில் தெறிப்பு



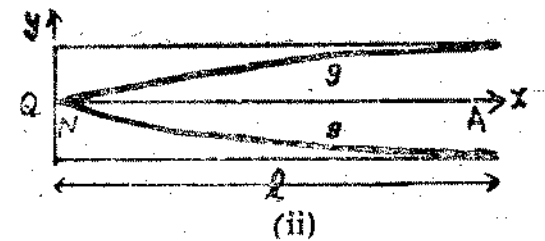
படம் 213

ஒரு திறந்த குழாயில் நெருக்கல் துடிப்பொன்று செலுத்தப்படில் சத்தியும் துடிப்புடன் Q வரை செலுத்தற் திசையின் வழியே செல்லும்; அக்கு அம்முனை திறந்ததாக திறப்பதாலும் பக்கம் நோக்கித் துடிப்பு விரிவடையத்தக்கதாக இருப்பதாலும் நெருக்கல் துடிப்பு சற்ற விரிவடைந்து விகாரப்பட்ட நிலையிலிருந்து விடிவித்துக்கொள்ளும். அப்பொழுது அது தன் பொதுவிச்சத்துக்கப்பாலும் பார்க்கக் கூடுதலாக இயங்கும். இதனால் பின்னுள்ள வளி ஐதாக்கல் படும். எனவே ஓர் ஐதாக்கல் அலை குழாயில் திருப்பி அனுப்பப்படும். அதாவது நெருக்கலின் அவத்கை நேர்மாறுக்கப்படும். இவ்விதம் தர்க்கிப்பதன் மூலம் ஐதாக்கலொன்றானது நெருக்கலாகத் திருப்பி அனுப்பப்படுமென்பதையும் அறியலாம். சுருங்கச் சொல்லின் ஒரு குழாயின் திறந்த முனையையடையும் நெருக்கல் ஐதாக்கலாகவும் ஐதாக்கல் நெருக்கலாகவும் தெறிக்கும்.

முடிய சுரண்டலக் குழாய்



(i)



(ii)

படம் 214

ஒரு மூடிய சுரமண்டலக் குழாய் பிரதானமாக ஓர் உலோகக் குழாயைக் கொண்டுள்ளது. அதன் ஒருமுனை (Q) மூடப்பட்டது மாகவும் இருக்கும். அதன் திறந்தமுனை P க்குடாக வளி ஊதப்படும் (படம் 214 i). அப்பொழுது Q வை நோக்கி மேல்முகமாக அலை செல்லும். இவ்வலை Q வில் தெறிப்புற்றுத் திரும்பும்பொழுது வரும் அலையுடன் மேற்பொருந்தி ஒரு நிலையான அலையை உண்டாக்கும். Q வுடன் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் வளிப்படை நிரந்தரமாக ஓய்வில் இருப்பதால் அம்முனையில் ஒரு கணு V தோன்றும். A என்னும் திறந்த முனையில் வளி இயங்கச் சுதந்திரமுடையதாக இருப்பதால் அம்முனையில் ஒரு முரண்கணு A தோன்றும். நிலையான அலையில் ஓர் எளிய வடிவம் படம் 214 (ii) இல் g இனால் காட்டப்படும். குழாய் கிடையாக இருப்பதால், Q விவிருந்து x தூரங்களில் உண்டாகும் வளிப்படைகளின் கிடை இடப்பெயர்ச்சிகள் Y அச்சில் குறித்துக் காட்டப்படும். இங்கு Qx ஆனது நிலையான அலையில் அச்சாகும்.

குழாயின் நீளம் l எனின், N க்கும் அடுத்ததுள்ள A க்கும் இடைப் பட்ட தூரம்  $\frac{\lambda}{4}$  ஆகும்.

$$\text{ஆகவே } \frac{\lambda}{4} = l$$

$$\therefore \lambda = 4l$$

ஆனால் அதிர்வெண் f எனின்,  $f = \frac{v}{\lambda}$  என்பதற்கிணக்க

$$f = \frac{v}{4l} \text{ ஆகும்.}$$

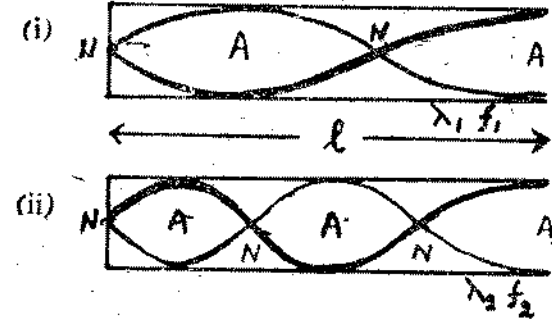
$\therefore$  இங்கு v வளியில் ஒலியின் வேகமாகும்.

இதவே குழாயிலிருந்து பெறத்தக்க அதிகுறைந்த அதிர்வெண் னாகும். இது அடிப்படை அதிர்வெண் எனப்படும்; ஆகவே அடிப்படை அதிர்வெண்  $f_0$  எனக் குறிப்பின்,

$$f_0 = \frac{v}{4l}$$

மூடிய குழாயில் மேற்றெனிகள்

குழாய்களினாடு வளிவுள்ள காற்று வளி ஊதப்படின் உயர் அதிர்வெண்ணுடைய சுரங்கள் பெறப்படும்; இவ்வதிர்வெண்கள் அடிப்படை அதிர்வெண்  $f_0$  இன் எளிய மடங்குகளாகும். படம் 215 இல்



படம் 215

நிலையான அலைகளின் இரு வடிவங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன; ஒவ்வொன்றிற்கும் மூடிய முனையில் கணுவும் திறந்த முனையில் முரண்கணுவும் தோற்றும். படம் 215 (i) இல் அலைநீளம்  $\lambda_1$  இற்கும் குழாயின் நீளம் l இற்கும் இடையேயுள்ள தொடர்பு.

$$l = \frac{1}{4} \lambda_1 \text{ ஆகும்.}$$

$$\therefore \lambda_1 = \frac{4}{3} l$$

$$\text{A அதிர்வெண் } f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{3v}{4l}$$

$$\text{ஆனால் } f_0 = \frac{v}{4l}$$

$$\therefore f_1 = 3f_0$$

$f_1$  ஆனது  $f_0$  இன் மூன்று மடங்காகும். ஆகவே இது 3-ம் இசைச்சுரமாகும். அத்துடன் இது முதலாம் மேற்றெனியுமாகும்.

இங்கு முதலாம் மேற்றெனி  $\equiv$  மூன்றாம் இசைச்சுரம்

இசைச்சுரம்

அடிப்படை அதிர்வெண்ணின் முழுவெண் மடங்குகளான அதிர்வெண்கள் உள்ள சுரங்கள் இசைச்சுரங்கள் எனப்படும்.

படம் 215 (ii) இல் குழாயில் அதிரும் வளியின் அதிர்வெண்  $f_2$  ஆயின், அதன் அலைநீளம்  $\lambda_2$  வுக்கும் l இற்குமுள்ள தொடர்பு

$$l = \frac{3}{4} \lambda_2 \text{ ஆகும்.}$$

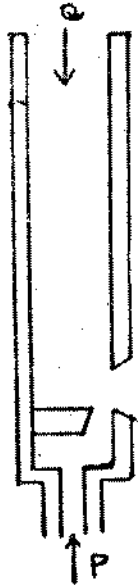
$$\text{A } \lambda_2 = \frac{4}{5} l$$

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{5v}{4l}$$

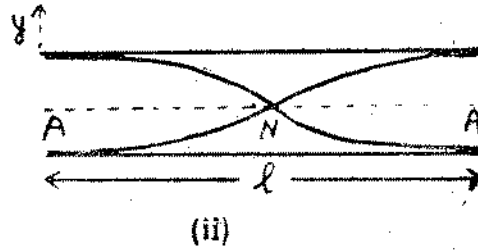
$$\therefore f_2 = 5f_0$$

இது ஐந்தாம் இசைச்சுரம் அல்லது இரண்டாம் மேற்றொனி யாகும். இவ்வாறு வேறு வடிவங்களையுடைய நிலையான அலைகளையும் பெறலாம். அவற்றின் அதிர்வெண்கள்  $7f_0$ ,  $9f_0$  எனப்போகும். ஒரு மூடிய குழாயில் பெறத்தக்க அதிர்வெண்களாவன  $f_0$ ,  $3f_0$ ,  $5f_0$ ,  $7f_0$  போன்றன. இவை எல்லாம் ஒற்றை இசைச்சுரங்களாகும். ஆனால்  $3f_0$ ,  $5f_0$  என்பன எல்லாம் மேற்றொனிகளுமாகும்.

திறந்த குழாய்



(i)



(ii)

படம் 216

குழாயொன்றின் இரு முனைகளும் திறந்திருப்பின் அது திறந்த குழாய் எனப்படும். P இனிக்கும் குழாய்க்குள் வளி ஊதப்படி ஒர் அலை சென்று Q வில் சுயாதீன வளியில் பட்டுத் தெறிப்படையும். இத்தெறிக்கதிர் படுகதிருடன் மேற்பொருந்தி ஒரு நிலையான அலையைக் குழாயில் உண்டாக்கும். குழாயின் இரு முனைகளிலும் முரண்கணுக்கள் தோன்றும். படம் 216 (ii) இல் உண்டாக்கத்தக்க நிலையான அலையின் எளிய தோற்றம் காட்டப்பட்டுள்ளது. இரு முரண்கணுக்களுக்கும் நடுவில் கணு காணப்படும். குழாயின் நீளம்  $l$  எனின் அலையின் அலைநீளம்  $\lambda$  ஆனது.

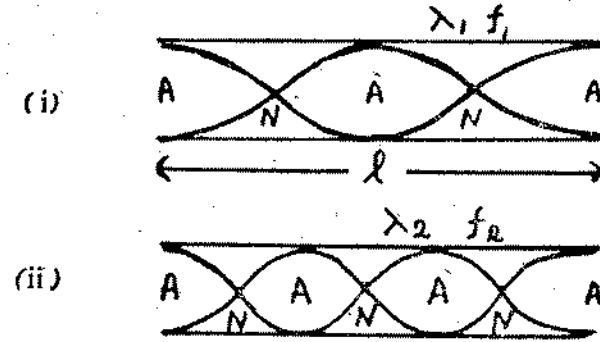
$$\frac{\lambda}{2} = l \text{ ஆகும்.}$$

$$\therefore \lambda = 2l$$

$$\therefore \text{அடிப்படை அதிர்வெண் } f_0 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2l}$$

இதுவே அடிப்படைச் சுரத்தின் அதிர்வெண்ணாகும்;

திறந்த குழாயின் மேற்றொனிகள்



படம் 217

பெலமாக வளியைக் குழாயினூடு ஊதின்  $f_0$  இலும் உயர்வான அதிர்வெண்களையுடைய சுரங்களைப் பெறலாம். எந்தச் சுந்தரிப் பத்திலும் இங்கு திறந்த முனைகளில் முரண்கணுக்களே (A) உண்டாகும். படம் 217 (i)  $f_1$  அதிர்வெண்ணுடைய சுரத்திற்குரிய நிலையான அலையைக் காட்டுகின்றது. குழாயின் நீளம்  $l$  எனின் அலைநீளம்  $\lambda_1$  ஆனது.

$$\lambda_1 = l \text{ ஆகும்}$$

$$\therefore f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{l}$$

$$\text{ஆனால் } f_0 = \frac{v}{2l}$$

$$\therefore f_1 = 2f_0$$

இங்கு இது இரண்டாம் இசைச் சுரத்தையும் முதலாம் மேற்றொனியையும் குறிக்கின்றது;

படம் (ii) இல்

$$\frac{3\lambda_2}{2} = l$$

$$\therefore \lambda_2 = \frac{2}{3}l$$

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{3v}{2l}$$

$$\therefore f_2 = 3f_0$$

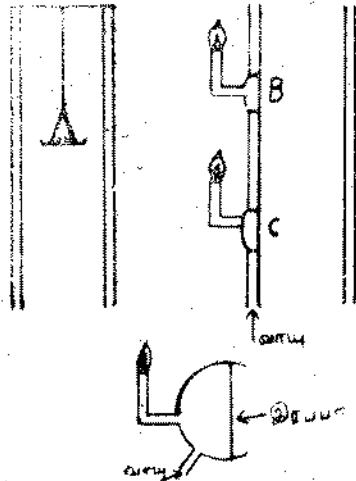
இது மூன்றாம் இசைச்சுரமும் இரண்டாம் மேற்றொனியுமாகும்;

திறந்த குழாயில் மேற்றொனிகளின் அதிர்வெண்கள்  $2f_0, 3f_0, 4f_0$  போன்றனவாதலால் எல்லா இசைச்சுரங்களும் பெறப்படும்;

குழாய்களில் கணுக்களை, முரண்கணுக்களை அமுக்கமாறல்களைக் கண்டு பிடித்தல்.

ஒலிக்கும் குழாயில் கணுக்கள் முரண்கணுக்கள் என்பன அது னுள் ஒரு மேல்விய கடதாசித்துண்டில் இலைக்கப் போடியம் பொடி அல்லது மென்மையான மணல் துணிக்கைகளைத் தொங்கவிட்டு காணப்படும் (படம் 218 i). முரண்கணுக்களில் துணிக்கைகள் தள்ளும். கணுக்களில் அசைவற்றிருக்கும்.

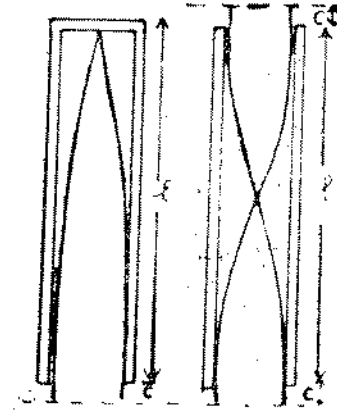
மேலும் அமுக்கமாறலானது ஒலிக்கும் குழாயில் இரேலி பிர பீனல் அமைக்கப்பட்ட உணர் சுவாலையின் உதவிகொண்டு காணப்படும். சுவாலையின் நீளம் வழங்கப்படும் வாயுவின் அமுக்கத்தினால் பாதிக்கப்படும். அதனால் அமுக்க மாற்றங்கள் அதன் நீளத்தைப்



(i) படம் 218 (ii)

பாதிக்கும். குழாயின் வெவ்வேறு பாகங்களில் படம் 218 (ii) இல் காட்டியவாறு சுவாலையின் வைக்கப்படும். அதிர்வாயர் அமுக்கமாறல் உள்ள இடமொன்றில் அதாவது கணுவில் சுவாலையின் நீளம் அமுக்கத்திற்கேற்ப மாறும். பொது அமுக்கம் உள்ள இடத்தில் அதாவது முரண்கணுவில் சுவாலையின் நீளம் மாறாதிருக்கும்.

குழாய்களில் முனைத் திருத்தங்கள்



(i) படம் 219 (ii)

குழாயில் திறந்த முனைகளில் உளியானது சுயாதீனமாக இயங்கும். ஆகவே ஒலிக்கும் குழாயொன்றின் இம்முனையில் அதிர்வானது குழாய்க்குச் சற்று வெளியேயுள்ள வளிக்களுள்ளும் நீளம். இதனால் சுரமொன்றித்திரிய முரண்கணு திறந்த முனையிலிருந்து வெளியே சற்றுத்தாரம்  $c$  இலிருக்கும். இத்தாரம் குழாயின் முனைத்திருத்தம் எனப்படும். இதிலிருந்து ஒரு முடிய குழாயில் அலைநீளம்  $\lambda$  ஆனது  $\lambda/4 = l + c$  ஆகும். இங்கு  $l$  முடிய குழாயின் நீளமாகும் (படம் 219 i); திறந்த குழாயில் அடிப்படை அதிர்வெண் எழுப்பப்படும்பொழுது அலைநீளம்  $\lambda$  ஆனது.

$$\frac{\lambda}{2} = l + c + c = l + 2c \text{ ஆகும்.}$$

$$\therefore \lambda = 2(l + 2c).$$

கணிப்பின்படி  $c$  இன் பெறமானம்  $c = 0.6r$  க்குச் சமனைக்கொள்ளப்படும். இங்கு  $r$  குழாயின் ஆரையைக் கருதுவதால் குழாய் அகலமாயின் முனைத்திருத்தம் பெரிதாகும்; மேலும் முனைத்திருத்தம்

சுரத்தின் அலைநீளத்திலும் தங்கியுள்ளதெனக் காட்டப்பட்டுள்ளது. குறுகிய அலைநீளங்களுக்கு முனைத்திருத்தங்கள் மறையும்.

குழாய்களின் சுருதியில் வெப்பநிலை, முனைத்திருத்த விளைவு

$l$  நீளமும்  $c$  முனைத்திருத்தமுமுடைய முடிய குழாயின் அடிப்பட்சு சுரத்தின் அதிர்வெண்  $f_0$  ஆனது.

$$f_0 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{4(l+c)} \text{ ---- (i) இனல் தரப்படும்.}$$

$$\text{இங்கு } \lambda = 4(l+c)$$

அத்துடன்  $t^\circ\text{C}$  இலுள்ள ஒலியின் வேகம்  $v$  க்கும்  $0^\circ\text{C}$  இலுள்ள ஒலியின் வேகம்  $v_0$  இறகுமுள்ள தொடர்பு

$$\frac{v}{v_0} = \sqrt{\frac{273+t}{273}} = \sqrt{1+\frac{t}{273}} \text{ ---- (ii) இனல் தரப்படும்.}$$

இச் சமன்பாட்டில் பெறும்  $v$  இன் பெறுமானம் சமன்பாடு (i) இல் பிரதியிடப்படும்பொழுது

$$f_0 = \frac{v_0}{4(l+c)} \sqrt{1+\frac{t}{273}} \text{ ---- (iii) பெறப்படும்.}$$

சமன்பாடு (iii) இலிருந்து ஒரு தரப்பட்ட குழாய்க்கு அடிப்பட்சு சுரத்தின் அதிர்வெண் வெப்பநிலையுடன் அதிகரிக்கும் மென்றும் அத்துடன் ஒரு தரப்பட்ட வெப்பநிலைக்கும், குழாயின் நீளத்துக்கும் அதிர்வெண்ணை  $c$  அதிகரிக்கும்பொழுது குன்றுமென்பதும் தெரிகின்றது.  $c=0.6$  ஆக இருப்பதால் ( $r$  குழாயின் ஆரையாகும்) ஒரு தரப்பட்ட நீளமான குழாயினது சுரத்தின் அதிர்வெண் குழாய் அகலமாகும்பொழுது குன்றுகின்றது. இதேபோன்ற முடிவே திறந்த குழாய்க்கும் பெறப்படும்.

குழாயில் பரிவு



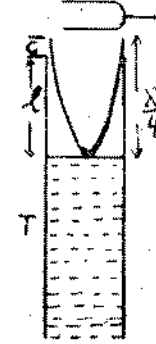
படம் 220

ஒரு முனை முடப்பட்ட குழாயின் வழியே "ஒரு மனிதன் ஊதும்பொழுது வளி சுயாதீனமாக அதிரும். அதனால் ஓர் சுரம் ஏற்படும்." இது அதன் அடிப்பட்சு சுரமாகும். மேலும் குழாயில் நிலையான அலை யொன்று முன்பு விளங்கியது போல் ஏற்பட்டுள்ளது. முடிய முனையில் ஒரு கணுவும் திறந்த முனையில் ஒரு முரண்கணுவும் தோற்றம். இதேபோல் ஓர் அதிரும் இசைக் கவர் படம் 220 இல் காட்டியது போல் குழாயின் திறந்த முனைக்குமேல் பிடிக்கப்பட்ட அலை உள்ளிருக்கும் வளி அதிரும். இது ஆரம்பத்தில் தன் சொந்த அதிர்வெண்ணுடன் வளிந்த அதிர்வுகளை ஆக்கும். அப்பொழுது கேட்கும் ஒலி மெலிவுள்ளதாக இருக்கும். ஆனால் குழாயில் எழும் அடிப்பட்சு சுரத்திற்குச் சமணை அதிர்வெண்ணுள்ள ஓர் இசைக்

கவர் குழாயில் திறந்த முனையில் பிடிக்கப்பட்ட அலை உள்ள வளி பெரிய வீச்சுத்துடன் அதிரும். அப்பொழுது எழும் சுரத்தின் அதிர்வெண்ணும் இசைக்கவரின் அதிர்வெண்ணும் ஒத்திருக்கும். கேட்கும் ஒலியும் உரப்பாக்கிற்கும். இத்தோற்றப்பாடு பரிவு எனப்படும். இதேபோல் திறந்த குழாயிலும் பரிவை ஏற்படுத்தலாம்; அங்கு முரண்கணுக்கள் திறந்த முனைகளில் தோற்றும்.

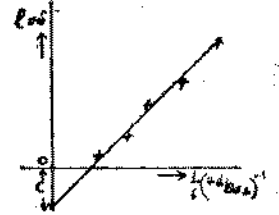
பரிவுக் குழாய் பரிசீலனை

ஒலியின் வேகத்தையும், குழாயின் முனைத்திருத்தத்தையும் துணிதல் ஓர் ஒலிக்கூம் இசைக்கவர் நீரால் நிரப்பப்பட்ட  $T$  என்னும் குழாயின் திறந்த முனைக்குமேல் பிடிக்கப்பட்ட, நீரின் மட்டம் தாழ்த்தப்படும்பொழுது ஒரு நிலையில் பரிவு பெறப்படும் (படம் 221 i). அப்பொழுது ஏற்படும் நிலையான அலையின் தோற்றம் (படம் 221 ii)



(i)

படம் 221



(ii)

இனையே காட்டப்படுகின்றது. குழாயின் முனைத்திருத்தம்  $c$  எனவும் நீரின் மட்டத்துக்கும் குழாயின் திறந்த முனைக்குமிடையிலுள்ள தூரம்  $l$  எனவும் கொள்ளப்பட்டின்,

$$\frac{\lambda}{4} = l + c \text{ ---- (i)}$$

$$\text{ஆனால் } \lambda = \frac{v}{f}$$

இங்கு  $v$  ஒலியின் வேகத்தையும்  $f$  இசைக்கவரின் அதிர்வெண்ணையும் குறிக்கும்.

$$\Delta \quad l + c = \frac{v}{4f} \text{ ---- (ii)}$$

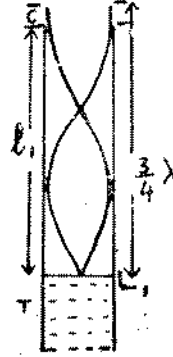


தெரிந்த அதிர்வெண்ணுடைய வெவ்வேறு இசைக்கவர்களுக்கு இப்பரிசோதனையைச் செய்து பரிவு நிகழும் பொழுதுள்ள நீளங்கள்  $l$  ஐக் காண்க. பின்பு  $\frac{1}{l}$  ஐ  $x$  அச்சிலும்  $l$  ஐ  $y$  அச்சிலும் கொண்டு ஒரு வரைபை அமைக்க. அது படம் 221 (ii) இல் காட்டியவாறு அமையும். வரைபின் சாய்வுவீதம்  $\frac{v}{4}$  ஐத் தரும். இதிலிருந்து வேகம்  $v$  துணியப்படும். அதாவது சாய்வுவீதம்  $m$  ஆயின்

$$v = 4m \text{ ஆகும்.}$$

அத்துடன்  $l$  அச்சிலுள்ள அதிர்வெட்டுத் தண்டு முனைத்திருத்தம்  $c$  இன் பருமனைத்தரும்.

இப்பரிசோதனைக்கு ஒரேயொரு இசைக்கவர் தரப்படின், அப்பொழுது உபயோகிக்கவேண்டிய குழாய் மிக்க நீளமுடையதாக இருத்தல் வேண்டும். குழாயின் நீர்மட்டம் இரண்டாம் பரிவு நிலை ஏற்படும்வரை தாழ்த்தப்படும் (படம் 222). முதலாம் பரிவுநிலை மேற்பரிசோதனையில் பெறப்பட்டிருக்கிறது. இரண்டாம் பரிவு நிலையில் நீர்மட்டத்திற்கும் குழாயின் திறந்த முனைக்குமிடையே தாரம்  $l_1$  எனின்



படம் 222

$$l_1 + c = \frac{3\lambda}{4} \text{ ----- (iii) ஆகும்}$$

$$\text{ஆனால் (t) இலிருந்து } l + c = \frac{\lambda}{4} \text{ ----- (iv)}$$

(iii) - (iv) இலிருந்து

$$l_1 - l = \frac{\lambda}{2}$$

$$\therefore \lambda = 2(l_1 - l)$$

$$\therefore v = f\lambda = 2f(l_1 - l)$$

$v$  ஐக் காணும் இம்முறையில் முனைத்திருத்தம் தவிர்க்கப்படுகின்றது.  $c$  யின் பெறுமானம் சமன்பாடு (iii) இலும் (iv) இலுமிருந்து பெறப்படும்.

அதாவது (iv) இலிருந்து 3 ஆல் பெருக்கும்பொழுது

$$3l + 3c = \frac{3\lambda}{4}$$

$$\text{ஆனால் (iii) இலிருந்து } l_1 + c = \frac{3\lambda}{4}$$

$$\therefore \begin{aligned} 3l + 3c &= l_1 + c \\ 2c &= l_1 - 3l \end{aligned}$$

$$c = \frac{l_1 - 3l}{2}$$

$l_1$  உம்  $l$  உம் தெரியின்  $c$  துணியப்படும்;

உதாரணங்கள்

1. பரிவுக்குழாய்ப் பரிசோதனையொன்றில் முதல் இரு பரிவு நிலைகளிலும் வளிநிரலின் நீளம் 15 சமீ. யும் 48 சமீ. யுமாகும் ஒலியின் வேகம் வளியில் 34,000 சமீ. / செக். ஆயின் உபயோகிக்கப்பட்ட ஒலி முதலியன அதிர்வெண்ணையும் குழாயின் முனைத்திருத்தத்தையும் காண்க.

குழாயின் முனைத்திருத்தத்தை  $c$  என்க.

$$48 + c = \frac{3\lambda}{4} \text{ ----- (i)}$$

அத்துடன்

$$15 + c = \frac{\lambda}{4} \text{ ----- (ii)}$$

$$(i) - (ii) \quad 33 = \frac{\lambda}{2}$$

$$\lambda = 66 \text{ சமீ.}$$

$$\text{அதிர்வெண் } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{34000}{66} = 515 \text{ (அண்ணளவாக)}$$

மேலும் சமன்பாடு (ii) இல்  $\lambda = 66$  சமீ. ஐப் பிரதியிடுக.

$$\text{அப்பொழுது } 15 + c = \frac{66}{4} = 16.5$$

$$c = 16.5 - 15$$

$$= 1.5 \text{ சமீ.}$$

2. 30 சமீ. நீளமுள்ள ஒரு முனை மூடப்பட்ட குழாய் அதிர்வெண் 800 சமீ. / செக். உள்ள இசைக்கவர் திறந்த முனையில் பிடிக்கப்படும்பொழுது பரிவை ஏற்படுத்துகின்றது. முனைத்திருத்தத்தைக் காண்க; ஒலியின் வேகம் 340 மீ.நீர் / செக். ஆகும்.

குழாயில் ஒலி அலைநீளம் அலைநீளத்தை  $\lambda$  என்க;

$$\text{அப்பொழுது } \lambda = \frac{v}{f} = \frac{34000}{800} = 42.5 \text{ சமீ.}$$

குழாய் தனது அடிப்படை அதிர்வெண்ணுடன் அதிர்மாயில்

$$\text{அலைநீளம் } \frac{\lambda_0}{4} = 30; \quad \text{க. } \lambda_0 = 120 \text{ சமீ.}$$

ஆகவே குழாய் அடிப்படையில் அதிரும்பொழுது பரிவை ஏற படுத்தமாட்டாது. குழாய் முதலாம் மேற்றொனியில் அதிரும்பொழுது அதன் அதிர்வெண் அடிப்படை அதிர்வெண்ணின் 3 மடங்காகும். அப்பொழுது அலைநீளம்  $\lambda_1$  எனின்,

$$\text{இங்கு; } \frac{3\lambda_1}{4} = 30$$

$$\lambda_1 = \frac{120}{3} = 40 \text{ சமீ.}$$

இது மேற்காணப்பட்ட அலைநீளத்துடன் கிட்டத்தட்ட முனைத் திருத்தத்துடன் நோக்கும்பொழுது ஒத்திருப்பதால் குழாய் முதலாம் மேற்றொனியில் அதிர்கின்றது.

குழாயின் முனைத்திருத்தம்  $c$  எனின்

$$30 + c = \frac{3\lambda_1}{4}$$

ஆனால்  $\lambda_1 = \lambda = 42.5$  சமீ; (திருத்தமாக)

$$\text{க. } 30 + c = \frac{3}{4} \times 42.5$$

$$= 31.87 \text{ சமீ.}$$

$$\text{க. } c = 31.87 - 30$$

$$= 1.87 \text{ சமீ.}$$

3. ஒரே விட்டமுடைய 32 சமீ. நீளமுள்ள திறந்த குழாயும் 25 சமீ. நீளமுள்ள மூடிய குழாயும் முதலாம் மேற்றொனியில் ஒலிக்கும்பொழுது ஒத்திசைக்கின்றன. குழாய்களின் முனைத்திருத்தம் என்ன?

குழாய்களின் முனைத்திருத்தம்  $c$  என்க.

திறந்த குழாயைக் கருத்திற் கொள்ளும்பொழுது அது முதலாம் மேற்றொனியில் அதிரும்பொழுது,

அலைநீளம்  $\lambda$  எனின்

$$\frac{v}{f} = \lambda = 32 + 2c \quad \text{----- (i)}$$

இங்கு குழாய் திறந்திருப்பதால் இருமுனைத் திருத்தங்கள் சேர்க்கப்படவேண்டும்.

மூடிய குழாய் முதலாம் மேற்றொனியில் அதிரும் பொழுது அதன் அதிர்வெண் திறந்த குழாயின் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமனாகும். ஏனெனில் ஒத்திசைக்கின்றன. எனவே இங்கும் அலைநீளம்  $\lambda$  ஆகும்.

$$\therefore \frac{3\lambda}{4} = 25 + c \quad \text{----- (ii)}$$

$$\therefore 3\lambda = 100 + 4c \quad \text{----- (iii)}$$

$$(i) \times 3 \text{ --- } 3\lambda = 96 + 6c$$

$$\therefore 96 + 6c = 100 + 4c$$

$$2c = 4$$

$$c = 2 \text{ சமீ.}$$

4. 50 சமீ., 51 சமீ. நீளமுள்ள இரு திறந்த சுரமண்டலக் குழாய்கள் அடிப்படையில் ஒலிக்கும்பொழுது 2 செக்கனில் 13 அடிப்புகைகளை கொடுக்கின்றன. ஒலியின் வேகத்தையும் அடிப்படைகளின் அதிர்வெண்களையும் காண்க.

திறந்த குழாய்கள் அடிப்படையில் அதிர்வதால் குழாயின் நீளம்  $\lambda/2$  விற்குச் சமனாகும்.

$$\therefore \lambda = 2 \times 50 = 100 \text{ சமீ.}$$

மற்றதன் அலைநீளம்

$$\lambda = 2 \times 51 = 102 \text{ சமீ.}$$

$f_1, f_2$  முதலாவதினதும் இரண்டாவதினதும் அதிர்வெண்களாயின்,

$$f_1 = \frac{v}{100}; \quad f_2 = \frac{v}{102} \quad (v \text{ ஆனது ஒலியின் வேகம்)}$$

$$\Delta \quad \frac{v}{100} - \frac{v}{102} = \frac{13}{2}$$

$$2v = \frac{13}{2} \times 100 \times 102$$

$$v = \frac{13 \times 100 \times 10}{2 \times 2}$$

$$= 13 \times 50 \times 51$$

$$= 33150 \text{ சமீ. / செக்.}$$

## இழைகளின் அதிர்வுகள்

ஒரு முனை பொருத்தப்பட்ட கிடையான இழையொன்றின் மறு முனையை மேலும் கீழும் அசைக்கும் பொழுது இழையின் வழியே ஓர் அலை செல்லும். அப்பொழுது இழையின் துணிக்கைகள் நிலைக்குத் தாக அதிர்கின்றன. அலை கிடையாகச் செல்வதால் இது ஒரு குறுக்கலைக்கு உதாரணமாகும். இத்தகைய குறுக்கலைகள் இழைகள் பிடுங்கப்படும்பொழுது உண்டாகும். இழையில் தோற்றும் குறுக்கலையின் வேகம் வருமாறு துணியப்படும்.

சர்க்கப்பட்ட இழையின் வளியே தோற்றும் குறுக்கலைகளின் வேகம்

l என்னும் நீளமும் s என்னும் திணிவும் T என்னும் மாறு இழுவையின் கீழுள்ளதுமான ஓர் இழையின் வழியே செல்லும் குறுக்கலையொன்றைக் கருத்திற் கொள்க. இழை முற்றான வளையுந் தன் மையுடையதாயின் குறுக்கலையின் வேகம் v ஆனது T, s, l ஆகிய வற்றின் பெறுமானங்களில் தங்கியுள்ளது.

இவ்வேகம்,

$$v = \sqrt{\frac{T}{s/l}} \quad \text{இதனால் தரப்படும்.}$$

அல்லது 
$$v = \sqrt{\frac{T}{m}}$$

இங்கு  $m = \frac{s}{l}$  அதாவது ஓர் அலகு இழையின் திணிவாகும்;

T தைகளிலும், m கி./சமீ. யிலும் இருப்பின் v ஆனது சமீ./செக். இல் இருக்கும். T இருத்தல்களிலும் m இரூ./அடி இலும் இருப்பின் v ஆனது அடி/செக். இல் இருக்கும்;

பரிமாண முறையால்  $v = \sqrt{\frac{T}{m}}$  ஐப் பெறுதல்

வேகம் v ஆனது T, s, l ஆகியவற்றுடன் கொள்ளும் தொடர்பை வருமாறு எழுதுவோம்.

$$\text{அதாவது } v = k T^x s^y l^z \quad \text{----- (i)}$$

இங்கு  $k, x, y, z$  என்பன எண்களாகும்;

$$v \text{ இன் பரிமாணம்} = LT^{-1}$$

$$T \text{ இன் பரிமாணம்} = MLT^{-2}$$

$$s \text{ இன் பரிமாணம்} = M$$

$$l \text{ இன் பரிமாணம்} = L$$

சமன்பாடு (i) இல் இரு பக்கங்களிலும் உள்ள பரிமாணங்கள் சமமாக இருக்கவேண்டுமாதலால்,

$$LT^{-1} = (MLT^{-2})^x M^y L^z$$

$$LT^{-1} = M^{x+y} L^{x+z} T^{-2x}$$

இரு பக்கங்களிலுமுள்ள சுட்டிகளைச் சமன்படுத்தும்பொழுது

$$M \text{ இற்கு } x + y = 0$$

$$L \text{ இற்கு } x + z = 1$$

$$T \text{ இற்கு } 2x = 1$$

$$\therefore x = \frac{1}{2}, \quad z = \frac{1}{2}, \quad y = -\frac{1}{2}$$

எனவே (i) இல் இப் பெறுமானங்களை பிரதியிடின்

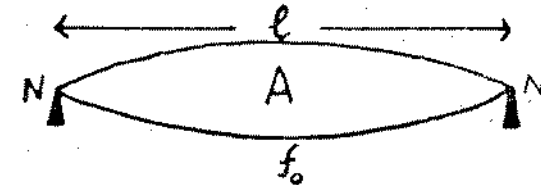
$$v = k T^{\frac{1}{2}} s^{-\frac{1}{2}} l^{\frac{1}{2}}$$

$$v = k \sqrt{\frac{Tl}{s}} = k \sqrt{\frac{T}{s/l}}$$

கணிதக் கணிப்பின்படி  $k = 1$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{T}{m}} \quad (\because s/l = m)$$

சர்க்கப்பட்ட இழையினது அதிர்வின் விதங்கள்



படம் 223

NN என்னும் இரு புள்ளிகளுக்கிடையே சர்க்கப்பட்ட இழையொன்றை நடுவில் இழுக்கும் பொழுது ஒரு குறுக்கலை இழையின் வழியே சென்று பொருத்தப்பட்ட முனைகளில் பட்டுத் தெறிப்படைந்து ஒரு நிலையான அலையை இழையில் தோற்றச் செய்யும்.

இந் நிலையான அலை யின் எளிய அதிர்வின் விதம் பொருத்தப்பட்ட முனைகளில் கணுக்களையும் நடுவில் முரண்கணுவையும் கொண்டதாக இருக்கும். அலைநீளம்  $\lambda$  எனின் இரு கணுக்களுக்கிடப்பட்ட தூரம்  $\lambda/2$  ஆகும்.

$$\Delta \quad \frac{\lambda}{2} = l \quad (\text{இழையின் நீளம் } l)$$

$$\therefore \lambda = 2l$$

$$\text{அப்பொழுது அதிர்வெண் } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2l}$$

இங்கு  $v$  குறுக்கிழையின் வேகமாகும்

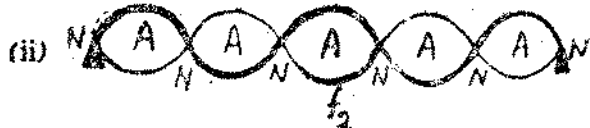
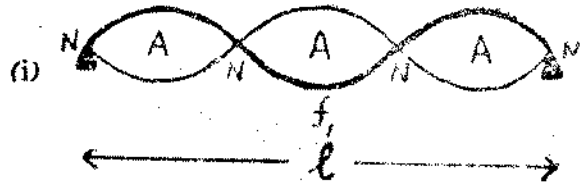
$$\text{ஆனால் } v = \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$\therefore f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

இதவே இழையின் உண்டாகும் அடிப்படைச் சுரத்தின் அதிர்வெண்ணாகும், இவ்வதிர்வெண்ணை  $f_0$  எனக் குறிப்பிள்

$$f_0 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}} \text{ ஆகும்.}$$

இழைகளில் மேற்கொளிகள்



படம் 224

சர்க்கப்பட்ட ஓர் இழை நடுவில் பிடுங்கப்படின் அதனில் உண்டாகும் முதலாம் மேற்கொளிக்கும் இரண்டாம் மேற்கொளிக்கும்

உரிய நிலையான அலையின் வடிவங்கள் படம் 224 (i) இலும் (ii) இலும் காட்டப்பட்டுள்ளன. முதலாம் மேற்கொளியை எழுப்பும் அதிர்வின் அதிர்வெண்  $f_1$  எனவும் அலைநீளம்  $\lambda_1$  எனவும் கொள்ளப்படின்

$$l = \frac{3\lambda_1}{2} \quad (l \text{ இழையின் நீளமாகும்})$$

$$\therefore \lambda_1 = \frac{2l}{3}$$

$$\Delta \quad f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{3v}{2l} = \frac{3}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}} \quad \text{--- (i)}$$

ஆனால் அடிப்படை அதிர்வெண்

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

$$\Delta \quad f_1 = 3f_0$$

எனவே இங்கு முதலாம் மேற்கொளி மூன்றாம் இசைச்சுரத்திற்குச் சமானமாகும்.

நடுவில் பிடுங்கப்படும் இழையின் இரண்டாம் மேற்கொளியின் அதிர்வெண்  $f_2$  எனவும் அலைநீளம்  $\lambda_2$  எனவும் கொள்ளப்படின்

$$l = \frac{5\lambda_2}{2}$$

$$\Delta \quad \lambda_2 = \frac{2l}{5}$$

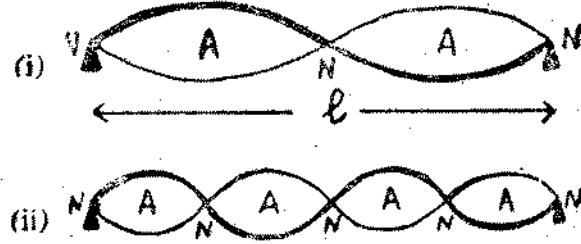
$$\therefore f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{5v}{2l} = \frac{5}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$\text{ஆனால் } f_0 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$\Delta \quad f_2 = 5f_0$$

எனவே இரண்டாம் மேற்கொளி ஐந்தாம் இசைச்சுரமாகும், மேலும் இங்கு மேற்கொளிகள்  $3f_0, 5f_0, 7f_0$  எனப்போகும்.

வேறும் மேற்கொள்கைகள்



படம் 225

சர்க்கப்பட்ட இழையை நடுவில் பற்றிக்கொண்டு அதன் ஒரு முனையிலிருந்து கால்மடங்கு தூரத்தில் பிடுங்கும்பொழுது ஒரு நிலையான அலை படம் 225 (i) இல் காட்டியவாறு பெறப்படும். நடுவிலும் முனைகளிலும் சுணுக்கள் தோற்றும். அப்பொழுது இழையின் நீளம்  $l$  எனவும் அலைநீளம்  $\lambda$  எனவும் அதிர்வெண்  $f$  எனவும் கொள்ளப்படின்.

$$l = \lambda$$

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

$$\therefore f = 2f_0$$

மேலும், இழை நடுவில் பற்றப்பட்டு ஒரு முனையிலிருந்து எட்டிலொரு மடங்கு தூரத்தில் பிடுங்கப்படின் அதனில் உண்டாகும் நிலையான அலை படம் 225 (ii) இல் காட்டியவாறு இருக்கும். அப்பொழுது அதிர்வெண்  $f'$  எனவும் அலைநீளம்  $\lambda'$  எனவும் கொள்ளப்படின்,

$$2\lambda' = l$$

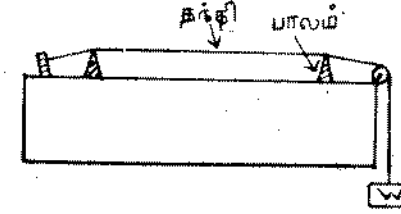
$$\therefore \lambda' = \frac{l}{2}$$

$$\therefore f' = \frac{v}{\lambda'} = \frac{2v}{l} = \frac{4v}{2l}$$

$$= \frac{4}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$\therefore f' = 4f_0$$

சரமணி



படம் 226

சரமணி பிரதானமாக ஓர் சர்க்கப்பட்ட மெல்லிய தந்தியை மரப்பெட்டியின் மீதுள்ள பாலங்களுக்குக் கெதிரே கொண்டுள்ளது. தந்தியின் ஒரு முனை பெட்டியின் ஓர் அந்தத்திலுள்ள முனையில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இதன் மறுமுனை உராய்வற்ற கம்பியின் மீது சென்று ஒரு நிறையை நிறைத்தட்டில் காவுகொள்கிறது. இதில் பரிசோதனை எல்லைக்குள் அடங்கத்தக்க எந்திறையையும் வைக்கலாம். ஆனால் இரு நிலையான பாலங்களுக்குமிடையே ஒரு அசையும் பாலமும் உண்டு. இது ஓர் மிக்விமீற்றரில் அளவிடு செய்யப்பட்ட மீற்றர் சட்டத்தின் அருகில் இயங்கும். ஆகவே தந்தியின் அதிரும் பாகத்தில் நீளத்தை இலகுவில் அளக்கலாம்.

இழைகளின் குறுக்கதிரீனினது விதிகள்

1. ஓர் இழையின் அதிர்வெண் இழுவை மாருதிருப்பின் அதன் நீளத்திற்கு நேர்மாறு விகிதசமம்

$$\text{அதாவது } f \propto \frac{1}{l}$$

எனவே நீளம் அரைமடங்காக்கப்படின் அதிர்வெண் இருமடங்காக்கப்படும்.

2. ஒரு தரப்பட்ட நீளத்தையுடையதும் ஒரு திரவியத்தாலானது மாண இழையின் அதிர்வெண் இழுவையின் வர்க்கமூலத்திற்கு நேர்விகிதசமம்:

$$\text{அதாவது } f \propto \sqrt{T}$$

எனவே இழுவை ( $T$ ) நான்குமடங்கு அதிகரிக்கப்படின் அதிர்வெண் ( $f$ ) இருமடங்காக்கப்படும்.

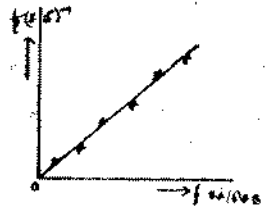
3. ஒரே இழுவையின் கீழ் இருக்கும் ஒரே நீளத்தையுடைய இழைகளின் அதிர்வெண்கள் இழைகளின் ஓர் அலகு நீளத்தினிவின் வர்க்கமூலத்திற்கு நேர்மாறு விகிதசமம்.

$$\text{அதாவது } f \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$$

பரிசோதனை I:  $f \propto \frac{1}{l}$  ஐ வாய்ப்புப் பார்த்தல்

சுரமானிக் கப்பியின் மீது செல்லும் இழையில் ஒரு மாருதிறையைப் பொருத்திக. பின்பு தெரிந்த அதிர்வெண்ணுடைய இசைக்கவரொன்றுடன் ஒத்திசைக்கும் இழையின் அதிகுறைந்த நீளத்தை அசையும் பாலத்தைச் சரிசெய்து காண்க. இதனை ஒரு கடதாசி ஏறியை அதிரும் இழையின் பாகத்தினது நடுவில் வைத்துக் காண முடியும். இசைக்கவரை அதிர்ச்செய்து அதன் தண்டை பெட்டியின் மீது மெதுவாக அழுத்துக. அசையும் பாலத்தில் நிலையை கடதாசி ஏறி தூக்கி எறியப்படும்வரை மாற்றுக. சரியான நிலையைக் கண்டு பிடித்தபின் அந்நீளத்தை அளவுசோலில் அளந்தறிக. மீண்டும் பரிசோதனையை வேறும் தெரிந்த அதிர்வெண்களையுடைய இசைக்கவர்களுக்கும் செய்க. ஒவ்வொரு இசைக்கவருக்கும் அதன் அதிர்வெண்ணினதும் அகநிற்கரிய இழையின் நீளத்தினதும் பெருக்கம் அதாவது  $f \times l$  மாருதிறுக்கக் காணப்படும்.

$$\text{அதாவது } f_1 \times l_1 = f_2 \times l_2 = f_3 \times l_3 \dots \dots$$



படம் 227

பரிசோதனை II.  $f \propto \sqrt{T}$

$f_1$  என்னும் அதிர்வெண்ணுடைய இசைக்கவரொன்றை  $T_1$  என்னும் இழுவையின் கீழ் இருக்கும் இழையின் அதிகுறைந்த நீளத்துடன் ஒத்திசைக்கச் செய்க. அந்நீளத்தை  $l_1$  என்க. இழுவையை  $T_2$  விற்கு மாற்றி அதே இசைக்கவருடன் ஒத்திசைக்கும் அதிகுறைந்த நீளம்  $l_2$  ஐக் காண்க. அதாவது  $T_2$  வின் கீழ் இருக்கும் நீளம்  $l_2$

வரைபின்படி

$\frac{1}{l}$  ஐ y அச்சிலும்  $f$  ஐ x அச்சிலும்

கொண்டு ஒரு வரைபு அமைக்கப்படின். அது உற்பத்தித்தானத்தினூடு செல்லும் நேர்கோடாக அமையும். இது அவ்விதியை வாய்ப்புப் பார்த்திறது.

வுடன் ஒத்திசைக்கும் அதிர்வெண்  $f_1$  ஆகும். இங்கு நீளம் மாருதிறுக்க வேண்டுமாதலால்  $T_2$  வின் கீழ்  $l_1$  நீளத்திற்கேற்ற அதிர்வெண்  $f_2$  வைக் காண்க.

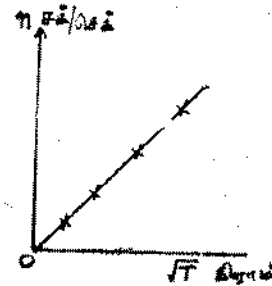
$$\text{முதலாம் விதிப்படி } f \times l = k$$

$$T_2 \text{ வில் } f_2 \times l_1 = f_1 \times l_2$$

$$\therefore f_2 = \frac{f_1 l_2}{l_1}$$

இவ்விதம் வெவ்வேறு இழுவைகளுக்குக்கீழ் ஆனால் மாரு நீளம்  $l_1$  இந் கேற்ற அதிர்வெண்களைக் காண்க. அப்பொழுது

$$\frac{f_1}{\sqrt{T_1}} = \frac{f_2}{\sqrt{T_2}} = \frac{f_3}{\sqrt{T_3}} = \text{மாறிலி எனக் காணப்படும்.}$$



படம் 228

பரிசோதனை III:  $f \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$

$m_1, m_2$  என்னும் ஓர் அலகு நீளத்தினிவுகையுடைய சரி இழைகளை எடுக்க; அவற்றை  $T$  என்னும் இழுவையின் கீழ் சுரமானியில் நீட்டுக.  $f_1$  அதிர்வெண்ணுடைய இசைக்கவருடன் ஒத்திசைக்கும் நீளங்களை அவ்விழைகளில் காண்க. அவை  $l_1, l_2$  எனின், இரண்டாவது இழையில்  $l_1$  நீளத்துடன் ஒத்திசைக்கத்தக்க அதிர்வெண்  $f_2$  ஐக் காண்க. முதலாம் விதிப்படி

$$f_2 \times l_1 = f_1 \times l_2$$

$$f_2 = \frac{f_1 l_2}{l_1}$$

இதிலிருந்து  $f_1 \sqrt{m_1} = f_2 \sqrt{m_2}$  எனக் காணப்படும். எனவே இவ்விதி வாய்ப்புப் பார்த்தப்படுகிறது.

அவ்வது வரைபின் மூலம்  $f$  ஐ y அச்சிலும்,  $\sqrt{T}$  ஐ x அச்சிலும் கொண்டு ஒரு வரைபை அமைப்பின் அது உற்பத்தித்தானத்தினூடு செல்லும் நேர்கோடாக அமையும். எனவே அவ்விதி வாய்ப்புப் பார்த்தப்படுகிறது.

சுரமானியை உபயோகித்து இசைக்கவரொன்றின்  $f$  ஐத் துணிதல்

சுரமானித் தந்தியின் ஒரு முனையில் தகுந்த நிறையொன்றைத் தொங்கவிடுக. தந்தியின் அதிரும் துண்டின் நீளத்தைத் தெரியாத அதிர்வெண்ணுடைய இசைக்கவருடன் ஒத்திசைக்குமாறு சரிசெய்க. இந்நீளம்  $l$  ஐ அளந்து கொள்க. இவ்வாறே இப் பரிசோதனையை மீண்டுஞ் செய்து சராசரி நீளம்  $l$  ஐ திருத்தமாகக் கணித்தக் கொள்க. இதேபோன்ற இன்னொரு கம்பியின் 50 சமீ. நீளத்தை நிறுக்க. அதன் ஏகபரிமாண அடர்த்தி ( $m$  கி/சமீ) யைக் காண்க. இழுவையையும் குறித்துக் கொள்க;

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}} = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{Mg}{m}}$$

என்னுஞ் குத்திரத்தில் பெற்ற பெறுமானங்களை பிரதியிட்டு  $f$  ஐக் காண்க.  $T$  எப்பொழுதும் தைன்களில் இருத்தல் வேண்டும்.

சுரமானிப் பரிசோதனைகளில் ஏற்படும் வழக்கள்

1. பாலங்களிலும் கப்பியிலும் உள்ள உராய்வு, ஈர்க்கும் விசையின் பருமனைத் தாழ்த்தும் அதனால் அதிர்வெண் தாழும்.
2. இழையின் மீள்தன்மைப் பற்றாக்குறையால் அதன் அதிர்வெண் மாறும். இதற்குக் குறைந்த பங்கின் குணகமுடைய மெல்லிய இழையை உபயோகித்து பரிசோதனையை நிவிர்த்தி செய்யலாம்.
3. பாலங்கள் முற்றாக விறைப்புடையனவெனக் கொள்ளமுடியாது. ஆகவே இழை அதிரும்பொழுது பாலங்களும் அதிரும். இதனால் திணிவு உயர அதிர்வெண் தாழும்.

உதாரணங்கள்

1. 5 கிலோகிராம் இழுவையின் கீழிருக்கும் 15 சமீ. நீளமுள்ள இழையின் அடிப்படைச் சுரத்தின் அதிர்வெண்ணைக் காண்க? ஒரு மீற்றர் நீள இழையின் திணிவு 15 கிராம் எனக் கொள்க.

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

இங்கு

$$l = 15 \text{ சமீ.}$$

$$T = 5 \times 1000 \times 981 \text{ தைன்கள்}$$

$$m = \frac{15}{100} \text{ கிராம்/சமீ.}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{1}{2 \times 15} \sqrt{\frac{5 \times 1000 \times 981}{15/100}} \\ &= \frac{1}{30} \sqrt{\frac{5 \times 1000 \times 981 \times 100}{15}} \\ &= \frac{100}{30} \sqrt{\frac{981 \times 10}{3}} \\ &= \frac{10}{3} \sqrt{327 \times 10} \\ &= \frac{10}{3} \sqrt{3270} \\ &= \frac{10 \times 57.2}{3} \\ &= 190.6 \text{ சக்./செக்.} \end{aligned}$$

2. 36 சமீ. நீளமுட 0.02 சமீ. விட்டமுமுடைய ஓர் இழை 200 சக்/செக். அதிர்வெண்ணுடைய ஓர் இசைக்கவருடன் ஒத்திசைக் கின்றது: 24 சமீ. நீளமும் 0.025 சமீ. விட்டமும் உடைய இன்னொரு உருக்கு இழை அதே விசையின் கீழ் ஈர்க்கப்பட்டிருக்கிறது. இதன் அடிப்படைச் சுரத்தின் அதிர்வெண்ணைக் காண்க.

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$1\text{-ம் இழைக்கு } 200 = \frac{1}{2 \times 36} \sqrt{\frac{T}{\pi \times (0.01)^2 \times \rho}} \quad \text{--- (i)}$$

(இங்கு  $\rho =$  உருக்கின் அடர்த்தி)

$$2\text{-ம் இழைக்கு } f = \frac{1}{2 \times 24} \sqrt{\frac{T \times 4}{\pi \times (0.025)^2 \times \rho}} \quad \text{--- (ii)}$$

$$(1) \quad \frac{200}{f} = \frac{24}{36} \sqrt{\frac{(0.025)^2}{4(0.01)^2}}$$

$$(2) \quad \frac{200}{f} = \frac{24 \times 0.025}{36 \times 2 \times 0.01}$$

$$= \frac{2.5}{3}$$

$$f = \frac{3 \times 200}{2.5} = \frac{3 \times 2000}{25}$$

$$= 240 \text{ சக்./செக்.}$$

3. 114 சமீ. நீளமுள்ளதும் 1.5 கிராம் திணிவுமுடைய ஓர் இழை 200 சக/செக். அதிர்வெண்ணுடன் ஒரு தொங்க விடப்பட்ட பித்தளை நிறையில் கீழ் அதிர்கின்றது. இந்நிறை நீரில் அமிழ்த்தப்படும்பொழுது அதே அதிர்வெண்ணுடன் அதிர்ச் செய்வதற்கு இழையில் நீளம் 8 சமீ. க்கு உடரகக் குறைக்கப்பட்டுள்ளது. பித்தளையின் அடர்த்தி என்ன?

வளியில் பித்தளை நிறையில் பருமன் = W கிராம்  
நீரில் ,, ,, ,, = W<sub>1</sub> கிராம்

அடர்த்தி = ρ கி./க. சமீ.

மேலுதைப்பு =  $\frac{W}{\rho}$  கிராம்

$$\therefore W_1 = W - \frac{W}{\rho} = W \left(1 - \frac{1}{\rho}\right)$$

$$1\text{-ம் சந்தர்ப்பத்தில் } 200 = \frac{1}{2 \times 114} \sqrt{\frac{W \times 981}{1.5 / 114}}$$

2-ம் சந்தர்ப்பத்தில்

$$200 = \frac{1}{2 \times 96} \sqrt{\frac{W \left(1 - \frac{1}{\rho}\right) 981}{1.5 / 114}}$$

$$\therefore \frac{1}{2 \times 114} \sqrt{\frac{W \times 981}{1.5 / 114}} = \frac{1}{2 \times 96} \sqrt{\frac{W \left(1 - \frac{1}{\rho}\right) 981}{1.5 / 114}}$$

இரு பக்கங்களையும் வர்க்கம் செய்யின்

$$\frac{W}{114^2} = \frac{W \left(1 - \frac{1}{\rho}\right)}{96^2}$$

$$\therefore 1 - \frac{1}{\rho} = \frac{96^2}{114^2}$$

$$\frac{1}{\rho} = 1 - \frac{96^2}{114^2}$$

$$= \frac{114^2 - 96^2}{114^2}$$

$$\therefore \rho = \frac{114^2}{114^2 - 96^2} = \frac{12996}{1680} = 7.74 \text{ கி./க. சமீ.}$$

4. ஒரு சுரமானி இழை ஒரு நகர்த்தக்கூடிய கத்தியோரத்தால் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இப் பிரிக்கப்பட்ட நீளங்களுக்கிடையே யுள்ள வித்தியாசம் 4 மி. மி. ஆகும். இவ்விரு பாசங்களும் உடன் ஒலிக்கும்பொழுது செக்களுக்கு 2 அடிப்புக்கள் கேட்கின்றன. இழையில் முழு நீளமும் 1 மீற்றராயின் அவற்றின் அதிர்வெண்களைக் காண்க.

2 பகுதிகளின் நீளங்களும்  $l_1$  சமீ.  $l_2$  சமீ. யுமாகும்.

$$\therefore l_1 + l_2 = 100 \quad \text{---(1)}$$

$$l_1 > l_2 \text{ ஆயின் } l_1 - l_2 = 0.4 \quad \text{---(2)}$$

$$\therefore 2l_1 = 100.4$$

$$l_1 = 50.2 \text{ சமீ.}$$

$$\therefore l_2 = 100 - 50.2 = 49.8 \text{ சமீ.}$$

$l_1$  இல் அதிர்வெண்  $f_1$  எனின்

$$f_1 = \frac{1}{2 \times 50.2} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$l_2$  இல் அதிர்வெண்  $f_2$  எனின்

$$f_2 = \frac{1}{1 \times 49.8} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$\therefore \frac{f_2}{f_1} = \frac{50.2}{49.8}$$

$$\frac{f_2 - f_1}{f_1} = \frac{50.2 - 49.8}{49.8} = \frac{0.4}{49.8}$$

$$\frac{2}{f_1} = \frac{4}{498}$$

$$f_1 = \frac{2 \times 498}{4} = 249 \text{ சக/செக்}$$

ஆனால்

$f_2 > f_1$  மேற்சமன்பாடுகளிலிருந்து அறிய முடிகிறது.

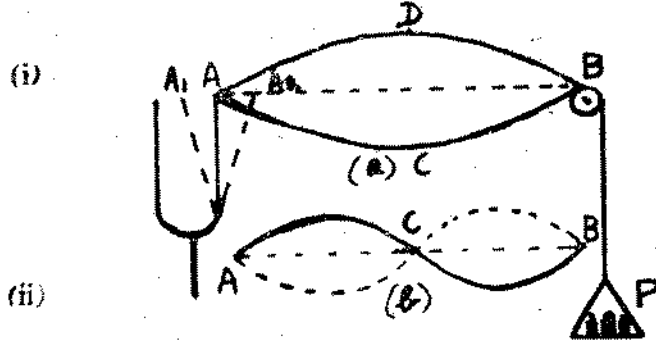
$$\therefore f_2 = 249 + 2 = 251 \text{ சக/செக்.}$$

மெல்லியின் பரிசோதனை

சரிக்கப்பட்ட இழைகளின் அதிர்வு விதிகளை வாய்ப்புப் பார்ப்பதற்கு இது ஓர் எளிய முறையாகும். இவ்வுபகரணம் AB என்னும் ஒரு மீற்றர் நீளமுள்ள இலேசான இழையைக் கொண்டுள்ளது. இதன் ஒரு முனை உராய்வற்ற கப்பியொன்றின்மீது செல்லும்; மற்ற முனை



இசைக் கவரொன்றின் புயத்துடன் பொருத்தப்படும்: கப்பி மீ த செல்லும் இழையின் முனை, P என்னும் அளவுத்தட்டுக்குப் பொருத்



படம் 229

தப்பட்டுள்ளது. இழையின் இழுவை இத்தட்டில் வெவ்வேற நிறை களை வைப்பதன் மூலம் மாற்றப்படும். இது ஒரு விதங்களாக அதிரச் செய்யப்படும்.

1. நீள்பக்கமாக அதிரும்பொழுது கவரின் புயம் இழையின் நீளத்துக் குச் சமாந்தரமாக அதிரும் (படம் 229).
2. குறுக்காக அதிரும்பொழுது கவரின் புயம் இழையின் நீளத்துக் குச் செங்குத்தாக அதிரும் (படம் 230):

நீள்பக்க வித அதிர்வு

ஒரு துண்டில் (தடத்தில்) அதிரத்தக்கதாக இழையில் பிரயோகிக்கப்படும் இழுவை சரிசெய்யப்பட்ட இழையின் அதிர்வெண் இசைக் கவரின் அதிர்வெண்ணின் அரைமடங்காகும். இதனை வருமாறு காட்டலாம். படம் 229 ஐ நோக்குக. இசைக்கவரின் புயம் இடப்பக்கத்து எல்லை நிலை  $A_1$  இல் இருக்கும்பொழுது இழை இறுக்கமாக இருக்கும்: அப்பொழுது இழையானது AB என்னும் சராசரி நிலையில் குறிநிட்ட கோட்டின் வழியேயிருக்கும்;  $A_1$  இலிருந்து புயம் வலப்பக்கத்திலுள்ள எல்லை  $A_2$  க்கு வரும்பொழுது புயத்துக்கும் கப்பிக்குமிடையேயுள்ள தூரம் இழிவாக இருக்கும். அப்பொழுது இழை தொய்வுற்று ABC என்னும் நிலையை அடையும். புயம் மீண்டும்  $A_1$  இற்கு வரும் பொழுது இழை இறுக்கமாகவும் அத்தடன் சராசரிநிலை AB வழியேயும் வரும்; இக்கால இடையில் இசைக்கவர் ஓர் அதிர்வை ஆக்கியுள்ளது. ஆனால் இழை அரை அதிர்வை மட்டும் ஆக்கியது. இசைக் கவரின் அடுத்த அதிர்வின்போது இழை சராசரி நிலை AB இலிருந்து

சடத்துவ விசையினது காரணத்தின் நிமித்தம் மேல்முகமாக ADBக் குச் சென்று பின்பு ABக்கு வரும். அப்பொழுது எஞ்சிய அரை அதிர்வு பூரணமாக்கப்படும். இழையில் தொங்கவிடப்படும் சுமையின் பருமனை இப்பொழுது முதலாவதன் கால்மடங்காக்கின் இழை இரு துண்டுகளில் படம் 229 (ii) இல் காட்டியவாறு அதிரும். இதே போல் இழுவையை முதலாம் சுமையின் ஒன்பதிலொரு மடங்காக்கின் இழை மூன்று துண்டுகளில் அதிரும். பொதுப்படக் கூறப்புகின்  $x$  துண்டுகளில்  $T_x$  என்னும் இழுவையின் கீழ் அதிரின், அப்பொழுது இழையின் அதிர்வெண்,

$$f = \frac{x}{2l} \sqrt{\frac{T_x}{m}} \text{ ஆகும்.}$$

இசைக்கவரின் அதிர்வெண்  $N$  ஆயின்

$$f = \frac{N}{2}$$

$$\therefore \frac{N}{2} = \frac{x}{2l} \sqrt{\frac{T_x}{m}}$$

$$\therefore T_x \times x^2 = N^2 l^2 m$$

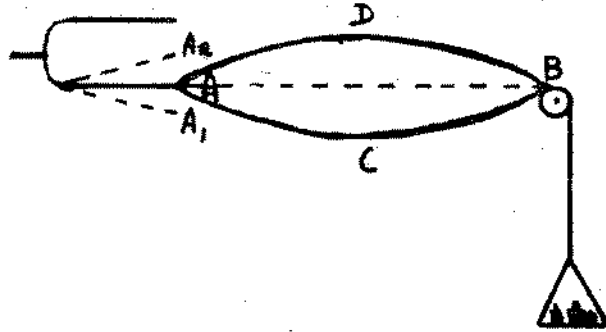
அதாவது  $T_x \times x^2 = k_1$  (மாறிவி) ——— (i)

குறுக்கு வித அதிர்வு

படம் 230 இல் காட்டியவாறு இசைக்கவர்  $90^\circ$  க் கூடாகத் திருப்பப்பட்டு அதிரச் செய்யப்பட்டின், புயம் மேலும் கீழும் இழையின் நீளத்துக்குச் செங்குத்தாக அதிரும் இழை ஒரு துண்டில் அதிரத்தக்கவாறு இழுவை சரிசெய்யப்பட்டின், இழையின் அதிர்வெண் இசைக் கவரின் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமனாகும்.

AB என்னும் சராசரி நிலையில் புயம் A இருப்பதை குறிநிட்ட கோடு குறிக்கும். புயம் கீழ்முகமாக  $A_1$  என்னும் எல்லை நிலைக்கு அசையின் இழையும் இழுக்கப்பட்டு ACB என்னும் நிலைக்கு வரும்;

A ஆனது சராசரி நிலைக்கு வரும்பொழுது இழையும் சராசரி நிலைக்கு வரும். மேல்முகமாகப் புயம் எல்லைநிலை  $A_2$  க்கு அசையும் பொழுது இழையானது ADB என்னும் நிலையை அடையும் இவ்விதம் அதிர்வு நிகழும்பொழுது இழையும் அதிரும். இசைக்கவர் ஓர் பூரண அதிர்வு ஆக்கும் நேரத்தில் இழையும் ஒரு பூரண அதிர்வை ஆக்கும்; இழுவை கால் மடங்காக்கப்பட்ட இழை இரு துண்டுகளில் அதிரும், பொதுவாக  $T_x$  என்னும் இழுவையின் கீழ்  $x$  துண்டுகளில் இழை அதிரின் இழையின் அதிர்வெண்



படம் 230

$$f = \frac{x}{2l} \sqrt{\frac{T_x}{m}}$$

ஆனால்  $f = N$  (இசைக்கவரின் அதிர்வெண்)

$$\therefore N = \frac{x}{2l} \sqrt{\frac{T_x}{m}}$$

$$4l^2 N^2 m = T_x \times x^2$$

$$T_x \times x^2 = 4l^2 N^2 m \quad \text{--- (ii)}$$

$$= k_2 \text{ (மாறிவி)}$$

சமன்பாடு (i) ஐ (ii) ஐயும் நோக்கும்பொழுது

$$k_2 = 4k_1$$

எனவே  $T_x$  என்னும் இழுவைக்குக் கீழ் நீளப்பக்க அதிர்வில்  $x$  துண்டுகளில் அதிரின் அதே இழுவையின் கீழ் குறுக்கிதிரில் இழை  $2x$  துண்டுகளில் அதிரும்.

உதாரணங்கள்

1. ஒரு பரிசோதனையில் ஓர் இழை 25 கிராம் நிறை இழுவையில் 5 தடங்களில் அதிர்கின்றது. 10 தடங்களில் அதிர்வதற்கு தரக்கூடிய விகிதவையையான நிறை என்ன?

$$T_x \cdot x^2 = k$$

$$T_5 \times 5^2 = T_{10} \cdot 10^2$$

$$\therefore 25 \times 5^2 = T_{10} \cdot 10^2$$

$$T_{10} = \frac{25 \times 5^2}{10^2}$$

$$= \frac{25 \times 25}{100}$$

$$= 6.25 \text{ கிராம் நிறை}$$

2. ஓர் இழையில் ஒரு முனை கப்பி மீதாகச் சென்று 20 கிராம் நிறையைக் காவுகின்றது. மறுமுனை ஓர் அலகுத் தகடுடன் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. தகடுக்கும் கம்பிக்கும் இடையிலுள்ள இழையின் நீளம் 100 சமீ. இழையினது திசையின் வழியே தகட்டின் நீளம் இருக்க அதிர்ச்செய்தபோது அது 3 துண்டுகளில் அதிர்ந்தது. தகட்டின் அதிர்வெண் 100 சக்/செச் ஆகும். இழையின் ஒரு சதமமீற்றரினது திணிவு என்ன? இழைக்குச் செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டு 3 துண்டுகளில் அதிர்ச்செய்யப் படும்பொழுது இழையில் என்ன இழுவை இருத்தல் வேண்டும்? 1-ம் சந்தர்ப்பத்தில்:- தகடு இழைக்குச் செங்குத்தாக அதிரும்பு தகட்டின் அதிர்வெண் N எனின் இழையின் அதிர்வெண்ணும் N ஆகும்.

$$N = \frac{x}{2l} \sqrt{\frac{T_x}{m}} \quad (x \equiv \text{துண்டுகள்})$$

$$x = 3, N = 100 \text{ சக்/செக்}; l = 100 \text{ சமீ.}; T = 20g \text{ கைல்}$$

$$\therefore 100 = \frac{3}{200} \sqrt{\frac{20 \times 981}{m}} \quad \text{--- (1)}$$

$$\therefore m = \frac{9 \times 20 \times 981}{200^2 \times 20g^2}$$

$$= \frac{981 \times 18}{200 \times 200 \times 100 \times 10}$$

$$= 0.00044 \text{ கிராம்/சமீ.}$$

11-ம் சந்தர்ப்பத்தில்: தகடு இழையின் நீளத்தின் வழியே அதிரும். ஆகவே இழையின் அதிர்வெண்  $\frac{N}{2}$  ஆகும்.

முந்திய இழுவையின் கீழ் அதிரில் அப்பொழுது அதிரும் துண்டுகளின் எண்ணிக்கை p எனின்

$$\frac{N}{2} = \frac{p}{2l} \sqrt{\frac{T_x}{m}}$$

$$L \quad 50 = \frac{p}{200} \sqrt{\frac{20g}{m}} \quad \text{----- (2)}$$

(1)  
(2)

$$2 = \frac{3}{p}$$

$$p = \frac{3}{2} \text{ துண்டுகள்}$$

ஆனால் 3 துண்டுகளில் அதிரின் இடவேண்டிய இழுவை  $T_3$  ஆயின்

$$\frac{N}{2} = \frac{3}{2 \times 2l} \sqrt{\frac{20g}{m}} \quad \text{----- (3)}$$

$$\frac{N}{2} = \frac{3}{2l} \sqrt{\frac{T_3 g}{m}} \quad (T_3 \equiv \text{கிராமாயின்})$$

$$\frac{3}{2 \times 2l} \sqrt{20g} = \frac{3}{2l} \sqrt{T_3 g}$$

$$\text{அதாவது} \quad \frac{\sqrt{20}}{2} = \sqrt{T_3}$$

$$\therefore T_3 = \frac{20}{4} = 5 \text{ கிராம்.}$$

இழைகளில் நீள்பக்க அலைகளின் வேகம்

ஒரு சுரமானி இழை நீள்பக்கமாக உரோஞ்சுப்படி ஒர் உயர் சுருதியுள்ள சுரம் பெறப்படும். இது நீள்பக்க அதிர்வினால் ஏற்பட்டதாகும். நீள்பக்க அலையொன்றின் வேகம்  $V$  ஆனது  $V = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$

இனால் தரப்படும்: இங்கு  $E$  இழையினது பதார்த்தத்தின் யங்கின் குணகத்தையும்  $\rho$  அதன் அடர்த்தியையும் குறிக்கும். இழை அடிப்படைச் சுரத்தில் அதிரின் அதன் நீளம்  $l$  எனின் நீள்பக்க அலையின் அலைநீளம்  $\lambda = 2l$  ஆகும். ஆகவே அடிப்படைச் சுரத்தின் அதிர்

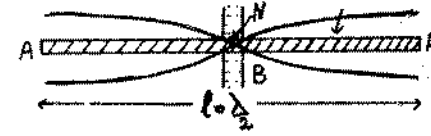
வெண்  $f_0 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$

இங்கு இழையில் சுரத்தினது அதிர்வெண் ஒர் எச்சரிப்புக் குழாயின் உதவியினால் துணியப்படும். ஆகவே இழையில் ஒலியின் வேகத்தை அல்லது யங்கின் குணகத்தை மேற்சமன்பாட்டிலிருந்து கணித்துக் கொள்ளலாம்.

கோல்களின் அதிர்வுகள்

ஒலி திரவங்கள், திண்மங்கள், வாயுக்கள் ஆகியவற்றிலுண்டு செல்கின்றது. திண்மங்களில் ஒலியின் வேகம் அவற்றில் உண்டாக்கப்

படும் நிலையான அலைகளைக் கொண்டு துணியப்படும். கோல்களில் உண்டாக்கப்படும் நிலையான அலை வருமாறு காட்டப்படும்.

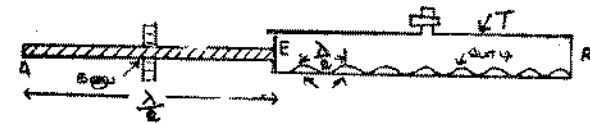


படம் 231

AA என்பது அதன் நடுப்புள்ளி N இல் இடுக்கியொன்றினால் கௌவப்பட்ட ஒரு கோலாகும் (படம் 231). கோலானது அதன் நீளத்தின் வழியே கம்பளியொன்றால் உரோஞ்சுப்படும் பொழுது ஒரு நிலையான நீள்பக்க அலை, முனைகளில் நிகழும் தெறிப்பின் நிமித்தம் கோலில் உண்டாக்கப்படுகின்றது. இதனால் ஓர் உயர் சுருதியுடைய சுரம் பெறப்படும். கோலின் நடுப்புள்ளி பொருத்தப் பட்டிருப்பதால், நிலையான அலையின் கணு N இல் தோற்றுகின்றது: முனைகள் சுயாதீனமாக இருப்பதால் அவற்றில் முரண் கணுக்கள் தோற்றுக்கின்றன: ஆகவே கோலின் நீளம்  $l$  ஆனது அலையின் அரை அலைநீளம்  $\frac{\lambda}{2}$  விற்குச் சமனாகும்.

ஆகவே  $\lambda = 2l$ . இதன் பிரகாரம் கோலில் ஒலியின் வேகம்  $V = f\lambda = f \times 2l$  ஆகும். இங்கு  $f$  கோலில் எழும் சுரத்தின் அதிர்வெண்ணாகும்.

குண்டின் குழாய்



படம் 232

1868-ம் ஆண்டு குண்டு என்பவர் வளியில் அல்லது வாயுவில் நிலையான அலைகளை உண்டாக்கும் எளிய முறையொன்றைத் தயாரித்தார். நீளம் வழியே உலர்ந்த இலைக்கப்போடியம் பொடி தூவப்பட்ட T என்னும் முடிய குழாய் பரிசோதனைக்கு இங்கு உபயோகிக்கப்பட்டது. AE என்பது நடுவில் பொருத்தப்பட்ட ஒரு கோலாகும்:

இதன் ஒரு முனை குழாய் T இனுள் சற்று நீட்டப்பட்டிருக்கும். இம் முனையில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் E என்னும் தட்டுக்கும் குழாயின் பக்கங்களுக்கு மிடையில் சிறு நீக்கல் இருக்கும் (படம் 232). A இல் கோலானது EA வழியே கம்பளித் துண்டொன்றால் உரோஞ்சுப்படினை நீளபக்கமாக கோல் அதிரும். அத்துடன் ஓர் உயர்சுருதியுடைய சுரம் கேட்கும். E என்னும் முனை அதே அதிரவேண்ணுடைய ஓர் ஒலிமுதல்போல் தொழிற்படும். ஆகவே ஒலி அலை T இனுள்ள வளியினூடு சென்று பொருத்தப்பட்ட முனை R இல் தெறிக்கும். கோலை நகர்த்தும் பொழுது E இன் நிலைமாறும்; இவ்விதம், குழாய் T இல் உள்ள இலைக்கப்போடியம் பொடி அகோரமாகத் தள்ளும்படிும் கோல் நகர்த்தப்படும். பின்பு பொடி கணுக்களில் சிறுசிறு திட்டைகளாகக் காணப்படும். இவை ஒரு நிலையான அலையின் நிரந்தர ஒய்விடங்களாகும். அடுத்தடுத்துள்ள இரு கணுக்களுக்கிடையிட்ட தூரம் அலையின் அரை நீளத்தைத் தருவதால் இத்தூரம் பல்வேறு அடுத்தடுத்திருக்கும் கணுக்களுக்கிடையே ஆளிக்கப்பட்டு சராசரித் தூரம் காணப்படும்; இதனை அறிந்தபின் கோலில் ஒலியின் வேகம் போன்றவற்றைக் காண முடியும்.

கோலில் ஒலியின் வேகத்தைத் துணிதல்

குண்டின் குழாயில் பொருத்தப்பட்ட கோலின் நீளம்  $l_r$  எனின் கோலில் ஒலி அலையின் அலைநீளம்  $\lambda_r = 2l_r$  ஆகும்; ஆகவே கோலின் தோற்றும் உயர்சுருதிச் சுரத்தின் அதிர்வெண்,

$$f = \frac{v_r}{\lambda_r} = \frac{v_r}{2l_r} \text{ இனம் பெறப்படும்} \quad \text{--- (i)}$$

குழாயிலுள்ள வளியில் தோற்றும் நிலையான அலையில் அடுத்தடுத்திருக்கும் கணுக்களுக்கிடையிட்ட தூரம்  $l_a$  எனின்

வளியில் ஒலி அலையின் அலைநீளம்  $\lambda_a$  ஆனது

$$\frac{\lambda_a}{2} = l_a \text{ ஆகும்.}$$

$$\lambda_a = 2l_a$$

ஆகவே அலையின் அதிர்வெண்,

$$f = \frac{v_a}{\lambda_a} = \frac{v_a}{2l_a} \quad \text{--- (ii)}$$

இங்கு  $v_a$  வளியில் ஒலியின் வேகமாகும்;

(i) இலும் (ii) இலுமிருந்து

$$\frac{v_r}{2l_r} = \frac{v_a}{2l_a}$$

$$\therefore v_r = \frac{l_r}{l_a} v_a$$

இங்கு  $l_r, l_a, v_a$  தெரியின்  $v_r$  துணியப்படும். இம்முறையால் கோலுருவில் இருக்கும் கண்ணாடி, செப்பு, உருக்குப் போன்ற பதார்த்தங்களில் ஒலியின் வேகத்தைத் துணிய முடியுமாகும். மேலும் குண்டு குழாய்க்குள் வளிக்குப் பதிலாக திரவங்களையும் இலைக்கப்போடியம் பொடிக்குப் பதிலாக இரும்புத் தூள்களையும் உபயோகித்து திரவங்களில் ஒலியின் வேகத்தைத் துணிந்தார்.

கோலின் யங்கின் குணகத்தைத் துணிதல்

ஓர் ஊடகத்தில் ஒலியின் வேகம் V ஆனது

$$V = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \text{ இனம் தரப்படும்.}$$

இங்கு E பதார்த்தத்தின் யங்கின் குணகத்தையும்  $\rho$  அதன் அடர்த்தியையும் குறிக்கும். கோலில் நீளபக்க அதிர்வுகள் ஏற்படின் அதனில் ஒலியின் வேகம்

$$v_r = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \text{ ஆகும்.}$$

$$\therefore E = v_r^2 \cdot \rho$$

மேற்கூறிய முறையால்  $v_r$  துணியப்படும்  $\rho$  அடர்த்தி அட்டவணியிலிருந்து பெறப்படும். ஆகவே மேற்சமன்பாட்டைக் கொண்டு E இன் பருமன் துணியப்படும்.

வாயுவில் ஒலியின் வேகத்தைத் துணிதல்

குண்டின் குழாய்ப் பரிசோதனையில் குழாய் T இனுள் வளிக்குப் பதிலாக வாயு விடப்பட்டு பரிசோதனை செய்யப்பட்டின் அப்பொழுது அடுத்தடுத்த இலைக்கப் போடியம் திட்டைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரம்

$l_a$  ஆனது  $\frac{\lambda_a}{2}$  வைத் தரும். வாயுவில் ஒலி அலையின் அலைநீளம்

$\lambda_a = 2l_a$  ஆகும்;

ஆகவே வாயுவில் ஒலி அலைகள் அதிர்வெண்

$$f_g = \frac{V_g}{\lambda_g} = \frac{V_g}{2l_g} \text{ ஆகும்.}$$

இங்கு  $V_g$  வாயுவில் ஒலியின் வேகமாகும். ஆனால் கோலிக் ஒலி அலையின் அலைநீளம்,

$$\lambda_r = 2l_r \text{ ஆகும்.}$$

$$\therefore f_r = \frac{V_r}{\lambda_r} = \frac{V_r}{2l_r}$$

$$\text{ஆனால் } f_g = f_r$$

$$\therefore \frac{V_g}{2l_g} = \frac{V_r}{2l_r}$$

$$\therefore V_g = \frac{l_r}{l_g} \cdot V_r$$

$l_g, l_r, V_r$  தெரியின்  $V_g$  துணியப்படும். இங்கு  $V_r$  மேற்கூறிய வாயு துணியப்படும்.

வாயுவொன்றின்  $\frac{C_p}{C_v}$  ஐத் துணியுதல்

வாயுவில் ஒலியின் வேகமானது  $V_g = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$  இனால் தரப்படும்.

இங்கு  $\gamma$  வாயுவொன்றின் இரு தலையான தன்வெப்பங்களின் விகிதமாகும். அதாவது  $\left(\frac{C_p}{C_v}\right)$

$$\therefore \gamma = \frac{V_g^2 \cdot \rho}{P}$$

இச் சமன்பாட்டிற்குரிய  $V_g$  மேற்கூறியவாறு துணியப்படும், எனவே  $\rho$  வும்  $P$  உம் தெரியின்  $\gamma$  துணியப்படும்.

குண்டின் குழாயால் வாயுக்களில் ஒலியின் வேகங்களை ஒப்பிடல்



குண்டின் குழாயால் இரு வாயுக்களில் ஒலியின் வேகங்களை இலகுவாக ஒப்பிடலாம். உதாரணமாக வளியும்,  $CO_2$  வும் கொள் ளப்படும் இரு குழாய்களை அவதானிக்க. R என்னும் ஓர் உலோகக் குழாய் இவ்விரு குழாய்களுக்குள்ளும் நீட்டப்படும். கோலின் மத்திய புள்ளி இறுக்கமாகக் கெளவப்பட்டிருக்கும். இக்கோலை உரோஞ்சி இலைக்கப்போடியும் பொடித்திட்டடைகள் வரும்வரை X, Y என்னும் அசையும் தட்டுகள் சரிசெய்யப்படும். இத்திட்டடைகள் கணுக்கள் உள்ள நிலைகளைக் குறிக்கும்.

A இலும் B இலும் உள்ள அடுத்தடுத்த கணுக்கள்கிடைப்பட்ட தூரங்கள்  $d_r, d_g$  அளக்கப்படும். A இலும் B இலும் உள்ள ஒலி அலையின் அதிர்வெண் சமனாகும். அத்துடன் இவ்வதிர்வெண்ணுடைய கோல் R இனது அதிர்வெண்ணுமாகும்.

மேலும்

வாயுவில் ( $CO_2$ ) ஒலியின் அதிர்வெண் = வளியில் ஒலியின் அதிர்வெண்

$$\text{அதாவது } \frac{V_g}{\lambda_g} = \frac{V_r}{\lambda_r}$$

$$\therefore \frac{\lambda_g}{\lambda_r} = \frac{V_g}{V_r}$$

$$\text{ஆனால் } \frac{\lambda_g}{\lambda_r} = \frac{d_g}{d_r}$$

$$\therefore \frac{V_g}{V_r} = \frac{d_g}{d_r}$$

இங்கு  $d_r, d_g$  தெரியப்படுவதாகி,  $V_r$  உம்  $V_g$  உம் ஒப்பிடப்படும். மேலும்  $V_r$  தெரியப்படி  $V_g$  துணியப்படும்.

உதாரணங்கள்;

1. ஒரு குண்டின் குழாய் 300 சமீ; நீளமுள்ள பித்தளைக் குழாயால் அருட்டப்படும். அப்பொழுது அடுத்தடுத்திருக்கும் கணுக்கள்கிடைப்பட்ட தூரம் 27.2 சமீ. ஒலியின் வேகத்தை பித்தளையிலும் வளியிலும் ஒப்பிடுக;

கோலின் இரு முனைகளும் முரண்கணுக்களானதால்

$$\lambda_r = 2 \times 300 = 600 \text{ சமீ.}$$

வளியில் ஒலியின் அலைநீளம்  $\lambda_g = 2 \times 27.2 = 54.4 \text{ சமீ.}$

கோலிலும் வளியிலும் அதிர்வெண் சமனாகும்.

$$f = \frac{V_r}{\lambda_r} = \frac{V_n}{\lambda_n}$$

$$\frac{V_r}{V_n} = \frac{\lambda_r}{\lambda_n} = \frac{600}{54.4} = 11.03$$

2. ஒரு பித்தளைக்கோலின் நீளம் 3 மீற்றர். இது நடுவில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. நீள்பக்கமாக அதிரும்பொழுது இது அதிர்வெண் 600 உடைய சுரத்தை எழுப்புகின்றது. பித்தளையின் அடர்த்தி 8.3 கிராம்/க.சமீ. ஆயின் யங்கின் குணகத்தைக் கணிக்க. கோலின் நீளம் = 3 மீற்றர் = 300 சமீ.

கோல் நடுவில் பொருத்தப்பட்டுள்ளதால், முனைகளில் முரண்கணுக்களும் நடுவில் கணுவும் தோற்றும்:

$$A \quad l = \frac{\lambda}{2}$$

$$A \quad \lambda = 2l = 2 \times 300 = 600 \text{ சமீ.}$$

$$\text{அதிர்வெண்} = 600 \text{ சக்/செக்.}$$

$$\text{பித்தளையில் ஒலியின் வேகம்} = 600 \times 600 \text{ சமீ./செக்.}$$

$$\text{அடர்த்தி} = 8.3 \text{ கிராம்/க.சமீ.}$$

$$\therefore V = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

$$Y = v^2 \rho$$

$$= 600^2 \times 600^2 \times 8.3$$

$$= 10.76 \times 10^{11} \text{ தைன்கள்/ச. சமீ.}$$

### தேர்வு வினாக்கள்

- நிலையான அலைகள் உண்டாவது
  - இரு நீள்பக்க அலைகள் ஒரே திசையில் செல்லும் பொழுது
  - இரு குறுக்கலைகள் ஒரே திசையில் செல்லும்பொழுது
  - இரு விருத்தி அலைகள் ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசைகளில் செல்லும்பொழுது
  - சர்வசமனான இரு விருத்தி அலைகள் ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசைகளில் செல்லும்பொழுது
  - இரு சர்வசமனான குறுக்கலைகள் ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசைகளில் செல்லும்பொழுது மட்டுமே.
- நிலையான அலைமீட்டர் ஒரு கணுவில்
  - இடப்பெயர்ச்சியும் வீச்சமும் பூச்சியம், அமுக்கம் உயர்வாகும்.

- இடப்பெயர்ச்சி பூச்சியம் வீச்சம் உயர்வு, அமுக்கம் பூச்சியம்
- இடப்பெயர்ச்சி உயர்வு வீச்சம் பூச்சியம் அமுக்கம் பொது அமுக்கம்
- இடப்பெயர்ச்சியும் வீச்சமும் அமுக்கமும் பூச்சியம்
- இடப்பெயர்ச்சியும், வீச்சமும் அமுக்கமும் உயர்வாகும்

3. ஒரு நிலையான அலையில்

A. இரு அடுத்தடுத்த கணுக்களுக்கிடையேயுள்ள துணிக்கைகள் ஒரே அவத்தையுடையன

B. ஒரு கணுவின் இரு பக்கங்களிலுமுள்ள துணிக்கை எதிர் அவத்தையில் அதிரும்

C. அடுத்தடுத்த இரு கணுக்களுக்கிடையேயுள்ள தூரம்  $\frac{\lambda}{4}$  ஆகும்

(i) A, B, C சரி (ii) A, B சரி (iii) B, C சரி

(iv) A, C சரி (v) A, B, C பிழை

4. ஒரு மூடிய குழாயில் தோற்றும் அலை

(i) ஒரு விருத்தி அலையாகும்: மூடிய முனையில் கணுவும் திறந்த முனையில் முரண்கணுவாகும்.

(ii) ஒரு நிலையான குறுக்கலையாகும். மூடிய முனையிலும் திறந்த முனையிலும் கணுக்களாகும்.

(iii) ஒரு நிலையான நீள்பக்க அலையாகும். மூடிய முனையில் ஒரு முரண்கணுவும் திறந்த முனையில் கணுவாகும்.

(iv) ஒரு நிலையான நீள்பக்க அலையாகும்: மூடிய முனையில் ஒரு கணுவும் திறந்த முனையில் முரண்கணுவாகும்;

(v) நெருக்கலை மூடியமுனையில் ஐதாக்கலாகத் தெறிப்பதை மூலம் ஏற்பட்டது.

5.  $l$  நீளமுள்ள ஒரு மூடிய குழாயில் தோற்றும் அடிப்படைச் சுரத்தின் அதிர்வெண்  $f_0$  ஆயின், முதலாம் மேற்றொனியில் அதிரும் பொழுது

(i) அதன் அதிர்வெண்  $3f_0$  அலைநீளம்  $l$  ஆகும்

(ii) ,, ,,  $2f_0$  ,,  $l/2$  ஆகும்

(iii) ,, ,,  $f_0$  ,,  $4l/3$  ஆகும்

(iv) ,, ,,  $3f_0$  ,,  $4l/3$  ஆகும்

(v) ,, ,,  $2f_0$  ,,  $4l/3$  ஆகும்

6. ஒரு மூடிய குழாயின் நீளம் 50 சமீ. அது 5-ம் இசைச்சுரத்தை ஒலிக்கும் பொழுது ஒலியின் வேகம் 340 மீ/நொடி/செக். ஆயின் அதன் அலைநீளம்
- (i) 50 சமீ. (ii) 40 சமீ. (iii) 30 சமீ.  
(iv) 20 சமீ. (v) 10 சமீ.
7. அதன் அதிர்வெண் சக்/செக். இல்
- (i) 850 (ii) 400 (iii) 500 (iv) 170 (v) 380
8. அது ஒலிக்கத்தக்க அடிப்படைச் சுரத்தின் அதிர்வெண் சக்/செக். இல்
- (i) 850 (ii) 400 (iii) 500 (iv) 380 (v) 170
9. ஒரு திறந்த குழாயில் தோற்றத்தக்க அதிர்வெண்களின் வரிசை
- (i)  $f_0, 3f_0, 5f_0$  ——— (ii)  $f_0, 2f_0, 3f_0$  ———  
(iii)  $f_0, \frac{3}{2}f_0, \frac{5}{2}f_0$  ——— (iv)  $\frac{f_0}{4}, \frac{f_0}{2}, \frac{3f_0}{4}$  ———  
(v)  $f_0, 5f_0, 7f_0$  ———
10. ஒரு திறந்த குழாயில் 3-ம் மேற்றெனி ஒலிக்கும்பொழுது அதன் கணுக்களின் முரண்கணுக்களின் வரிசை வருமாறுக்கும்.
- (i) N, A, N, A, N (ii) A, N, A, N, A  
(iii) A, N, A, N, A, N, A, N, A (iv) A, N, A, N, A, N, A  
(v) N, A, N, A, N, A, N, A, N
11. நீர்கொண்ட ஒரு பரிவுக்குழாய்ப் பரிசோதனையில் 320 சக்/செக். அதிர்வெண்ணுடைய இசைக்கவருடன் ஒத்திசைக்கும் மிகக் குறைந்த நீள வளிநிரல் 27.5 சமீ. ஆகும்.
- அப்பொழுது அலையின் அலைநீளம் சமீ. இல்
- (i) 110 (ii) 55 (iii) 220 (iv) 330 (v) 27.5
12. அப்பொழுது ஒலியின் வேகம் சமீ./செக். இல் அண்ணளவாக
- (i) 34,000 (ii) 40,000 (iii) 50,000  
(iv) 60,000 (v) 35,000
13. 2-ம் பரிவுநிலையில் ஒத்திசைக்கும் வளிநிரலின் நீளம் சமீ. இல்
- (i) 55 (ii) 82.5 (iii) 110 (iv) 137.5 (v) 65

14. வெவ்வேறு அதிர்வெண்கள்  $f$  உடன் ஒத்திசைக்கும் மூடிய குழாயின் அதிர்வெண் நீளங்கள்  $l$  காணப்பட்டன. ஒலியின் வேகத்தை
- (i)  $l$  ஐ  $Y$  அச்சிலும்  $\frac{1}{l}$  ஐ  $X$  அச்சிலும் கொண்டு அமைக்கும் வரைபின் சாய்வுவீதத்திலிருந்து பெறலாம்.  
(ii)  $l$  ஐ  $Y$  அச்சிலும்  $\frac{1}{l}$  ஐ  $X$  அச்சிலும் கொண்டு அமைக்கும் வரைபின் சாய்வுவீதத்திலிருந்து பெறலாம்.  
(iii)  $\frac{1}{l}$  ஐ  $Y$  அச்சிலும்  $l$  ஐ  $X$  அச்சிலும் கொண்டு அமைக்கும் வரைபின் சாய்வுவீதத்திலிருந்து பெறலாம்.  
(iv)  $l$  ஐ  $Y$  அச்சிலும்  $l$  ஐ  $X$  அச்சிலும் கொண்டு அமைக்கும் வரைபின் சாய்வுவீதத்திலிருந்து பெறலாம்.  
(v)  $\frac{1}{l}$  ஐ  $Y$  அச்சிலும்  $\frac{1}{l}$  ஐ  $X$  அச்சிலும் கொண்டு அமைக்கும் வரைபின் சாய்வுவீதத்திலிருந்து பெறலாம்.
15. அதிர்வெண் 320 சக்/செக். உள்ள இசைக்கவருடன் ஒத்திசைக்கும் அதிர்வெண் வளிநிரலின் நீளம் மூடிய குழாயில் 27 சமீ. இல் விசைக்கவருடன் ஒத்திசைக்கத்தக்க அதிர்வெண் நீளம் திறந்த குழாயில்
- (i) 27 சமீ. (ii) 54 சமீ. (iii) 81 சமீ. (iv) 108 சமீ.  
(v) 135 சமீ.
16. ஓர் அதிரும் இழையினால் உண்டாக்கத்தக்க அடிப்படை அதிர்வெண் 300 சக்/செக். ஆயின், அதன் நீளம் அரைமடங்காதி இழுவை இருமடங்காகும்பொழுது புது அதிர்வெண்
- (i)  $600\sqrt{2}$  (ii) 150 (iii)  $300\sqrt{2}$  (iv) 600 (v) 300
17. ஒரு சுரமானி இழையில் எழும் சுரத்தின் அடிப்படை அதிர்வெண்ணை இருமடங்காக்க:
- (A) ஆரையை அரைமடங்காக்கல் வேண்டும்.  
(B) நீளத்தை இருமடங்காக்கல் வேண்டும்.  
(C) இழுவையை இருமடங்காக்கல் வேண்டும்.  
(D) இழுவையையும் நீளத்தையும் அரைமடங்காக்கல் வேண்டும்.
- (i) B, C சரி (ii) B, C, D சரி (iii) A, B சரி  
(iv) A, B, C சரி (v) A மட்டும் சரி

18. நடுவில் பிடுங்கப்படும் சர்க்கரிப்பட்ட இழை அதன் அடிப்படையிலும் முதலாம் மேற்றொனியிலும் அதிரின் தடங்களின் எண்ணிக்கையையும், அடிப்படை அதிர்வெண்  $f$  எனின் முதலாம் மேற்றொனியின் அதிர்வெண்ணையும் கணிக்க.

- (i) 1, 3,  $f$                       (ii) 1, 3,  $3f$                       (iii) 3, 3,  $3f$   
(iv) 5, 5,  $3f$                       (v) 5, 5,  $5f$

19. ஒரு மெலிடேயின் இழை 9 கிராம் நிறையில் - 3 தடங்களில் அதிரும். ஆகவே 6 தடங்களில் அதிர்வதற்குரிய இழுவை

- (i) 4.5 கி.      (ii) 9 கி.      (iii) 225 கி.      (iv) 18 கி.      (v) 3 கி.

20. ஓர் இழையில் முனை ஒரு சவர அலகுடன் தொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றது. மறுமுனை கப்பிக்குமேல் சென்று ஒரு நிறைக்குப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இழுவை ஒரே பருமனிலிருக்க அலகு நீள்பக்கமாக இழையுடன் அதிரும்பொழுது 4 தடங்களை ஆக்கின் குறுக்காக இழை அதிரும்பொழுது தடங்களை எண்ணிக்கை

- (i) 16      (ii) 8      (iii) 24      (iv) 4      (v) 2

21. நடுவில் பொருத்தப்பட்ட 1 மீற்றர் நீளமுள்ள கோல் நீள்பக்கமாக உரோஞ்சப்படும் பொழுது 2000 Hz அதிர்வெண்ணுடைய ஒரு சுரத்தை எழுப்புகின்றது. கோலின் அடர்த்தி ஒரு கனமீற்றருக்கு 9000 கி.கி. ஆயின்

- (A) சுரத்தின் அலைநீளம் 2 மீற்றர்  
(B) நீள்பக்க அலையின் வேகம் 4000 மீ /செக்.  
(C) கோல் நடுவில் ஒரு கணுவுடனும் முனைகளில் முரண்கணுக்களுடனும் அதிரும்.  
(D) கோலினது திரவியத்தின் யங்கின் குணகம்  $2.03 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$   
(i) A, D சரி      (ii) B, C சரி      (iii) A, B, C சரி  
(iv) A, C, D சரி      (v) C, D சரி

22. மேற்கேள்வியில் கோலினது திரவியத்தின் யங்கின் குணகம்

- (i)  $1.44 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$                       (ii)  $2.03 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$   
(iii)  $2.88 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$                       (iv)  $0.72 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$   
(v)  $0.36 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$

23. அதிர்வெண்களை அளக்கத்தக்க அலகுகள்

- (A) அதிர்வுகள்/செக்.                      (B) சக்கரங்கள்/செக்.  
(C) கிலோ சக்கரம்/செக்.                      (D) கேட்ஸ் Hz  
(E) நியூதர்ன்/மீற்றர்  
(i) A, B, C மட்டும்                      (ii) A, B, C, D மட்டும்  
(iii) A, B, C, D, E                      (iv) B, C மட்டும்  
(v) A, C மட்டும்

### வினாக்கள்

1. நிலையான அலை என்றால் என்ன? வரிப்படங்களின் உதவிகொண்டு நிலையான அலை உண்டாவதை விளக்குக.

ஒரு நிலையான அலையில் அடுத்தடுத்த இரு கணுக்களுக்கிடையிட்ட தூரம் 20 சமீ. அதிர்வெண் 800 Hz ஆயின் அலையின் வேகத்தைக் கணிக்க. [விடை: 320 மீற்றர்/செக்.]

2. நிலையான அலையில் கணு, முரண்கணுக்களை விளக்குக. இவற்றை கண்டுபிடிப்பதற்குப் பரிசோதனை தருக

ஒரு மூடிய சுரமண்டலக் குழாயின் நீளம் 60 சமீ. ஒலியின் வேகம் 336 மீற்றர்/செக். ஆயின் அடிப்படையினதும் முதலாம் மேற்றொனியினதும் அதிர்வெண்களைக் காண்க. ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் குழாயிலுள்ள வளியின் அதிர்வை வரிப்படங்களுடன் விவரிக்க. [விடை: 140, 420 Hz]

3. ஒரு மூடிய குழாயில் (i) அடிப்படைச் சுரமும் (ii) முதலாம் மேற்றொனியும் ஒலிக்கும்பொழுது அமுக்கமாறலை விவரிக்க.

100 சமீ., 102 சமீ., நீளமுள்ள இரு திறந்த குழாய்கள் அடிப்படைச் சுரங்களை ஒலிக்கும்பொழுது செக்கனுக்கு 3:3 அடிப்புக்களைக் கொடுக்கின்றன. முனைத் திருத்தங்களைப் புறக்கணித்து வளியில் ஒலியின் வேகத்தையும் அடிப்படை அதிர்வெண்களையும் காண்க. [விடை: 337 மீற்றர்/செக்., 168, 165 Hz]

4. பரிவுக்குழாய்ப் பரிசோதனையால் வளியில் ஒலியின் வேகத்தைத் துனியும் முறையை (a) ஒரேயொரு இசைக்கவர் கிடைக்கப்படின் (b) 6 வெவ்வேறு இசைக்கவர்களுடன் அடிப்படைப் பரிவு நிலையில் செய்வதையும், விவரிக்க.

5. விருத்தி அலையையும் நிலையான அலையையும் வேறுபடுத்துக.

20°C இல் மூடிய குழாயிலுள்ள வளி 210, 350 அதிர்வெண்களையுடைய இசைக்கவர்களுடன் பரிவுறுகின்றது. இது எவ்விதம் சாதகமாகும்பதை விளக்குக; அத்துடன் குழாயின் விழையுள் நீளத்தையும் கணிக்க. [விடை: 122.6 சமீ.]

6. குழாயில் எழும் சுரமொன்றில் கருதி (i) நீளத்தால் (ii) விட்டத்தால் (iii) குழாயிலுள்ள வளியின் வெப்பநிலையால் எவ்வாறு பாதிக்கப்படும். ஒரு சுரமண்டலக் குழாய் 15°C இல் ஓர் இசைக்கவருடன் ஒத்திசைக்கும். வெப்பநிலை 7°C ஆல் உயரப் பட்ட பொழுது இசைக்கவரும் குழாயும் உடன் ஒலிக்கும் பொழுது,



செக்கனுக்கு 3 அடிப்புக்கள் கேட்டன. இசைக்கவரி வெப்பநிலை மாற்றத்தால் பாதிக்கப்படுவதில்லையெனக் கொண்டு அதன் அதிர்வெண்ணைக் காண்க. [விடை: 250 சக்/செக்.]

7. 60 சமீ. நீளமுள்ள ஒரு குழாய் அதன் கீழ்முனை நீரில் அமிழ்த்தப்பட்டு நிலைக்குத்தாக நிிற்கின்றது. நீரிற்குடேல் 14.8 சமீ யிலும் மீண்டும் 48 சமீ. யிலும் குழாயானது 512 அதிர்வெண்ணுடைய இசைக்கவருடன் பரிவுறுகின்றது. குழாயின் இரு முனைகளும் திறந்திருப்பின் அது ஒலிக்கும் அதிர்வுகூறந்த அதிர்வெண்ணைக் காண்க. [விடை: 267 சக்/செக்.]

8. 134 சமீ. நீளமுள்ள ஒரு திறந்த சுரமண்டலக் குழாய் இன்னொரு 136 சமீ. நீளமுள்ள ஒரு திறந்த சுரமண்டலக் குழாயுடன் அடிப்படையில் ஒலிக்கும்பொழுது 10 செக்கனில் 18 அடிப்புக்களைக் கொடுக்கின்றன. ஒவ்வொரு குழாயினதும் முனைத் திருத்தம் 0.5 சமீ. எனவும் வளியின் வெப்பநிலை 4°C எனவும் கொள்ளப்படின 0°C இல் ஒலியின் வேகம் என்ன?

[விடை: 330.6 மீற்/செக்.]

9. குறுக்கை என்றால் என்ன?

ஒரு சுரமானி இழை அதன் ஒரு முனையிலிருந்து அதன் 3 மடங்கு தூரத்தில் பிடித்து அதன் நடுவில் அருட்டப்பட்டது. அப்பொழுது அதனில் எழுந்த சுரம் 300 சக்/செக். அதிர்வெண்ணுடையதாயின் இழையிலுள்ள இழுவையை கிராம் நிறையில் காண்க. (இழையின் நீளம் = 100 சமீ. அடர்த்தி = 8.5 கிராம்/க. சமீ., விட்டம் = 0.2 மி. மீ.) [விடை: 1090 கிராம் நிறை]

10. சுரமானியை உபயோகித்து இசைக்கவரொன்றின் அதிர்வெண்ணைத் தனியும் முறையை விவரிக்க.

ஒவ்வொரு இழையும் நடுவில் பிடுங்கப்படும்பொழுது 50 சமீ. நீளமுள்ள இழையால் எழுப்பப்பட்ட சுரம் இன்னொரு 250 சமீ. இழையால் எழுப்பப்படும் சுரத்தின் நான்கு மடங்கு அதிர்வெண்ணையுடையதாகும். இரண்டிலும் இழுவை சமனாயின் இரு இழைகளினது சார்பு நீள அலகொன்றின் திணிவைக் காண்க.

[விடை: 16:9]

11. ஒரு சுரமானி இரு சர்வசமனான இழைகளைக் கொண்டுள்ளது. ஒவ்வொரு இழையும் 6 கி. கி. நிறை இழுவையையுடையது. ஒவ்வொன்றும் நடுவில் பிடுங்கப்படும்பொழுது 300Hz அதிர்வெண்ணுடையதாகக் காணப்பட்டது. ஓர் இழையின் இழுவை 200 கிராம் நிறையால் அதிகரிக்கப்பட்டின் இரு இழைகளும் நடுவில் பிடுங்கப்படும்பொழுது அடிப்பதிர்வெண்ணைக் காண்க.

[விடை: 5]

12. ஒரு சுரமானி இழையானது அதிர்வெண் 200 ஐ யுடைய இசைக்கவருடன் ஒத்திசைக்கின்றது; அதன் நீளமும் இழுவையும் இரட்டிக்கப்பட்டின் அதிர்வெண்ணைக் காண்க.

[விடை: 100 √2 சக்/செக்.]

13. 5 கிராம் திணிவுடைய 1 மீற்றர் நீளமுள்ள சுரமானி இழை 10 கி. கி. நிறையால் சுர்க்கப்பட்டுள்ளது. அதிரும் இழையின் பாகம் 28 சமீ. ஆகும் பொழுது இசைக்கவரொன்றும் இழையும் உடன் ஒலிக்கும்பொழுது செக்கனுக்கு 3 அடிப்புக்கள் கேட்கும்; இழை சற்று குறுக்கப்பட்டு ஒலிக்கும்பொழுது செக்கனுக்கு 4 அடிப்புக்கள் கேட்கும். இசைக்கவரின் அதிர்வெண் என்ன?

[விடை: 247 சக்/செக்.]

14. அடிப்புக்கள் எவ்வாறு உண்டாக்கப்படுகின்றன?

ஒரு சுரமானி ஒரே நீளம், விட்டம், இழுவையுடைய ஓர் உருக்குக் கம்பியையும் பித்தளைக்கம்பியையும் கொண்டுள்ளது. உருக்குக்கம்பியின் அதிர்வெண் செக்கனுக்கு 128 ஆகும். இழைகள் உடன் ஒலிக்கும்பொழுது அடிப்பதிர்வெண் 4.5 ஆகும். உருக்கினதும் பித்தளையினதும் அடர்த்திகளை ஒப்பிடுக. பித்தளை உருக்கிலும் அடர்த்தாகும்.

[விடை: 0.931:1]

15. ஒரு சுரமானி இழையின் நுனியில் ஒரு தெரியாத நிறை தொங்க விடப்பட்டுள்ளது. அப்பொழுது அடிப்படையில் அதிர்வதற்குரிய நீளம் பாலங்களுக்கிடையே 52 சமீ. தொங்கவிடப்பட்ட நிறை நீருள் முற்றாக அமிழ்த்தப்பட்டு முன்பால் அவ்விழை அதே சுரத்தைக் கொடுப்பதற்கு பாலங்களுக்கிடையேயுள்ள தூரம் 48 சமீ. க்குக் குறைக்கப்பட்டது. தெரியாத நிறையின் அடர்த்தியைக் காண்க. [விடை: 6.76 கிராம்/க. சமீ.]

16. மெஸிடேயின் பரிசோதனையில் ஓர் இழையின் இழுவை 8 கிராம் நிறையாக இருக்கும்பொழுது 3 தடங்களில் அதிர்ந்தன. 5 தடங்களில் இவ்விழை அதிர்வதற்கு தொங்கவிடப்படவேண்டிய நிறை என்ன? (தட்டுகளில் நிறையைப் புறக்கணிக்க.)

[விடை: 2½ கிராம்]

17. குண்டில் குழாய்ப் பரிசோதனையில் பித்தளைக் கோலின் நீளம் 56 சமீ. இது ஒரு கௌவியால் நடுவில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. குழாய் வளியைக் கொண்டுள்ளது; அதிரும்பொழுது 13 கணுத் திட்டைகள் காணப்பட்டன. முதலாவதற்கும் இறுதிக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் 65.5 சமீ. (a) பித்தளையில் ஒலியின் வேகத்தையும் (b) அதன் யங்கின் குணகத்தையும் காண்க.

பித்தளையில் அடர்த்தி 8.55 கி./க.சமீ., வளியில் ஒலியின் வேகம் 340 மீ/செகி;

[விடை:  $3.49 \times 10^5$  சமீ./செகி.;  $1.04 \times 10^{12}$  தைன்/சமீ.<sup>2</sup>]

18; குண்டின் குழாய் உபகரணத்தில் கண்ணாடிக் கோலின் நீளம் 100 சமீ. இது நடுவில் பொருத்தப்பட்டு நீள்பக்கமாக அதிர்ச்சி செய்யப்பட்டது. கணுத் திட்டைகளுக்கிடையேயுள்ள சராசரித் தூரம் 3 சமீ. ஆயின், கண்ணாடியில் ஒலியின் வேகத்தைக் காண்க. குழாயிலுள்ள வளிக்குப் பதிலாக CO<sub>2</sub> விடப்படில் கணுக்களுக்கிடையேயுள்ள தூரம் 4 சமீ. ஆகும். CO<sub>2</sub> வில் ஒலியின் வேகத்தைக் காண்க. வளியில் ஒலியின் வேகம் 340 மீ/செகி.

[விடை: 11333 மீ/செகி., 453 மீ/செகி.]

19; ஒரு சுரமானி இழை முதல் நீள்பக்கமாகவும் பின்பு குறுக்காகவும் அருட்டப்பட்டது. இவ்விரு கட்டங்களிலும் எழும் அதிர்வுகளின் விசைத்திறகு ஒரே எளிய கோவையைப் பெறுக.

20. 100 சமீ. நீளமுள்ள ஒர் ஈர்க்கப்பட்ட இழை (i) குறுக்காக அதிர் நடுவிலும் (ii) நீள்பக்கமாக அதிர்வும் அருட்டப்பட்டது. முதலாவது சந்தர்ப்பத்தில் அதிர்வுவண் 300 Hz. இரண்டாவதில் அதிர்வுவண் 300 Hz. இழையில் குறுக்கிலேயினதும் நீள்பக்க அலை யினதும் வேகங்களைக் காண்க;

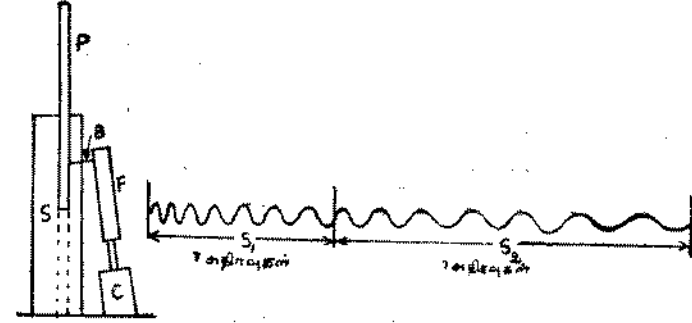
[விடை: (i)  $10^5$  (ii)  $6 \times 10^5$  சமீ/செகி.]

21; குண்டின் குழாய்ப் பரிசோதனையால் வாயுவின் தன்வெப்பங்களை விசைத்திறகு காணும் பரிசோதனையை விவரிக்க.

## அத்தியாயம் 18

அதிர்வுவண் துணியும் வேறு முறைகள்  
தொப்பினர் விளைவு

### 1. விழுந்தட்டு முறை



(i)

(ii)

படம் 234

இம்முறையில் கையாளப்படும் உபகரணம் பிரதானமாக ஒரு புனைப்படுத்தப்பட்ட கண்ணாடித் தட்டைக் கொண்டுள்ளது. இத் தட்டானது S என்னும் தாங்கியொன்றிலுள்ள தவாளிப்பினூடு நிலைக் குத்தாக விழுந்த தக்கவாறு இழையொன்றில் தொங்கவிடப்படும். அதிர்வுவண் துணியப்படும். இசைக்கவரின் புயமொன்றினது துணியில் ஒர் இலேசான எழுத்தாணி பொருத்தப்படும். இவ்வெழுத்தாணியின் கூரியமுனை தட்டில் மெதுவாகத் தொடத்தக்கவாறு அமையும். இசைக்கவரும் இன்னொரு தாங்கியில் படம் 234 (i) இல் காட்டியவாறு நிறுத்தப்படும். பரிசோதனை ஆரம்பிக்கும்பொழுது இசைக்கவர் அதிர்ச்சி செய்யப்படும். அப்பொழுது தட்டுத் தொங்கும் இழையும் எரிக்கப்படும். உடனே தட்டுத் தவாளிப்பினூடு நிலைக்குத்தாக விழும். விழுந்தட்டில் அலைவடிவ வளையி அதிரும் எழுத்தாணியால் ஆக்கப்படும். இவ் வளையி படம் 234 (ii) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இவ் வளையியில் இப்பொழுது அடுத்தடுத்து வரும் சம எண்ணிக்கையுள்ள தெளிவான அலைகள் தேர்ந்தெடுக்கப்படும். அவை ஏழேழு அலைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருப்பதைப் படம் 234 (ii) காட்டுகின்றது. முதல் 7 அலைகளின் நீளம் S<sub>1</sub> எனவும் அடுத்த 7 அலைகளின் நீளம் S<sub>2</sub> எனவும் அத்துடன் இவ் 7 அலைகளைப் பொதுப்படுத்துமுகமாக

எனவும் குறிப்பின் இசைக்கவரின் அதிர்வெண்  $f$  ஆனது

$$f = n \sqrt{\frac{g}{S_2 - S_1}}$$
 இனல் பெறப்படும். இங்கு  $g$  புவிவீர்ப்பு ஆர்

முடுகலாகும். இச் சூத்திரம் வருமாறு நிறுவப்படும்.

படம் 234 (ii) ஐ நோக்குக.

முதல் 7 அலைகளைக் கடாகத் தட்டுவிழ எடுக்கும் நேரம்  $t$  எனவும் இவ்வலைத் தொடரின் ஆரம்பப் புள்ளியைக் கடக்கும் கணத்தில் வேகம்  $u$  எனவும் கொள்ளப்படும்.

$$S_1 = ut + \frac{1}{2}gt^2 \quad \text{--- (i)}$$

பின்பு இரண்டாம் சம எண்ணிக்கையுடைய அலைகளைக் கடக்கவும் எடுக்கும் நேரம்  $t$  ஆகும்.

$$\text{ஆகவே இப்பொழுது } S_1 + S_2 = u \cdot 2t + \frac{1}{2}g(2t)^2 \quad \text{--- (ii)}$$

$$\therefore \text{இப்பொழுது (i) } \times 2 - 2S_1 = u \cdot 2t + 2 \times \frac{1}{2}gt^2 \quad \text{--- (iii)}$$

$$\therefore \text{(ii) - (iii) --- } S_2 - S_1 = 2gt^2 - gt^2 = gt^2$$

$$\therefore t = \sqrt{\frac{S_2 - S_1}{g}}$$

$$\text{ஆனால் } f = \frac{n}{t}$$

$$\therefore f = n \sqrt{\frac{g}{S_2 - S_1}} \text{ சத/செக.}$$

இச் சூத்திரத்தில்  $n$ ,  $g$ ,  $S_2 - S_1$  ஆகியவற்றின் பெறுமானங்களைப் பிரதியிட்டு  $f$  துணியப்படும்.

வழக்கள்

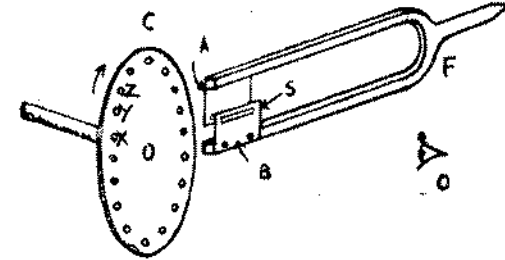
1. எழுத்தாணியானது இசைக்கவரின் புயத்தில் பொருத்தப்பட்டிருப்பதால் அதன் திணிவு அல்லது சடத்துவம் அதிகரிக்கப்படும். இதனால் அதன் அதிர்வெண் குன்றும்; இதைத் தவிர்ப்பதற்காக, பரிசோதனை செய்யப்படும் இசைக்கவருடன், அதன் எழுத்தாணி இல்லாதிருக்கும்பொழுது, ஒத்திசைக்கத்தக்க ஓர் இரண்டாம் இசைக்கவரை தேர்ந்தெடுக்க. இவ்விரண்டாம் இசைக்கவருடன் எழுத்தாணி பொருத்தப்பட்ட பரிசோதனை இசைக்கவரை உடன் ஒலிக்கச் செய்து அடிப்புகளை எண்ணுக. அவை செக்கனுக்கு  $x$  அடிப்புக்களாயின், எழுத்தாணி பொருத்தப்பட்ட இசைக்கவரின் அதிர்வெண் பெறுமானம் பரிசோதனைக் கணிப்பின்படி  $f$  ஆயின் அதன் அதிர்வெண்ணின் உண்மைப் பெறுமானம்

$$f + x \text{ ஆகும்.}$$

$$\text{அதாவது } n \sqrt{\frac{g}{S_2 - S_1}} + x \text{ ஆகும். --- (A)}$$

2. எழுத்தாணி தட்டில் உராய்வை ஏற்படுத்தும். அதனால் தட்டின் வீழ்ச்சி மெதுவாகிக்கும். அப்பொழுது  $g$  இன் பெறுமானம் தாழ்வடையும். ஆகவே சமன்பாடு (A) இலிருந்து கணிக்கப்படும் அதிர்வெண்ணின் பெறுமானம் சற்று உயர்வாகிவிடும். இதனைத் தவிர்ப்பதற்கு தெரிந்த அதிர்வெண்ணுடைய இசைக்கவருக்குப் பரிசோதனை செய்து மேற்சமன்பாடு (A) இலிருந்து  $g$  இன் விளைவு பெறுமானம் துணியப்படும். இப் பெறுமானமானது  $g$  இன் உண்மைப் பெறுமானத்திலும் குறைவுள்ளதாக இருக்கும். எனவே இப் பெறுமானத்தை சமன்பாடு (A) இல் பிரதியிட்டு பரிசோதனை செய்யப்படும் இசைக்கவரின் அதிர்வெண் காணப்படும்.

(2) சுழலிலகாட்டி



படம் 235

சுழலிலகாட்டி, ஒரு சுழலும் பொருளை ஓய்வில் இருப்பது போலத் தோற்றச் செய்யும் ஓர் ஈழங்காகும். இம்முறையைக் கொண்டு மின்னூல் இயங்கும் இசைக்கவரொன்றின் அதிர்வெண்ணைத் துணியமுடியும். A, B என்பது F என்னும் இசைக்கவரின் புயங்களில் பொருத்தப்பட்ட ஈர் இலேசான உலோகத் தட்டுக்கள். இவற்றில் காணப்படும் S என்னும் பிளவுகள் இசைக்கவர் அதிராதிருக்கும் பொழுது ஒன்றன்மேல் ஒன்று மேற்பொருந்தும் (படம் 235). பிளவுகளுக்குப் பின்னால் C என்னும் ஒரு வெண்மையான நிலைக்குத்து அட்டை உண்டு; இதன் பரிதியைச் சுற்றி சமதூர இடைகளில் கறப்புக் குற்றங்கள் இடப்பட்டுள்ளன. இக் குற்றங்களைப் பிளவுகளினூடு பார்க்கமுடியும். இப்பொழுது இசைக்கவரை அதிர்ச்செய்து அட்டையையும் மோட்டரொன்றினால் சுழலச் செய்க. அப்

பொழுது அட்டை ஓர் அதிகரிக்கும் வேகத்துடன் சுழலும்; அவ் வேளையில் பிளவுகளினூடு குற்றுக்களைப் பார்க்கும் O என்னும் அவ தானிக்கு அவை அட்டை சுழலும் திசைக்கெதிர்த் திசையில் இயங்கு பவை போல் தெரியும். இது ஏனெனில், S இற கூடாகத் தெரி கின்ற அட்டையின் இடையிட்ட தோற்றங்கள் ஒரு குற்று அசற்கு முன்னுள்ள குற்று இருக்கும் இடத்திற்கு வர எடுக்கும் நேரத்திலும் பார்க்கக் கெதியாக நிகழ்வதால் ஆனதாகும். அட்டையில் கதி மேலும் அதிகரிக்கப்படுவது ஒரு கட்டத்தில் குற்றுக்கள் நிலையாக இருப்பவைபோல் தோற்றும். அதனால் இசைக்கவரின் ஒவ்வொரு அதிர்வின் போதம் S இற கூடாகக் குற்றுக்களின் தோற்றங்கள் இருதரம் தெரியும். இன்னொரு விதமாகக் கூறப்படுகின் ஒரு குற்று அசற்கு முன்னிருந்த குற்று இந்நிகழும் இடத்திற்கு வரும் நேரத் தினில் இசைக்கவர் அரை அதிர்வு ஆக்கிவிடும். அட்டையிலுள்ள குற்றுக்களின் எண்ணிக்கை m எனவும் அது செக்கனுக்கு n சுழற்சி களை ஆக்கின்றதெனவும் இசைக்கவரின் அதிர்வெண் f எனவும் கொள் ளின் ஒரு குற்று முடிசுற்று இந்நிகழும் இடத்திற்கு வருவதற்கு 1/m சுழற்சிக்கூடாகத் திரும்பும்.

∴ இசைக்கவரின்  $\frac{1}{2}$  அதிர்வின் போது அட்டை  $\frac{1}{m}$  சுழற்சியை ஆக்கும்.

∴ இசைக்கவரின் f அதிர்வுகளின்போது அட்டை  $\frac{f}{2} \times \frac{1}{m} = \frac{2 \times f}{m}$  சுழற்சிகளை ஆக்கும்.

அதாவது 1 செக்கனில் அட்டை  $\frac{2 \times f}{m}$  சுழற்சிகளை ஆக்கும்.

ஆனால் அட்டையின் சுழற்சிக்கு 1 செக்கனுக்கு n எனத் தரம் பட்டுள்ளது;

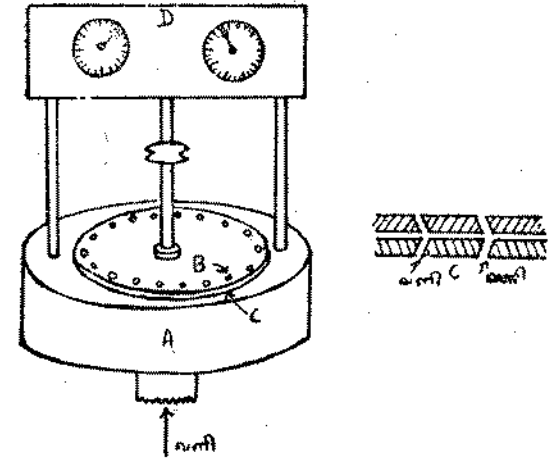
$$\frac{2f}{m} = n$$

$$2f = mn$$

$$f = \frac{mn}{2} \text{ அதிர்வுகள்/செக்.}$$

இவ்வதிர்வெண் இசைக்கவரின் புயங்களில் தட்டுக்கள் பொருத்தி யிருப்பதால் உண்மை அதிர்வெண்ணிலும் குறைந்ததாக இருக்கும்;

3. எச்சரிப்புக் கருவி



(i) படம் 236 (ii)

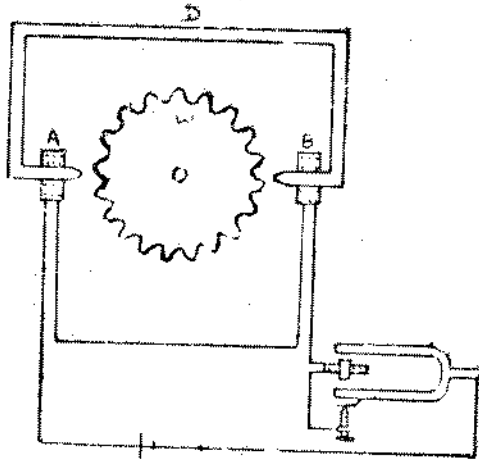
இது கைகுட்டு திவாந்றார் என்பவரால் 1816-ம் ஆண்டு கண்டு பிடிக்கப்பட்ட ஒரு கருவியாகும். இதனில் A என்னும் ஓர் அறை யுண்டு, C என்னும் இதன் மேற்பக்கத்தில் சுற்றிவர துளைகள் இடப் பட்டுள்ளன படம் 236 (i) (ii). அத்துடன் B என்பது C க்கு மேல் வைக்கப்படும் இன்னொரு தட்டாகும்; இதனிலும் C இல் காணப்படும் அதே எண்ணிக்கையுள்ள துளைகள் உண்டு. B இலும் C இலும் உள்ள இத் துளைகள் தொடக்கத்தில் ஒன்றன்மேல் ஒன்ற மேற்பொருந்தும். மேலும் படம் 236 (ii) இல் காட்டியது போல் இத்துளைகள் எதிர்த்திசைகளில் சாய்வுடையனவாக இருக்கும். A என் னும் அறையினுள் காற்றுவளி ஊதப்படுகின் C இன் துளைகளினூடு செல்லும் வளியானது B இலுள்ள துளைகளில் பக்கப்பாட்டு அழகி கத்தை உருற்றும் இதனால் B சுழலும். அத்துடன் B இலும் C இலும் உள்ள துளைகள் மேற்பொருந்தும் கட்டங்களில் அவற்றிற்கூடாக வளிப் புகைகள் வெளிவரும். இதனால் ஒரு சுரம் எழும்பும். A இலூடு அனுமதிக்கப்படும் வளியின் அழுக்கம் அதிகரிக்கும்பொழுது B ஆனது கெதியாகச் சுழலும். அதனால் சுரத்தின் சுருதியும் அதிகரிக்கும்.

ஒவ்வொரு தட்டிலும் n துளைகளிருப்பின் B இன் ஒவ்வொரு சுழற்சியின் போதம் n தரங்கள் வளி வெளிவரும். ஒரு செக்கனில் B ஆனது N சுழற்சிகளை ஏற்படுத்தின் சுரத்தின் அதிர்வெண் = Nn சக்/செக். ஆகும்.

ஆகவே ஒரு சுரத்தின் அதிர்வெண்ணைத் துணிதற்கு அச் சுரத்தை ஒலிக்கச் செய்து தட்டுக்களின் கதியை தட்டுக்களிலெழும் சுரத்துடன் அடிப்புக்கள் கேட்கும்வரை அதிகரிக்கச் செய்தல் வேண்டும். அப்பொழுது சுரத்தின் அதிர்வெண் கிட்டத்தட்ட எச்சரிப்புக் கருவியிலிருந்து எழும் சுரத்தின் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமனாகும். மேலும் தட்டின் கதியைச் சரிசெய்து அடிப்புக்களை நீக்கலாம். அக்கட்டத்தில் சுரத்தின் அதிர்வெண்ணும் எச்சரிப்புக்கருவிச் சுரத்தின் அதிர்வெண்ணும் சமனாகும். ஆனால் எச்சரிப்புக்கருவிச் சுரத்தின் அதிர்வெண்  $i = Nn$  இனால் பெறப்படும். இதுவே காணவேண்டிய சுரத்தின் அதிர்வெண்ணுமாகும். தட்டின் சுழற்சிகள் D என்னும் எண்ணிகளிலிருந்து வாசிக்கப்படும்.

#### 4. ஒலிச்சில்லு முறை

ஒலிச்சில்லு முறையால் மின்னூல் அதிரும் இசைக்கவர்களின் அதிர்வெண்களை மிகத்திருத்தமாகத் துணியலாம். இது டிரேலி என்பவரால் ஒழுங்கு செய்யப்பட்ட ஒரு முறையாகும். F என்னும் இசைக்கவரை மின்னூல் அதிர்ச் செய்யின் மின்சுற்றில் ஓர் இடையிட்ட மின்னோட்டம் பாயும். அவ்விடையிட்ட மின்னோட்டம் A, B என்னும் சுருள்களினூடு செல்லும்பொழுது D என்னும் மிகைநாந்தத்தை சத்திமிக்கதாக்குகின்றது. D இன் முனைவுகளுக்கிடையே W என்னும் இருப்புப் பற்சில்லு வைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இச்சில்லு அதன் மையத்திற்குடாகச் செல்லும் ஒரு கிடையான அச்சில் சுழலத்தக்கதாகும். இச்சில்லைச் சற்று தள்ளின அது சுழல ஆரம்பிக்கும்.



படம் 237

அப்பொழுது சில்லின் இருப்புப்பற்களை D இன் முனைவுகள் கவரும். அதனால் சில்லின் சுழற்சி நிறுபேறு பெற்று உறுதியாகச் சுழலும். இக் கட்டத்தில் இடையிட்ட மின்னோட்டம் பாயும் அதே விதத்தில் D இன் முனைவுகளுக்கிடையில் இருப்புப் பற்கள் சென்றகொண்டிருக்கும். சில்லிலுள்ள பற்களின் எண்ணிக்கை n எனவும் உறுதியாகச் சில்லுச் சுழலும்பொழுது ஒரு செக்கனுக்கு m சுழற்சிகளை அது ஆக்கிறதெனவும் கொள்ளின், இசைக்கவரின் அதிர்வெண் i ஆனது.

$$i = nm \text{ இனால் பெறப்படும்.}$$

m என்னும் ஒரு செக்கனுக்குரிய சுழற்சிகள் மிகத் திருத்தமாகப் பெறுதற்கு ஒரு நீண்ட காலத்திற்கு சில்லின் சுழற்சிகள் அளக்கப்பட்டிருக்கணிக்கப்படும். இதுவே இம்முறையை அனுசூலிக்கத்தாக்குவதற்குக் காரணமாகும்.

#### தொப்பினர் விளைவு

ஒலிக்கும் பொருளொன்று n என்னும் அதிர்வெண்ணுடைய சுரத்தை எழுப்பும்பொழுது ஒரு குறித்ததாரத்தில் ஒய்விலிருக்கும் அவதானியொருவர் ஒவ்வொரு செக்கனும் n அலைகளைப் பெறுவார். ஆனால் ஒலிமுதலின் இயக்கத்தால் அல்லது அவதானியின் இயக்கத்தால் அல்லது இரண்டினதும் இயக்கத்தால் இவற்றிடையே ஒரு தொடர்பு இயக்கம் ஏற்படின், அவதானி பெறும் ஒரு செக்கனுக்கான அலைகள் அதாவது ஒலியின் தோற்றவதிர்வெண் தொடக்கத்திலுள்ளதே போலிராது மாறும். எனவே கேட்கும் சுரத்தின் சுருதி இரு தரப்பும் ஒன்றையொன்று அணுகும்போது உயர்கிறதாகவும், ஒன்றிலிருந்து ஒன்று விலகும்பொழுது குன்றுகிறதாகவும் தோற்றும்.

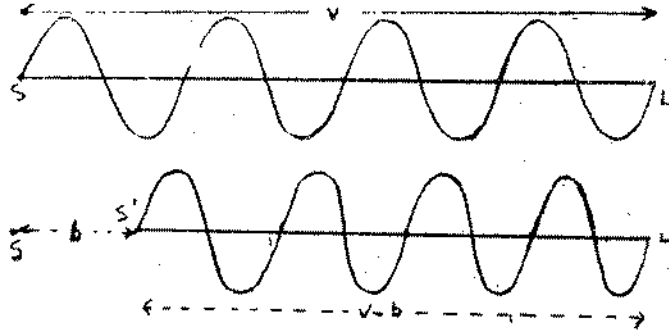
ஒலிமுதலுக்கும் அவதானிக்குமிடையேயுள்ள இத் தொடர்பு இயக்கத்தினால் அதிர்வெண்ணில் ஏற்படும் தோற்றமாற்றம் தொப்பினர் விளைவு எனப்படும்.

#### உதாரணங்கள்:

1. உயர்கதியுடன் இயக்கும் புகையிரதம் சீழ்கைக் குழலை ஊதிக்கொண்டு மேடையில் நிற்கும் அவதானியை அணுகும்பொழுது சீழ்க்கையின் சுருதி உயர்வதையும் கடந்து சென்றுகொண்டு போகும்பொழுது குன்றுவதையும் அவதானிக்கலாம்.
2. ஒரு பரிவுப்பெட்டியில் பொருத்தப்பட்ட இசைக்கவரை ஒரு வட்டத்தில் கிடையாகச் சுழற்றும்பொழுது அதன் சுழல் தளத்தில் அவதானியொருவரின் செவியிருப்பின் செவியில் கேட்கும் சுரத்தின் சுருதி அணுகும் பொழுது உயர்வாகவும் விலகும்பொழுது தாழ்வாகவும் இருக்கும்.

## அதிர்வெண் மாற்றத்துக்குரிய கோவைகள்

1. அவதானி ஒய்விலும் ஒளிமுதலி இயங்கும்பொழுதும்



படம் 238

ஒளி முதலால் உண்டாக்கப்படும் சுரத்தின் அதிர்வெண்ணை  $f$  எனவும் ஒளியின் வேகத்தை  $V$  எனவும் கொள்ளின் ஒளிமுதலி ஒரு செக்கனுக்கு  $f$  அலைகளை அனுப்பும். அத்தனை அலைகளும்,  $S$  என்னும் ஒளிமுதல் நிலையாக இருப்பின்,  $V$  என்னும் நீளத்தைப் பிடிக்கும்: ஒளி செல்லும் திசையின் வழியே ஒளிமுதலானது  $b$  என்னும் வேகத்துடன் இயங்கின்  $S$  ஆனது ஒரு செக்கனுக்குப் பின்  $S'$  இறிக வரும். அப்பொழுது உண்டாக்கப்பட்ட  $f$  அலைகளும்  $S'L$  என்னும் தூரத்திற்குள் அடக்கப்பட்டு  $V-b$  என்னும் நீளத்தைப் பிடிக்கும்.

$$\Delta \text{ நெருக்கப்பட்டதால் ஏற்பட்ட புதிய அலைநீளம்} = \frac{V-b}{f}$$

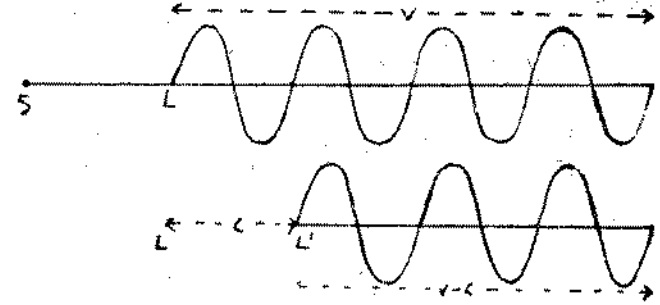
$$\therefore \text{ஒளியின் தோற்ற அதிர்வெண் } f' = \frac{\text{வேகம்}}{\text{அலைநீளம்}}$$

$$= \frac{V}{V-b/f} = \frac{V}{V-b} \cdot f \quad \text{--- (2)}$$

எனவே ஒளிமுதலின் இயக்கத்தால் அலைநீளம் மட்டும் மாற்றமடையும்: அலைசெல்லும் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் அவதானியிலிருந்து ஒளிமுதலி விலகிச் செல்லின்  $b$  இன் குறி எதிராகும்.

$$\Delta f' = \frac{V}{V+b} \cdot f \quad \text{--- (2)}$$

2. ஒளிமுதலி ஒய்விலும் அவதானி இயங்கும்பொழுதும்



படம் 239

அவதானி முதலில் ஒய்வில் இருப்பின் அவரை ஒவ்வொரு செக்கனும் கடந்து செல்லும் அலைகளின் எண்ணிக்கை  $f$  ஆகும். அத்துடன் இவ்  $f$  அலைகளின் நீளம்  $V$  ஆகும். ஆகவே

$$\text{அலையின் அலைநீளம் } \lambda = \frac{V}{f}$$

ஆனால் அவதானி ஒளிமுதலை விலகி  $c$  என்னும் வேகத்துடன் இயங்கின் அவர் ஒரு செக்கனுக்குப் பின்  $L'$  இல் இருப்பார். அப்பொழுது இவரைக் கடந்து சென்ற அலைகளின் நீளம்  $V-c$  ஆகும்.

$$\therefore \text{தோற்ற அதிர்வெண்} = \frac{V-c}{V/f} = \frac{V-c}{V} \cdot f$$

மேலும் அவதானி ஒளிமுதலை நோக்கிச் செல்லின் இவரைக் கடந்த அலைகளின் நீளம்  $V+c$  ஆகும்.

$$\Delta \text{ அப்பொழுது தோற்ற அதிர்வெண்} = \frac{V+c}{V/f} = \frac{V+c}{V} \cdot f$$

அவதானியின் இயக்கம் அவர் ஒரு செக்கனுக்கு கேட்கும் அலைகளின் எண்ணிக்கையில் மாற்றத்தை ஏற்படுத்துகின்றது.

3. ஒளிமுதலும் அவதானியும் இயங்கும்பொழுது

ஒளிமுதலும் அவதானியும் இயங்கின், ஒளிமுதலின் இயக்கம் அலைநீளத்தில் மாற்றத்தையும் அவதானியின் இயக்கம் அவர் பெறும் அலைகளின் எண்ணிக்கையிலும் மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும்.

இரு தரப்படும் ஒரே திசையில் இயங்கின்

ஒலிமுதலின் இயக்கத்தால் ஏற்படும் குறைக்கப்பட்ட புதிய அலைநீளம் =  $\frac{V - b}{f}$

அவதானியின் இயக்கத்தால் அவரைக்கடந்த அலைத்தொடரின் நீளம் =  $V - c$

$$\begin{aligned} \Delta \text{ தோற்ற அதிர்வெண் } f'' &= \frac{\text{அலைத்தொடரின் நீளம்}}{\text{குறைக்கப்பட்ட அலைநீளம்}} \\ &= \frac{V - c}{V - b/f} \\ &= \frac{V - c}{V - b} \cdot f \quad \text{--- (3)} \end{aligned}$$

#### 4. ஊடகத்தினது இயக்கத்தின் விளைவு

ஊடகம் இயங்கும்பொழுது அதாவது காற்று S இலிருந்து L இற்கு w என்னும் வேகத்துடன் வீசும்பொழுது ஒலியின் வேகம் V இலிருந்து V + w இற்கு அதிகரிக்கும். அப்பொழுது தோற்ற அதிர்வெண்ணுக்குரிய மேற்கோவை வருமாறு அமையும்.

$$\text{அதாவது } f'' = \frac{V + w - c}{V + w - b} \cdot f$$

காற்று அதே வேகத்துடன் எதிர்த்திசையில் வீசின் (L இலிருந்து S இற்கு) W எதிராகும்.

$$\therefore f'' = \frac{(V - w) - c}{(V - w) - b} \cdot f$$

ஒலிமுதல் அல்லது அவதானி ஒரே வேகத்தில் அணுகின் தோற்றம் அதிர்வெண்களில் ஏற்படும் மாற்றம்

அவதானியை ஒலிமுதல் b என்னும் வேகத்துடன் அணுகின்

$$\text{தோற்ற அதிர்வெண் } f' = \frac{V}{V - b} \cdot f$$

ஒலிமுதல் அவதானி அதே வேகத்துடன் அணுகின்

$$\text{தோற்ற அதிர்வெண் } f'' = \frac{V + b}{V} \cdot f$$

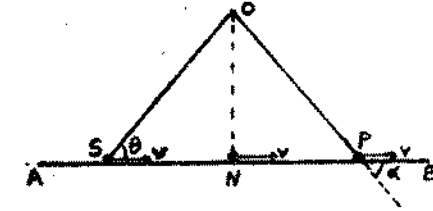
$$\begin{aligned} \Delta \quad f' - f'' &= \left( \frac{V}{V - b} - \frac{V + b}{V} \right) f \\ &= f \left[ \frac{b^2}{V(V - b)} \right] \\ &= \text{நேரிசையம் (+ve)} \end{aligned}$$

$$\Delta \quad f' > f''$$

அதாவது அவதானி ஓய்விருக்கும்பொழுது ஒலிமுதல் அணுகும் பொழுது கேட்கும் சுரத்தின் அதிர்வெண் ஒலிமுதல் ஓய்விருக்க அவதானி அதே வேகத்துடன் அணுகும்பொழுது கேட்கும் சுரத்தின் அதிர்வெண்ணிலும் உயர்வாகவிருக்கும்.

குறிப்பு:- கோவைகள் (1), (2), (3) வளி அசையாதிருக்கும்பொழுது தோற்ற அதிர்வெண்களுக்கான கோவைகளாகும். ஆனால் காற்று w வேகத்துடன் வீசின் அதன் திசைக்கேற்ப V ஆனது V + w அல்லது V - w க்கு மாறும். இப்பொழுது மாற்றத்தை மேற்கோவைகளில் V க்குப் பதிலாக இட்டு தோற்ற அதிர்வெண்களைத் துணியலாம்.

4. ஒலிமுதலையும் அவதானியையும் இணக்கும் கோட்டுக்குச் சாய்வாக ஒலிமுதல் இயங்கின் தோற்ற அதிர்வெண் தொடர்ச்சியாக



படம் 240

மாற்றம் அடையும். உதாரணமாக ஒலிமுதலானது AB வழியே v என்னும் வேகத்துடன் செல்கிறதெனக் கொள்க. அப்பொழுது அவதானி O வில் ஓய்வில் இருப்பார் (படம் 240). S என்னும் ஒரு புள்ளியில் ஒலிமுதலின் கூற்று வேகம் SO வழியே v கோசைன்  $\theta$  ஆகும். அப்பொழுது அவதானிக்குக் கேட்கும் தோற்ற அதிர்வெண்,

$$f' = \frac{V}{V - v \cos \theta} \cdot f$$

இங்கு ஒலிமுதல் O ஐ நோக்கி SO வழியே செல்கின்றது.

ஒலிமுதல் N ஐ அடையும்பொழுது,

$$\begin{aligned} \text{தோற்ற அதிர்வெண்} &= \frac{V}{V - v \text{ கோசைன் } 90^\circ} \cdot f \\ &= \frac{V}{V} \cdot f = f \end{aligned}$$

எனவே அவதானி, தொடக்கத்திலுள்ள அதிர்வெண்ணைக் கேட்பார்.

ஒலிமுதல் P க்குச் செல்லும்பொழுது ஒலிமுதலின் வேகம் OP வழியே v கோசைன் α ஆகும். இங்கு ஒலிமுதலானது OP வழியே அவதானியை விலகிச் செல்கின்றது. அப்பொழுது O கேட்கும் ஒலியின் தோற்ற அதிர்வெண்  $f'' = \frac{V}{V + v \text{ கோசைன் } \alpha} \cdot f$

உதாரணங்கள்

- ஒரு செக்கனுக்கு 2000 அலைகள் வீதம் அனுப்பும் புகையிரதச் சீட்கைக் குழல் அவதானியை நோக்கி 60 மைல்/மணி வீதம் செல்கின்றது. அப்பொழுது வெப்பநிலை 15°C ஆகும். சீட்கைக் குழலின் தோற்ற அதிர்வெண்ணைக் கணிக்க.  
[0°C இல் ஒலியின் வேகம் = 1090 அடி/செக்]

இங்கு ஒலிமுதல் அவதானியை நோக்கி அணுகுகின்றது.

ஒலிமுதலின் வேகம் = b அடி/செக். = 88 அடி/செக்.

உண்மை அதிர்வெண் f = 2000 அதிர்வுகள்/செக்;

ஒலியின் வேகம் 0°C இல் = 1090 அடி/செக்.

∴ ஒலியின் வேகம் 15°C இல் V எனின்,

$$\frac{V}{1090} = \frac{\sqrt{288}}{\sqrt{273}}$$

$$\begin{aligned} \therefore V &= 1090 \frac{\sqrt{288}}{\sqrt{273}} \\ &= 1090 \times 1.027 \\ &= 1119.4 \text{ அல்லது } 1119 \text{ அடி/செக்.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{தோற்ற அதிர்வெண் } f' &= \frac{V}{V - b} \cdot f \\ &= \frac{1119}{1119 - 88} \times 2000 \\ &= \frac{2238000}{1031} \\ &= 2171 \text{ சக்/செக்;} \end{aligned}$$

- இரு விமானங்கள் 200 உம் 300 உம் மைல்/மணி கதிகளில் ஒன்றையொன்று நோக்கி அணுகுகின்றன. முதலாவதிலிருந்து வரும் சுரத்தின் அதிர்வெண் இரண்டாவதில் இருக்கும் பயணிகளுக்கு 1000 ஆகக் கேட்கின்றது. முதலாவதில் இருக்கும் பயணிகளுக்குக் கேட்கும் உண்மை அதிர்வெண் என்ன?

ஒலியின் வேகம் 700 மை/மணி ஆகும்

தோற்ற அதிர்வெண்  $f' = 1000$  சக்/செக்.

முதலாவதன் வேகம் b = 200 மைல்/மணி

இரண்டாவதன் வேகம் a = 300 மைல்/மணி

இரண்டாவது விமானம் (அவதானி) ஓய்விலிருக்க, முதலாவது (ஒலிமுதல்) இயங்கின் புதிய அலைநீளம் காணப்படக் வேண்டும். உண்மை அதிர்வெண் f எனின்

$$\text{புதிய அலைநீளம்} = \frac{V - b}{f} = \frac{700 - 200}{f}$$

இனி ஒலிமுதல் ஓய்விலிருக்க அவதானி இயங்குகிறதெனக் கொள்க. அப்பொழுது கடந்த அலைகளின் நீளம் (நோக்கி இயங்குவதால்)

$$\begin{aligned} &= V + a \\ &= 700 + 300 \end{aligned}$$

இதற்குள் அடங்கிய புதிய அலைநீளத்தையுடைய அலைகளின் எண்ணிக்கை

$$= \frac{V + a}{V - b} \cdot f$$

அதாவது தோற்ற அதிர்வெண்

$$\begin{aligned} f' &= \frac{700 + 300}{700 - 200} \cdot f \\ 1000 &= \frac{1000}{500} \cdot f \\ f &= 500 \text{ சக்/செக்;} \end{aligned}$$

- இரு எஞ்சின்கள் எதிர்த்திசைகளில் ஒன்றையொன்று கடக்கின்றன. இதனிலொன்று சீட்கைக் குழலை ஊதிக் கொண்டு செல்கின்றது. அச் சுரத்தின் அதிர்வெண் 500 ஆகும். மற்ற எஞ்சினால் கடக்க முன்னும் கடந்தபின்னும் கேட்கப்படும் அதிர்வெண்களைக் கணிக்க. ஒலியின் வேகம் 1100 அடி/செக்; ஒவ்வொரு எஞ்சினதும் வேகம் 30 மைல்/மணி;



(a) கடக்குமுள்

$$\begin{aligned} \text{சுரத்தை எழுப்பும் எஞ்சினின் கதி} &= a \text{ அடி/செக்.} \\ \text{சுரத்தைக் கேட்கும் மறிற எஞ்சினின் கதி} &= b \text{ அடி/செக்.} \\ \text{ஒலியின் வேகம்} &= 1100 \text{ அடி/செக்.} \\ \text{எஞ்சின்களின் வேகங்கள் முறையே} &= 44 \text{ அடி/செக்;} \\ \text{அலைகளின் புதிய அலைநீளம்} &= \frac{V - a}{f} \end{aligned}$$

முதலாவது ஒய்விலிருக்க இரண்டாவது எஞ்சின் நோக்கி அணுகும்பொழுது அதனைக் கடந்த அலை எண்ணிக்கைகளின் நீளம்  $= V + b$  ஆகும். இந் நீளத்துக்குள் அடங்கிய அலைகளின் எண்ணிக்கை தோற்ற அதிர்வெண்ணாகும்.

$$\begin{aligned} \therefore \text{தோற்ற அதிர்வெண் } f' &= \frac{V+b}{V-a} \cdot f \\ &= \frac{1100 + 44}{1100 - 44} \times 500 \\ &= \frac{1144}{1056} \times 500 \\ &= \frac{6500}{12} \\ &= 541.6 \text{ சக்/செக்} \end{aligned}$$

கடந்தபின்

$$\text{புதிய அலைநீளம்} = \frac{V+a}{f}$$

முதலாவது ஒய்விலிருக்க இரண்டாவது எஞ்சின் விலகி அணுகும் பொழுது அதனைக் கடந்த அலைகளின் எண்ணிக்கையின் நீளம்  $V - b$

$\therefore$  இதற்குள் அடங்கிய அலைகளின் எண்ணிக்கை தோற்ற அதிர்வெண்ணாகும்.

$$\begin{aligned} \therefore \text{தோற்ற அதிர்வெண் } f'' &= \frac{V-b}{V+a} \cdot f \\ &= \frac{1100 - 44}{1100 + 44} \times 500 \\ &= \frac{1056}{1144} \times 500 \\ &= \frac{6000}{13} \\ &= 461.1 \text{ சக்/செக்.} \end{aligned}$$

4. 400 என்னும் அதிர்வெண்ணுடைய இசைக்கவர் ஒரு சுவரை செக்கனுக்கு 5 மீற்றர் வேகத்தில் அணுகுகின்றது: சுவரில் தெறித்துவரும் ஒலிக்கும் நேரடியாகக் கேட்கும் ஒலிக்கும் இடையேயுள்ள அடிப்புகள் எவ்வளவு? ஒலியின் வேகம் 300 மீற்றர்/செக்.

அவதானி சுவரின் ஒரு பக்கத்தில் இசைக்கவருக்கு அப்பால் இருக்கிறார் எனக் கொள்க;

இசைக்கவர் சுவரை அணுகும்பொழுது அவதானியை விலகிச் செல்கிறதெனக் கொள்க;

நேரடியாகக் கேட்கும் தோற்ற அதிர்வெண்ணை வருமாறு கணிக்கலாம்;

ஒலிமுதல் அவதானியை விலகிச் செல்லும்பொழுது  $a$  என்பது ஒலிமுதலின் வேகம் எனின் அலைத்தொடரின் புதிய அலைநீளம்  $\frac{V+a}{f}$  ஆகும். இங்கு  $f$  உண்மையான அதிர்வெண்ணாகும்:

$$\therefore \text{தோற்ற அதிர்வெண் } f' = \frac{V}{V+a} \times f$$

தெறித்துவரும் ஒலியின் தோற்ற அதிர்வெண்  $f''$  வருமாறு கணிக்கப்படும்:

இங்கு தெறித்த ஒலி அவதானியை அணுகுகின்றது. அதாவது ஒலிமுதல் அவதானியை அணுகுவதற்குச் சமாவமாகும்.

$$\begin{aligned} \text{அ புதிய அலைநீளம்} &= \frac{V-a}{f} \\ \text{அ தோற்ற அதிர்வெண் } f'' &= \frac{V}{V-a} \cdot f \\ f' &= \frac{30000}{30000 + 500} \times 400 \\ &= \frac{30000 \times 400}{30500} = 393.4 \text{ சக்/செக்;} \\ f'' &= \frac{30000 \times 400}{30000 - 500} = 406.7 \text{ சக்/செக்.} \\ \text{அ அடிப்புகள்} &= 406.7 - 393.4 \\ &= 13.3 \text{ சக்/செக்.} \end{aligned}$$

5. ஓர் இசைக்கவர் இழையில் நுனியில் கட்டப்பட்டு, 5 அடி ஆரையுள்ள ஒரு வட்டத்தில் சுழற்றப்படுகிறது. இது செக்கனுக்கு 7 சுழற்சிகளை ஆக்குகிறது. இசைக்கவர் சுழலும் தளத்தில் நிற்கும் அவதானிக்கு கேட்கும் உயர் சுருதியினதும் தரவு சுருதியினதும் அதிர்வெண்ணின் விகிதத்தைக் கணிக்க. ஒலியின் வேகம் 1100 அடி/செக்.

$$\begin{aligned} \text{இசைக்கவரின் நேர்கோட்டு வேகம் } v &= r\omega \\ &= r \cdot 2\pi \times 7 \\ &= 14\pi \times 5 \\ &= 220 \text{ அடி/செக்} \end{aligned}$$

இசைக்கவர் ஒரு வட்டத்தில் இயங்கும்பொழுது கேட்கும் சுருதியின் சுருதி அவதானியை அணுகும் பொழுது உயரும் விலகும்பொழுது தாரும்

இசைக்கவர் அணுகும்பொழுது,

$$\begin{aligned} \text{தோற்ற அதிர்வெண் } f' &= \frac{v}{v-b} \cdot f \\ &= \frac{1100}{1100-220} \times f \end{aligned}$$

இசைக்கவர் விலகும்பொழுது,

$$\begin{aligned} \text{தோற்ற அதிர்வெண் } f'' &= \frac{v}{v+b} \cdot f \\ &= \frac{1100}{1100+220} \times f \\ \therefore \frac{f'}{f''} &= \frac{1100+220}{1100-220} = \frac{1320}{880} \\ &= 1.5 \end{aligned}$$

### தேர்வு வினாக்கள்

1. ஒரு கவருக்கு கிட்ட 180 Hz அதிர்வெண்ணுடைய ஓர் ஒலிமுதல் வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒலிமுதலிலிருந்து கவரை நோக்கிச் செல்லும் ஒரு மனிதனுக்கு ஒலிச்செறிவில் ஓர் ஆவர்த்தன ஏற்ற இறக்கத்தைக் காணமுடிகிறது. ஒலியின் வேகம் 360 மீற்றர்/செக். ஆயின், இரு அடுத்தடுத்துள்ள தாழ்ந்த செறிவுள்ள ஒலி கேட்கும் இடங்களுக்கிடையேயுள்ள தூரம் என்ன?
- (i)  $\frac{3}{4}$  (ii) 4 (iii) 1 (iv) 2 (v)  $\frac{1}{2}$

2. ஒரு 510 Hz அதிர்வெண்ணுடைய ஒலிமுதல் ஓர் அவதானியை நோக்கி 50 மீற்றர்/செக். வேகத்தில் இயங்குகின்றது. ஒலியின் வேகம் 350 மீற்றர்/செக். ஆகும். அவதானி கேட்கும் சுருதியின் அதிர்வெண்,
- (i) 595 (ii) 437 (iii) 206 (iv) 510 (v) 400
3. ஒரு 600 Hz அதிர்வெண்ணுடைய ஒலிமுதல் ஓர் அவதானியை விலகி 70 மீற்றர்/செக். வேகத்தில் இயங்கின் கேட்கும் சுருதியின் அதிர்வெண் என்ன? ஒலியின் வேகம் 350 மீற்றர்/செக். ஆகும்.
- (i) 720 (ii) 400 (iii) 550 (iv) 500 (v) 600
4. ஒலியின் வேகம்  $v$  எனவும் ஒலிமுதலின் வேகம்  $\frac{v}{2}$  எனவும் கொண்டு ஒலிமுதல் நிலையான அவதானியை நோக்கிச் செல்லும் பொழுதும் அவன் கேட்கும் சுருதிக்கும் விலகிச் செல்லும் பொழுதும் அவதானி கேட்கும் சுருதிக்கும் உள்ள விகிதம்
- (i)  $\frac{3}{4}$  (ii)  $\frac{4}{3}$  (iii) 4 (iv) 3 (v)  $\frac{3}{2}$
5. (a) ஒலியின் வேகம் 340 மீற்றர்/செக். ஒலிமுதலின் வேகம் 40 மீற்றர்/செக். அவதானியின் வேகம் 60 மீற்றர்/செக். ஒலிமுதலின் அதிர்வெண் 450. ஒன்றையொன்று அணுகும்பொழுது தோற்ற அதிர்வெண்
- (i) 500 (ii) 600 (iii) 550 (iv) 450 (v) 400
- (b) ஒலியின் வேகம் 340 மீற்றர்/செக். ஒலிமுதலின் வேகம் 60 மீற்றர்/செக். அவதானியின் வேகம் 40 மீற்றர்/செக். ஒலிமுதலின் அதிர்வெண் 600. ஒலிமுதலும் அவதானியும் விலகிச் செல்லும்பொழுது தோற்ற அதிர்வெண்
- (i) 300 (ii) 400 (iii) 360 (iv) 800 (v) 450

### வினாக்கள்

1. இசைக்கவரொன்றின் அதிர்வெண்ணைத் துணியைத் தரிக்கான விழுந்தட்டு முறையை விவரிக்க. இதன் கொள்கையையும் தருக. இப்பரிசோதனையில் அடுத்தடுத்துவரும் 25 அலைகளுடைய நீளங்கள் முறையே 9.85 உம் 14.1 சமீ. யுமாகும். பரிசோதனை மீளும் செயற்பொழுது அதே அலைகளின் நீளங்கள் முறையே 9 உம் 13 சமீ. யுமாகும். ஒவ்வொரு பரிசோதனைக்கும் இசைக்கவருக்குப் பெற்ற அதிர்வெண்ணைத் தருக.

[விடை: 380 சக்/செக்., 391 சக்/செக்.]

2. சுழனிகைகாட்டி முறையால் இசைக்கவரொன்றின் அதிர்வெண்ணைக் காணும் முறையை விவரிக்க. கணிப்புக்களையும் தருக.  
40 சம இடைவெளிக்கு குற்றுக்களைக் கொண்ட ஒரு வட்டத்தட்டை, அதிர்வெண் செக்கனுக்கு 300 சக்கரங்களையுடைய இசைக்கவரினாடு சுழனிகைகாட்டியின் வழியே பார்க்கும்பொழுது குற்றுக்கள் ஒவ்வொரு செக்கனுக்கு 2 குற்றுக்கள் வீதம் பார்க்கும் கோட்டை (viewing line) கடக்கின்றன. தட்டின் அதி குறைந்த சுழற்சி வீதம் என்ன?  
[விடை: 14.95 சுழற்சி/செக்.]
3. விழுந்தட்டு முறையில் 10 அலைகளைக்கொண்ட அடுத்தடுத்த அலைத்தொடர்களின் நீளங்கள் முறையே 6.54 உம் 3.32 சமீ. யுமாகும். இசைக்கவரின அதிர்வெண்ணைக் காண்க. இம் முறையால் பெறும் பெறுமானம் ஏன் அண்ணளவானது?  
[விடை: 174 Hz]
4. இசைக்கவரொன்றின் அதிர்வெண்ணைத் துணிவதற்கான சுழனிகைகாட்டி முறையை விவரிக்க.  
இத்தகைய பரிசோதனையில் அட்டையிலுள்ள குற்றுக்கள் நிலையாக நிற்காததோற்றம் கட்டத்தில் அட்டையின் சுழற்சிக்கு நிமிடத்திற்கு 480 ஆகும். அட்டையின் பரிதியைச் சுற்றியிருக்கும் குற்றுக்களின் எண்ணிக்கை 60. இசைக்கவரின் அதிர்வெண்ணைக் கணிக்க.  
[விடை: 240 Hz]
5. தொப்பினர் வினாவு என்றால் என்ன?  
ஒர் எஞ்சினது சீட்கைக் குழலின் அதிர்வெண் 550 ஆகும். புகையிரத மேடையில் நிற்கும் அவதானி கேட்கும் தோற்ற அதிர்வெண்ணை (a) எஞ்சின் 60 மைல்/மணி வேகத்தில் அணுகும் பொழுதும் (b) அதே வேகத்தில் கடந்து விலகிச் செல்லும் பொழுதும் காண்க. ஒலியின் வேகம் = 1120 அடி/செக்.  
[விடை: (a) 597 (b) 510 செக்]
6. தொப்பினர் வினாவை விவரிக்க;  
ஒரு புகையிரத எஞ்சின் குகைப் பாகையொன்றை அணுகும் பொழுது சீட்கைக் குழலை ஊதுகின்றது. அப்பொழுது இவ்வொலி குகைப்பாகை முகப்பில் பட்டுத் தெறித்து வருகின்றது. புகையிரதம் 45 மைல்/மணி வேகத்தில் செல்லின் எஞ்சினோட்டியால் கேட்கப்படும் தெறித்துவரும் ஒலியினதும் நேரடியாக வரும் ஒலியினதும் சார்பு அதிர்வெண்கள் என்ன? (ஒலியின் வேகம் = 1100 அடி/செக்.)  
[விடை: 53:47]

7. இரு சீட்கைக் குழல்கள் செக்கனுக்கு 548 உம் 552 அதிர்வெண்களுடன் ஒலிக்கின்றன. அவ்விரு குழல்களின் நேர்கோட்டில் ஒரு மனிதன் குறைந்த சுருதியுள்ள குழலை நோக்கி 5 அடி/செக் வேகத்தில் செல்கின்றான்; ஒலியின் வேகம் 1100 அடி/செக்; ஆயின் அவன் கேட்கும் அடிப்பதிர்வெண் என்ன?  
[விடை: 1 அதிர்/செக்.]

8. ஒர் எஞ்சின் 444 அதிர்வெண்ணுடைய சுரத்தை ஒலிக்கின்றது; காற்றானது 60 மைல்/மணி வீதம் எஞ்சினிலிருந்து ஒலியைப் பெறும் அவதானியை நோக்கி வீசுகின்றது. அவதானியால் கேட்கப்படும் சுரத்தின் அதிர்வெண்ணை எஞ்சின் (a) நிலையாக நிற்கும்பொழுது (b) 60 மைல்/மணி கதியில் அவதானியை நோக்கி இயங்கும்பொழுது கணிக்க. ஒலியின் வேகம் 1110 அடி/செக்.  
[விடை: 444, 481/செக்.]

### பிழை திருத்தம்

பக்கம்	பிழை	திருத்தம்
49 — 4-ம் வரி	கூடவும்	குறையவும்
49 — 6-ம் வரி	இழிவாகவும்	உயர்வாகவும்

தேர்வு வினாக்களின் விடைகள்

ஒலியியல்

ஒலியியல்

அத்தியாயம் 2	(1) iv	(2) i	(3) ii	(4) v	(5) iv	(6) iii
	(7) i	(8) ii	(9) i	(10) v	(11) ii	(12) iii
அத்தியாயம் 3	(1) iii	(2) ii	(3) i	(4) iv	(5) iv	(6) v
	(7) v	(8) i	(9) v	(10) iii	(11) i	(12) i
அத்தியாயம் 4	(1) iv	(2) ii	(3) v	(4) i	(5) iv	(6) iii
	(7) ii	(8) ii	(9) i			
அத்தியாயம் 5	(1) ii	(2) v	(3) ii	(4) i	(5) ii	(6) ii
	(7) iii	(8) i	(9) iii			
அத்தியாயம் 6	(1) ii	(2) ii	(3) i	(4) iv	(5) ii	(6) iv
	(7) ii	(8) iii	(9) iv	(10) iii		
அத்தியாயம் 7	(1) v	(2) v	(3) D, C, B, E, A	(4) ii	(5) iii	
	(6) i	(7) ii	(8) iii	(9) iv		
அத்தியாயம் 8	(1) ii	(2) iii	(3) iv	(4) v	(5) iv	(6) i
	(7) ii	(8) ii	(9) iv	(10) v		
அத்தியாயம் 9	(1) iii	(2) ii	(3) i	(4) iv	(5) ii	(6) v
	(7) i	(8) iv	(9) iv	(10) iii		
அத்தியாயம் 10	(1) iv	(2) i	(3) ii	(4) ii	(5) iii	(6) iv
	(7) v	(8) iv	(9) iii			

அத்தியாயம் 14	(1) iii	(2) i	(3) ii	(4) i		
அத்தியாயம் 15	(1) iii	(2) iv	(3) ii	(4) v	(5) i	(6) iii
	(7) ii	(8) i	(9) v	(10) ii		
அத்தியாயம் 16	(1) iii	(2) ii	(3) v	(4) v	(5) i	(6) iii
	(7) iii	(8) ii	(9) iv			
அத்தியாயம் 17	(1) iv	(2) i	(3) ii	(4) iv	(5) iv	(6) ii
	(7) i	(8) v	(9) ii	(10) iii	(11) i	(12) v
	(13) ii	(14) i	(15) ii	(16) i	(17) v	(18) ii
	(19) iii	(20) ii	(21) iii	(22) i	(23) ii	
அத்தியாயம் 18	(1) iii	(2) i	(3) iv	(4) iv	(5) ii	(6) v



---

நாடுகள் அச்சம், அழிப்பானம்.