

அலகு-II

ஒலி (Sound)

1. சீரிசை இயக்கம் (Simple Harmonic Motion)

முன்னுரை

ஒரு பொருள் அதிர்வுறும்போது, அதைச் சூழ்ந்துள்ள ஊடகமும் அதிர்வுறுகின்றது. அதிர்வுறும் பொருளின் அதிர்வெண் 20-விலிருந்து 20,000-வரை அமையின், அதனால் ஏற்படும் அலைவினை நமது செவிகளால் உணரமுடியும். இவற்றையே நாம் ஒலி (sound) எனக் கூறுகிறோம் பொருளின் அதிர்வு சீரிசை இயக்கம் கொண்டிருக்கும்.

சீரிசை இயக்கம்

சமகால இடைவெளியில் மாறிமாறி இயங்கும் இயக்கத்தை

காலவடிவியக்கம்

என்பர். காலவடி

இயக்கத்தை

சீரிசை இயக்கம்

என்பர். காலவடி

இயக்கத்திலுள்ள

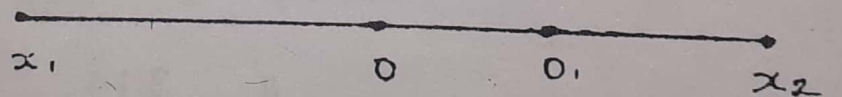
துகள் ஒரே

பாதையில்

முன்னும்

பின்னும்

நகர்ந்தால், இவ்வியக்கத்தை அலைவியக்கம் என்பர். சீரிசை இயக்கம் கொண்டுள்ள துகள் ஒரு புள்ளியை மையமாகக் கொண்டு இயங்கும். இப்புள்ளியை சமநிலைப் புள்ளி என்பர். படம் 2-1-ல் துகளானது x_1, x_2 ஆகியவற்றிற்கிடையே O -ஐ மையமாகக் கொண்டு இயங்குகிறது.



படம் 2-1

2m (4) 21

ஒரு துகளானது ஓர் நேர்கோட்டில் இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் போது, அதன் முடுக்கமானது எப்போதும் நடுநிலைப் புள்ளியை நோக்கியும், அதன் முடுக்கம் நடுநிலைப் புள்ளியிலிருந்து துகள் பெறும் இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர் விகிதத்திலும் அமையுமாயின் இவ்வியக்கத்தை சீரிசை இயக்கம் என்பர்.

x_1, x_2 - என்ற நேர்கோட்டில் இயங்கும் துகளினைக் கருதுவோம். O -நடுநிலைப் புள்ளி. ஏதாவது ஒரு நேரம் t -ல் துகள் O_1 -ல் இருப்பதாக கொள்வோம். $OO_1 = x$. துகள் சீரிசை இயக்கம் கொண்டிருப்பதால், துகள் பெறும் முடுக்கம் இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர் விகித்தில் அமையும்.

$$\therefore \frac{d^2 x}{dt^2} \propto -x$$

$$\text{or } \frac{d^2 x}{dt^2} = -\omega^2 x \dots (1)$$

இங்கு ω ஒரு மாறிலி. எதிர் குறி இடப்பெயர்ச்சியும் முடுக்கமும் ஒன்றிற்கொன்று எதிர்த் திசையில் உள்ளது என்பதைக் காட்டுகிறது.

$$\therefore \frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = 0 \dots (2)$$

இதுவே சீரிசை இயக்கத்திற்கான சமன்பாடாகும்.

O_1 -ல் துகளின் திசைவேகம் v எனில்

$$\text{முடுக்கம்} = \frac{dv}{dt}$$

$$\therefore \frac{dv}{dt} = -\omega^2 x$$

$$\text{ie } \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = -\omega^2 x$$

$$\therefore v \frac{dv}{dx} = -\omega^2 x$$

$$\therefore v dv = -\omega^2 x dx \dots (3)$$

சமன்பாடு (3) ஐ தொகையாக்கம் செய்ய

$$v^2 = -\omega^2 x^2 + C \dots (4)$$

இங்கு C என்பது தொகையாக்க மாறிலி.

x ன் மதிப்பு அதிகமாகும்போது V- ன் மதிப்பு குறைகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட இடப்பெயர்ச்சியில் V- ன் மதிப்பு சுழியாகிறது. இப்போது துகளின் இயக்கம் நின்றது. x_2 -என்பது இப்புள்ளி எனக் கொள்வோம்.

$Ox_2 = a$, காலம் x_2 -விலிருந்து கணக்கிடப்படுவதாகக் கொள்வோம்.

$$\therefore t=0 \text{ எனின், } x=a, v=0$$

இம்மதிப்பினைச் சமன்பாடு (4)-ல் பதிலீடு செய்ய

$$C = \omega^2 a^2 \dots (5)$$

சமன்பாடு (5)-ஐ சமன்பாடு (4)-ல் பதிலீடு செய்ய

$$v^2 = -\omega^2 x^2 + \omega^2 a^2$$

$$\therefore v = \pm \omega \sqrt{a^2 - x^2} \dots (6)$$

எனவே துகள் பெரும் இடப்பெயர்ச்சி அடைந்த நிலையில் திசைவேகம் சுழியாகும். பெரும் இடப்பெயர்ச்சியை வீச்சு என்பர். துகள் நடுநிலைப் புள்ளியில் இருக்கும்போது திசைவேகம் பெரும்மாகும்.

மேலும்

$$v = \frac{dx}{dt} = -\omega \sqrt{a^2 - x^2}$$

$$\therefore -\frac{dx}{\sqrt{a^2 - x^2}} = \omega dt \dots (7)$$

சமன்பாடு (7)-ஐ தொகையாக்கம் செய்ய

$$-\cos^{-1} \frac{x}{a} = \omega t + c \quad \dots (8)$$

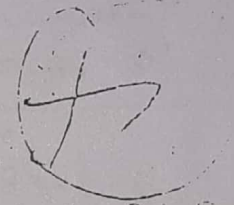
$$t=0 \text{ ல் } x=a \quad \therefore C=0$$

$$\therefore x = a \cos \omega t \quad \dots (9)$$

துகளின் இயக்கம் நடுநிலைப் புள்ளியிலிருந்து தொடங்குவதற்காக
கொண்டதால் $t=0$ ல் $x=0$. இப்போது துகள் அடையும்
இடப்பெயர்ச்சிக்கான கோவை

$$x = a \sin \omega t \quad \dots (10)$$

514
10M
a. சீரிசை இயக்கங்களின் தொகுப்பு
(Composition of two S.H.M)



(a) ஒரு நேர் கோட்டில் செயற்படும் சீரிசை இயக்கங்களின் தொகுப்பு
(along a straight line)

ஒரே நேர் கோட்டில் செயற்படும் சீரிசை இயக்கங்களின்
வீச்சுகள் முறையே a_1, a_2 எனவும், ஆரம்பக் கட்டங்கள் ϕ_1, ϕ_2 எனவும்
கொள்வோம். இவற்றால் துகள் அடையும் இடப்பெயர்ச்சிகள் y_1, y_2
எனக் கொண்டால்,

$$y_1 = a_1 \sin(\omega t + \phi_1) \quad \dots (1)$$

$$y_2 = a_2 \sin(\omega t + \phi_2) \quad \dots (2)$$

இரு இயக்கங்களும் சம அதிர்வெண் கொண்டள்ளன துகளின்
தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி

$$y = y_1 + y_2 \quad \dots (3)$$

$$= a_1 \sin(\omega t + \phi_1) + a_2 \sin(\omega t + \phi_2)$$

$$= a_1 (\sin \omega t \cos \phi_1 + \cos \omega t \sin \phi_1) \\ + a_2 (\sin \omega t \cos \phi_2 + \cos \omega t \sin \phi_2)$$

$$y = (a_1 \cos \phi_1 + a_2 \cos \phi_2) \sin \omega t + (a_1 \sin \phi_1 + a_2 \sin \phi_2) \cos \omega t. \dots (4)$$

$$a_1 \cos \phi_1 + a_2 \cos \phi_2 = A \cos \phi \dots (5) \text{ எனவும்}$$

$$a_1 \sin \phi_1 + a_2 \sin \phi_2 = A \sin \phi \dots (6) \text{ எனவும்}$$

கொள்வோம்.

$$\therefore y = A \cos \phi \sin \omega t + A \sin \phi \cos \omega t$$

$$\therefore y = A \sin(\omega t + \phi) \dots (7)$$

இது சீரிசை இயக்கத்திற்கான சமன்பாடாகும். எனவே இரு சீரிசை இயக்கங்கள் ஒரு நேர் கோட்டில் செயற்படும்போது துகளின் தொகுபயன் இயக்கமும் சீரிசை இயக்கமாகும். இதன் வீச்சு A , கட்டம் ϕ . ஆனால் ஆதிர்வெண் மாற்றமடைவதில்லை.

சமன்பாடு (5), (6) ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தி தொகுபயன் இயக்கத்தின் வீச்சினையும், கட்டத்தையும் கணக்கிடலாம்.

சமன்பாடு (5), (6) ஆகியவற்றின் இருமடி கண்டு கூட்ட

$$A^2 (\cos^2 \phi + \sin^2 \phi) = a_1^2 (\cos^2 \phi_1 + \sin^2 \phi_1) + a_2^2 (\cos^2 \phi_2 + \sin^2 \phi_2) + 2a_1 a_2 (\cos \phi_1 \sin \phi_2 + \cos \phi_2 \sin \phi_1)$$

$$\therefore A^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos(\phi_1 - \phi_2)$$

$$\therefore \text{வீச்சு } A = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos(\phi_1 - \phi_2)} \dots (8)$$

சமன்பாடு (6)-ஐ சமன்பாடு (5)-ஆல் வகுக்க

$$\tan \phi = \frac{a_1 \sin \phi_1 + a_2 \sin \phi_2}{a_1 \cos \phi_1 + a_2 \cos \phi_2} \dots (9)$$

இதுவே தொகுபயன் இயக்கத்தின் கட்டமாகும்.

J 5m

(b) ஒன்றிற்கொன்று செங்குத்துத் திசையில் செயற்படும் சீரிசை இயக்கங்களின் தொகுப்பு (At right angles to each other)

இரு சீரிசை இயக்கங்கள் x, y அச்சத் திசைகளில் செயற்படுவதாகக் கொள்வோம். இதனால் துகள் அடைய இடப்பெயர்ச்சியை கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டால் குறிக்கலாம்

$$x = a \sin \omega t \quad \dots (1)$$

$$y = b \sin(\omega t + \phi) \quad \dots (2)$$

இங்கு a, b என்பவை முறையே இரு இயக்கங்களின் வீச்சு ϕ என்பது கட்ட வேறுபாடு.

சமன்பாடு (1)- லிருந்து

$$\frac{x}{a} = \sin \omega t \quad \dots (3)$$

சமன்பாடு (3)-ன் இருமடி கண்டு. இரு பக்கங்களிலும் $\cos^2 \omega t$ -ஐ கூட்ட.

$$\frac{x^2}{a^2} + \cos^2 \omega t = \sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t$$

$$\therefore \frac{x^2}{a^2} + \cos^2 \omega t = 1$$

$$\therefore \cos \omega t = \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} \quad \dots (4)$$

சமன்பாடு (2) லிருந்து

$$\frac{y}{b} = \sin(\omega t + \phi)$$

$$= \sin \omega t \cdot \cos \phi + \cos \omega t \cdot \sin \phi \quad \dots (5)$$

சமன்பாடு (3), (4) ஆகியவற்றிலிருந்து முறையே $\sin\omega t$, $\cos\omega t$ ஆகியவற்றின் மதிப்பினைச் சமன்பாடு (5)-ல் பதிலீடு செய்ய.

$$\frac{y}{b} = \frac{x}{a} \cos\phi + \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} \sin\phi$$

$$\therefore \frac{y}{b} - \frac{x}{a} \cos\phi = \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} \sin\phi \quad \dots (6)$$

சமன்பாடு (6)-ன் இருமடி காண

$$\frac{y^2}{b^2} - \frac{2xy}{ab} \cos\phi + \frac{x^2}{a^2} \cos^2\phi = \left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right) \sin^2\phi$$

$$\therefore \frac{y^2}{b^2} - \frac{2xy}{ab} \cos\phi + \frac{x^2}{a^2} = \sin^2\phi \quad \dots (7)$$

சமன்பாடு (7) ஓர் நீள் வட்டத்திற்கான சமன்பாடாகும். எனவே தொகுபயன் இயக்கம் நீள்வட்டப்பாதை இயக்கமாக அமையும்.)

நேர்வு 1: $\phi = 0$ எனின் $\cos\phi = 1$, $\sin\phi = 0$ அதாவது இரு இயக்கங்களுக்கிடையே கட்ட வேறுபாடு இல்லை.

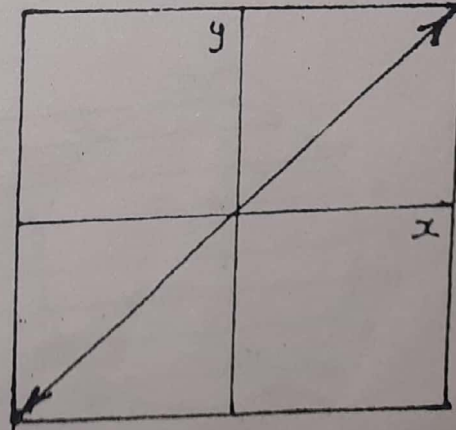
இதனைச் சமன்பாடு (7)-ல் பதிலீடு செய்ய.

$$\frac{y^2}{b^2} - \frac{2xy}{ab} + \frac{x^2}{a^2} = 0$$

$$\therefore \frac{y}{b} - \frac{x}{a} = 0$$

$$\therefore y = \frac{b}{a} x$$

இது ஒரு நேர் கோட்டிற்கான சமன்பாடாகும். எனவே தொகுபயன் இயக்கம் ஒரு நேர் கோடாகும் (படம் 2-2)



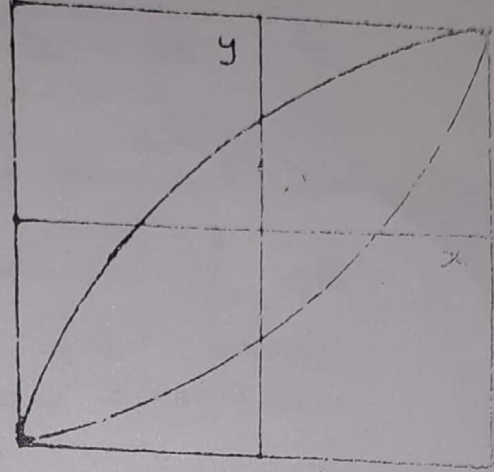
படம் 2-2

நேர்வு 2 : $\phi = \frac{\pi}{4}$ எனின் $\cos\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}$; $\sin\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}$

இதனைச் சமன்பாடு (7)-ல் பதிலீடு செய்ய

$$\frac{y^2}{b^2} - \frac{\sqrt{2} \cdot xy}{ab} + \frac{x^2}{a^2} = \frac{1}{2}$$

இது ஒரு நீள் வட்டத்திற்கான சமன்பாடாகும். எனவே தொகுபயன் இயக்கம் நீள் வட்டமாகும். (படம் 2-3)

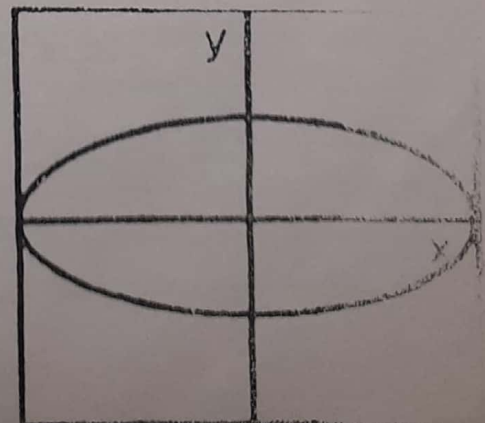
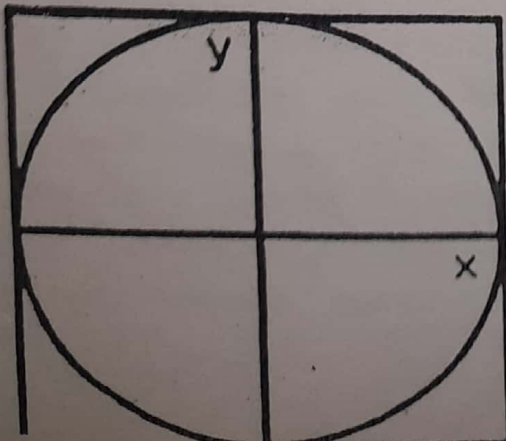


நேர்வு 3 : $\phi = \frac{\pi}{2}$ எனின் $\cos\phi = 0$, $\sin\phi = 1$ இதனைச் சமன்பாடு (7)-ல் பதிலீடு செய்ய

$$\frac{y^2}{b^2} + \frac{x^2}{a^2} = 1$$

இது ஒரு சமச்சீரான நீள் வட்டத்திற்கான சமன்பாடு ஆகும். முதன்மை அச்சம். துணை அச்சம் முறையே x, y அச்சுகளாகப் பொருந்துகிறது.

இரு இயக்கங்களின் வீச்சுகள் சமமாக இருந்தால் அதாவது $a = b$ எனின், $x^2 + y^2 = a^2$. இது ஒரு வட்டத்திற்கான சமன்பாடு ஆகவே தொகுபயன் இயக்கம் ஆரம் a கொண்ட வட்டப் பாதையாகும்.



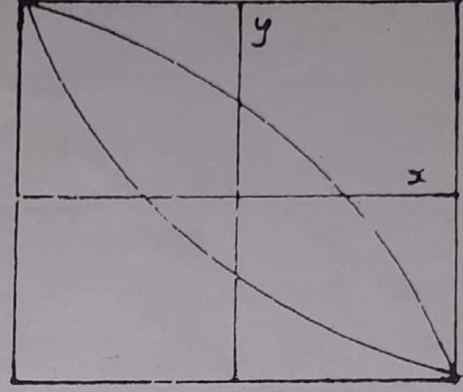
நேர்வு 4 : $\phi = \frac{3\pi}{4}$ எனின் $\cos\phi = \frac{-1}{\sqrt{2}}$; $\sin\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}$

இதனை சமன்பாடு (7)-ல்
பதிலீடு செய்ய

$$\frac{y^2}{b^2} + \frac{\sqrt{2} \cdot xy}{ab} + \frac{x^2}{a^2} = \frac{1}{2}$$

இது நீள்
வட்டத்திற்கான சமன்பாடு.

இது $\frac{\pi}{4}$ ற்கு சாய்ந்திருந்த
திசைக்கு எதிர்த் திசையில்
சாய்ந்திருக்கும் (படம் 2-4)



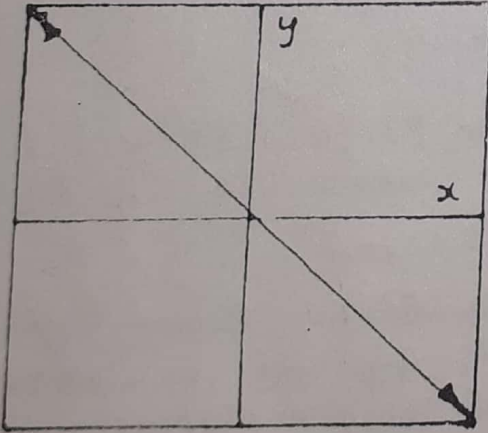
படம் 2-4.

நேர்வு 5 : $\phi = \pi$ எனின் $\cos\phi = -1$, $\sin\phi = 0$

$$\frac{y^2}{b^2} + \frac{2xy}{ab} + \frac{x^2}{a^2} = 0$$

$$\therefore \frac{y}{b} + \frac{x}{a} = 0$$

$$\therefore y = -\frac{b}{a} x$$



படம் 2-5

இது ஒரு நேர்
கோட்டிற்கான சமன்பாடாகும்
(படம் 2-5)

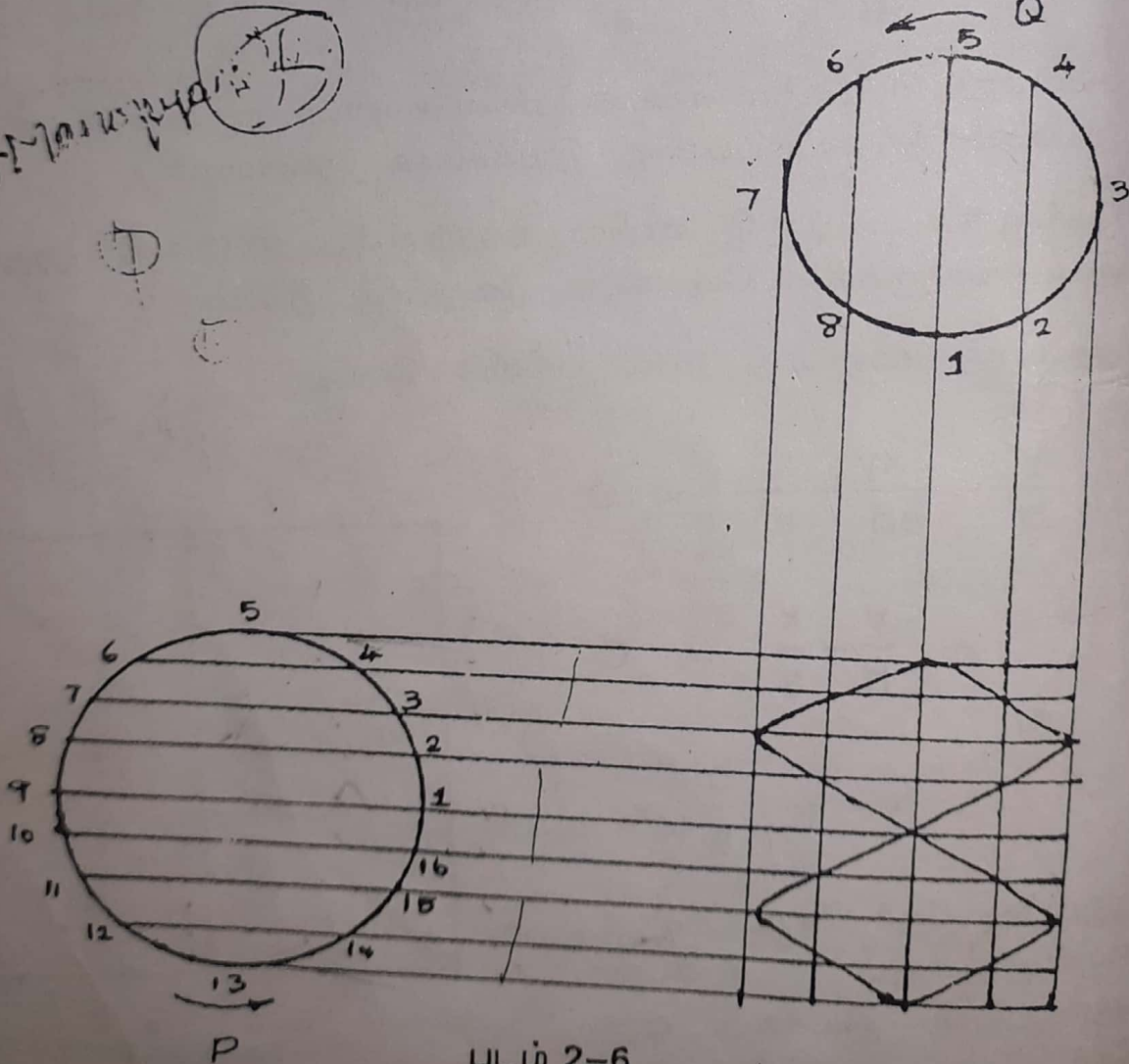
Jom
16/

2. லிசாஜோ படங்கள் (Lissajou's figures)

(ஒரு துகளின்மீது இரு சீரிசை இயக்கங்கள் செங்குத்தாகச் செயற்படும்போது, துகளின் தொகுபயன் இயக்கம் ஒரு குறிப்பிட்ட வளை கோடாக அமையும்) என 1857 ல் லிசாஜோ என்பவர் நடைமுறைப்படுத்திக் காட்டினார். இத்தொகுபயன் இயக்கத்தால் தோன்றும் படங்கள் லிசாஜோ படங்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன.)

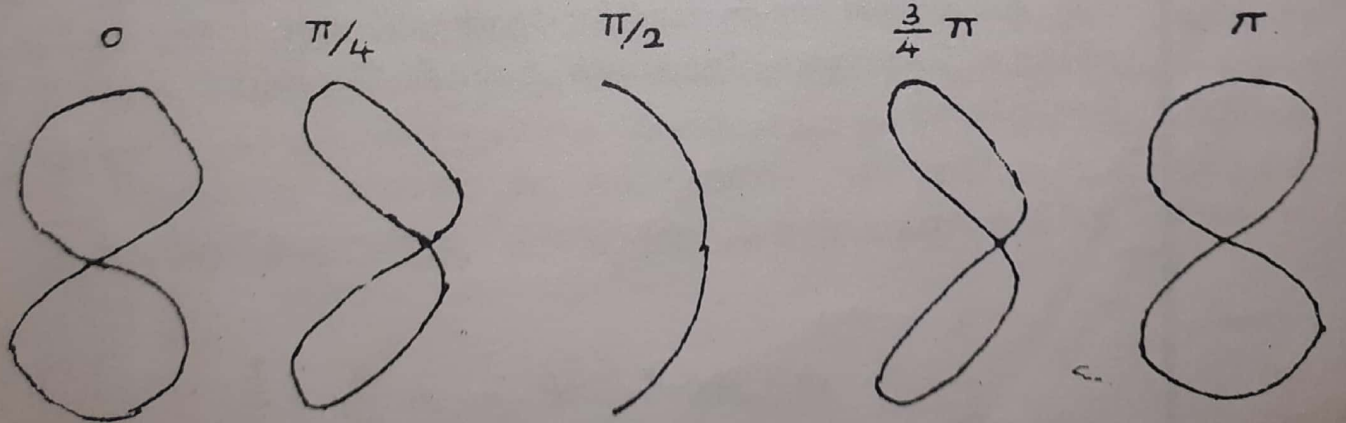
லிசாஜோ படங்களின் தன்மை கீழ்க்கண்ட காரணிகளைச் சார்ந்தது

- (1) அதிர்வுகளின் வீச்சுகள்
- (2) இரு அதிர்வுகளின் அதிர்வெண்கள்
- (3) இரு அதிர்வுகட்கிடையே உள்ள கட்ட வேறுபாடு



x, y திசைகளில் இரு சீரிசை இயக்கங்கள் செயற்படுவதாகக் கொள்வோம். இவற்றின் அதிர்வெண்களின் விகிதம் $2:1$. இவ்விரு இயக்கங்களை O_1, O_2 ஆகியவற்றை மையங்களாகக் கொண்ட வட்ட இயக்கங்களின் வீழ்ச்சிகளாகக் காட்டலாம். வட்டவியக்கம் Q, x திசையிலான இயக்கத்தையும். வட்டவியக்கம் P, y திசையிலான இயக்கத்தையும் விவரிக்கின்றன. அதிர்வெண்ணைச் சார்ந்து P ஒரு முறை சுற்றி வரும் அதே நேரத்தில் Q இரு முறை சுற்றி வரும். எனவே P வட்டத்தை 16 பகுதிகளாகவும் Q வட்டத்தை 8 பகுதிகளாகவும் பிரித்தால், P அதன் வட்டத்தில் 10 என்ற நிலையில் அமையும்போது, Q அதன் வட்டத்தில் ஒரு சுற்றை முடித்துக் கொண்டு மீண்டும் 2-என்ற நிலையில் அமையும். இப்போது துகளின் நிலை $(10-2)$ துகள்களின் வெவ்வேறு நிலைகளை இணைக்கும் கோடு தொகுபயன் இயக்கமாகும். இதுவே லிசாஜோ படமாகும்.

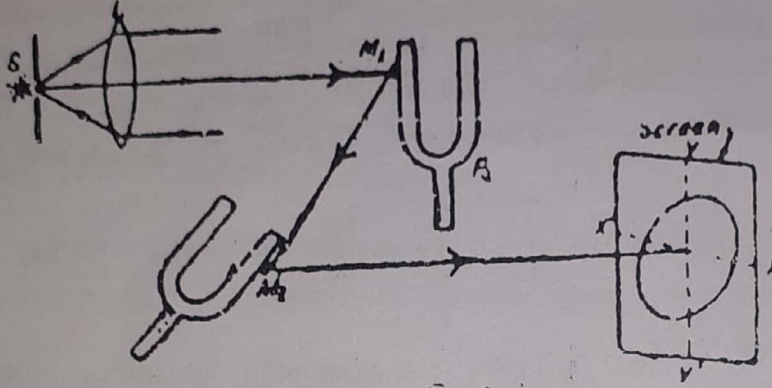
இங்கு இரு சீரிசை இயக்கங்கட்டிடையே கட்ட வேறுபாடு சுழியாகும். இந்நிலையில் இவற்றின் தொகுபயன் இயக்கம் எண் 8 ஐப் போன்று அமையும் கட்டவேறுபாடுகள் இருக்கும் போது படம் 2-7 ல் காட்டியவாறு வடிவங்கள் தோன்றுகின்றன.



N-20

27

லிசாஜோ படம் தோற்றுவித்தல்



படம் 2-8

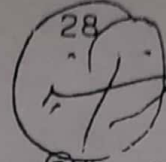
இம்முறை படங்கள் திரையில் தோற்றுவிப்பதற்காக, லிசாஜோவால் அமைக்கப்பட்டது. சோதனை அமைப்பு படம் 2-8-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. F_1, F_2 என்பவை இரு இசைக்கவைகள். இவற்றின் தாடைகளில் முறையே M_1, M_2 என்ற இரு ஆடிகள் (mirrors) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இரு இசைக்கவைகளும் ஒன்றிற்கொன்று செங்குத்தாக அலைவுறுமாறு சரிசெய்யப்பட்டுள்ளது. அதாவது F_1 என்ற இசைக்கவை X-அச்சத் திசையில் அதிர்வடைவதால், F_2 , Y அச்சத் திசையில் அதிர்வடையும் ஒளி மூலம் S லிருந்து வரும் ஒளிக்கற்றை வில்லை L-னைப் பயன்படுத்தி ஆடி M_1 ன் மீது விழச் செய்யப்படுகிறது. பிரதிபலிப்படைந்த கற்றை M_2 -ல் விழுந்து, திரை S-ல் விழுகிறது. இரு இசைக்கவைகளும் அதிர்வுறு நிலையில் திரையில் ஒரு ஒளிப் பொட்டு தோன்றுகிறது.

இசைக்கவை F_1 -ஐ மட்டும் அதிர்வுறச் செய்யும்போது ஒளிப்பொட்டு XX' திசையில் நகர்கின்றது. இசைக்கவை F_2 -ஐ மட்டும் அதிர்வுறச் செய்யும்போது, ஒளிப் பொட்டு YY' திசையில் நகர்கின்றது. இரு இசைக்கவைகளையும் ஒரே நேரத்தில் அதிர்வுறச் செய்யும்போது, திரையில் லிசாஜோ படங்கள் தோன்றுகின்றன. படத்தின் வடிவம் M_1, M_2 ஆகியவற்றின் வீச்சினையும், இசைக்கவைகளின் அதிர்வெண்களையும் இரு அதிர்வுகட்கிடையே உள்ள கட்டவேறுபாட்டினையும் சார்ந்தது.

Sym

2m n-09

விசாஜோ படங்களின் பயன்கள்



(1) அதிர்வெண்களை ஒப்பிடல்: இரு அதிர்வெண்களின் விகிதம் முழு

எண்ணாக இருந்தால் அதாவது $\frac{n_1}{n_2} = 1, 2, 3, \dots$ தோன்றுகின்ற விசாஜோ

படம் நிலையான படமாகும். இந்த நிலையான படத்தினைக் கொண்டு இரு இசைக்கவைகளின் அதிர்வெண்களை ஒப்பிடலாம் விசாஜோ படத்தில் ஏதாவதொரு புள்ளியில் கிடைமட்டக் கோடும், செங்குத்துக் கோடும் வரைய வேண்டும். கிடைமட்டக் கோடு படத்தை m இடங்களிலும், செங்குத்துக் கோடு n இடங்களிலும் வெட்டினால்

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{m}{n}$$

இங்கு T_1, T_2 -ம் n_1, n_2 -ம் முறையே கிடைமட்டத்திலும், செங்குத்திலும் அலைவு காலங்களும், அதிர்வெண்களும் ஆகும்.

∴ X - அச்சத் திசையில் அதிர்வின் அதிர்வெண் } 2m

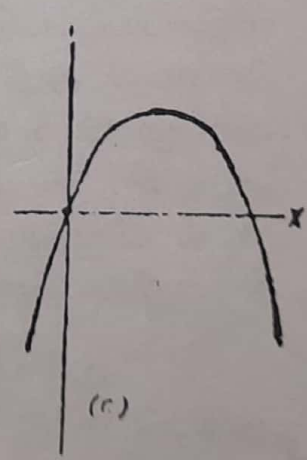
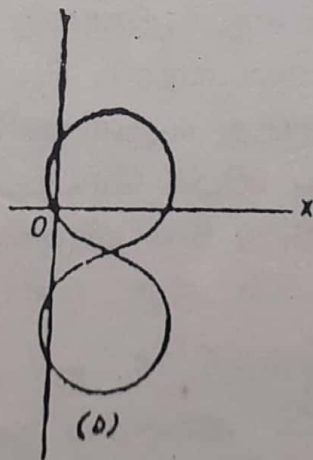
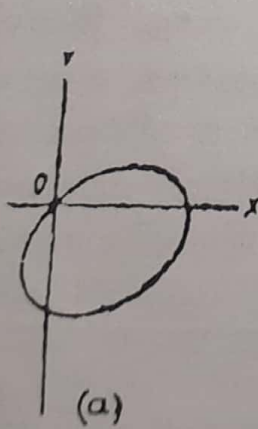
Y - அச்சத் திசையில் அதிர்வின் அதிர்வெண்

கிடைமட்டக்

செங்குத்துக் கோடு வெட்டும் இடங்களின் எண்ணிக்கை

=

கிடைமட்டக் கோடு வெட்டும் இடங்களின் எண்ணிக்கை } 2m
செங்குத்துக் கோடு வெட்டும் இடங்களின் எண்ணிக்கை



எடுத்துக் காட்டாக படம் 2-9 னைக் கருதுவோம். படம் (a) ல் கிடைமட்டக் கோடும். செங்குத்துக் கோடு வளைகோட்டை இரு முனை வெட்டுகிறது. எனவே அதிர்வெண்களின் விகிதம்

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{m}{n} = \frac{2}{2} = 1$$

இதே போல் படம் (b)- ல்

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{4}{2} = 2$$

படம் (c)- ல்

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{2} \quad \int 5M$$

(a) இசைக்கவையின் அதிர்வெண் காணல்

கொடுக்கப்பட்ட இசைக்கவை A-ன் அதிர்வெண் கீழ்க்கண்டவாறு காணலாம். கிட்டத்தட்ட இதற்குச் சமமான அதிர்வெண் கொண்ட இசைக்கவை B- யை எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். இதன் அதிர்வெண் n - எனக் கொள்வோம். A, B ஆகிய இரு இசைக்கவைகளையும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக அதிர்வுறச் செய்வதன் மூலம் விசாஜோ வடிவங்கள் தோற்றுவிக்கவேண்டும். இரு இசைக்கவைகளின் அதிர்வெண் சிறிது மாறுபடுவதால் கட்டம் தொடர்ந்து மாறும். இதனால் பல வடிவங்கள் மாறி மாறித் தோன்றும். ஒரு சுற்று முற்றுப் பெற எடுத்துக் கொள்ளும் நேரத்தைக் கணக்கிடவேண்டும். இதனை t எனக் கொள்வோம்.

$$\therefore A, B \text{ இவைகட்கிடையே உள்ள அதிர்வெண் வேறுபாடு} = \frac{1}{t}$$

$$\therefore A \text{ - ன் அதிர்வெண்} = n \pm \frac{1}{t}$$

இசைக்கவை A- ன் தாடையில் சிறிது மெழுகினை அமைத்து மீண்டும் சோதனையைச் செய்யவேண்டும். இப்போதும் ஒரு சுற்று

முற்று பெறுவதற்கான நேரத்தைக் கணக்கிடவேண்டும். இதனை t எனக் கொள்வோம்.

$t_1 < t$ எனில்

$$A - \text{ன் அதிர்வெண்} = n - \frac{1}{t}$$

$t_1 > t$ எனில்

$$A - \text{ன் அதிர்வெண்} = n + \frac{1}{t}$$

இவ்வாறு இசைக்கவையின் அதிர்வெண் காணலாம்.

3. செவியுணரா ஒலிகள் (Ultrasonics)

முன்னுரை

ஒரு பொருள் அதிர்வுறும்போது ஒலி தோன்றுகிறது. ஒலி அலைகளின் அதிர்வெண் 20HZ லிருந்து 20,000HZ வரை அமையும்போது இவற்றை நம் செவிகளால் உணரமுடியும். இதனை செவியுணர் ஒலி என்பர். $\left[\begin{array}{l} 20 \\ 2m \end{array} \right]$ ஒலியின் அதிர்வெண் 20,000 ஹெர்ட்ஸ்க்கு அதிகமாக உள்ளபோது இதனை நமது செவிகளால் உணரமுடியாது. இவ்வகையான உயர் அதிர்வெண் $\left[\begin{array}{l} 20 \\ 2m \end{array} \right]$ ஒலியை செவியுணரா ஒலி அல்லது மீயொலி (ultrasonic waves or supersonic waves) என்பர். $\left[\begin{array}{l} 20 \\ 2m \end{array} \right]$ இவற்றின் அலை நீளம் மிகக் குறைவாகும். அதிர்வெண் 20,000 ஹெர்ட்ஸ் கொண்ட ஒலியின் அலைநீளம் $2m$

$$\lambda = \frac{c}{\gamma} = \frac{330}{20,000} = 0.0165 \text{ மீட்டர்}$$

இவ்வகையான ஒலிகளை வெளவால் போன்ற பறவைகளால் உணரமுடியும். செவியுணரா ஒலிகளின் அலைநீளம் மிகக் குறைவாததால் இது பல துறைகளில் மிக அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

(a) செவியுணரா ஒலிகள் தோற்றுவித்தல்
(Production of ultrasonic waves)

வழக்கமான முறைப்படி செவியுணரா ஒலிகளைத் தோற்றுவிக்க முடியாது. சாதாரண முறையில் ஒலிப்பானின் இடைத்திரைக்கு மாறுதலை மின்னழுத்தம் கொடுத்து, ஒலி தோற்றுவிக்கப்படுகிறது ஆனால் மிக அதிகமான அதிர்வெண்களில் ஒலிப்பான் சுருளின் தூண்டு விளைவு மிக அதிகமாகும். எனவே இதன் வழியாக மின்னோட்டம் செல்லாது மேலும் ஒலிப்பானின் இடைத்திரை இந்த உயர் அதிர்வெண்ணில் அதிர்வடைய முடியாது. எனவே செவியுணரா ஒலிகள் தோற்றுவிப்பதற்கு வேறு முறைகள் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

தற்காலத்தில் செவியுணரா ஒலிகளைத் தோற்றுவிக்க கீழ்க்கண்ட இரு முறைகளும் வெகுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

(1) காந்தப் பரிமாண மாற்ற அலையியற்றி

(2) அழுத்த மின் துடிப்பான் அலையியற்றி

100 கிலோ ஹெர்ட்ஸ் வரைவினை அதிர்வெண் கொண்ட செவியுணரா ஒலிகளை தோற்றுவிக்க காந்தப் பரிமாண மாற்ற அலையியற்றியும், இதற்கு அதிகமான அதிர்வெண்கொண்ட அலைகளைத் தோற்றுவிக்க அழுத்த மின் துடிப்பான் அலையியற்றியும் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

இந்த பரிமாண மாற்ற அலையியற்றி
(Magnetostriction oscillator)

இம்முறை காந்தப் பரிமாண மாற்ற பண்பினை அடிப்படையாகக் கொண்டது. இரும்பு அல்லது நிக்கல் போன்ற பெரோ காந்தப் பொருள் தண்டினை காந்தப் புலத்தில், இணையாக வைக்கும்போது அதன் நீளத்தில் அதிகரிப்போ அல்லது சுருக்கமோ தோன்றுகிறது நீள மாற்றம் காந்தப் புலத் திசையைச் சார்ந்ததல்ல. இது காந்தப் புலத்தின் அளவினையும், பொருளின் தன்மையையும் சார்ந்தது மாறுதிசை மின்னோட்டம் செல்கின்ற சுருளினுள் தண்டினை வைக்கும்போது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் ஒவ்வொரு அரைச் சுற்றிலும் சுருங்கி விரிகிறது. அதனால் தண்டு அதிர்வுறுகிறது. இதன் அதிர்வெண் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண்ணில் இரு மடங்காகும் பொதுவாக தண்டின் அதிர்வின் வீச்சு மிகக் குறைவாகும். இருப்பினும் மாறுதிசை

மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண் தண்டின் இயல் அதிர்வெண்ணிற்குச் சமமாக இருக்கும்போது, ஒத்ததிர்வு தோன்ற, வீச்சு அதிகமாகிறது. இப்போது தண்டின் முனைகளிலிருந்து ஒலி தோன்றுகிறது. செயற்படுத்தும் அதிர்வெண்ணின் நெடுக்கம் செவியுணரா ஒலியின் அதிர்வெண் நெடுக்கத்தில் அமையும்போது, தண்டு செவியுணரா ஒலியைத் தோற்றுவிக்கிறது.

செவியுணரா ஒலியைத் தோற்றுவிப்பதற்கான சோதனை அமைப்பு படம் 2-10 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. நிக்கல் தண்டு அதன் அமைப்பில்

நன்றாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

ஆரம்பத்தில் சுருளின் வழியாக

நேர்மின்னோட்டம் செல்லுத்தி

நிலையான காந்தமாக்கப்படுகிறது.

L_1, L_2 என்ற இரு சுருள்கள் படத்தில்

காட்டியவாறு தண்டின் மீது

சுற்றப்பட்டுள்ளது.

சுருள் L_2 வால்வின் ஆனோடு

சுற்றுடனும், சுருள் L_1 கிரிட் சுற்றுடனும்

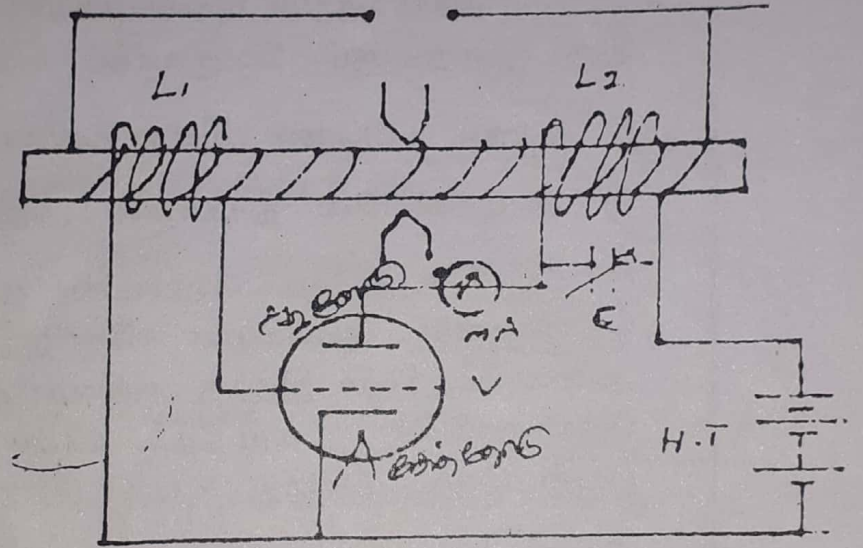
இணைக்கப்பட்டுள்ளது. சுருள் L_2 உடன் இணையாக இணைக்கப்பட்டுள்ள

C-ன் மின்தேக்கி மின்தேக்குத் திறனை மாற்றி அலையியற்றியின் அதிர்வெண் சரிசெய்யப்படுகிறது.

ஆனோடு சுற்றின் அதிர்வெண் தண்டின் இயல் அர்வெண்ணிற்குச் சமமாக இருக்கும்போது, சுற்றியுள்ள ஊடகத்தில் ஒத்ததிர்வு தோன்றுகிறது.

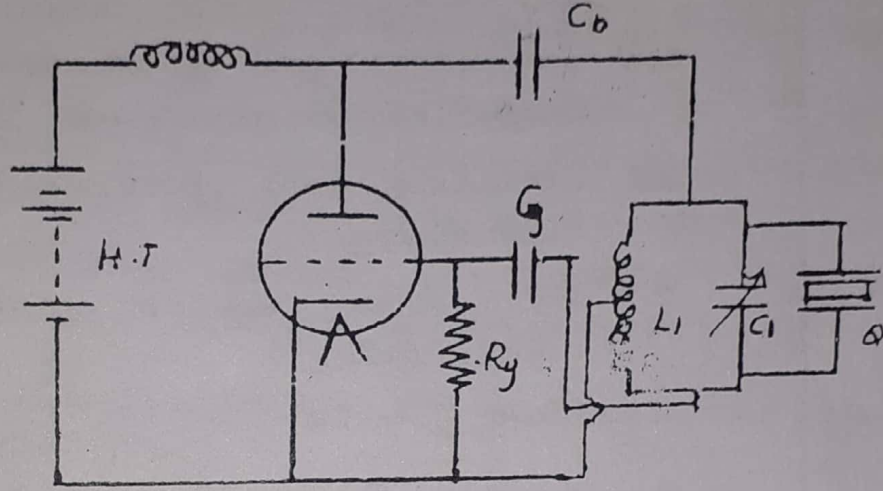
சுருள் L_1 ன் பிணைப்பு காரணமாக அதிர்வு நிலைநிறுத்தப்படுகிறது. தண்டின் அதிர்வு கீழ்க்கண்டவாறு நிலைநிறுத்தப்படுகிறது.

சுருள் L_2 ன் வழியாக செல்லும் ஆனோடு மின்னோட்டம் மாறும்போது, தண்டின் சந்தச் செறிவு மாறுகிறது இதனால் தண்டின்



படம் 2-10

(natural frequency) சமமாக இருக்கும்போது, படிகம் பெரும வீச்சுடன் அதிர்வுறுகிறது. இப்பண்பு செவியுணரா ஒலி தோற்றுவிப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. வால்வு அலையியற்றியைப் பயன்படுத்தி மாறு மின்னழுத்த வேறுபாடு பெறப்படுகிறது.



படம் 2-11

சோதனை அமைப்பு படம் 2-11 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஹார்ட்லி அலையியற்றியைப் பயன்படுத்தி பெறப்பட்ட உயர் அதிர்வெண் மாறுதிசை மின்னழுத்தம் படிகத்திற்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. ஹார்ட்லி சுற்றில் இசைவு செய்யப்பட்ட அலைவு சுற்று உள்ளது. (மின் நிலைமம் L_1 ம் மாறு மின்தேக்கி C_1 ம் இணையாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது) இசைவு சுற்றின் ஒரு முனை வால்வின் ஆனோடுடனும், மறு முனை கிரிட்ட்டுடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. வால்வின் கேதோடு சுருள் L_1 ன் மையத்தில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. படிகம் Q_1 மாறு மின்தேக்கி C_1 ற்கு இணையாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

கிரிட் கசிவு மின்தடை (grid leak resistance) R_g -ஐயும் மின்தேக்கி C_g -ஐயும் பயன்படுத்தி கிரிட்டிற்கு தகுந்த சார்பு மின்னழுத்தம் தரப்படுகிறது. ரேடியோ அதிர்வெண் சோக் வழியாக ஆனோட்டிற்கு d.c மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுகிறது. ரேடியோ அதிர்வெண் சோக் ரேடியோ அதிர்வெண் மின்னோட்டத்தை உயர் அழுத்த மின்மூலத்திற்கு செல்லவிடாமல் தடுக்கிறது. C_b என்ற தடுப்பு மின்தேக்கி (blocking capacitor) நேர் மின்னோட்டத்தை தொட்டிச் சுற்றிற்கு (tank circuit) செல்லவிடாமல் தடுத்து, ரேடியோ அதிர்வெண் மின்னோட்டத்தை மட்டும்

கடத்துகிறது. மாறு மின்தேக்கி C_1 ன் மின் தேக்குத் திறனைச் சரிசெய்து அலையியற்றியின் அதிர்வெண் படிக்கத்தின் இயல் அதிர்வெண்ணின்றி சமமாக இருக்குமாறு செய்யப்படுகிறது. இப்போது படிக்கம் இயந்திர அதிர்விற்கு உட்பட்டு செவியுணரா அலைகள் தோன்றுகின்றன. தோன்றுகின்ற செவியுணரா ஒலியின் அதிர்வெண் 500 கிலோ ஹெர்ட்ஸ் வரை அமையும். டீர்மலைன் படிக்கத்தைப் பயன்படுத்தி 15×10^7 ஹெர்ட்ஸ் வரையிலான அலைவுகளைத் தோற்றுவிக்கலாம்.

JSM

SM.

SM
2m

b. செவியுணரா ஒலிகளின் பண்புகள் (Properties of ultrasonic waves)



1. செவியுணரா ஒலியின் அதிர்வெண் 20,000 ஹெர்ட்ஸ்க்கு அதிகமாகும்.
2. இவை அதிகமான ஆற்றல் கொண்டது. JSM
3. செவியுணரா ஒலி செல்கின்ற வேகம் இவற்றின் அதிர்வெண்ணை சார்ந்தது. அதாவது அதிர்வெண் அதிகமாகும்போது வேகம் அதிகமாகிறது.
4. இவற்றின் அலைநீளம் குறைவாக இருப்பதால் இவை புறக்கணிக்கத்தக்க விளிம்பு விளைவினைக் காட்டுகிறது.
5. செறிவான செவியுணரா அலைகள் திரவங்களின் வழியாக செல்லும்போது குமிழ்களைத் தோற்றுவிக்கிறது.
6. செவியுணரா ஒலிகளும் சாதாரண ஒலி போன்று எதிரொலித்தல் ஒலி விலகல், உட்கவரல் போன்ற பண்புகள் கொண்டுள்ளன.
7. செவியுணரா ஒலிகளை திரவத்தின் வழியாகப் பரவச் செய்வது போது மறு முனையில் எதிரொலித்த அலையின் காரணத்தால் நிலையலைகள் தோன்றுகின்றன. ஒலி செல்லக்கூடிய திரவத் திரவத்தின் அடர்த்தி அடுக்கிற்கு அடுக்கு மாறுபாடுகிறது. இவை சமதள விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி தோன்றுகிறது. இது விளிம்பு விளைவிற்கு உட்படுத்தும்.
8. இவை எளிதில் உட்கவரப்பட்டு விடுகின்ற காரணத்தால் இவை நெடுந்தொலைவிற்கு அனுப்பமுடியாது.

செவியுணரா ஒலியின் பயன்கள்
(Application of ultrasonic waves)

1. விமானம், நீர்மூழ்கிக் கப்பல், போன்றவற்றைக் கண்டு பிடித்தல்.
செவியுணரா ஒலியின் அதிர்வெண் மிக அதிகமாக இருப்பதால் இவற்றைப் பயன்படுத்தி விமானம், நீர்மூழ்கிக் கப்பல் கடலில் மிதக்கும் பெரிய பனிக்கட்டிகள் போன்றவற்றைக் கண்டுபிடிக்கலாம். உயர் அதிர்வெண் அலைகள் தோற்றுவித்து நீரின் வழியாக செலுத்தப்படுகிறது இவ்வலைகள் நீரில் உள்ள பொருள்களில் பட்டு எதிரொலிக்கின்றன எதிரொலித்த அலைவினை குவார்ட்ஸ் ஏற்பி கொண்டு கண்டுபிடிக்கலாம் இதனை இதிலிருந்து பொருள் என்ன என்பதைக் கண்டுபிடிக்கலாம். இதனை சோனார் (sonar) என்பர். (Sound navigation and ranging)

2. கடலின் ஆழம் காணல் : சோனாரில் சில மாற்றங்கள் செய்யப்பட்டதே எதிரொலிமானி (Echometer). உயர் அதிர்வெண் அலைவு தோற்றுவித்து கடலின் தரையை நோக்கி செலுத்தப்படுகிறது. கடலின் அடிப்பகுதியில் பட்டு திரும்பி வரும் அலைவினை ஒரு ஏற்பி ஏற்கிறது இது திரும்பி வருவதற்கான நேரத்தைக் கணக்கிடலாம். நீரில் ஒலியின் திசைவேகம் தெரிவதால் $v = \frac{\text{velocity}}{2}$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி கடலின் ஆழம் கணக்கிடப்படலாம்.

3. கடலில் கப்பல்கட்கிடையேயும், ஆகாயத்தில் விமானங் கட்கிடையேயும் செய்திகள் அனுப்பிக் கொள்ள செவியுணரா அலைகள் பயன்படுகிறது.

4. உலோகங்களில் உள்ள கீறல் : உலோகங்களின் உட்பகுதிகளில் கண்ணுக்குத் தெரியாத கீறல், வெற்றிடம் ஆகியவற்றை செவியுணரா ஒலி கொண்டு கண்டறியலாம். வெற்றிடமோ அல்லது கீறலோ உள்ள உலோகத்தின் வழியாக செவியுணரா ஒலியைச் செலுத்தும்போது, எதிரொலிப்பு ஏற்படுகிறது. உலோகத்தின் பின் பரப்பிலும் எதிரொலிப்பு ஏற்படுகிறது. எதிரொலிப்படைந்த துடிப்புகள் ஏற்பானால் ஏற்று அதனைப் பெருக்கி கீறல்கள் இருப்பதை அறியலாம்.

5. தொழில் துறையில்

a. கண்ணாடி எஃகுத் தகடு மற்றும் உலோகத் தகடுகளிலும் செவியுணரா ஒலியைப் பயன்படுத்தி எளிதாகத் துளையிடலாம்.

- b. கார், கேமரா போன்றவை தயாரிக்கும்போது அவற்றில் உள்ள பல்பு தூசி போன்றவற்றை செவியுணரா ஒலி கொண்டு சுத்தம் செய்யலாம்.
- c. துணிகளைத் துவைப்பதற்குப் பயன்படுகிறது.
- d. செவியுணரா ஒலிகள் உலோகங்களைப் பற்ற வைப்பதற்குப் பயன்படுகிறது.

6. வேதியியல் துறையில்

- a. செவியுணரா ஒலி கிரியா ஊக்கியாகப் பயன்படுகிறது. இவை வேதியியல் செயற்பாட்டினை விளரவாக்குகிறது.
- b. புகைப்படத் தகடு முகப்பைசை (snow) போன்றவை தயாரிக்கப் பயன்படுகிறது.
- c. சிறிய சீரான படிகங்கள் தயாரிக்க செவியுணரா ஒலி பயன்படுத்தப்படுகிறது.

7. உயிரியல் துறையில்

- a. உருளைக் கிழங்குச் செடிகட்கு செவியுணரா ஒலி கொடுக்கப்படும் போது மகசூல் அதிகமாகிறது.
- b. கிருமிகளை கொல்லப் பயன்படுகிறது.
- c. செவியுணரா ஒலியைப் பயன்படுத்தி பாலினை (milk) சீக்கிரம் பதனிடலாம்.

8. மருத்துவத் துறையில்

செவியுணரா ஒலி மருத்துவத் துறையில் மிக அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

- a. உடலில் தோன்றும் வலிகளை நீக்குவதற்கு செவியுணரா ஒலி வலி நிவாரணியாகப் பயன்படுகிறது.
- b. மரத்துப் போன விரல்கள் மீது செவியுணரா ஒலியை விழச் செய்தால் அப்பகுதி உடனே பழைய நிலைக்கு வருகிறது.
- c. பற்களை பிடுங்குவதற்கு செவியுணரா ஒலிகள் பயன்படுகிறது.
- d. செவியுணரா ஒலி இரத்தமில்லா அறுவைச் சிகிச்சைக்குப் பயன்படுகிறது. செவியுணரா அலையைக் கூர்மையாக்கி அகற்றப்பட வேண்டிய தசையில் செலுத்தி அதனை எளிதில் நீக்கலாம். மூளை அறுவை சிகிச்சையிலும், கண் அறுவை சிகிச்சையிலும் இது பயன்படுகிறது.

J m m

3. கட்டிட ஒலியியல் (Acoustics of Building)

கட்டிடங்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட செயலுக்காகக் கட்டப் படுகின்றன. அவை அவற்றிற்குத் தகுந்தவாறு அமைய வேண்டும் நல்ல ஒலிப்பண்புடன் அமைய கட்டிடம் எவ்வாறு அமைக்கப்பட வேண்டும் என்பதைப் பற்றி படிக்கப்படும் இயற்பியல் கட்டிட ஒலியியல் என்பது.

W.C ஸபைன் (W.C Sabin) என்பவர் 1911 ல் கட்டிட ஒலியியல் பற்றி விரிவாக ஆராய்ந்தார். தற்காலத்தில் ஒரு திரையரங்கோ அல்லது நாடக அரங்கோ அமைக்கும்போது எவ்வகையான அமைப்புப் பெறவேண்டும் என்பதை அறிந்து கட்டப்படுகிறது. ஒரு நல்ல கலையரங்கம் கீழ்க்கண்ட பண்புகள் பெற்றிருக்கவேண்டும்.

1. அரங்கின் ஒவ்வொரு பகுதியிலும் ஒலி தெளிவாகவும் உரப்பாகவும் கேட்கவேண்டும்.
2. ஒலியின் பண்பு மாறக்கூடாது.
3. அடுத்தடுத்த ஒலிகள் தனித்தனியாகவும் ஒன்றோடொன்று குறுக்கிடாமலும் இருக்கவேண்டும்.
4. தேவையான எதிரொலி தவிர மற்றவை இருக்கக்கூடாது.
5. ஒரு பகுதியில் ஒலி குவிதலும் மற்றப் பகுதில் ஒலி இன்றியும் இருக்கக்கூடாது.
6. வெளி இரைச்சல்கள் கலக்காதவாறு அமைக்க வேண்டும்.
7. அளவுக்கு மீறிய எதிர் முழக்கம் (reverberation) இருக்கக் கூடாது.

d. நல்ல கலை ராங்கிற்கு தேவையானவை

பெரிய ஒலிப் பலகைகளைப் பேசுவருக்கு பின்பாக அமைத்து கலையரங்கில் உள்ளவர்களை நோக்கி அமைக்கும்போது தேவையான ஒலி கிடைக்கிறது. இவ்வாறு அமைப்பதன் மூலம் கேட்பவர்கள் நேரடியான ஒலியைக் கேட்ட 0.05 வினாடியில் எதிரொலிக்கப்பட்ட ஒலியைக் கேட்பார் ஒலியின் திறன் எந்த குழப்பத்தையும் உண்டாக்காது.

நல்ல கலையரங்கில் எதிர் முழுக்க நேரம் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு குறைவாக இருக்க வேண்டும். எதிர் முழுக்கம் இல்லாத கலையரங்கை பாழ் கலையரங்கம் (Dead auditorium) என்பர் திறந்த வெளிக் கலையரங்கங்கள் இவ்வகையைச் சார்ந்ததாகும். எதிர் முழுக்கமில்லா இசை அதன் குளுமைத் தன்மையை இழக்கிறது. ஆகவே எதிர் முழுக்கம் முழுவதும் நீக்குவது விரும்பத் தகாதது ஆனால் நீண்ட நேரத்திற்கு எதிர் முழுக்கமிருந்தால் அரங்கில் உள்ளவர்கள் ஒவ்வொரு காதலையும் பிரித்துணர முடியாது ஆகவே எதிர் முழுக்க நேரத்தைக் குறைக்க வேண்டும். இது ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்குக்-கீழ் குறையக்கூடாது.

கொடுக்கப்பட்ட அரங்கிற்கு எதிர் முழுக்க நேரம் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்புப் பெற பல வழிகளில் உட்கவரல் அதிகமாக்கப்படுகிறது.

- 1) சன்னல் போன்ற வெளியிடத்தை அமைத்தல்
- 2) கூரை சுவர் இருக்கையின் பின்புறம் போன்றவற்றை கட்டை தக்க கம்பளி போன்ற உட்கவர் பொருள்களால் மூடுதல்
- 3) கனமான திரைச் சேலைகள் பயன்படுத்தல்
- 4) தரைகளை விரிப்பான் கொண்டு மூடுதல்
- 5) அதிகமான எண்ணிக்கையில் ஆட்கள் இருக்கச் செய்தல்

சுவர்கள் பளபளப்பாக இருப்பதால் எதிரொலி தோன்றுகிறது. சுவர்கள் சுரசுரப்பாக அமைப்பதன்மூலமும் அவை வெளிநோக்கி சாய்ந்திருக்குமாறு அமைப்பதன்மூலமும் எதிரொலியை அகற்றலாம். இசை அரங்குகளில் சிறிது எதிரொலி அமைந்திருந்தால்தான் இசை இனிமையாக இருக்கும்.

பெரிய அரங்கின் ஒத்திசைவு அவ்வறையின் பருமனின் இருமடி வர்க்கத்திற்கு எதிர் விகிதத்தில் அமையும். எனவே அதிர்வெண்ணைச் சார்ந்து அரங்கின் பருமன் அமைய வேண்டும்.

ஒலி குவிதலால் கேட்போருக்கு வெறுப்பு ஏற்படும் ஆகவே ஒலி குவிதலை நீக்க வேண்டும். இதற்கு அலங்கார விளக்குகளும் புடைப்பான பகுதிகளும் அமைக்கப்படுகின்றன.

இவைகளே நல் அரங்கிற்கான பண்புகள்.