அலகு

11

அலைகள்
(WAVES)

நாம் மெதுவாக்கப்பட்ட ஒலி மற்றும் ஒளி அலைகள், பேரண்டத்தினுள் இசைவு பெற்று நடக்கும் அதிர்வெண்களின் கற்றை. நாம் புனித உயிர்வேதியல் உடைகளால் உடுத்தப்பட்ட ஆத்மாக்கள் மற்றும் நமது ஆத்மாக்கள் உடல்கள் வழியாக தமது இசையை இசைக்கின்றன – ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன்

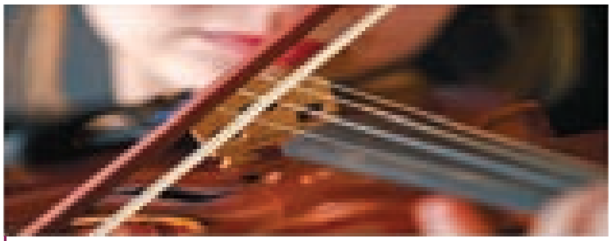
கற்றலின் நோக்கங்கள்:

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- அலைகள் மற்றும் அவற்றின் வகைகள் (குறுக்கலை மற்றும் நெட்டலை)
- ஒரு அலையின் அலைநீளம், அதிர்வெண், அலைவுநேரம் மற்றும் வீச்சு ஆகிய அடிப்படைப் பதங்கள்
- குறுக்கலைகள் மற்றும் நெட்டலைகளின் திசைவேகங்கள்
- ஒலி அலைகளின் திசைவேகம்
- சமதள மற்றும் வளைவான பரப்புகளில் ஒலி அலைகளின் எதிரொலிப்பு மற்றும் அதன் பயன்பாடுகள்
- முன்னேறு அலைகள் மற்றும் அவற்றின் வரைபடமுறை விளக்கம்
- மேற்பொருந்துதல் தத்துவம், அலைகளின் குறுக்கீட்டு விளைவு, விம்மல்கள் மற்றும் நிலையான அலைகள்
- நிலை அலைகளின் பண்புகள், சுரமானி
- அடிப்படை அதிர்வெண், சீரிசைகள் மற்றும் மேற்சுரங்கள்
- ஒலிச்செறிவு மற்றும் உரப்பு
- காற்றுத்தம்பத்தின் அதிர்வு – மூடிய ஆர்கன் குழாய், திறந்த ஆர்கன் குழாய் மற்றும் ஒத்ததிர்வு காற்றுத்தம்பம்
- டாப்ளர் விளைவு மற்றும் அதன் பயன்பாடுகள்

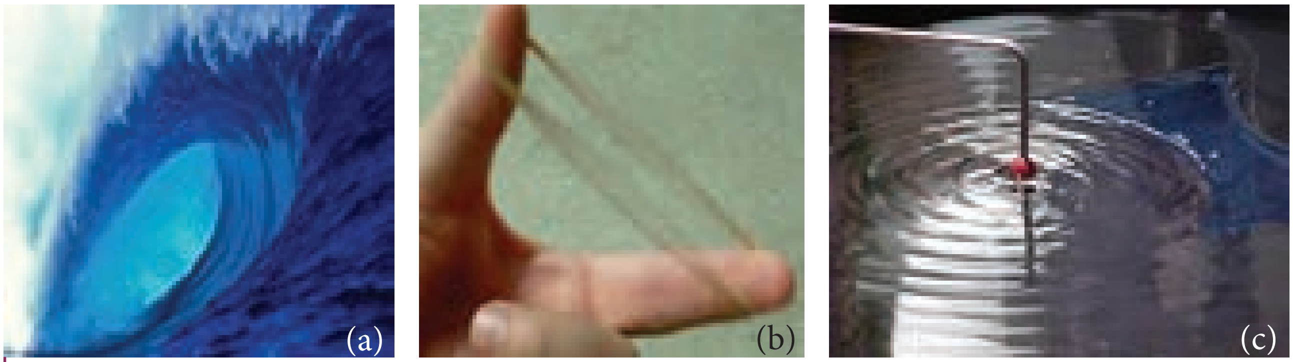
11.1 அறிமுகம்

முந்தைய அலகில் நாம் ஒரு துகளின் அலைவினைப்பற்றி விவாதித்தோம். துகள்களின் தொகுப்பைக் கொண்ட ஓர் ஊடகத்தைக் (medium)



படம் 11.1 வயலின் இசைக்கருவியில் நிலை அலைகள்

கருதுவோம். ஒரு முனையில் இடர்பாட்டை (disturbance) உருவாக்கினால் அது முன்னேறிச் சென்று மறுமுனையை அடைகிறது. அதாவது முதல் புள்ளி நிறையில் ஏற்படுத்திய இடர்பாடானது அருகில் உள்ள அடுத்த புள்ளி நிறைக்கு அடுத்தடுத்து பரப்பப்படுகிறது. இங்கு கவனிக்கவேண்டியது யாதெனில், மாறுபாடு மட்டுமே பரப்பப்படுகிறது. புள்ளிநிறைகள் அல்ல. இதுபோன்று நாம் வெளிப்படுத்தும் பேச்சானது நமது தொண்டையில் உள்ள குரல் வளையின் அதிர்வினால் தோன்றுகிறது. இதன் காரணமாக சுற்றுப்புற காற்று மூலக்கூறுகள் அதிர்வடைந்து அதனால் பேச்சின் விளைவு (தகவல்கள்) வெளியில் (space) உள்ள ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றொரு புள்ளிக்கு ஊடகத்தின் துகள்களை எடுத்துச் செல்லாமல் பரப்பப்படுகிறது.

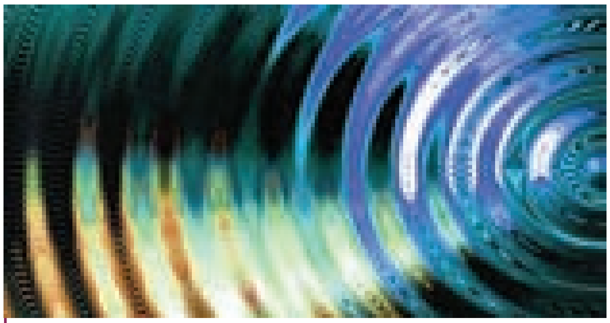


படம் 11.2 (a) கடலில் தோன்றும் அலைகள் (b) ரப்பர் பேண்ட் இழுத்துவிடப்பட்டதால் நிலை அலைகள் மற்றும் (c) நீர்ப்பரப்பில் உருவான சிற்றலைகள்

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

கடற்கரைக்கு அருகில் நின்றால் ஒருவர் கடலில் இருந்து கடல் நீர் ஒரே அலை வடிவத்தில் ஏற்ற இறக்கத்துடன் கடற்கரையை அடைவதைக் காண இயலும். எனவே அது கடல் அலைகள் எனப்படும். ஒரு ரப்பர் பேண்ட் சுண்டப்பட்டால் அது படம் (11.2) இல் காட்டியுள்ளவாறு நிலையான அலைகள் எனப்படும் அலை வடிவத்தில் அதிர்வுறும். நாம் மின்காந்த அலையாகிய ஒளியின் மூலமாக அழகிய இயற்கையைக் காண்கிறோம். நாம் இனிமையான மெல்லிசைப் பாடல்களை ஒலி அலைகள் மூலமாகக் கேட்கிறோம். அன்றாட வாழ்வில் கைப்பேசி தகவல் தொடர்பு முதல் லேசர் அறுவை சிகிச்சை வரை அலைகளின் ஏராளமான பயன்பாடுகள் உள்ளன.

11.1.1 நீரின் மேற்பரப்பில் தோன்றும் சிற்றலைகள் (Ripples) மற்றும் அலைகள்



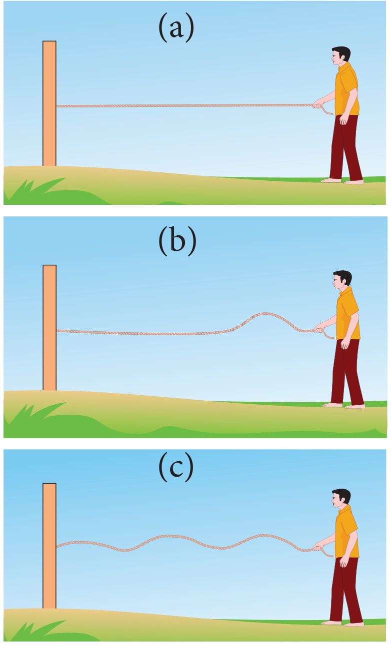
படம் 11.3 நீரின் மேற்பரப்பில் தோன்றும் சிற்றலைகள்

நிலையாக உள்ள ஒரு நீர்ப்பரப்பில் நாம் ஒரு கல்லை ஏரிந்தால், படம் 11.3 இல் காட்டியுள்ளவாறு நீரின்மேற்பரப்பில்கல்மோதியஇடத்தில்ஒருமாறுபாடு உருவாவதைக் காணலாம். இந்த இடர்பாடானது தொடர்ந்து அதிகரிக்கும் ஆரங்கள் கொண்டுள்ள ஒரு மைய வட்டங்களாக வெளிப்புறமாக விரிவடைந்து மேற்பரப்பின் எல்லையில் மோதுவதைக் காணலாம். ஏனென்றால் கல்லின் இயக்க ஆற்றலின் ஒரு பகுதி மேற்பரப்பில் உள்ள நீர் மூலக்கூறுகளுக்கு மாற்றப்படுகிறது. உண்மையில் நீரானது (ஊடகம்) இடர்பாட்டுடன் வெளியே நகராது, இதனை நீரின் மேற்பரப்பில் ஒரு காகிதத் துண்டினை வைப்பதன் மூலம் காண இயலும். இடர்பாடானது (அலை) நீரின் மேற்பரப்பில் செல்லும்போது அந்த துண்டு மேலும் கீழுமாக நகரும். நீரின் மூலக்கூறுகள் அவற்றின் சமநிலையைப் பொருத்து அதிர்வியக்கத்தை மேற்கொள்வதை இது காட்டுகிறது.

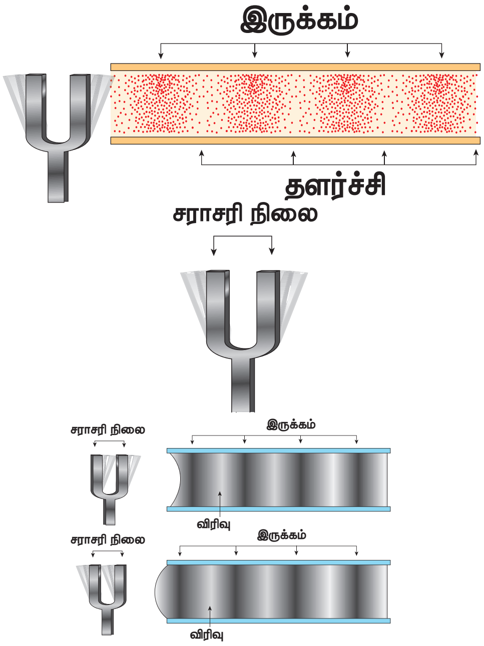
11.1.2 இழுத்துக்கட்டப்பட்ட மெல்லிய கம்பியில் அலைகள் தோன்றுதல்:

படம் 11.4 (a) இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு நீளமான மெல்லிய கம்பியை எடுத்துக்கொண்டு அதன் ஒரு முனையை சுவற்றில் கட்டுவோம். திடீரென சுண்டினால் படம் 11.4 (b) இல் காட்டியுள்ளவாறு கயிற்றில் ஒரு மாறுபாடு உருவாகிறது. இந்த மாறுபாடு திடீரென தோன்றியது மேலும் அது குறைந்த நேரத்திற்கே நீடிக்கும். எனவே இந்த மாறுபாடு அலைத்துடிப்பு எனப்படும். தொடர்ச்சியாக சுண்டப்பட்டால் நிலையான அலைகள் உருவாகிறது. கிட்டாரின் (Guitar) சுண்டப்பட்ட கம்பியின் (plucked string) மூலம் இது போன்ற அலைகள் உருவாக்கப்படுகிறது.

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 232 27-03-2022 20:00:14



படம் 11.4 மெல்லிய கம்பியின் ஒரு முனையில் சுண்டுதலின்போது தோன்றிய அலைத்துடிப்பு



படம் 11.5 இசைக்கவையை இரப்பர் துண்டில் அடிப்பதால் உருவான அலைகள்

11.1.3 இசைக்கவையில் அலைகளின் உருவாக்கம்:

ஒரு இரப்பர் துண்டில் ஒரு இசைக்கவையை அடித்தால் இசைக்கவையின் புயங்கள் அதன் மையப்புள்ளியைப் பொருத்து அதிர்வுறும். புயம் ஒரு மையப்புள்ளியைப் பொருத்து அதிர்வுறும் என்பதன் அர்த்தம் (படம் 11.5 இல் குறிப்பிட்டுள்ளவாறு) வெளிப்புறம் மற்றும் உட்புறம் செல்லுதல் ஆகும். புயமானது வெளிப்புறமாக நகரும்போது அதன் அருகில் உள்ள காற்று அடுக்கை அது தள்ளுகிறது, அதாவது இப்பகுதியில் அதிகமான காற்று மூலக்கூறுகளின் தேக்கம் உள்ளது. எனவே அடர்த்தி மற்றும் அழுத்தமும்கூட மிக அதிகமாகும் இப்பகுதிகள் இறுக்கப்பட்ட பகுதிகள் அல்லது இறுக்கங்கள் எனப்படும். இறுக்கப்பட்ட காற்று அடுக்கு முன்னோக்கி நகர்ந்து அருகில் உள்ள அடுத்த காற்று அடுக்கை இறுக்கும். இதே முறையில் ஒரு இறுக்கத்தின் அலை காற்றின் வழியே முன்னேறிச் செல்லுகிறது. புயமானது உட்புறமாக நகரும்போது வலப்புறமாக நகர்த்த ஊடகத்தின் துகள்கள் தற்போது பின்புறமாக காற்றின் மீட்சிப்பண்பு காரணமாக இடது புறமாக நகருகிறது. இந்தப் பகுதியில் அடர்த்தி மற்றும் அழுத்தம் இரண்டும் குறைவாக உள்ளது. இது தளர்ச்சி அல்லது நீட்சி எனப்படும்.

11.1.4 அலை இயக்கத்தின் பண்புகள்

- அலைகளின் பரவலுக்கு ஊடகமானது நிலைமம் (inertia) மற்றும் மீட்சிப்பண்பைக் (elastic) கொண்டிருக்க வேண்டும்.
- கொடுக்கப்பட்ட ஊடகத்தில் அலையின் திசைவேகம் மாறிலியாகும். அதே சமயம் ஊடகத்தில் உள்ள துகள்கள் வெவ்வேறு நிலைகளில் மாறுபட்ட திசைவேகங்களுடன் இயங்கும். அவற்றின் நடுநிலையில் பெரும திசைவேகமும் விளிம்பு நிலைகளில் திசைவேகம் சுழியாகவும் இருக்கும்.
- அலைகளானது எதிரொளிப்பு, விலகல், குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு மற்றும் தளவிளைவு ஆகியவற்றிற்கு உட்படும்.

உங்கள் சிந்தனைக்கு

அலைகள் பரவ ஊடகமானது நிலைமம் மற்றும் மீட்சிப்பண்பைக் கொண்டிருக்க வேண்டும்.

ஒளி அலைகள் மின்காந்த அலைகளாகும். இவை பரவுவதற்குத் என்ன விதமான ஊடகம் தேவை?

11.1.5 இயந்திர அலை இயக்கம் மற்றும் அதன் வகைகள்

அலை இயக்கத்தை இரண்டு வகைப்படுத்தலாம்.

a. **இயந்திர அலை** – பரவுவதற்கு ஒரு ஊடகம் தேவைப்படும் அலைகள் இயந்திர அலைகள் எனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு: ஒலி அலைகள், நீரின் மேற்பரப்பில் உருவாகும் சிற்றலைகள் முதலியன.

b. **இயந்திரவியல் அல்லாத அலை** – பரவுவதற்கு எவ்வித ஊடகமும் தேவைப்படாத அலைகள் இயந்திரவியல் அல்லாத அலைகள் எனப்படும்.

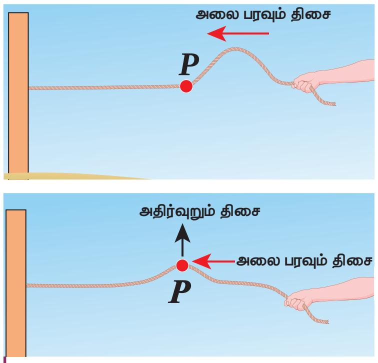
எடுத்துக்காட்டு: ஒளி அலைகள், அகச்சிவப்புக் கதிர்கள்.

மேலும், அலைகளை இரண்டு வகைப்படுத்தலாம்

a. குறுக்கலைகள்

b. நெட்டலைகள்

11.1.6 குறுக்கலை இயக்கம் (Transverse wave motion)



படம் 11.6 குறுக்கலை

குறுக்கலை இயக்கத்தில், ஊடகத்தின் துகள்கள் அதன் நடுநிலையைப் பொருத்து அலைபரவும் திசைக்கு (ஆற்றல் மாற்றப்படும் திசைக்கு) செங்குத்துத் திசையில் அலைவுறும் அல்லது அதிர்வடையும். அலை பரவும் திசையானது படம் 11.6 இல் காட்டியுள்ளவாறு அதிர்வுறும் தளத்திற்கு (ஊடகத்தின் துகள்கள் அதிர்வுறும் தளத்திற்கு) செங்குத்தாக அமையும்.

எடுத்துக்காட்டு: ஒளி (மின்காந்த அலைகள்)

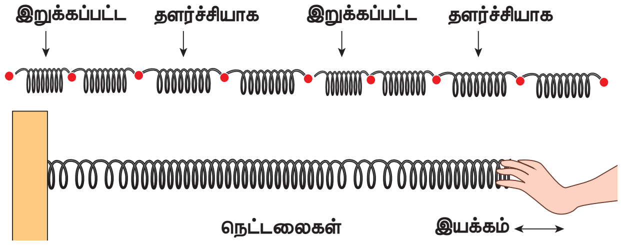
11.1.7 நெட்டலை இயக்கம் (Longitudinal wave motion)

நெட்டலை இயக்கத்தில் ஊடகத்தின் துகள்கள் அதன் நடுநிலையைப் பொருத்து அலை பரவும் திசைக்கு இணையான திசையில் (ஆற்றல் மாற்றப்படும் திசையில்) படம் 11.7 இல் காட்டியுள்ளவாறு அலைவுறும் அல்லது அதிர்வடையும்.

எடுத்துக்காட்டு: ஒலி

ஆசிரியருடன் ஆலோசனை செய்க:

- சுனாமி (ஜப்பானிய மொழியில் சூ-னா-மீ என உச்சரிக்கப்படுகிறது) என்பது துறைமுக அலைகள் என்ற பொருள்படும்.
- சுனாமி என்பது அதிக வேகத்துடனும் மிகப்பெரும் விசையுடனும் தொடர்ச்சியாக வரும் பெரிய இராட்சச அலைகளாகும். 2004 ஆம் ஆண்டு டிசம்பர் மாதம் 26 ஆம் தேதி இந்தியாவின் தென்பகுதியில் என்ன நடந்தது?–ஆலோசனை செய்க:
- ஈர்ப்பு அலைகள் மற்றும் LIGO (Laser Interferometer Gravitational wave Observatory) ஆய்வு.
- 2017 இயற்பியலுக்கான நோபல் பரிசு பெற்றவர்கள் பேராசிரியர் ரெய்னர் வெய்ஸ், பேராசிரியர் பேரி சி பேரிஸ் மற்றும் பேராசிரியர் கிப் எஸ் தார்னே. "LIGO ஆய்வகத்தில் ஈர்ப்பு அலைகளின் ஆய்வுப்பணியில் இவர்களுடைய உறுதியான பங்களிப்பிற்காக" வழங்கப்பட்டது.



படம் 11.7 நெட்டலைகள்

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 234 27-03-2022 20:00:16

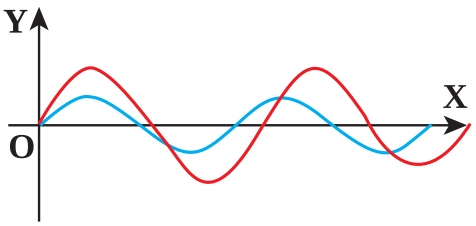
அட்டவணை 11.1: குறுக்கலைகள் மற்றும் நெட்டலைகளை ஒப்பிடுதல்

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

குறிப்பு

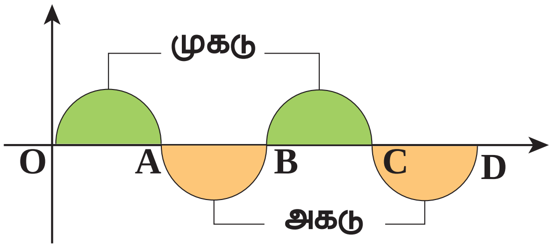
1. ஊடகம் இல்லாத நிலை வெற்றிடம் எனப்படும். மின்காந்த அலைகள் மட்டுமே வெற்றிடத்தின் வழியே பரவும்.
2. ராலே அலைகள் (Rayleigh Waves) என்பவை குறுக்கலை மற்றும் நெட்டலை ஆகிய இரண்டும் சேர்ந்ததாகக் கருதப்படுகிறது.

11.2 அலை இயக்கத்தில் பயன்படும் பதங்கள் மற்றும் வரையறைகள்



படம் 11.8 இரு மாறுபட்ட சைன்வடிவ அலைகள்

படம் 11.8 இல் காட்டியுள்ளவாறு இரு அலைகளைக் கருதுவோம். இந்த இரண்டும் ஒத்த அலைகளா? இல்லை. இரு அலைகளும் சைன் வடிவமாக இருந்தாலும் அவை இரண்டிற்கும் இடையே நிறைய வேறுபாடுகள் உள்ளன. எனவே ஒரு அலையை மற்றொன்றிலிருந்து வேறுபடுத்த நாம் சில அடிப்படைச் சொற்களை (terminologies) வரையறை செய்ய வேண்டும்.

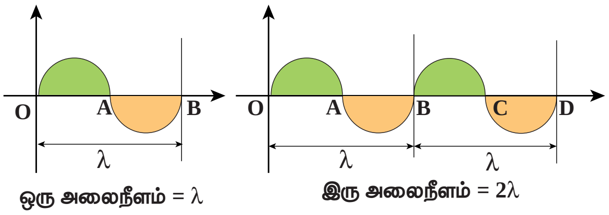


படம் 11.9 அலை ஒன்றின் முகடும் அகடும்

படம் 11.9 இல் காட்டியவாறு இழுத்துக்கட்டப்பட்ட கம்பியில் ஏற்படும் அலை ஒன்றைக் கருதுக.

நாம் உருவாகும் அலைகளின் எண்ணிக்கையில் ஆர்வம் கொண்டால், ஓர் சுட்டு (அ) மேற்கோள் மட்டத்தை (இடைநிலை (அ) அமைதிநிலை) படம் 11.9 ல் காட்டியவாறு கருதுவோம். இங்கு இடைநிலை என்பது காட்டப்பட்டுள்ள கிடைமட்ட கோடாகும். நிழலிட்ட பகுதியின் மேல்மட்டப் புள்ளி முகடு எனவும், நிழலிடப்படாத பகுதியின் கீழ்மட்டப்புள்ளி அகடு எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. இந்த அலையானது O விலிருந்து B பகுதியை மீண்டும் மீண்டும் ஏற்படுத்துகிறது. இந்த சிறிய பகுதியின் நீளத்தை படம் 11.10 இல் குறிப்பிட்டவாறு ஒரு அலை நீளம் என வரையறுக்கலாம்.

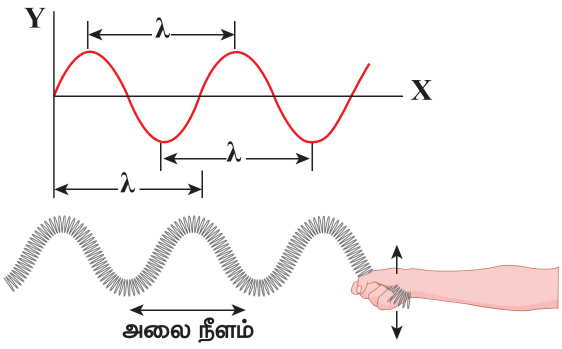
ஒரு அலை நீளத்தைக் குறிப்பதற்கு கிரேக்க எழுத்து லேம்டா (lambda) λ வைப் பயன்படுத்துகிறோம்.



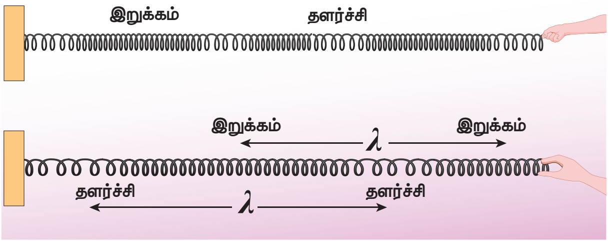
படம் 11.10 அலைநீளத்தை வரையறுத்தல்

குறுக்கலைக்கு படம் 11.11 இல் காட்டியவாறு, அடுத்தடுத்த இரு முகடுகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு (அ) அடுத்தடுத்த இரு அகடுகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு ஒரு அலை நீளமாகும்.

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 235 27-03-2022 20:00:16



படம் 11.11 குறுக்கலையின் அலைநீளம்

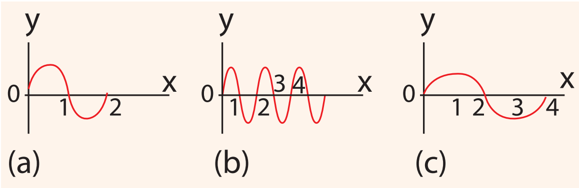


படம் 11.12 நெட்டலையின் அலைநீளம்

நெட்டலைக்கு (படம் 11.12 இல் காட்டியவாறு) அடுத்தடுத்த இரு இறுக்கங்கள் அல்லது தளர்ச்சிகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு ஒரு அலை நீளமாகும். அலை நீளத்தின் SI அலகு மீட்டர்.

எடுத்துக்காட்டு 11.1

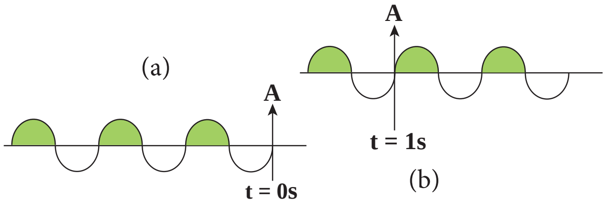
கீழ்க்கண்டவற்றுள் எது அதிக அலைநீளம் உடையது ?



விடை (c)

அதிர்வெண், அதிர்வு நேரம் ஆகியவற்றை அறிந்து கொள்ள படம் 11.13 (a) காட்டிய அலையைக் (3 அலை நீளங்களை உடையது) கருதுவோம். நேரம் $t = 0$ ல் அலை இடது புறமிருந்து A புள்ளியை அடைகிறது.

நேரம் $t = 1s$ இல் (படம் 11.13(b) ல் காட்டியவாறு) A யை கடக்கும் அலைகளின் எண்ணிக்கை இரண்டு ஆகும். எனவே அதிர்வெண் என்பது 1 வினாடியில் கடக்கும் அலைகளின்



படம் 11.13 மூன்று அலை நீளங்களை உடையஅலை ஒன்று A புள்ளியை மற்றும் கடக்கும் காட்சி

எண்ணிக்கை என வரையறுக்கப்படுகிறது. அதன் அலகு ஹெர்ட்ஸ், குறியீடு Hz.

இந்த உதாரணத்தில்

$$f = 2 \text{ Hz} \qquad (11.1)$$

இரு அலைகள் A புள்ளியை கடந்து செல்ல ஆகும் நேரம் ஒரு வினாடி (நேரம்) எனில் ஒரு அலை A புள்ளியை கடக்க ஆகும் நேரம் அரை வினாடியாகும். இதுவே ஒரு அலைவுநேரம் (T) ஆகும்.

$$T = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ s} \qquad (11.2)$$

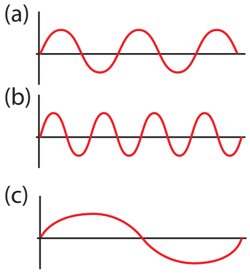
சமன்பாடுகள் (11.1) மற்றும் (11.2) இல் இருந்து அதிர்வெண்ணும் அலைவு நேரமும் எதிர்த்தகவில் இருக்கும் என அறியலாம்.

$$T = \frac{1}{f} \qquad (11.3)$$

அலைவுநேரம் (T) என்பது, ஒரு புள்ளி வழியாக ஒரு அலை கடக்க ஆகும் நேரம் ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டு11.2

மூன்று அலைகள் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளன



(a) அதிர்வெண்களை ஏறு வரிசையில் எழுது

(b) அலை நீளங்களை ஏறு வரிசையில் எழுது

விடை:

(a) $f_c < f_a < f_b$

(b) $\lambda_b < \lambda_a < \lambda_c$

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 236 27-03-2022 20:00:18

எடுத்துக்காட்டு 11.2 லிருந்து அதிர்வெண் ஆனது அலைநீளத்துடன் எதிர்தகவில் உள்ளது என அறிகிறோம் $f \propto \frac{1}{\lambda}$.

பிறகு $f\lambda$ எதற்குச் சமம்? [அதாவது $f\lambda$= ?]

தெரியாத இந்த இயற்பியல் அளவை அறிந்து கொள்ள எளிய பரிமாணப் பகுப்பாய்வு உதவுகிறது.

அலை நீளத்தின் பரிமாணம் $[\lambda] = L$

அதிர்வெண் $f = \frac{1}{\text{அலைவுநேரம்}}$, எனவே,

அதிர்வெண்ணின் பரிமாணம் $[f] = \frac{1}{[T]} = T^{-1}$

$$\Rightarrow [\lambda f] = [\lambda][f] = LT^{-1} = [\text{திசைவேகம்}]$$

எனவே,

திசைவேகம், $\lambda f = v$	(11.4)

இங்கு, v என்பது அலையின் திசைவேகம் அல்லது கட்ட திசைவேகம் (phase velocity) எனப்படும். இது அலை முன்னேறிச் செல்லும் திசைவேகம் ஆகும். அலையின் திசைவேகம் என்பது 1 வினாடியில் அலை கடந்த தொலைவு ஆகும்.

குறிப்பு:

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

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

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

   அலை எண் $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ (அலகு ரேடியன்/மீட்டர்)

   திசைவேகம் v, கோண அதிர்வெண் ω மற்றும் அலைஎண் k ஆகியவற்றிற்கு இடையேயான தொடர்பு

   திசைவேகம், $v = \lambda f = \frac{\lambda}{2\pi}(2\pi f) = \frac{(2\pi f)}{2\pi / \lambda} = \frac{\;}{k}$

எடுத்துக்காட்டு11.3

மனிதனின் செவி உணரக்கூடிய ஒலியின் அதிர்வெண் இடைவெளி 20 Hz முதல் 20 kHz ஆகும். இந்த எல்லையில் ஒலி அலையின் அலைநீளத்தைக் கணக்கிடுக. (ஒலியின் திசைவேகம் 340 m s^{-1} எனக் கருதுக).

தீர்வு:

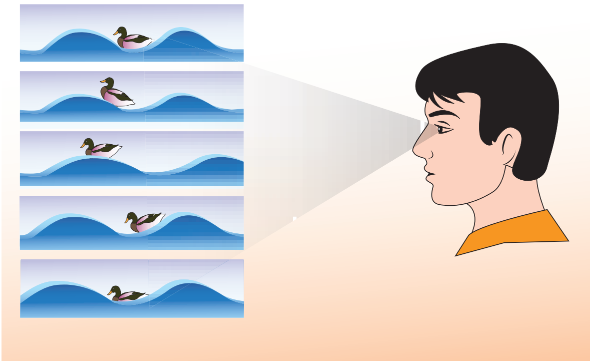
$$\lambda_1 = \frac{v}{f_1} = \frac{340}{20} = 17\,\text{m}$$

$$\lambda_2 = \frac{v}{f_2} = \frac{340}{20 \times 10^3} = 0.017\,\text{m}$$

எனவே, ஒலியின் திசைவேகம் 340 m s^{-1} என்றால், செவியுணர் அலைநீள இடைவெளி 0.017 m முதல் 17 m வரை உள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு 11.4

கடல் அலையின் மீது வாத்து பொம்மை ஒன்று உள்ளதை மனிதன் ஒருவன் பார்க்கிறான். வாத்து நிமிடத்திற்கு 15 முறை மேலும் கீழும் இயங்குகிறது. தோராயமாக கடல் அலையின் அலைநீளம் 1.2 m என அவர் அளக்கிறார். வாத்து ஒருமுறை மேலே செல்வதற்கும் கீழே வருவதற்கும் ஆகும் நேரத்தையும், கடல் அலையின் திசைவேகத்தையும் காண்க.



தீர்வு:

கொடுக்கப்பட்டது:

1 நிமிடத்தில் வாத்துபொம்மை மேலும் கீழும் இயங்கும் இயக்கங்களின் எண்ணிக்கை = 15

இந்தத் தகவலில் இருந்து அதிர்வெண் கிடைக்கிறது (1 வினாடியில் வாத்து மேலும் கீழும் இயங்கும் எண்ணிக்கை)

$$f = \frac{\text{15 முறை மேலும்கீழும் இயங்குகிறது}}{\text{ஒருநிமிடம்}}$$

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 237 27-03-2022 20:00:21

ஒரு நிமிடம் என்பது 60 s எனவே, நேரத்தை வினாடியில் பொருத்த

$$f = \frac{15}{60} = \frac{1}{4} = 0.25\,\text{Hz}$$

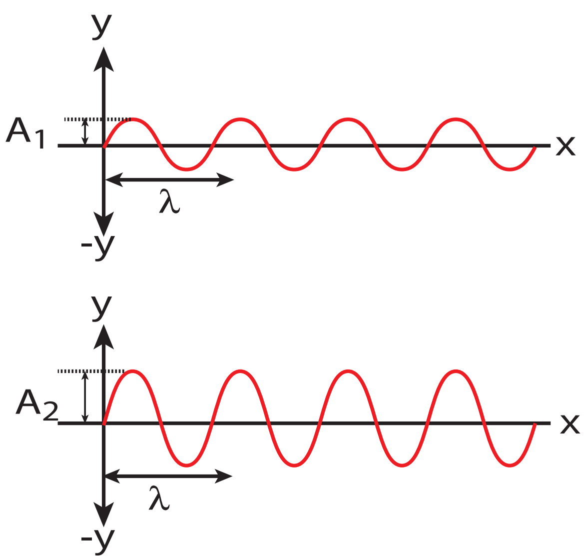
ஒருமுறை வாத்து மேலும் கீழும் இயங்க ஆகும் நேரமே, அலைவு நேரமாகும். இது அதிர்வெண்ணுக்கு எதிர்த்தகவில் இருக்கும்

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.25} = 4\text{ s}$$

கடல் அலையின் திசைவேகம்

$v = \lambda f = 1.2 \times 0.25 = 0.3\text{ m s}^{-1}$.

அலையின் வீச்சு: (Amplitude of the wave)



படம் 11.14 வெவ்வேறு வீச்சுகள் உடைய அலைகள்

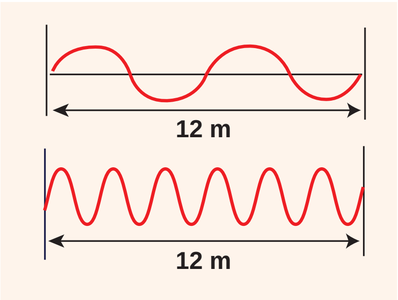
படம் 11.14 –ல் காட்டப்பட்ட அலைகள் அனைத்தும் சம அலை நீளம், சம அதிர்வெண் மற்றும் சம அலைவுநேரம் கொண்டு சம திசைவேகத்தில் செல்கின்றன. இந்த அலைகளுக்கிடைப்பட்ட ஒரே வேறுபாடு அகடு அல்லது முகடுகளின் உயரங்கள். இதிலிருந்து நாம் உணர்வது அகடு அல்லது முகடின் உயரமும் அலையின் பண்பை நிர்ணயிப்பதில் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. எனவே, வீச்சு என்ற ஒரு இயற்பியல் அளவினை அலைகளுக்கு வரையறுக்க வேண்டியுள்ளது. அலையின் வீச்சை குறிப்பு அச்சைப் பொறுத்து ஊடகத்தின் பெரும இடப்பெயர்ச்சி என வரையறுக்கலாம்(உதாரணமாக இந்த நேர்வில் x அச்சு). இங்கு அது A எனக் குறிக்கப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 11.5

ஒரு முனை சுவரில் பொருத்தப்பட்ட கம்பி ஒன்றைக் கருதுவோம். படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள கீழ்க்கண்ட இரு சூழல்களிலும் (அலைகள் ஒரு வினாடியில் இந்த தொலைவைக் கடப்பதாகக் கருதுக)

a) அலைநீளம், b) அதிர்வெண்

c) திசைவேகம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.



	முதல் நேர்வு	இரண்டாம் நேர்வு
(a) **அலைநீளம்**	$\lambda = 6\text{ m}$	$\lambda = 2\text{ m}$
(b) **அதிர்வெண்**	$f = 2\text{ Hz}$	$f = 6\text{ Hz}$
(c) **திசைவேகம்**	$v = 6 \times 2$ $= 12\text{ m s}^{-1}$	$v = 2 \times 6$ $= 12\text{ m s}^{-1}$

இதிலிருந்து நாம் அறிவது கம்பியில் ஏற்படும் அலையின் திசைவேகம் மாறிலி. அதிர்வெண் அதிகமாகும்போது, அலை நீளம் குறைகிறது. மறுதலைக்கும் (vice versa) இது பொருந்தும். அவற்றின் பெருக்குத்தொகையான திசைவேகம் நிலையாக (மாறாமல்) இருக்கிறது.

11.3 வெவ்வேறு ஊடகங்களில் அலையின் திசை வேகம்

நீண்ட தண்டவாளத்தில் சுத்தியலால் அடிக்கும் போது, சற்று தொலைவில் தண்டவாளத்தில் காது வைத்து கேட்கும்போது இரு ஒலிகள் (ஒரே

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 238 27-03-2022 20:00:23

கணத்தில் அல்ல) கேட்கும். தண்டவாளத்தின் வழியாக (திண்ம ஊடகம்) கேட்கும் ஒலி முன்பாகவும், காற்றின் வழியே கேட்கும் அதே ஒலி சற்று தாமதமாகவும் கேட்கும். எனவே, வெவ்வேறு ஊடகங்களில் ஒலியின் திசைவேகம் ஒன்றல்ல.

இந்த பகுதியில், அலைகளின் திசைவேகத்தை இரு வேறு நிலைகளில் வருவிப்போம்:

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

11.3.1 நீட்டப்பட்ட கம்பியில் ஏற்படும் குறுக்கலையின் திசைவேகம்

கம்பி ஒன்றில் இயங்கும் குறுக்கலையின் திசைவேகத்தை கணக்கிடுவோம். கம்பியின் இடது முனையை மேல்நோக்கி சொடுக்கினால், அந்த துடிப்பு வலது முனைநோக்கி v என்ற திசைவேகத்தில் பொருள் ஓய்வு நிலையில் உள்ள குறிப்பாயத்தில் உள்ள பார்வையாளரைப் பொருத்து நகர்கிறது.

படம் 11.15 ல் காட்டியவாறு கம்பியில் ஒரு அடிப்படைப் பகுதியைக் கருதுவோம். கம்பியில் A, B என்ற புள்ளிகளை இக்கணத்தில் கருதுவோம். dl, dm என்பது கம்பியின் சிறுபகுதி நீளம் மற்றும் நிறை என்போம். வரையறையின்படி நீள் நிறை அடர்த்தி (μ) ஆனது பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

$$\mu = \frac{dm}{dl} \qquad (11.5)$$

$$dm = \mu\, dl \qquad (11.6)$$

படத்தில் காட்டியவாறு அடிப்படை பகுதி AB ஆனது வட்டத்தின் ஒரு பகுதிபோல், O வை மையமாக கொண்டு R ஆரத்துடன் வளைந்து கோணம் θ வை வளைகோடு மையம் O வில் ஏற்படுத்துகிறது. θ வை வளைகோடு AB ன் நீளம் dl மற்றும் ஆரம் R யைப் பயன்படுத்தி பின்வருமாறு எழுதலாம்.

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

கம்பியின் இழுவிசை தரும் மையநோக்கு முடுக்கம் (எண்மதிப்பு)

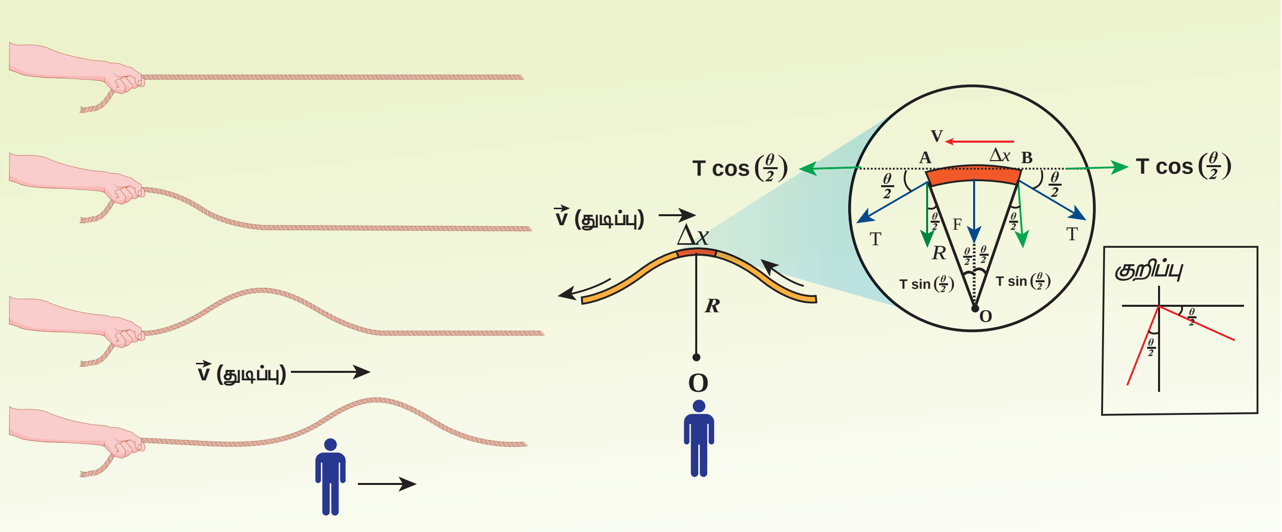
$$a_{cp} = \frac{v^2}{R} \qquad (11.7)$$

மையநோக்கு விசை

$$F_{cp} = \frac{(dm)v^2}{R} \qquad (11.8)$$

சமன்பாடு (11.6) லிருந்து,

$$\frac{(dm)v^2}{R} = \frac{\mu v^2\, dl}{R} \qquad (11.9)$$



படம் 11.15 நீட்டப்பட்ட கம்பியின் பெரிதாக்கப்பட்ட அடிப்படைப் பகுதி மற்றும் v திசைவேகத்தில் இயங்கும் பார்வையாளரின் குறிப்பாயத்திலிருந்து பார்க்கப்படும் ஒரு துடிப்பு

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 239 27-03-2022 20:00:25

இழுவிசை T ஆனது, கம்பியின் சிறுபகுதி நீளம் AB யின் தொடுகோட்டின் வழியே செயல்படுகிறது. வளைகோடு AB யின் நீளம் மிகச்சிறியது. எனவே இழுவிசை T யில் ஏற்படும் மாறுபாடு புறக்கணிக்கத்தக்கது.

இழுவிசை T யை கிடைமட்டக்கூறு $T\cos\left(\frac{\theta}{2}\right)$ மற்றும் செங்குத்துக்கூறு $T\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$ என இரு கூறுகளாகப் பகுக்கலாம். A, B யில் கிடைமட்டக் கூறுகள் சம எண்மதிப்பில் எதிர்திசையில் செயல்படுகின்றன. எனவே, அவை ஒன்றை ஒன்று சமன் செய்கின்றன. நீளம் AB யை மிகச்சிறியதாக கருதுவதால், செங்குத்துக்கூறுகள் A, B யில் செங்குத்து திசையில் வளைவின் மையம் நோக்கி இருப்பதால் அவற்றைக் கூட்ட வேண்டும். தொகுபயன் ஆர விசை F_r ஆனது

$$F_r = 2T\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \qquad (11.10)$$

கம்பியின் நீளத்துடன் ஒப்பிட, அலையின் வீச்சு மிகச்சிறியது. எனவே, $\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \approx \frac{\theta}{2}$. எனவே,

$$F_r = 2T \times \frac{\theta}{2} = T\theta \qquad (11.11)$$

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

$$F_r = T\frac{dl}{R} \qquad (11.12)$$

நியூட்டனின் இரண்டாவது விதியை கம்பியின் சிறுபகுதி நீளத்திற்கு ஆர வழியே செயல்படுத்த, சமநிலையில் விசையின் ஆரத்திசை கூறு (radial), மையநோக்கு விசைக்கு சமமாகும். சமன்பாடு (11.9) மற்றும் (11.12) ஐ சமப்படுத்த, கிடைப்பது

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

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \qquad (11.13)$$

காட்சிப்பதிவுகள்:

- கம்பியில் ஏற்படும் அலையின் திசைவேகம்

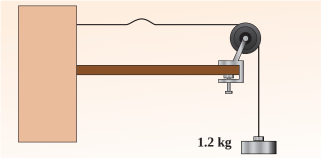
அ இழுவிசையின் இருமடி மூலத்திற்கு நேர்த்தகவிலும்

ஆ நீள் நிறை அடர்த்தி (linear mass density) யின் இருமடி மூலத்திற்கு எதிர்த்தகவிலும்

இ அலை வடிவத்தைச் சாராமலும் அமையும்

எடுத்துக்காட்டு 11.6

படத்தில் காட்டியபடி நீள் நிறை அடர்த்தி $0.25\ \text{kg m}^{-1}$ கொண்ட கம்பியில் இயக்கத்தில் உள்ள துடிப்பின் திசைவேகம் காண்க. மேலும் துடிப்பு 30 cm யைக் கம்பியில் கடக்க எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தையும் காண்க.



தீர்வு:

கம்பியின் இழுவிசை

$$T = mg = 1.2 \times 9.8 = 11.76\ \text{N}$$

ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை $\mu = 0.25\ \text{kg m}^{-1}$

எனவே, அலைத்துடிப்பின் திசைவேகம்

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{11.76}{0.25}} = 6.858\ \text{m s}^{-1} = 6.8\ \text{m s}^{-1}$$

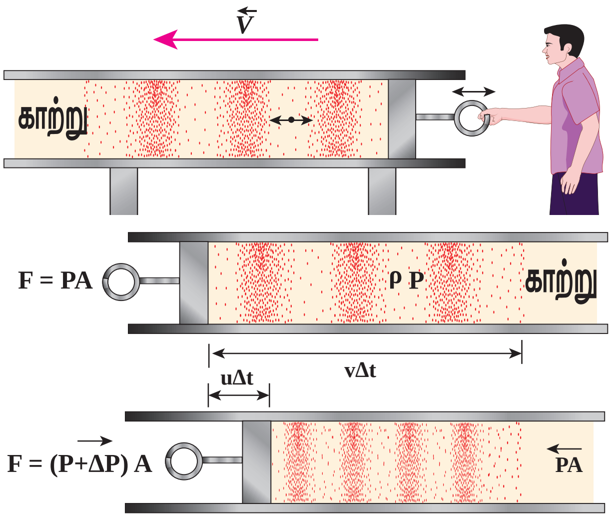
30 செ.மீ தொலைவைக் கடக்க துடிப்பு எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம்

$t = \frac{d}{v} = \frac{30 \times 10^{-2}}{6.8} = 0.044\ \text{s} = 44\ \text{ms}$ இங்கு,
ms = மில்லி வினாடி

11.3.2 மீட்சித்தன்மை கொண்ட ஊடகத்தில் நெட்டலையின் திசைவேகம்

நீண்ட உருளை வடிவக் குழாயில் குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு A, நிலையான நிறை கொண்ட மீட்சித் தன்மை ஊடகம் (இங்கு காற்றைக் கருதுக) P அழுத்தத்தில் உள்ளது என்க. இந்தக் குழாயில் நெட்டலைகளை ஓர் இசைக்கவையை அதிர வைத்தோ, பிஸ்டன் ஒன்றைக் கொண்டு காற்றை அழுத்தியோ ஏற்படுத்தலாம். உருளையின் அச்சுக்கு இணையாக அலை முன்னேறுவதாகக் கொள்க. ஆரம்பத்தில் ஓய்வில் உள்ள ஊடகத்தின் அடர்த்தி ρ என்க. $t = 0$ நேரத்தில் பிஸ்டன் இடது முனையிலிருந்து, u திசைவேகத்துடன் வலது முனைநோக்கி நகர்கிறது.

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 240 27-03-2022 20:00:28



படம் 11.16 பிஸ்டனை நகர்த்தி ஒரு பாய்மத்தில் உருவாக்கப்படும் நெட்டலைகள்

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

Δt நேர இடைவெளியில் v திசைவேகத்தை அடைந்த காற்றின் நிறை Δm என்க.

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

பிஸ்டன் u என்ற திசைவேகத்தில் இயங்குவதால் ஏற்படும் உந்தம்

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

கணத்தாக்கு என்பது உந்தமாறுபாடு என்பதால்,

நிகர கணத்தாக்கு

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

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

$$\Delta P = \rho\ v\ u \qquad (11.14)$$

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

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

இங்கு, V என்பது காற்றின் தொடக்க பருமன் மற்றும் K என்பது மீட்சி ஊடகத்தின் பருமக்குணகம் (Bulk modulus).

ஆனால் $V = A\ \Delta x = A\ v\ \Delta t$

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

எனவே,

$$\Delta P = K\frac{A u\Delta t}{A v\Delta t} = K\frac{u}{v} \qquad (11.15)$$

சமன்பாடு (11.14) யும் சமன்பாடு (11.15) யும் ஒப்பிட கிடைப்பது,

அல்லது

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

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \qquad (11.16)$$

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

இங்கு, E ஊடகத்தின் மீட்சிக்குணகம் (Modulus of elasticity).

நேர்வுகள்: திண்மத்திற்கு:

i. **ஒரு பரிமாண தண்டு (1 dimensional rod):**

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} \qquad (11.17)$$

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

ii. **முப்பரிமாண தண்டு (3 dimensional rod):**

திண்மம் ஒன்றின் வழியே நெட்டலையின் வேகம்

$$v = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\eta}{\rho}} \qquad (11.18)$$

இங்கு, η விறைப்புக்குணகம், B பருமக் குணகம் மற்றும் ρ என்பது தண்டின் அடர்த்தி.

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 241 27-03-2022 20:00:30

நேர்வுகள் : திரவத்திற்கு :

$$v=\sqrt{\frac{K}{\rho}} \qquad (11.19)$$

இங்கு K, பருமக் குணகம் மற்றும் ρ திரவத்தின் அடர்த்தி. பருமக் குணகம் B அல்லது k என்ற எழுத்தால் குறிப்பிடலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 11.7

எஃகு கம்பி ஒன்றில் ஒலியின் திசைவேகத்தைக் கணக்கிடுக. எஃகின் யங்குணகம் $Y = 2\times10^{11}\ \mathrm{N\,m^{-2}}$ மற்றும் அடர்த்தி $\rho = 7800\ kg\,m^{-3}$.

தீர்வு:

$$v=\sqrt{\frac{Y}{\rho}}=\sqrt{\frac{2\times10^{11}}{7800}}=\sqrt{0.2564\times10^{8}}$$

$$=0.506\times10^{4}ms^{-1}=5\times10^{3}ms^{-1}$$

எனவே நெட்டலைகள் திண்மத்தில், திரவம் அல்லது வாயுவை விட வேகமாக செல்கின்றன. ஆடு மேய்ப்பவன் ஆடுகளுடன் தொடர்வண்டி பாதையை கடக்கும் போது, தண்டவாளத்தில் காதை வைத்து கேட்பதன் காரணத்தை தற்போது புரிந்திருப்பீர்கள்.

எடுத்துக்காட்டு 11.8

ஒரு குறிப்பிட்ட பருமன் கொண்ட நீரின் அழுத்தத்தை 100kPa ஆக அதிகரிக்கும்போது பருமன் 0.005% குறைகிறது.

(a) நீரின் பருமக்குணகம் காண்க.

(b) நீரில் ஒலியின் (இறுக்கப்பட்ட அலைகள்) திசைவேகத்தைக் காண்க.

தீர்வு:

(a) பருமக்குணகம்

$$K=V\left|\frac{\Delta P}{\Delta V}\right|=\frac{100\times10^{3}}{0.005\times10^{-2}}$$

$$=\frac{100\times10^{3}}{5\times10^{-5}}=2000\,MPa$$

(MPa = மெகா பாஸ்கல்)

(b) நீரில் ஒலியின் வேகம்

$$v=\sqrt{\frac{K}{\rho}}=\sqrt{\frac{2000\times10^{6}}{1000}}=1414\,ms^{-1}$$

குறிப்பு

குறுக்கலை,நெட்டலைகளின் திசைவேகம்மீட்சிப்பண்புகளைப் பொருத்தது (கம்பியின் இழுவிசை T, பருமக்குணகம் K போன்றவை) மற்றும் நிலைமப் பண்புகளையும் (அடர்த்தி அல்லது ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை) பொருத்தது.

i.e., $v=\sqrt{\frac{\text{மீட்சிப் பண்பு}}{\text{நிலைமப் பண்பு}}}$

அட்டவணை 11.2: வெவ்வேறு ஊடகங்களில் ஒலியின் வேகம்

வ.எண்	ஊடகம்	வேகம் m s^{-1}
	திண்மம்	
1	இரப்பர்	1600
2	தங்கம்	3240
3	பித்தளை	4700
4	தாமிரம்	5010
5	இரும்பு	5950
6	அலுமினியம்	6420
	திரவங்கள் (25°C இல்)	
1	மண்ணெண்ணெய்	1324
2	பாதரசம்	1450
3	நீர்	1493
4	கடல் நீர்	1533
	வாயு (0°C இல்)	
1	ஆக்ஸிஜன்	317
2	காற்று	331
3	ஹீலியம்	972
4	ஹைட்ரஜன்	1286
	வாயு (20°C இல்)	
1	காற்று	343

11.4 ஒலி அலையின் பரவல்

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

11.4.1 காற்றில் ஒலியின் திசைவேகத்திற்கான நியூட்டனின் சமன்பாடு

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

$$PV = \text{மாறிலி} \qquad (11.20)$$

சமன்பாடு (11.20) யை வகைப்படுத்த,

$$PdV + VdP = 0$$

அல்லது, $$P = -V\frac{dP}{dV} = K_I \qquad (11.21)$$

இங்கு, K_I காற்றின் வெப்பநிலைமாறா பருமக்குணகம். சமன்பாடு (11.21) யை (11.16), இல் பிரதியிட, காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம்

$$v_T = \sqrt{\frac{K_I}{\rho}} = \sqrt{\frac{P}{\rho}} \qquad (11.22)$$

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

எனவே,

$$P = h\rho g$$
$$P = (0.76 \times 13.6 \times 10^3 \times 9.8)\ \text{N m}^{-2}$$
$$\rho = 1.293\ \text{kg m}^{-3}.$$

காற்றில் ஒலியின் வேகம் (NTP) யில்

$$v_T = \sqrt{\frac{(0.76\times13.6\times10^3\times9.8)}{1.293}}$$

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

ஆனால், ஆய்வு மூலமாக 0°C யில் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் $332\ \text{m s}^{-1}$ என அளக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த மதிப்பு, கணக்கீட்டு மதிப்பை விட 16% அதிகம்.

சதவீதப் பிழை $\frac{(332-280)}{332}\times100\% = 15.6\%$. இது குறைவான பிழை அல்ல

11.4.2 லாப்லஸ் திருத்தம் (Laplace Correction)

1816 ல் லாப்லஸ், மேலே குறிப்பிட்ட குறைபாட்டை, "ஒலி ஓர் ஊடகத்தில் பரவும்போது துகள்கள் மிக விரைவாக அலைவுறுவதால் இறுக்கங்களும், தளர்ச்சிகளும் மிக வேகமாக ஏற்படும்" எனக் கருத்தில் கொண்டு சரி செய்தார். இறுக்கத்தினால் ஊடகத்திற்கு கொடுக்கப்படும் அதிக வெப்பமும், தளர்ச்சி மூலம் ஏற்படும் குளிர்ச்சி விளைவும் சுற்றுப் புறத்துடன் சமன் செய்யப்படாது. ஏன் எனில் காற்று (ஊடகம்) ஓர் அரிதிற்கடத்தியாகும். வெப்பநிலை மாறாது எனக் கருத முடியாததால், இது ஒரு வெப்ப பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு ஆகும். வெப்ப பரிமாற்றமில்லா விளைவு எனக் கருதுவதால், வாயு பாய்சன் விதியை பின்பற்றுகிறது (நியூட்டன் கருதியதுபோல் பாயில் விதி அல்ல). எனவே,

$$PV^{\gamma} = \text{மாறிலி} \qquad (11.23)$$

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 243 27-03-2022 20:00:33

இங்கு $\gamma = \dfrac{C_P}{C_v}$,

C_P – அழுத்தம் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்

C_v – பருமன் மாறா மோலார் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்

சமன்பாடு (11.23) யை வகைப்படுத்த,

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

அல்லது, $$\gamma P = -V\frac{dp}{dV} = K_A \qquad (11.24)$$

இங்கு, K_A காற்றின் வெப்பமாற்றீடற்ற விளைவில் பருமக் குணகம்.

சமன்பாடு (11.24) ஐ (11.16) இல் பொருத்த காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம்

$$v_A = \sqrt{\frac{K_A}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} = \sqrt{\gamma}\, v_T \qquad (11.25)$$

காற்றில் முக்கியமாக நைட்ரஜன், ஆக்சிஜன், ஹைட்ரஜன் மற்றும் பிற (இரட்டை அணு மூலக்கூறு வாயு) இருப்பதால், $\gamma = 1.4$. எனவே, காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் $v_A = (\sqrt{1.4})(280\ m\ s^{-1}) = 331.30\ m\ s^{-1}$. இது ஆய்வு முடிவு மதிப்பிற்கு மிக இறுக்கமாக உள்ளது.

11.4.3 வாயுவில் ஒலியின் திசைவேகத்தை பாதிக்கும் காரணிகள்

நல்லியல்பு வாயு ஒன்றைக் கருதுக. அதன் சமன்பாடு

$$PV = \mu R T \qquad (11.26)$$

இங்கு, P – அழுத்தம், V – பருமன், T – வெப்பநிலை, μ – மோல்களின் எண்ணிக்கை, R – பொது வாயு மாறிலி, கொடுக்கப்பட்ட நிறை கொண்ட மூலக்கூறுக்கு சமன்பாடு (11.26) யை கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$\frac{PV}{T} = \text{மாறிலி} \qquad (11.27)$$

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

$$\rho \propto \frac{1}{V}, \quad V = \frac{m}{\rho} \qquad (11.28)$$

சமன்பாடு (11.28) யை (11.27) ல் பொருந்தினால், கிடைப்பது

$$\frac{P}{\rho} = cT \qquad (11.29)$$

இங்கு c ஒரு மாறிலி.

சமன்பாடு (11.25) இல் கொடுக்கப்பட்ட காற்றில் ஒலியின் திசைவேகத்தை கீழ்க்காணுமாறு எழுதலாம்

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} = \sqrt{\gamma c T} \qquad (11.30)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து நாம் அறிவது,

(a) அழுத்தத்தின் விளைவு :

ஒரு நிலையான வெப்பநிலையில், அழுத்தம் மாறுபடும்போது, அடர்த்தியும் நேர்விகிதத்தில் மாறுகிறது; அதாவது $\left(\dfrac{P}{\rho}\right)$ நிலையாக அமைகிறது. இதன் பொருள் நிலையான வெப்பநிலையில், ஒலியின் திசைவேகம் அழுத்தத்தை சாராதது. ஒரு மலையின் மேலும், கீழும் வெப்பநிலை சமமாக இருந்தால், ஒலியின் திசைவேகம் மாறாமல் இருக்கும். ஆனால் நடைமுறையில் மலையின் மேலும் கீழும் வெப்பநிலை சமமாக இருக்காது. எனவே, ஒலியின் திசைவேகமும் மாறுபட்டிருக்கும்.

(b) வெப்பநிலையின் விளைவு :

$$\because \quad v \propto \sqrt{T}$$

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

v_0 என்பது 0°C அல்லது 273 K இல் ஒலியின் திசைவேகம் v என்பது ஏதேனும் ஒரு வெப்பநிலை T இல் ஒலியின் திசைவேகம் எனவும் கொண்டால்,

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

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

(ஈருறுப்பு விரிவை பயன்படுத்தி)

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 244 27-03-2022 20:00:37

0°C ல் ஒலியின் திசைவேகம் v_0 = 331 m s^{-1} என்பதால், ஏதேனும் ஒரு வெப்பநிலை t°C யில்

$$v = (331 + 0.61t)\ \mathrm{m\,s^{-1}}$$

ஒவ்வொரு 1°C வெப்பநிலை உயர்வுக்கும் ஒலியின் திசைவேகம் 0.61 $m\,s^{-1}$ அதிகரிக்கிறது.

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

(c) அடர்த்தியின் விளைவு:

சம வெப்பநிலை, அழுத்தத்தில் உள்ள இரு வாயுக்களை கருதுக. அவற்றின் அடர்த்தி மட்டும் வெவ்வேறு என்க. அந்த இரு வாயுக்களின் வழியே ஒலியின் திசைவேகங்கள் முறையே,

$$v_1 = \sqrt{\frac{\gamma_1 P}{\rho_1}} \qquad (11.31)$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{\gamma_2 P}{\rho_2}} \qquad (11.32)$$

(11.31) யை (11.32) ல் வகுக்க

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

மதிப்பு சமமான வாயுக்களுக்கு,

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} \qquad (11.33)$$

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

(d) ஈரப்பதத்தின் விளைவு (humidity):

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

ρ_1, v_1, மற்றும் ρ_2, v_2, என்பவை முறையே உலர்ந்த காற்று, ஈரப்பதம் உள்ள காற்றின் அடர்த்தி மற்றும் ஒலியின் திசைவேகம் என்க.

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

P என்பது வளிமண்டல அழுத்தமாதலால் டால்டனின் பகுதி அழுத்த விதியின் படி (Dalton's law of partial pressure) கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

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

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

$$v_1 = v_2 \sqrt{\frac{P}{p_1 + 0.625 p_2}} \qquad (11.34)$$

(e) காற்றின் விளைவு:

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

எடுத்துக்காட்டு 11.9

ஆக்சிஜன், நைட்ரஜனின் அடர்த்திகளின் தகவு 16:14. எந்த வெப்பநிலையில் ஆக்சிஜனில் செல்லும் ஒலியின் திசைவேகமானது, 17°C இல் நைட்ரஜனில் செல்லும் ஒலியின் திசைவேகத்திற்கு சமமாகும்?

தீர்வு:

சமன்பாடு (11.25) விருந்து,

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

ஆனால் $\rho = \frac{M}{V}$

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P V}{M}}$$

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 245 27-03-2022 20:00:40

சமன்பாடு (11.26) யைப்பயன்படுத்த

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

இங்கு, R – பொது வாயு மாறிலி, M – வாயுவின் மூலக்கூறு நிறை

17°C யில் நைட்ரஜனில் ஒலியின் வேகம்

$$v_N = \sqrt{\frac{\gamma R(273K + 17K)}{M_N}}$$

$$= \sqrt{\frac{\gamma R(290K)}{M_N}} \quad (1)$$

இதேபோல் வெப்பநிலை t°C யில் ஆக்சிஜனில் ஒலியின் வேகம்

$$v_0 = \sqrt{\frac{\gamma R(273K + t)}{M_0}} \quad (2)$$

இரு வாயுக்களுக்கும் ஒரே மதிப்பு. ஆதலால், மேலே (1) மற்றும் (2) யை சமப்படுத்த

$$v_O = v_N$$

$$\sqrt{\frac{\gamma R(273 + t)}{M_0}} = \sqrt{\frac{\gamma R(290)}{M_N}}$$

இருபுறமும் இருமடியாக்கி (squaring) γ R யை நீக்கி, சரிசெய்ய,

$$\frac{M_0}{M_N} = \frac{273 + t}{290} \quad (3)$$

ஆக்சிஜன், நைட்ரஜனின் அடர்த்திகளின் தகவு 16:14, எனவே,

$$\frac{\rho_0}{\rho_N} = \frac{16}{14} \quad (4)$$

$$\frac{\rho_0}{\rho_N} = \frac{\frac{M_O}{V}}{\frac{M_N}{V}} = \frac{M_0}{M_N} \Rightarrow \frac{M_0}{M_N} = \frac{16}{14} \quad (5)$$

சமன்பாடு (5) ஐ (3) ல் பொருத்த

$$\frac{273 + t}{290} = \frac{16}{14} \Rightarrow 3822 + 14t = 4640$$

$$\Rightarrow t = 58.4\,°C$$

11.5 ஒலி அலைகளின் எதிரொலிப்பு

ஒலி அலைகள் ஒரு ஊடகத்திலிருந்து மற்றொரு ஊடகத்திற்குச் செல்லும்போது, கீழ்க்கண்ட நிகழ்வுகள் ஏற்படும்.

(a) **ஒலியின் எதிரொலிப்பு:** இரண்டாவது ஊடகம் மிகுந்த அடர்த்தியுடையதாக (உறுதியானதாக) இருந்தால், ஒலியானது முழுவதுமாக முதல் ஊடகத்திற்குள்ளேயே (மீண்டு எழுகிறது) எதிரொலிப்பு அடைகிறது.

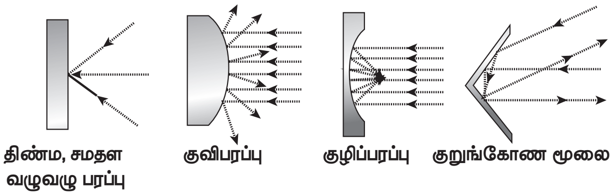
(b) **ஒலியின் விலகல்:** ஒலி ஒரு ஊடகத்திலிருந்து மற்றொரு ஊடகத்திற்கு செல்லும்போது (இரண்டாவது ஊடகம் முதல் ஊடகத்தை விட அடர்த்தி அதிகமாக உள்ளபோது) அதன் ஆற்றல் இரண்டாவது ஊடகத்தால் உட்கவரப்படுவதால், ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படுகிறது.

இந்தப் பாடப்பகுதியில் ஒலியின் எதிரொலிப்பை மட்டும் கருதுவோம். ஒலி எதிரொலிப்பு விதிகளுக்கு உட்படும். அவ்விதிகள்

(i) ஒலியின் படுகோணம், எதிரொலிப்பு கோணத்திற்குச் சமம்.

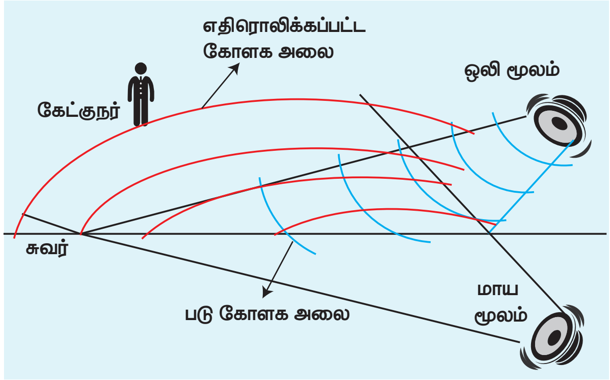
(ii) ஓர் பரப்பால் ஒலி அலை எதிரொலிக்கப்படும்போது படு புள்ளியில் படு அலை, எதிரொலிப்பு அலை மற்றும் குத்துக்கோடு ஆகியவை ஒரே தளத்தில் அமையும்.

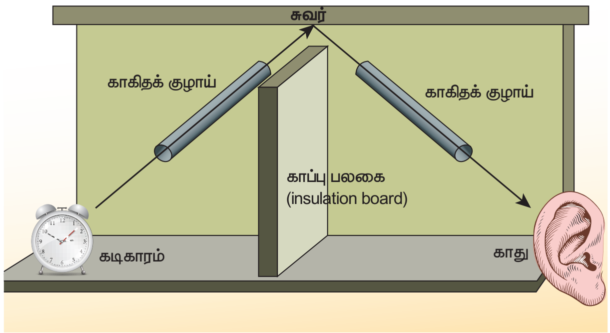
ஆடி ஒன்றால் ஒளி எதிரொளிக்கப்படுவதுபோல், ஒலியும் ஓர் கடினமான, சமதள பரப்பில் எதிரொலிக்கப்படுகிறது; இது பளிங்கு (Specular) எதிரொலிப்பு எனப்படுகிறது. இது ஒலியின் அலைநீளம், எதிரொலிப்பு பரப்பைவிட பரப்பின் மேடு, பள்ளத்தைவிட சிறியதாக இருக்கும்போது ஏற்படுகிறது.



படம் 11.17 வெவ்வேறு பரப்புகளில் ஒலியின் எதிரொலிப்பு

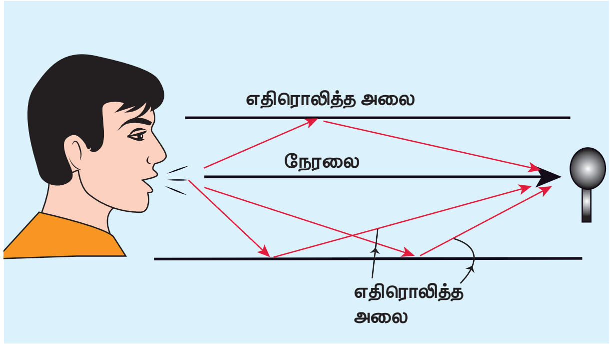
11.5.1 சமதள பரப்புகளில் ஒலியின் எதிரொலிப்பு





படம் 11.18 சமதள பரப்பால் ஒலி எதிரொலிப்பு

ஒலி அலைகள், சமதள சுவர் மீது மோதும்போது, (ஒளி அலைகள் போலவே) அந்த சுவற்றிலிருந்து மீண்டெழுகின்றன (bounces off). ஒலிப்பான் ஒன்று சுவற்றிற்கு சாய்வாக ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் வைக்கப்பட்டால், மூலத்திலிருந்து (ஒலிப்பான்) வரும் ஒலி (புள்ளி ஒலி மூலம் எனக்கருதுக) யை கோள அலை முகப்பாக கருதலாம். எனவே, சுவரால் எதிரொலிக்கப்படும் அலை முகப்பும் கோளக அலை முகப்பாகவே அமையும். அதனுடைய வளைவு மையத்தை (இது சமதள பரப்பின் மறுபுறம் அமைந்திருக்கும்) ஒலி மூலத்தின் பிம்பமாக கருதலாம் [மாய அல்லது கற்பனை ஒலிப்பான்]. இது படம் 11.18 மற்றும் 11.19 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 11.19 அன்றாட வாழ்வில் ஒலியின் எதிரொலிப்புக்கான பொதுவான எடுத்துக்காட்டுகள்

11.5.2 வளைவு பரப்புகளில் ஒலியின் எதிரொலிப்பு

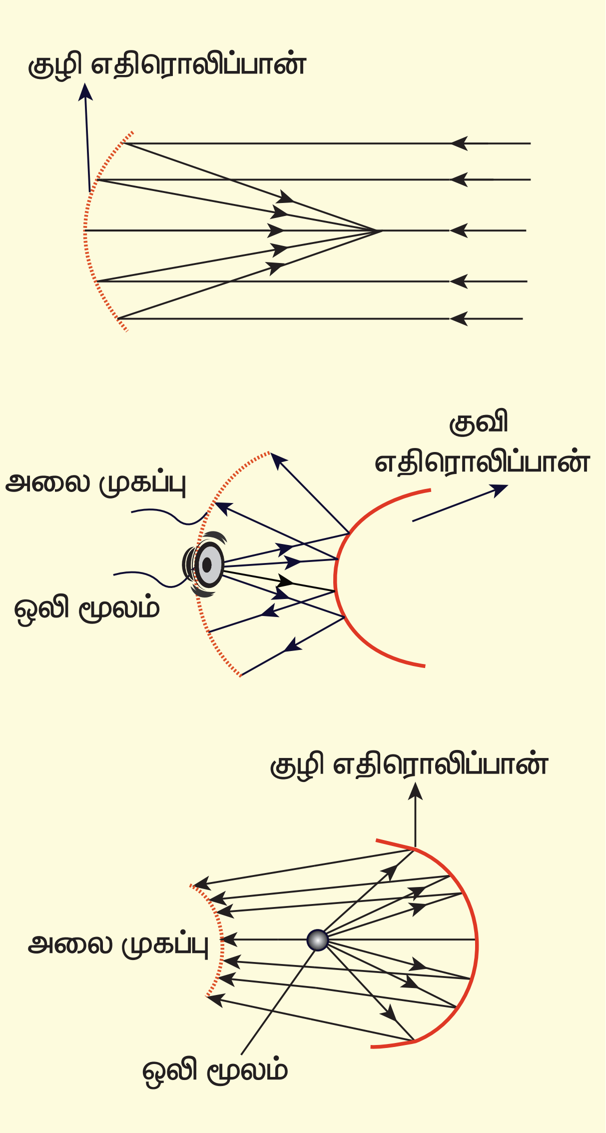
ஒலியின் பண்பு எதிரொலிக்கப்பட்ட பரப்பையும் பொருத்தது. குழி, குவி மற்றும் சமதள பரப்புகளால் எதிரொலிக்கப்பட்ட ஒலி அலைகளின் பண்புகள் வெவ்வேறாக உள்ளன. குவி பரப்பால் எதிரொலிக்கப்பட்ட ஒலி விரிந்து செல்வதால், அதன் வலிமை (ஆற்றல்) குறைந்து விடுகிறது.

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

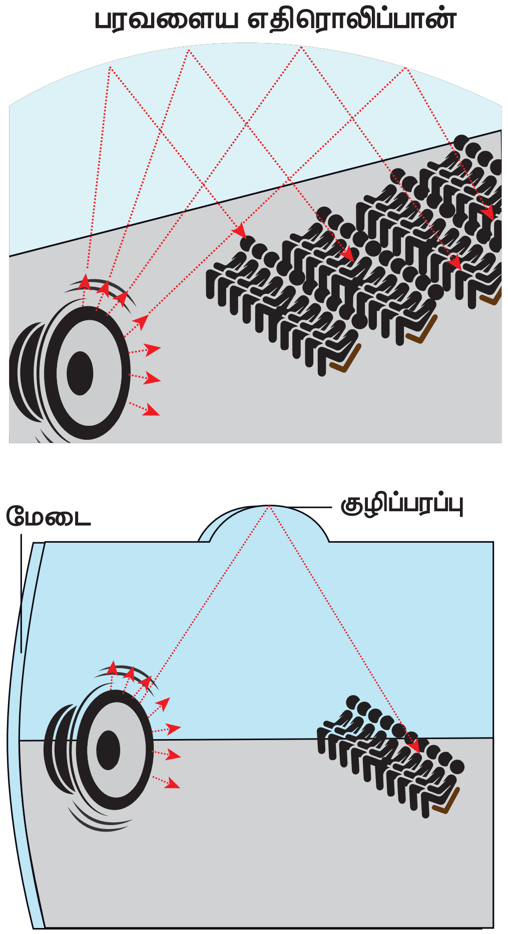
எந்த ஒரு பரப்பும் (வழுவழுப்பானது அல்லது சொர சொரப்பானது) ஒலியை உட்கவரும் என நாம் அறிவோம். எடுத்துக்காட்டாக பெரிய அறைகள் அல்லது கலையரங்கங்கள் அல்லது திரையரங்குகள் ஆகியவற்றில் ஏற்படுத்தப்படும் ஒலி அதன் சுவர்கள், மேற்கூரைகள், தரை மற்றும்

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 247 27-03-2022 20:00:44

இருக்கைகளால் பெரிதும் உட்கவரப்படுகிறது. இந்த இழப்பை தடுக்க, வளைவு ஒலி பரப்புகள் (குழி பரப்புகள்) ஒலிப்பான் முன்பாக அமைக்கப்படுகின்றன. இவை ஒலிப்பானிலிருந்து வரும் ஒலியை கேட்போர் கூட்டம் (audience) நோக்கி எதிரொலிக்கின்றன. இந்த முறை எல்லா திசைகளிலும் ஒலி பரவுவதைக் குறைத்து, அரங்கம் முழுவதும் சீராக ஒலி பரவுவதை மேம்படுத்துகிறது. எனவே தான் அரங்கத்தில் எந்தப் பகுதியில் அமர்ந்திருப்பவருக்கும் ஒலியானது எந்த வித தடையுமின்றி சென்றடைகிறது.



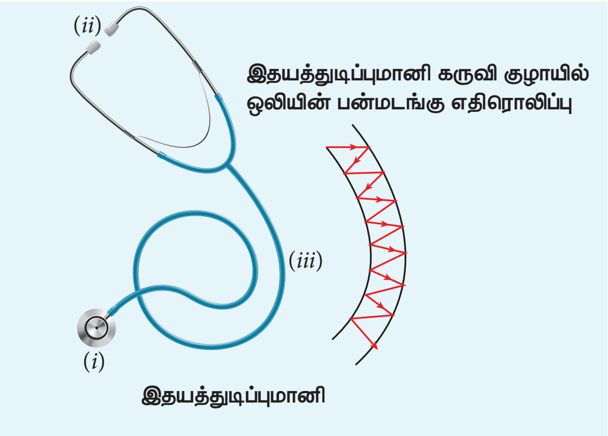
படம் 11.20 வளைவு பரப்புகளில் ஒலியின் எதிரொலிப்பு



படம் 11.21 பெரிய கலையரங்கங்களில் ஒலி

11.5.3 ஒலி எதிரொலிப்பின் பயன்கள்

(அ) **இதயத்துடிப்புமானி:** இது ஒலியின் பன்மடங்கான எதிரொலிப்பின் தத்துவத்தில் இயங்குகிறது.



படம் 11.22 இதயத்துடிப்புமானி, மற்றும் அதன் ரப்பர் குழாயில் பன்மடங்கு எதிரொலிப்பு அடையும் இதயத்துடிப்பு

இது மூன்று பகுதிகளை கொண்டது:

i இதயத்தின் மீது வைக்கும் பகுதி

ii காதில் வைக்கும் பகுதி

iii ரப்பர் குழாய்

(i) **இதயத்தின் மீது வைக்கும் பகுதி:** இது சிறிய தட்டு வடிவிலான ஒத்ததிர்வுச் சவ்வு. இது ஒலியை மிக நுண்ணியமாக உணரும். மேலும் உணர்ந்த ஒலியை பெருக்கும்.

(ii) **காதில் வைக்கும் பகுதி:** இது உலோகக் குழாய்களால் ஆனது. இது இதயத்திலிருந்து உணர்ந்த ஒலியை கேட்கப் பயன்படுகிறது.

(iii) **ரப்பர் குழாய்:** இது இதயம் மீது வைக்கும் பகுதியையும் காதில் வைக்கும் பகுதியையும் இணைக்கிறது. இதயம் மீது வைக்கும் பகுதியின் சவ்வு உணர்ந்த ஒலியை காதில் வைக்கும் பகுதிக்கு எடுத்துச் செல்கிறது. நுரையீரலின் சத்தம் அல்லது இதயத்தின் துடிப்பு அல்லது உடல் உள் உறுப்புகள் ஏற்படுத்தும் ஒலியை உணர்ந்து, அதை காதில் வைக்கும் பகுதிக்கு ரப்பர் குழாயில் ஏற்படும் பன்மடங்கு எதிரொலிப்பு மூலம் எடுத்துச் செல்கிறது.

(ஆ) **எதிரொலி:** சுவர் அல்லது மலை அல்லது எந்தவொரு ஒலித்தடை பரப்பினாலும் ஒலி எதிரொலிக்கப்பட்டு, மீண்டும் மீண்டும் கேட்கப்படும் ஒலி எதிரொலி எனப்படும். 20°C யில் காற்றில் ஒலியின் வேகம் 344 m s^{-1}. 344 m தொலைவிலுள்ள சுவற்றினை நோக்கி நாம் சப்தம் செய்தால் அது 1 விநாடியில் சுவற்றை அடையும். சுவற்றில் எதிரொலித்த பிறகு, மேலும் 1 வினாடி கழித்து அந்த ஒலி நம்மை அடையும். எனவே, இரு வினாடிகள் கழித்து எதிரொலியை கேட்போம்.

குறிப்பு

அறிவியல் அறிஞர்களின் கணக்கீட்டின்படி, நாம் இரு ஒலி அலைகளை, தெளிவாக கேட்கக்கூடிய மிகக் குறைந்த நேர இடைவெளி (மனித செவியின் தொடர் கேட்கும் திறன்) ஒரு விநாடியின் $\frac{1}{10}$ பகுதி அதாவது 0.1 s ஆகும்.

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

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

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

20°C –யில் எதிரொலி (echo) கேட்க, எதிரொலிக்கும் சுவர் (பரப்பு) அமைய வேண்டியகுறைந்தபட்சத்தொலைவு 17.2 m.

(இ) **சோனார்** (SONAR): SOund NAvigation and Ranging. ஒலி எதிரொலிப்பு மூலம் கடலினுள் தேடுதல் மற்றும் கண்டுபிடித்தல் கருவி.

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

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

எடுத்துக்காட்டு 11.10

மனிதன் ஒருவன், ஒரு மலை உச்சியிலிருந்து குறிப்பிட்ட தொலைவில் நின்று கொண்டு கைதட்டுகிறான். 4 s கழித்து மலை உச்சியிலிருந்து அந்த கைத்தட்டலின் எதிரொலியை கேட்கிறான். ஒலியின் சராசரி திசைவேகம் 343 m s^{-1}. எனில், மனிதனிடமிருந்து மலை உச்சியின் தொலைவைக் காண்க.

தீர்வு:

ஒலி எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் $2t = 4 \Rightarrow t = 2$ s

தொலைவு $d = vt = (343 \text{ m s}^{-1})(2 \text{ s}) = 686$ m.

குறிப்பு: ஒலி அலைகளின் வகைகள்: ஒலி அலையின் அதிர்வெண் அடிப்படையில் ஒலி அலைகளை 3 குழுக்களாகப் பிரிக்கலாம்.

(1) கேளா ஒலி (தாழ் அதிர்வெண் அலை Infrasonic)
20 Hz விட குறைவான அதிர்வெண் உடைய ஒலி அலைகள் மனிதன் கேட்க முடியாத (கேளா) ஒலி எனப்படும். இந்த அலைகள் நில நடுக்கத்தின் போது ஏற்படும். பாம்புகள் இந்த அதிர்வெண் உடைய ஒலிகளை கேட்கக்கூடியவை.

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

(3) மீயொலி (உயர் அதிர்வெண் ஒலி அலை Ultrasonic)
20 kHz யை விட அதிக அதிர்வெண் உடைய ஒலி அலைகள் மீயொலி எனப்படும். வவ்வால்கள் (Bats) இந்த ஒலியை ஏற்படுத்தவும், கேட்கவும் கூடியவை.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

1) சேணலை வேகம் (supersonic speed): ஒலியின் திசை வேகத்தைவிட அதிக வேகத்தில் இயங்கும் பொருள் சேணலை வேகத்தில் (supersonic speed) செல்வதாக கருதப்படும்.

2) மாக் எண்
மூலத்தின் திசைவேகத்திற்கும், ஒலியின் திசைவேகத்திற்கும் இடையேயான தகவே மாக் எண் எனப்படும்.

$$\text{மாக் எண்} = \frac{\text{மூலத்தின்திசைவேகம்}}{\text{ஒலியின்திசைவேகம்}}$$

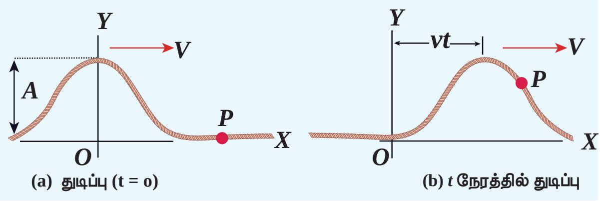
11.6 முன்னேறு அலை அல்லது இயங்கும் அலை

அலை ஒன்று ஊடகத்தில் தொடர்ந்து முன்னேறிச் சென்றால் அந்த அலை முன்னேறு அலை அல்லது இயங்கும் அலை என்று பெயர்.

11.6.1 முன்னேறு அலையின் பண்புகள்:

1. ஊடகத் துகள்கள் அதன் சமநிலைப்புள்ளியை மையமாகக் கொண்டு மாறாத வீச்சில் அதிர்வுறுகின்றன.
2. ஒவ்வொரு துகளின் கட்டமும் 0 முதல் 2π வரை மாறுகின்றன.
3. எந்தவொரு துகளும் தொடர்ந்து ஓய்வில் இருப்பதில்லை. அலை முன்னேறும்போது ஒவ்வொரு கடைநிலை புள்ளிகளில் மட்டும் இருமுறை ஓய்வு நிலைக்கு வருகின்றன.
4. முன்னேறு குறுக்கலைகள் முகடுகள் அகடுகளாகவும், முன்னேறு நெட்டலைகள் இறுக்கங்கள், தளர்ச்சிகளாகவும் பரவுகின்றன.
5. துகள்கள் சமநிலைப்புள்ளியை கடக்கும்போது சமஅளவு பெரும திசைவேகத்தில் செல்கின்றன.
6. $n\lambda$ தொலைவில் (n– ஒரு முழு எண்) பிரிக்கப்பட்ட துகள்களின் இடப்பெயர்ச்சி, திசைவேகம், முடுக்கம் சமமாகும்.

11.6.2 சமதள முன்னேறு அலைக்கான சமன்பாடு



படம் 11.23 v திசைவேகத்தில் செல்லும் அலைத்துடிப்பு $t = 0$ மற்றும் t நேரங்களில்

$t = 0$ s ல் இழுத்துக் கட்டப்பட்ட கம்பியை சட்டென இழுத்துவிடு. படம் 11.23 (a) இல் கொடுக்கப்பட்ட மாறுபாட்டினால் ஏற்பட்ட துடிப்பு நேர்க்குறி x திசையில் நிலையான வேகம் v ல் முன்னேறிச் செல்கிறது.

அலைத்துடிப்பின் வடிவத்தை கணிதமுறையில் $t = 0$ வினாடியில் $y = y(x, 0) = f(x)$ என குறிக்கலாம். அலைத்துடிப்பின் வடிவம் அதன் முன்னேறும் பாதையில் மாறாது எனக் கருதுவோம். சிறிதுநேரம்

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 250 27-03-2022 20:00:45

t க்கு பிறகு, வலப்பக்கம் நகர்த்த துடிப்பை x' எனக் குறிப்போம் (x prime என வாசிக்கவும்) படம் 11.23 (b) இல் காட்டியுள்ளவாறு

$$y(x, t) = f(x') = f(x - vt) \qquad (11.35)$$

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

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

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \qquad (11.36)$$

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

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{1}{v^2}\frac{d^2 y}{dt^2} \qquad (11.37)$$

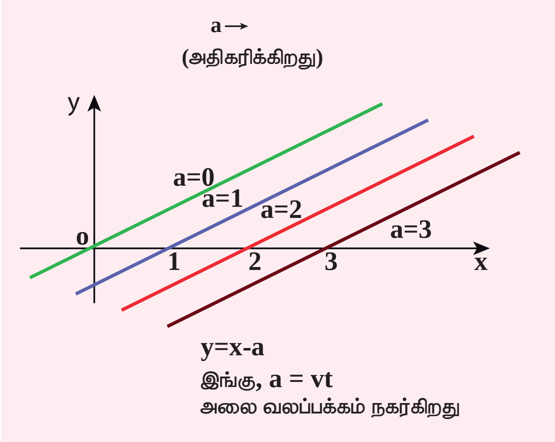
இதை ஒரு பரிமாணத்திற்கு மேலும் (இரண்டு, மூன்று, மேலும்….) எழுதலாம். எளிமைக்காக ஒரு பரிமாண அலைச்சமன்பாட்டை மட்டும் கருதுவோம்.

எடுத்துக்காட்டு 11.11

வெவ்வேறு a மதிப்புகளுக்கு $y = x - a$ என்ற கோட்டினை வரைக.

தீர்வு:

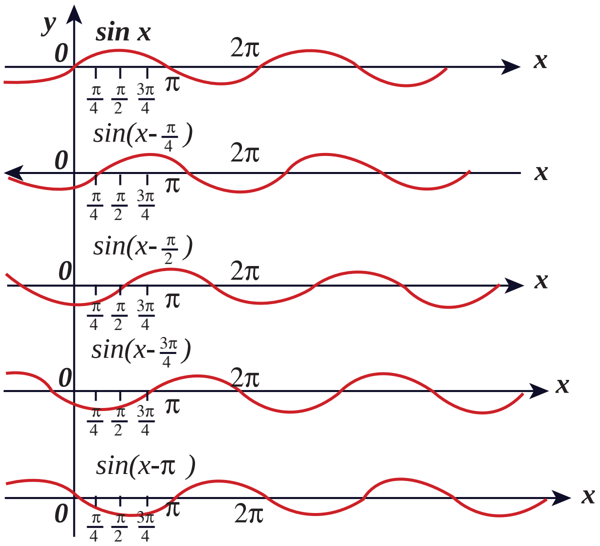
இதிலிருந்து நாம் அறிவது, a மதிப்பை அதிகரிக்கும்போது, கோடானது வலப்பக்கம் நகர்கிறது. $a = vt$, $y = x - vt$ வகைக்கெழு சமன்பாட்டிற்கு பொருந்துகிறது. இந்த சார்பு, வகைக்கெழு சமன்பாட்டிற்கு பொருந்தினாலும், இது x மற்றும் t க்கான அனைத்து மதிப்புகளுக்கும் நிலையாக இல்லை. எனவே, இது அலையை குறிக்கவில்லை. எனவே, இந்தச் சார்பு ஒரு அலையைக் குறிக்கவில்லை.



எடுத்துக்காட்டு 11.12

$y = \sin(x - a)$ என்ற அலை $a = 0$, $a = \frac{\pi}{4}$, $a = \frac{\pi}{2}$, $a = \frac{3\pi}{2}$ மற்றும் $a = \pi$ என்ற மதிப்புகளுக்கு எவ்வாறு இருக்கிறது என வரைபடங்கள் மூலம் காட்டுக.

தீர்வு:



மேற்கண்ட படங்களிலிருந்து நாம் அறிவது $y = \sin(x-a)$; $a = 0$, $a = \frac{\pi}{4}$, $a = \frac{\pi}{2}$, $a = \frac{3\pi}{2}$, $a = \pi$, க்கு வரையப்பட்டுள்ளது. $y = \sin(x-a)$ ஆனது வலப்பக்கம் நகர்கிறது.

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 251 27-03-2022 20:00:47

மேலும் $a = vt$ மற்றும் $v = \frac{\pi}{4}$,என எடுத்துக்கொண்டு $t = 0s$, $t = 1s$, $t = 2s$ எனப் பொருத்தி வரைபடம் வரைந்தால், மீண்டும் $y = \sin(x-vt)$ வலப்பக்கம் நகர்கிறது. எனவே, $y = \sin(x-vt)$ என்பது ஒரு பயணிக்கும் அல்லது முன்னேறு அலை. இது வலப்பக்கம் நகர்கிறது.

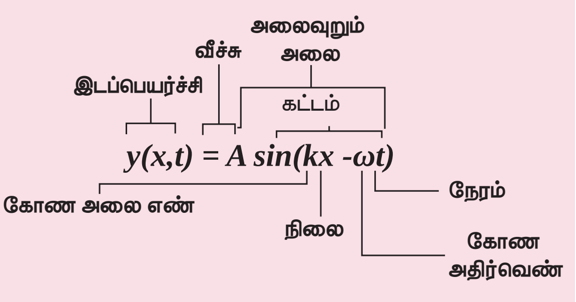
$y = \sin(x+vt)$ எனக் கொண்டால் முன்னேறு (பயணிக்கும்) அலை இடப்பக்கம் நகர்கிறது. இதனால் சார்பு $y = f(x-vt)$ என்பது அலை வலப்பக்கம் நகர்வதையும், சார்பு $y = f(x+vt)$ என்பது அலை இடப்பக்கம் நகர்வதையும் குறிக்கிறது.

எடுத்துக்காட்டு 11.13

அலை $y = \sin(x-vt)$ யை பரிமாணப் பகுப்பாய்வு மூலம் சரிபார். பரிமாண முறையில் தவறு எனில் மேற்கண்ட சமன்பாட்டை சரியான முறையில் எழுது.

தீர்வு:

பரிமாண முறையில் தவறு $y = \sin(x-vt)$ என்பது பரிமாணமற்ற அளவாக அமைய வேண்டும். ஆனால், $x-vt$ சரியான சமன்பாடு $y = \sin(kx-\omega t)$, இங்கு k ன் பரிமாணம், நீளத்தின் பரிமாணத்தின் தலைகீழாக இருக்கும்; ω வின் பரிமாணங்கள் நேரத்தின் பரிமாணம் தலைகீழாக இருக்கும். சைன் சார்பும், கொசைன் சார்பும் சீரான நேர முறையில் மாறும் சார்பு. இங்கு நேரம் 2π யாக உள்ளது. எனவே சரியான தொடர்பு $y = \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{2\pi}{T}t\right)$ இங்கு λ மற்றும் T முறையே அலைநீளம், அலைவுநேரம். பொதுவாக $y(x,t) = A\sin(kx-\omega t)$.



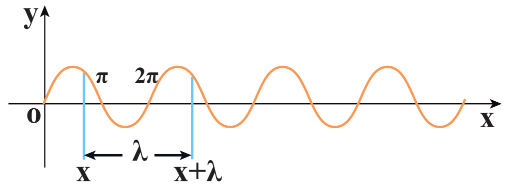
11.6.3 அலை ஒன்றின் வரைபட வடிவம்

கீழ்க்கண்ட இரு வடிவ அலைமாறுபாடுகளை வரைபடமாக காட்டுவோம்.

(அ) வெளி (அல்லது இடஞ்சார்ந்த) மாறுபாடு வரைபடம் (space variation graph)

(ஆ) காலம் (அல்லது நேரம்சார்ந்த) மாறுபாடு வரைபடம் (time variation graph)

(அ) வெளி மாறுபாடு வரைபடம்:



படம் 11.24 சைன் சார்பு வரைபடம் $y = A\sin(kx)$

படம் 11.24 சைன் சார்பு வரைபடம் $y = A\sin(kx)$ நேரத்தை நிலையாகக் கொண்டு, x யைப் பொறுத்து இடப்பெயர்ச்சி மாறுபாடு வரையப்பட்டுள்ளது. $y = A\sin(kx)$ என்ற சைன் சார்பு வரைகோடு படம் 11.24 ல் காட்டப்பட்டுள்ளதை கருதுவோம். இங்கு k ஒரு மாறிலி. λ அலைநீளம் என்பது ஒரே அதிர்வு நிலையில் உள்ள இரு அடுத்தடுத்த புள்ளிகளுக்கிடையேயானத் தொலைவு. $y = x$ மற்றும் $y = x + \lambda$, என்ற இரு முனைகளிலும் இடப்பெயர்ச்சி y ஆனது ஒரே அளவு. அதாவது,

$$y = A\sin(kx) = A\sin(k(x+\lambda)) = A\sin(kx + k\lambda) \quad (11.38)$$

சைன் சார்பு ஒரு சீரான நேர முறையில் மாறும் (இங்கு நேரம் 2π) எனவே,

$$y = A\sin(kx + 2\pi) = A\sin(kx) \quad (11.39)$$

சமன்பாடு (11.38), (11.39) யை ஒப்பிட,

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

இது காட்டுகிறது,

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}\ \text{rad m}^{-1} \quad (11.40)$$

இங்கு k என்பது அலை எண். இது 2π ரேடியனில் எத்தனை அலைகள் உள்ளன எனக் காணவும் அல்லது எவ்வளவு வேகமாக அலை, வெளியில்

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 252 27-03-2022 20:00:47

அலைவுறுகிறது எனக் காணவும் பயன்படுகிறது. அலையின் வெளிச்சார்ந்த முறையான அதிர்வு (Periodicity)

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

$t = 0$ s ல் $y(x, 0) = y(x + \lambda, 0)$

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

எடுத்துக்காட்டு 11.14

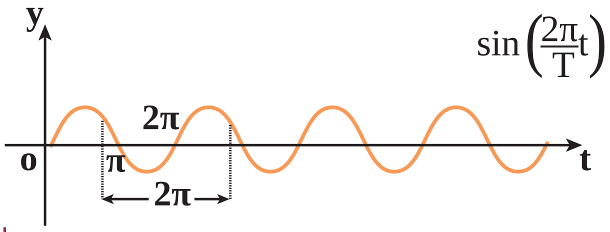
இரு அலைகளின் அலைநீளங்கள் முறையே $\lambda_1 = 1\text{m}$, $\lambda_2 = 6\text{m}$ எனில் அவற்றின் அலை எண்களைக் காண்க.

தீர்வு:

$$k_1 = \frac{2\pi}{1} = 6.28\ \text{rad m}^{-1}$$

$$k_2 = \frac{2\pi}{6} = 1.05\ \text{rad m}^{-1}$$

(ஆ) நேர மாறுபாடு வரைபடம் (time variation graph)



படம் 11.25 சைன் வடிவ சார்பு $y = A\sin(\omega t)$ யின் வரைபடம்

நிலை மாறாமல் உள்ளபோது, நேரத்தைப் பொருத்து, இடப்பெயர்ச்சியில் ஏற்படும் மாறுபாடு வரைபடமாக வரையப்பட்டுள்ளது. படம் 11.25 ல் காட்டியவாறு $y = A\sin(\omega t)$ என்ற சைன் சார்பு வரைபடத்தைக் கருதுவோம். இங்கு ω கோண அதிர்வெண். இது நேரத்தைப் பொறுத்து எவ்வளவு விரைவாக அலை அலைவுறுகிறது அல்லது ஒரு வினாடிக்கு எத்தனை சுழற்சிகள் ஏற்படுகிறது என்பதைக் காட்டுகிறது. நேரஞ்சார்ந்த இடைவெளி விரைவதிர்வு (Periodicity)

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

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

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

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

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

இது சமன்பாடு (11.4) ல் கிடைத்த அதே தொடர்பு.

11.6.4 துகள் திசைவேகம் மற்றும் அலை திசைவேகம்

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

$$v_P = \frac{dy}{dt}\ \ \text{m s}^{-1} \qquad (11.41)$$

ஆனால், $y(x, t) = A\sin(kx - \omega t)$ (11.42)

இதேபோல், $\frac{dy}{dt} = -\omega A\cos(kx - \omega t)$ (11.43)

இதேபோல் முன்னேறு (இயங்கும்) அலையின் திசைவேகத்தை (இங்கு வேகம்) வரையறுக்கலாம். படம் 11.23 இல் காட்டியவாறு ஒரு முன்னேறு அலையைக் கருதுவோம். இது வலப்பக்கம் நோக்கி இயங்குகிறது என்க. கணித வடிவில் ஒரு சைன் அலையாகக் காட்டலாம். P என்பது அதன் கட்டத்தில் ஓர் புள்ளி என்க. y_p என்பது சமநிலையிலிருந்து அதன் இடப்பெயர்ச்சி என்க. எந்தவொரு கணத்திலும் (t) இடப்பெயர்ச்சியானது

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 253 27-03-2022 20:00:49

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

அடுத்த கணம் $t' = t + \Delta t$ யில் P ன் நிலை $x' = x + \Delta x$ என்க. இந்தப்புதிய கணத்தில் (t) இடப்பெயர்ச்சி

$$y = y(x', t') = y(x + \Delta x, t + \Delta t)$$

$$= A \sin[k(x + \Delta x) - \omega(t + \Delta t)] \quad (11.44)$$

அலையின் வடிவம் மாறாதது; அதாவது அலையின் கட்டம் மாறாது (எனவே y இடப்பெயர்ச்சி ஒரு மாறிலி) எனவே (11.42) யும்(11.44) யும் சமப்படுத்த,

$$y(x', t') = y(x, t),$$

$$A \sin[k(x + \Delta x) - \omega(t + \Delta t)] = A \sin(kx - \omega t)$$

(அல்லது)

$$k(x + \Delta x) - \omega(t + \Delta t) = kx - \omega t = \text{மாறிலி} \quad (11.45)$$

சமன்பாடு (11.45) யை தீர்க்க,

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\omega}{k} = v_p \quad (11.46)$$

இங்கு v_p அலையின் திசைவேகம் (wave velocity) அல்லது கட்ட திசைவேகம் (phase velocity).

கோண அதிர்வெண், அலை எண்களை அதிர்வெண் மற்றும் அலைநீளம் மூலம் எழுத, சமன்பாடு (11.46) மூலம் சமன்பாடு (11.43) யை பெறலாம். இதன் மூலம் கோண அதிர்வெண், அலை எண் மற்றும் திசைவேகங்களை கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

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

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

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

எடுத்துக்காட்டு 11.15

ஒரு கைபேசி 900MHz அதிர்வெண் உடைய சைகைகளை வெளிவிடுகிறது. கைபேசி கோபுரம் மூலம் வெளிவிடும் அலையின் அலை நீளம் காண்.

தீர்வு:

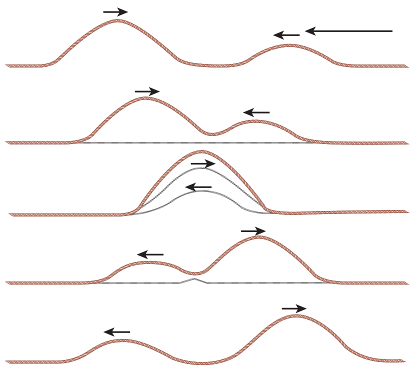
அதிர்வெண், $f = 900\ MHz = 900 \times 10^6\ Hz$

அலையின் வேகம் $c = 3 \times 10^8 \text{m s}^{-1}$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \times 10^8}{900 \times 10^6} = 0.33m$$

11.7 மேற்பொருந்துதல் தத்துவம்

ஒரு முனையில் கட்டப்பட்ட கம்பியின் ஒருமுனையை சட்டென்று மேல் இழுத்துவிட்டால், அலைத்துடிப்பு ஏற்படும். மேலும் அது கம்பியில் முன்னேறிச் செல்கிறது. மாறாக கம்பியின் இருமுனையையும் இருவர் பிடித்துக்கொண்டு, இருவரும் ஒரே கணத்தில் அம்முனைகளை சட்டென்று மேல் இழுத்து விட்டால், இரண்டு அலைத்துடிப்புகள் ஒன்றை நோக்கி ஒன்று நகர்ந்து, ஒரு புள்ளியில் சந்தித்து, அப்புள்ளியை கடந்து அதே வடிவில் செல்லும். ஆனால், குறுக்கிடும் புள்ளியில் மட்டும் அவற்றின் பண்பு முழுவதும் மாறுபட்டு, படம் 11.26 ல் காட்டியவாறு குறுக்கிடும் துடிப்புகள் ஒரே வடிவம் பெற்றுள்ளனவா அல்லது எதிர்வடிவம் பெற்றுள்ளனவா என்பதைப் பொறுத்து அமையும்.



படம் 11.26 இரு அலைகளின் மேற்பொருந்துதல்

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 254 27-03-2022 20:00:51

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

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

கணிதமுறையில் புரிந்து கொள்ள இரு சார்புகளை, அலைகளின் இடப்பெயர்ச்சிகளைக் கருதுவோம். எடுத்துக்காட்டாக,

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

மற்றும்

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

y_1, y_2 இரண்டும் அலை சமன்பாட்டுக்கு ஒத்துள்ளதால், அதன் கூடுதல்,

$$y = y_1 + y_2$$

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

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

$$y = C_1 y_1 + C_2 y_2$$

இதை எத்தனை அலைகளுக்கு வேண்டுமானாலும் பொதுவாக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக n அலைகளை கருதினால், மேலும் ஒரு பரிமாணத்தை விட அதிக பரிமாணங்களில் கருதினால், நாம் இடப்பெயர்ச்சியை வெக்டர் வடிவில் எழுத வேண்டும். இதன் அடிப்படையில் தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி,

$$\vec{y} = \sum_{i=1}^{n} C_i \vec{y_i}$$

மேற்பொருந்துதல் தத்துவம் கீழ்க்கண்டவற்றை விளக்குகிறது :

(a) வெளி (அல்லது)வெளி சார்ந்த குறுக்கீட்டு விளைவு (இதுவே எளிமையாக குறுக்கீட்டு விளைவு எனவும் கருதப்படுகிறது)

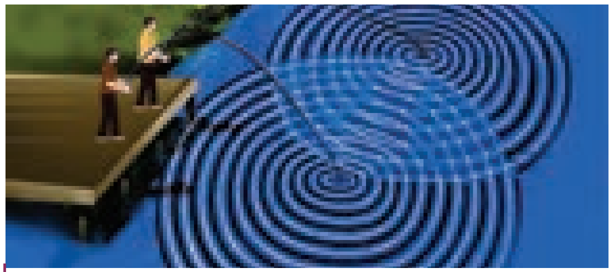
(b) நேரம் அல்லது நேரஞ்சார்ந்த குறுக்கீட்டு விளைவு (விம்மல்கள் எனவும் அழைக்கப்படுகிறது).

(c) நிலை அலைகள் தத்துவம்

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

கீழ்க்கண்ட துணைத் தலைப்புகளில் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக விவாதிப்போம்.

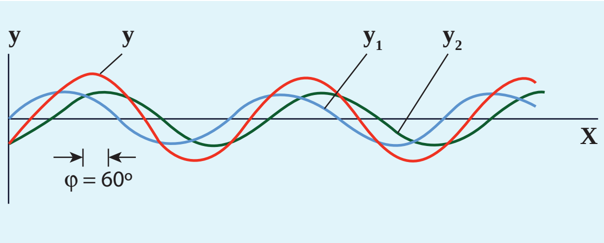
11.7.1 அலைகளின் குறுக்கீட்டு விளைவு



படம் 11.27 அலைகளின் குறுக்கீட்டு விளைவு

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 255 27-03-2022 20:00:52

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



படம் 11.28 இரு சைன் அலைகளின் குறுக்கீட்டு விளைவு

ஒரே அதிர்வெண்ணும், நிலையான கட்ட வேறுபாடு φ மற்றும் ஒரே அலை வடிவம் கொண்ட இரு சீரிசை அலைகள் (ஓரியல் மூலங்கள் எனக் கருதலாம்) அவற்றின் வீச்சுகள் A_1 , A_2 எனில்

$$y_1 = A_1 \sin(kx - \omega t) \qquad (11.47)$$

$$y_2 = A_2 \sin(kx - \omega t + \varphi) \qquad (11.48)$$

ஒரே திசையில், ஒரே நேரத்தில் இயங்கினால் அவைகளின் குறுக்கீட்டு விளைவு (அதாவது இரு அலைகளும் ஒன்றுடன் ஒன்று

மேற்பொருத்துதல்) ஏற்படும் கணிதப்படி,

$$y = y_1 + y_2 \qquad (11.49)$$

சமன்பாடு (11.47) மற்றும் (11.48) யை (11.49)ன் பொருத்த நமக்கு கிடைப்பது,

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

திரிகோணமிதிப்படி

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

எனவே

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

$$y = \sin(kx - \omega t)(A_1 + A_2 \cos\varphi) + A_2 \sin\varphi \cos(kx - \omega t) \qquad (11.50)$$

$$A \cos\theta = (A_1 + A_2 \cos\varphi) \qquad (11.51)$$

மற்றும் $A \sin\theta = A_2 \sin\varphi$ (11.52)

எனக் கொண்டால் சமன்பாடு (11.50) –ஐ மாற்றி எழுதலாம்

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

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

$$y = A \sin(kx - \omega t + \theta) \qquad (11.53)$$

(11.51) மற்றும் (11.52) வை இருமடியாக்கி கூட்ட,

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos\varphi \qquad (11.54)$$

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

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos\varphi \qquad (11.55)$$

(அ) ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு:

ஒரு அலையின் முகடு, மற்றொரு அலையின் முகடுடன் மேற்பொருந்தும்போது, அவற்றின் வீச்சுகள் கூட்டப்பட்டு, ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவு ஏற்பட்டு, அதன் வீச்சு தனிப்பட்ட அலைகளின் வீச்சுகளை விட படத்தில் 11.29 (a) காட்டியவாறு அதிகமாக இருக்கும்.

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

$$\cos\varphi = +1 \Rightarrow \varphi = 0, 2\pi, 4\pi, \ldots = 2n\pi,$$

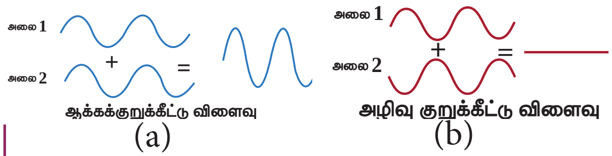
இங்கு $n = 0,1,2,\ldots$

இந்த கட்ட வேறுபாட்டில், இரு அலைகள் மேற்பொருந்தினால், ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவு ஏற்படும்.

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

எனவே, தொகுபயன் வீச்சு,

$$A = A_1 + A_2$$



படம் 11.29 (a) ஆக்கக்குறுக்கீட்டு விளைவு (b) அழிவு குறுக்கீட்டு விளைவு

(b) அழிவு குறுக்கீட்டு விளைவு:

படம் 11.29 (b) ல் காட்டியவாறு ஒரு அலையின் அகடு, மற்றொரு அலையின் முகடு உடன் சேர்ந்தால் (மேற்பொருந்தினால்) அங்கு அழிவு குறுக்கீட்டு

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 256 27-03-2022 20:00:54

விளைவு ஏற்படும். அழிவு குறுக்கீட்டு விளைவு ஏற்படும் புள்ளியில் செறிவு சிறுமமாக இருக்கும். அதாவது $\cos\varphi = -1 \Rightarrow \varphi = \pi, 3\pi, 5\pi, \ldots = (2n-1)\pi$, இங்கு $n = 0, 1, 2, \ldots$ இந்தக் கட்டவேறுபாட்டுடன் இரு அலைகள் மேற்பொருந்தும்போது அழிவு குறுக்கீட்டு விளைவு ஏற்படும்.

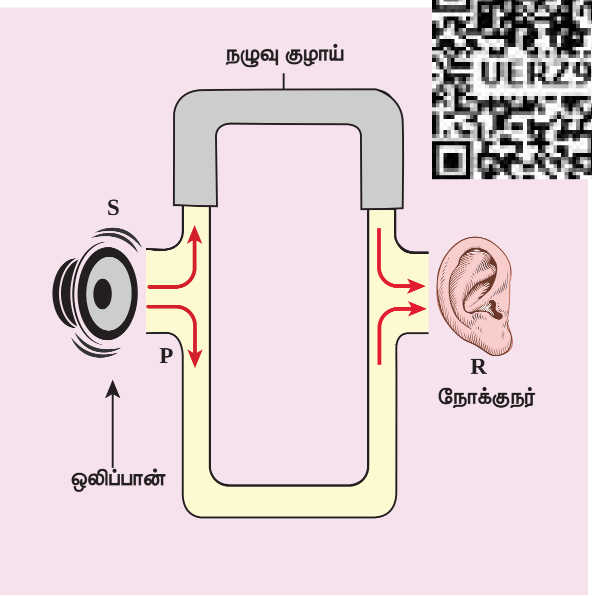
எனவே,

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

தொகுபயன் வீச்சு

$$A = |A_1 - A_2|$$

படம் 11.30 ல் காட்டியாவறு அழிவு குறுக்கீட்டு விளைவுக்கு ஒரு எளிய காட்சி விளக்கம் செய்து காட்டலாம்.



படம் 11.30 அழிவு குறுக்கீட்டு விளைவுக்கான ஒரு எளிய காட்சி விளக்கம்

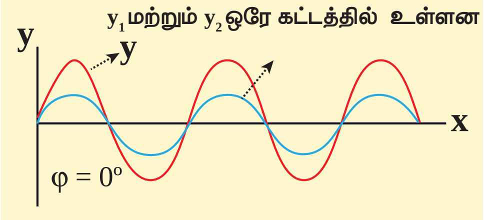
S என்ற ஒலிப்பானிலிருந்து (speaker) ஒலி அலைகள் P என்ற குழாய் மூலம் அனுப்பப்படுகிறது. P ஆனது T வடிவிலான ஒரு சந்தியாக உள்ளது. எனவே ஒலி அலையின் பாதி ஆற்றல் ஒரு திசையிலும் மறு பாதி ஆற்றல் எதிர் திசையிலும் செல்கிறது. இதேபோல் ஒலி ஆற்றல் நோக்குநரையும் இருபாதைகளின் வழியே சென்றடைகிறது. ஒலி அலையானது ஒலிப்பானிலிருந்து, நோக்குநரை ஏதேனும் ஒரு பாதை வழியே சென்றடையும் பாதை நீளம் r என்க. படத்திலிருந்து கீழ் பாதை நீளம் r_1 நிலையானது; மேல்பாதை நீளம் r_2 ஆனது, மேலே உள்ள நகரும் குழாய் மூலம் மாற்றக்கூடியது. இந்த இரு பாதை நீளங்களுக்கான வேறுபாடு பாதை வேறுபாடு Δr எனப்படுகிறது.

$$\Delta r = |r_2 - r_1|$$

பாதை வேறுபாடு λ, சுழியாகவோ அல்லது அலை நீளங்களின் (λ) முழு எண் மடங்குகளாகவோ இருக்கும், எனில்

$$\Delta r = n\lambda \qquad \text{இங்கு, } n = 0, 1, 2, 3, \ldots$$

படம் 11.31 ல் காட்டியவாறு r_1, r_2 பாதைகளில் வரும் இவ்விரு அலைகள் எந்தவொருக்கணத்திலும் நோக்குநரை ஒரே கட்டத்தில் (கட்டவேறுபாடு $0°$ அல்லது 2π) சந்திக்கும்போது ஆக்கக்குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தும். இந்த நிகழ்வுகளில் (நோக்குநரால்) ஒலியின் செறிவு பெருமமாக உணரப்படும்.



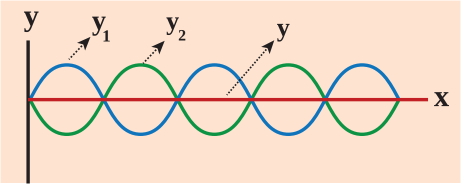
படம் 11.31 பாதை வேறுபாடு $0°$ ஆகும்போது ஏற்படும் பெரும் செறிவு

பாதை வேறுபாடு அலை நீளத்தின் (λ) அரை எண் மதிப்புகளாக அமைந்தால், கணிதப்படி,

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

(n ஒற்றை எண்)

இந்த நிலையில் படம் 11.32 ல் காட்டியவாறு, r_1 r_2 பாதைகளின் வழியே நோக்குநரை எந்த ஒரு கணத்திலும் அடையும் ஒலி அலைகள் எதிர் கட்டத்தில் (கட்ட வேறுபாடு π அல்லது 180°) அமையும் போது அழிவு குறுக்கீட்டு விளைவு ஏற்படும்.



படம் 11.32 கட்டவேறுபாடு $180°$ யாக உள்ளபோது சிறும செறிவு

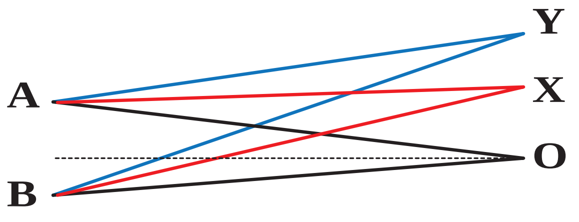
இந்நிகழ்வுகளில், நோக்குநரால் சிறும செறிவு (அல்லது சுழி செறிவு அதாவது ஒலியே இருக்காது) உணரப்படும். பாதை வேறுபாடு, கட்ட வேறுபாடுகளுக்கிடையேயான தொடர்பு

$$\text{கட்ட வேறுபாடு} = \frac{2\pi}{\lambda}\ (\text{பாதை வேறுபாடு}) \quad (11.56)$$

i.e., $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta r$ அல்லது $\Delta r = \frac{\lambda}{2\pi}\Delta\varphi$

எடுத்துக்காட்டு 11.16

படத்தில் காட்டியபடி A, B என்ற இரு மூலங்களைக் கருதுக. இரு மூலங்களும் ஒத்த அதிர்வெண்ணும், வேறுபட்ட வீச்சுகளும் அடைய இரு சீரிசை அலைகளை ஒத்த கட்டத்தில் வெளிவிடுகின்றன. O என்பது ஏதேனும் ஒரு புள்ளி இது கீழ்க்கண்ட படத்தில் காட்டியவாறு மூலங்கள் A,B யை இணைக்கும் கோட்டை இரு சமக்கூறாக்குகிறது. O, Y , X புள்ளிகளில் செறிவுகளைக் காண்க.



தீர்வு:

OA, OB சமநீளம் உடையது. எனவே A, B யிலிருந்து கிளம்பும் அலைகள் சம தொலைவைக் (சம பாதை நீளங்கள்) கடந்து O வில் சந்திக்கின்றன. எனவே, O வில் இரு அலைகளுக்கிடையேயான பாதை வேறுபாடு சுழி.

$$OA - OB = 0$$

இரு அலைகளும் O வில் ஒத்தக் கட்டத்தில் சந்திப்பால், அவற்றிக்கிடையேயான கட்ட வேறுபாடு சுழியாகிறது. எனவே O வில் இரு அலைகளுக்கிடையேயான பாதை வேறுபாடு சுழியாவதால் செறிவு பெருமமாகும்.

Y புள்ளியைக் கருதுக. பாதை வேறுபாடு λ வாக இருந்தால், Y ல் கட்ட வேறுபாடு

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\times\Delta r = \frac{2\pi}{\lambda}\times\lambda = 2\pi$$

எனவே, Y ல் சந்திக்கும் இரு அலைகளும் ஒத்தக்கட்டத்தில் உள்ளதால், செறிவு பெருமமாக இருக்கும்.

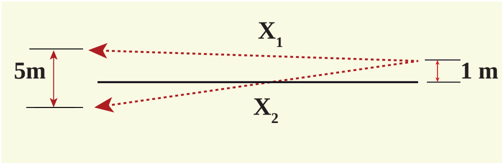
X புள்ளியைக் கருதுக. பாதை வேறுபாடு $\frac{\lambda}{2}$ வாக இருந்தால் கட்ட வேறுபாடு

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\frac{\lambda}{2} = \pi$$

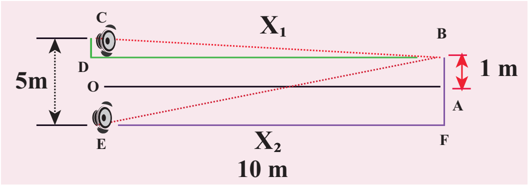
எனவே, X ல் சந்திக்கும் அலைகள் எதிர்க்கட்டத்தில் உள்ளதால், செறிவு சிறுமமாக இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 11.17

C, E என்ற இரு ஒலிப்பான்கள் (Speakers) 5 m இடைவெளியில் பிரித்து வைக்கப்பட்டு, ஒரே ஒலி மூலத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. C, E ன் மையம் O விலிருந்து 10 m தொலைவிலுள்ள புள்ளி A ல் மனிதன் ஒருவன் நின்று கொண்டுள்ளான். A யிலிருந்து 1 m தொலைவிலுள்ள B என்ற புள்ளிக்கு (OC க்கு இணையாக) நடந்து செல்கிறான் (படத்தில் காட்டியவாறு) B ல் ஒலிகளின் முதல் சிறுமத்தை உணர்கிறான். ஒலி மூலத்தின் அதிர்வெண்ணைக் காண்க. (ஒலியின் திசைவேகம் 343 m s^{-1} எனக் கொள்க).



தீர்வு:



B யில் இரு ஒலி அலைகளும் 180° (எதிர்கட்டம்) ல் சந்தித்தால், முதல் சிறுமம் ஏற்படும்.

பாதை வேறுபாடு $\Delta x = \frac{\lambda}{2}$.

பாதை வேறுபாட்டைக்காண பாதை நீளங்கள் x_1, x_2 வைக் காண வேண்டும்.

செங்கோண முக்கோணம் BDC ல்,

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 258 27-03-2022 20:00:55

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

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

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

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

செங்கோண முக்கோணம் EFB ல்,

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

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

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

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

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

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

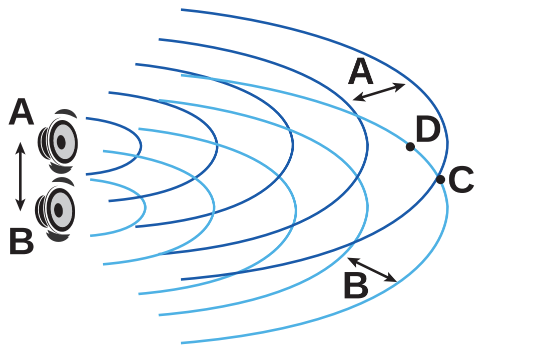
ஒலி மூலத்தின் அதிர்வெண் காண,

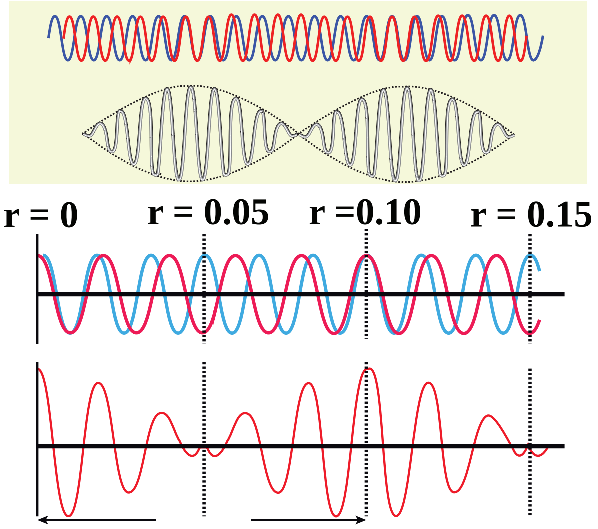
$$v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343}{1} = 343\text{ Hz}$$

$$= 0.3\text{ kHz}$$

குறிப்பு

ஒலிப்பான்கள், மூலத்திலிருந்து எதிர்கட்டத்திலிருந்தால் பாதை வேறுபாடு $\frac{\lambda}{2}$. மேலும் $\frac{\lambda}{2}$ பாதை வேறுபாடு உருவாகும்போது, மொத்த பாதை வேறுபாடு λ ஆகும். எனவே அலைகள் ஒரே கட்டத்தில் அமைவதால், B – ல் ஒலியின் செறிவு பெருமமாக இருக்கும்.





படம் 11.33 சற்றே வேறுபட்ட அதிர்வெண் கொண்ட இரு அலைகள் மேற்பொருத்தும்போது, ஆக்க, அழிவு குறுக்கீட்டு விளைவுகளுக்கு இடையே ஒரு சமகால மாறுபாடு உள்ளது. அதாவது அவை கால முறையாக ஒத்த மற்றும் எதிர் கட்டத்தில் அமைகின்றன.

11.7.2 விம்மல்கள் தோன்றும் வீதம்:

சற்றே வேறுபட்ட அதிர்வெண் கொண்ட இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அலைகள் மேற்பொருந்துவதால், ஒரு புள்ளியில் நேரத்தைப் பொருத்து வீச்சு மாறுபடுகின்ற ஒலி கேட்கும் இந்த விளைவே விம்மல்கள் எனப்படும். ஒரு வினாடியில் ஏற்படும் வீச்சு பெருமங்களின் எண்ணிக்கையே விம்மல் அதிர்வெண் எனப்படும். இரண்டு ஒலி மூலங்கள் மட்டுமே இருந்தால், அவற்றின் அதிர்வெண் வேறுபாடே விம்மல் அதிர்வெண் எனப்படும். ஒரு வினாடியில் விம்மல்களின் எண்ணிக்கை

$$n = |f_1 - f_2|$$

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 259 27-03-2022 20:00:58

கூடுதல் தகவல்: விம்மல்களுக்கான கணிதமுறை விளக்கம் (தேர்வுக்கு உரியது அன்று)

ஒரே வீச்சும் சற்றே வேறுபட்ட அதிர்வெண்களும் (f_1, f_2) கொண்ட அலைகள் ஓர் ஊடகத்தில் ஒன்றின் மீது ஒன்று மேற்பொருந்துகின்றன.

ஒலி அலை (அழுத்த அலை) நெட்டலை என்பதால்

$$y = y_1 + y_2$$

$$y = A\sin(\omega_1 t) + A\sin(\omega_2 t)$$

என்பவை சமவீச்சு (அழுத்தம் அதிகமான பகுதி) வேறுபட்ட கோண அதிர்வெண் ω_1, ω_2, கொண்ட இரு ஒலி அலைகளின் இடப்பெயர்ச்சிக்கான சமன்பாடுகள் $x = 0$ என்ற புள்ளியில் எனக்கருதுக. இவ்வலைகள் இரண்டும் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்தும்போது கிடைக்கும் தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி,

$$y = y_1 + y_2$$

$$y = A\sin(\omega_1 t) + A\sin(\omega_2 t)$$

ஆனால்,

$$\omega_1 = 2\pi f_1 \text{ மற்றும் } \omega_2 = 2\pi f_2$$

எனவே,

$$y = A\sin(2\pi f_1 t) + A\sin(2\pi f_2 t)$$

திரிகோணமிதி வாய்ப்பாடுகளைப் பயன்படுத்தி

$$y = 2A\cos\left(2\pi\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right)t\right)\sin\left(2\pi\left(\frac{f_1 + f_2}{2}\right)t\right)$$

தற்போது $y_p = 2A\cos\left(2\pi\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right)t\right)$ (11.57)

f_1, f_2 வைவிட சற்றே அதிகம் எனில், $\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right) \ll \left(\frac{f_1 + f_2}{2}\right)$ என்பதால் சமன் (11.57) இல் உள்ள y_p –யின் மதிப்பு $\left(\frac{f_1 + f_2}{2}\right)$ – ஐ விட மெதுவாக மாற்றமடையும்.

$$y = y_p \sin(2\pi f_{\text{சராசரி}} t) \qquad (11.58)$$

இது ஒரு தனி சீரிசை அலையாகும். தனிப்பட்ட அலைகளின் அதிர்வெண்களின் கணிதச் சராசரி மதிப்பே, தொகுபயன் அலையின் அதிர்வெண் ஆகும்.

$$f_{\text{சராசரி}} = \left(\frac{f_1 + f_2}{2}\right)$$

வீச்சு y_p யானது நேரம் t யைப் பொருத்து மாறுகிறது. அடுத்தடுத்த செறிவு பெருமம், சிறுமத்திற்கு இடையேயான நேர இடைவெளியே ஒரு

நேர்வு (A):

தொடுபயன்வீச்சானது, y_p பெருமமாக இருக்கும்போது பெருமமாக அமையும். $y_p \propto \cos\left(2\pi\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right)t\right)$, என்பதால் கொசைன் மதிப்பு ± 1 ஆக அமையும்போது பெரும வீச்சு அமையும்.

$$\cos\left(2\pi\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right)t\right) = \pm 1$$

$$\Rightarrow \quad 2\pi\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right)t = n\pi,$$

$$\text{or, } (f_1 - f_2)t = n$$

$$\text{or, } t = \frac{n}{(f_1 - f_2)} \qquad n = 0,1,2,3, \ldots.$$

இரு அடுத்தடுத்த பெருமங்களுக்கிடையேயான நேர இடைவெளி

$$t_2 - t_1 = t_3 - t_2 = \ldots = \frac{1}{(f_1 - f_2)}; \quad n = |f_1 - f_2| = \frac{1}{|t_1 - t_2|}$$

எனவே, ஒரு வினாடியில் ஏற்படும் விம்மல்களின் எண்ணிக்கை, அடுத்தடுத்த பெருமங்களுக்கிடையேயான நேரத் (நேர இடைவெளி) தலைகீழுக்கு சமமாக இருக்கும், அதாவது $|f_1 - f_2|$

நேர்வு (B):

y_p யானது சிறுமம் ஆக உள்ளபோது தொகுபயன் வீச்சு சிறுமம் (அதாவது சுழிக்கு சமம்)

$y_p \propto \cos\left(2\pi\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right)t\right)$, என்பதால் கொசைன் மதிப்பு சுழியாகும்போது y_p சிறுமம் ஆகும்.

$$\cos\left(2\pi\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right)t\right) = 0,$$

$$\Rightarrow \quad 2\pi\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right)t = (2n+1)\frac{\pi}{2},$$

$$\Rightarrow \quad (f_1 - f_2)t = \frac{1}{2}(2n+1)$$

$$\text{or, } t = \frac{1}{2}\left(\frac{2n+1}{f_1 - f_2}\right), \text{ இங்கு } f_1 \neq f_2 \quad n = 0,1,2,3, \ldots..$$

எனவே, அடுத்தடுத்த சிறுமங்களுக்கிடையேயான நேர இடைவெளி

$$t_2 - t_1 = t_3 - t_2 = \ldots = \frac{1}{(f_1 - f_2)}; \quad n = |f_1 - f_2| = \frac{1}{|t_1 - t_2|}$$

எனவே, ஒரு வினாடியில் விம்மல்களின் எண்ணிக்கையானது அடுத்தடுத்த சிறுமங்களுக்கிடையேயான நேர இடைவெளியின் தலைகீழுக்கு சமமாகும், அதாவது $|f_1 - f_2|$

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 260 27-03-2022 20:01:04

எடுத்துக்காட்டு 11.18

$5\,m$, $6\,m$ அலைநீளம் கொண்ட இரண்டு ஒலி மூலங்களைக் கருதுக. இவை இரண்டும் வாயு ஒன்றில் $330\,ms^{-1}$. திசைவேகத்துடன் செல்கின்றன. ஒரு வினாடியில் ஏற்படும் விம்மல்களின் எண்ணிக்கையை காண்க.

தீர்வு:

கொடுக்கப்பட்டது $\lambda_1 = 5m, \lambda_2 = 6m\; v = 330\,ms^{-1}$

திசை வேகத்திற்கும் அலைநீளத்திற்கு இடையேயானத் தொடர்பு

$$v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$$

λ_1 அலைநீள ஒலியின் அதிர்வெண்

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{330}{5} = 66\,Hz$$

λ_2 அலைநீள ஒலியின் அதிர்வெண்

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{330}{6} = 55\,Hz$$

ஒரு வினாடியில் ஏற்படும் விம்மல்கள்

$|f_1 - f_2| = |66 - 55|$

$= 11$ விம்மல்கள்/வினாடி (beats/sec)

எடுத்துக்காட்டு 11.19

அதிர்வுறும் இரு இசைக்கவைகள் தோற்றுவிக்கும் அலைகளின் அலைச் சமன்பாடுகள் $y_1 = 5 \sin(240\pi\, t)$ and $y_2 = 4 \sin(244\pi t)$ தோன்றும் விம்மல்களின் எண்ணிக்கையை கணக்கிடுக.

தீர்வு:

கொடுக்கப்பட்டது $y_1 = 5\sin(240\pi\, t), y_2 = 4\sin(244\pi t)$

இச்சமன்பாடுகளை, பொதுச்சமன்பாடு

$y = A\sin(2\pi f_1 t)$, உடன் ஒப்பிட

$$2\pi f_1 = 240\pi \Rightarrow f_1 = 120Hz$$

$$2\pi f_2 = 244\pi \Rightarrow f_2 = 122Hz$$

ஒரு வினாடியில் ஏற்படும் விம்மல்களின் எண்ணிக்கை

$|f_1 - f_2| = |120 - 122| = |-2|$

$=2$ விம்மல்கள்/வினாடி (beats/sec)

11.8 நிலையான அலைகள் (Stationary Waves)

11.8.1 நிலை அலைகளுக்கான விளக்கம்

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

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

முதல் அலையின் (படு அலை) இடப்பெயர்ச்சி,

$$y_1 = A\sin(kx - \omega t) \qquad (11.59)$$

(வலது பக்கம் நகரும் அலை)

இரண்டாவது அலையின் (எதிரொலிப்பு அலை) இடப்பெயர்ச்சி

$$y_2 = A\sin(kx + \omega t) \qquad (11.60)$$

(இடது பக்கம் நகரும் அலை)

மேற்பொருந்துதல் தத்துவப்படி, இரு அலைகளும் குறுக்கீடு அடைந்து, தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி,

$$y = y_1 + y_2 \qquad (11.61)$$

சமன்பாடு (11.59), (11.60) யை (11.61) ல் பொருத்த,

$$y = A\sin(kx - \omega t) + A\sin(kx + \omega t) \qquad (11.62)$$

திரிகோணமிதி விதிகளை பயன்படுத்தி (11.62) யை மாற்றி எழுத

$$y\,(x, t) = 2A\cos(\omega t)\sin(kx) \qquad (11.63)$$

இதுவே, நிலை அல்லது நிலையான அலைகள் எனப்படும். இது முன்னோக்கியோ அல்லது

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 261 27-03-2022 20:01:05

பின்னோக்கியோ நகராது. ஆனால் முன்னேறு அலை அல்லது இயங்கு அலை முன்னோக்கியோ அல்லது பின்நோக்கியோ நகரும். சமன்பாடு (11.63) யை கீழ்க்கண்டவாறு சுருக்கமாக எழுதலாம்.

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

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

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

இங்கு m என்பது அரை முழு எண் அல்லது அரை எண் மதிப்புகள். வீச்சின் பெரும மதிப்பு உள்ள நிலையை எதிர்க்கணு என்கிறோம். அலை எண்ணை அலை நீளத்தை பயன்படுத்தி குறிக்கும்போது m ஆவது எதிர் கணுவின் நிலையை கீழ்க்கண்டவாறு குறிக்கலாம்.

$$x_m = \left(\frac{2m+1}{2}\right)\frac{\lambda}{2}, \text{ இங்கு, } m = 0,1,2\ldots \quad (11.64)$$

$m = 0$ எனில் பெருமத்தின் நிலை

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

$m = 1$ எனில், பெருமத்தின் நிலை

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

$m = 2$ எனில் பெருமத்தின் நிலை

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

என்றவாறு அமையும்.

அடுத்தடுத்த எதிர் கணுக்களுக்கிடையேயான தூரத்தை கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

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

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

$$\sin(kx) = 0 \Rightarrow k\,x = 0, \pi, 2\pi, 3\pi, \ldots = n\,\pi$$

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

n ஆவது கணுவின் நிலை

$$x_n = n\frac{\lambda}{2} \text{ இங்கு, } n = 0,1,2,\ldots \quad (11.65)$$

$n = 0$ எனில் சிறுமம் ஏற்படும் நிலை

$$x_0 = 0$$

$n = 1$ எனில் சிறுமம் ஏற்படும் நிலை

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

$n = 2$ எனில் சிறுமம் ஏற்படும் நிலை

$$x_2 = \lambda$$

என்றவாறு அமையும்.

அடுத்தடுத்த கணுக்களுக்கிடையேயான தொலைவைக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

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

எடுத்துக்காட்டு 11.20

அடுத்தடுத்த எதிர்க்கணு, கணுவிற்கு இடைப்பட்ட தொலைவைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

nவது கணுவிற்கு, அடுத்தடுத்த எதிர்க்கணு, கணுவிற்கு இடையேயான தொலைவு

$$\Delta x_n = \left(\frac{2n+1}{2}\right)\frac{\lambda}{2} - n\frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{4}$$

11.8.2 நிலை அலைகளின் பண்புகள்:

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

அட்டவணை 11.3: முன்னேறு அலைகளுக்கும், நிலை அலைகளுக்குமிடையேயான ஒப்பீடு

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

(2) பெரும வீச்சு நிலையிலுள்ள புள்ளிகள் எதிர்க்கணு எனவும், சுழி வீச்சு நிலையிலுள்ள புள்ளிகள் கணு எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

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

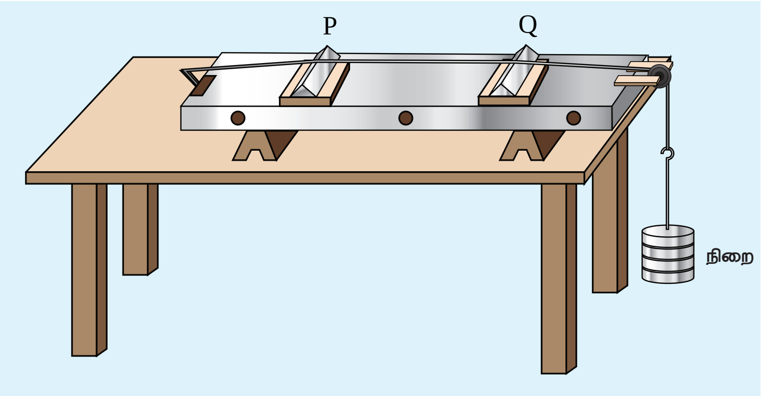
(4) ஒரு கணு, அதற்கு அடுத்த எதிர்க்கணுவிற்கு இடையேயான தொலைவு $\frac{\lambda}{4}$.

(5) நிலையான அலைகளின் வழியே கடத்தப்படும் ஆற்றல் சுழியாகும்.

11.8.3 சுரமானியில் ஏற்படும் நிலைஅலைகள்

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

எனவே, இக்கருவியை பயன்படுத்தி கீழ்க்கண்ட அளவுகளை அளக்கலாம்.



படம் 11.34 சுரமானியின் (sonometer) தோற்றம்

(a) இசைக்கவை அல்லது மாறு திசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண்

(b) கம்பியின் இழுவிசை

(c) தொங்கவிடப்பட்ட பொருளின் நிறை

அமைப்பு:

சுரமானி என்பது ஒரு மீட்டர் நீளமுள்ள ஒரு மரப்பெட்டி அதன் மீது சீரான உலோகக்கம்பி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். கம்பியின் ஒரு முனை ஒரு கொக்கியுடனும், மறுமுனை ஒரு உருளை கப்பி வழியே ஓர் நிறைத்தாங்கியுடனும் படம் 11.34 ல் காட்டியவாறு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பியின் இழுவிசையை அதிகரிக்க மறுமுனையில் நிறைகள் சேர்க்கப்படுகிறது. இரண்டு நகர்த்தக் கூடிய கூர் முனைகள் கம்பியை கீழே தொட்டவாறு சுரமானியின் பலகை மீது வைக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றிற்கிடையேயானத் தொலைவை மாற்றி அதிர்வுறும் கம்பியின் நீளத்தை மாற்றலாம்.

செயல்பாடு:

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

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

அதிர்வுறும் கம்பியின் அதிர்வெண் f என்க. T கம்பியின் இழுவிசை, μ என்பது ஓரலகு கம்பியின் நிறை எனில், சமன்பாடு (11.13) –லிருந்து நாம் பெறுவது

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{\mu}} \text{ ஹெர்ட்ஸ்} \qquad (11.66)$$

ρ என்பது கம்பிப் பொருளின் அடர்த்தி, d கம்பியின் விட்டம் எனில் ஓரலகு கம்பியின் நிறை,

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

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

$$\therefore \quad f = \frac{1}{ld}\sqrt{\frac{T}{\pi\rho}} \qquad (11.67)$$

எடுத்துக்காட்டு 11.21

f என்பது கம்பியின் அடிப்படை அதிர்வெண் என்க. கம்பியை l_1, l_2, l_3 நீளம் கொண்ட மூன்று பகுதிகளாக பிரிக்கும்போது, f_1, f_2 மற்றும் f_3, என்பன முறையே மூன்று பகுதிகளின் அடிப்படை அதிர்வெண்கள் என்க. எனில்

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3}$$ என நிறுவுக.

தீர்வு:

ஒரு குறிப்பிட்ட இழுவிசை T, நீள் நிறை μ (ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை) க்கு, அதிர்வெண், அதிர்வுறும் கம்பியின் நீளத்திற்கு l எதிர்த்தகவில் இருக்கும்.

$$f \propto \frac{1}{l} \Rightarrow f = \frac{v}{2l} \Rightarrow l = \frac{v}{2f}$$

முதல் அதிர்வுறும் கம்பிக்கு,

$$f_1 = \frac{v}{2l_1} \Rightarrow l_1 = \frac{v}{2f_1}$$

இரண்டாவது அதிர்வுறும் கம்பிக்கு,

$$f_2 = \frac{v}{2l_2} \Rightarrow l_2 = \frac{v}{2f_2}$$

மூன்றாவது அதிர்வுறும் கம்பிக்கு

$$f_3 = \frac{v}{2l_3} \Rightarrow l_3 = \frac{v}{2f_3}$$

∴ மொத்த நீளம்

$$l = l_1 + l_2 + l_3$$

$$\frac{v}{2f} = \frac{v}{2f_1} + \frac{v}{2f_2} + \frac{v}{2f_3} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3}$$

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 264 27-03-2022 20:01:12

11.8.4 அடிப்படை அதிர்வெண் மற்றும் மேற்சுரங்கள்

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

$$y(x = 0, t) = 0 \text{ மற்றும் } y(x = L, t) = 0 \quad (11.68)$$

ஒவ்வொரு கணுவும் $\frac{\lambda_n}{2}$ இடைத்தொலைவில் அமைவதால் நமக்கு $n\left(\frac{\lambda_n}{2}\right) = L$, இங்கு n ஒரு முழு எண், L என்பது எல்லைகளின் இடைத்தொலைவு, λ_n என்பது எல்லைக்குட்பட்ட நிபந்தனைகளை பூர்த்தி செய்யும் குறிப்பிட்ட அலை நீளமாகும்.

$$\lambda_n = \left(\frac{2L}{n}\right) \quad (11.69)$$

n மதிப்பை சுழியாக கருதினால், அலைநீளம் என்னவாகும்? இது அனுமதிக்கப்படவில்லை ஏன்?

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

n = 1, முதல் நிலை அதிர்வுக்கு, $\lambda_1 = 2L$.

n = 2, 2 ம் நிலை அதிர்வுக்கு,

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

n = 3, 3 ம் நிலை அதிர்வுக்கு,

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

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

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = n\left(\frac{v}{2L}\right) \quad (11.70)$$

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

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \left(\frac{v}{2L}\right) \quad (11.71)$$

இரண்டாவது இயல் அதிர்வெண் முதல் மேற்சுரம் எனப்படும்.

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

மூன்றாவது இயல் அதிர்வெண் 2 வது மேற்சுரம் எனப்படும்.

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

மேலும் இதுபோன்று அமையும் எனவே, n வது இயல் அதிர்வெண்.

$$f_n = nf_1 \quad \text{இங்கு } n \text{ ஒரு முழு எண்} \quad (11.72)$$

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

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

எடுத்துக்காட்டு 11.22

கிட்டார் இசைக்கருவியிலுள்ள கம்பியின் நீளம் 80 cm, நிறை 0.32 கிராம், இழுவிசை 80 N எனில், ஏற்படும் முதல் நான்கு குறைவான அதிர்வெண்களைக் காண்க.

தீர்வு:

அலையின் திசைவேகம்

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

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 265 27-03-2022 20:01:14

கம்பியின் நீளம் $L = 80$ cm=0.8 m

கம்பியின் நிறை, m = 0.32 g =0.32 × 10^{-3}kg

எனவே, நீள்நிறை

$$\mu = \frac{0.32\times10^{-3}}{0.8} = 0.4\times10^{-3}\,kg\,m^{-1}$$

கம்பியின் இழுவிசை, $T = 80\ N$

$$v = \sqrt{\frac{80}{0.4\times10^{-3}}} = 447.2\ \text{m s}^{-1}$$

அடிப்படை அதிர்வெண் f_1 க்கான அலைநீளம் $\lambda_1 = 2L = 2 \times 0.8 = 1.6$ m

அலைநீளம் λ_1 விற்கான, அடிப்படை அதிர்வெண்

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{447.2}{1.6} = 279.5\,Hz$$

இதேபோல், இரண்டாவது சீரிசைக்கான, 3 வது 4 வது சீரிசைக்கான அதிர்வெண்கள்

$$f_2 = 2f_1 = 559\ \text{Hz}$$

$$f_3 = 3f_1 = 838.5\ \text{Hz}$$

$$f_4 = 4f_1 = 1118\ \text{Hz}$$

11.8.5 இழுத்துக் கட்டப்பட்ட கம்பியில் ஏற்படும் குறுக்கலைக்கான விதிகள்:

மூன்று விதிகள்

(i) நீளத்திற்கான விதி :

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

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

$$\Rightarrow l\times f = \text{C, இங்கு C மாறிலி}$$

(ii) இழு விசைக்கான விதி:

கொடுக்கப்பட்ட அதிர்வுறும் கம்பியின் நீளம் l (நிலையானது) மற்றும் ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை μ (நிலையானது) எனில் அதிர்வெண் இழுவிசை T இன் இருமடி மூலத்திற்கு நேர்தகவில் அமையும்.

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

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

(iii) நிறைக்கான விதி:

கொடுக்கப்பட்ட அதிர்வுறும் கம்பியின் நீளம் l (நிலையானது) மற்றும் இழுவிசை T (நிலையானது) எனில் அதிர்வெண், ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை μ இன் இருமடிமூலத்திற்கு எதிர்த்தகவில் அமையும்.

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

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

11.9 செறிவு (INTENSITY) மற்றும் உரப்பு (LOUDNESS):

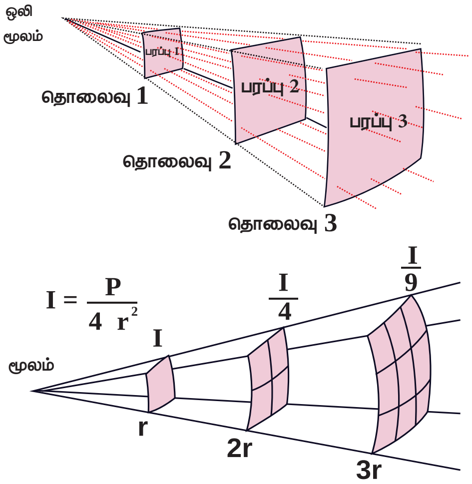
ஓர் ஒலி மூலம் மற்றும் இரு கேட்பவரை (ஒலியை கேட்பவர்) கருதுக. ஒலி மூலம் ஒலியை உமிழ்கிறது மேலும் ஆற்றலை எடுத்துச் செல்கிறது. யார் அளந்தாலும் ஒலியின் ஆற்றல், அனைவருக்கும் ஒரே அளவாகவே இருக்கும். எனவே, ஒலி ஆற்றல் அப்பகுதியில் உள்ள கேட்பவரைச் சார்ந்ததல்ல. ஆனால் இரு கேட்பவர்களை கருதினால் அவர்கள் உணரும் ஒலி மாறுபட்டது.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

11.9.1 ஒலியின் செறிவு

ஒலிமூலம் ஒன்றிலிருந்து ஒலி அலைகள் பரவும்போது, ஆற்றலானது சுற்றியுள்ள அனைத்து, (இயலக்கூடிய) வழிகளிலும் எடுத்துச்செல்லப்படும்.

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 266 27-03-2022 20:01:16

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



படம் 11.35 ஒலி அலைகளின் செறிவு

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

ஒரு குறிப்பிட்ட ஒலி மூலத்திற்கு (நிலையான மூலம்), அதன் ஒலிச்செறிவானது ஒலிமூலத்திலிருந்து தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவில் அமையும்.

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

இதுவே, ஒலிச்செறிவின் எதிர்விகித இருமடி விதியாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 11.23

நாயைப் பார்த்து அழும் குழந்தையின் அழுகுரலை 3.0 m தொலைவிலிருந்து கேட்கும்போது ஒலிச்செறிவு 10^{-2} W m^{-2}. குழந்தையின் அழுகுரலை 6.0 m தொலைவிலிருந்து கேட்கும்போது ஒலிச்செறிவு எவ்வளவாக இருக்கும்.

தீர்வு:

I_1 என்பது 3.0 m தொலைவில் உள்ள ஒலிச்செறிவு என்க. அதன் மதிப்பு 10^{-2} W m^{-2}

I_2 என்பது 6.0 m தொலைவில் உள்ள ஒலிச்செறிவு என்க.

$$r_1 = 3.0 \text{ m}, \quad r_2 = 6.0 \text{ m}$$

எனவே, $I \propto \frac{1}{r^2}$

வெளியீடு திறன் கேட்பவரை பொறுத்தது அல்ல, குழந்தையை மட்டுமே பொறுத்தது.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

$$I_2 = I_1 \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

$$I_2 = 0.25 \times 10^{-2} \text{ W m}^{-2}$$

11.9.2 ஒலியின் உரப்பு

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

11.9.3 ஒலியின் செறிவு மற்றும் உரப்பு

நமது காது உணரக்கூடிய ஒலியின் செறிவு இடைவெளி 10^{-2} Wm^{-2} லிருந்து 20 W m^{-2}. வெபர்–பெக்னர் விதிப்படி "உரப்பு (L) மனிதர்களாலன்றி கருவி ஒன்றின் மூலம்

அளக்கப்பட்ட செறிவின் (I) மடக்கை மதிப்புக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

$$L \propto \ln I$$

$$L = k \ln I$$

இங்கு k ஒரு மாறிலி. இது அளக்கும் அலகைச் சார்ந்தது.

இரண்டு உரப்புகள் L_1 மற்றும் L_0 இற்கு இடையேயான வேறுபாடு, துல்லியமாக அளக்கப்பட்ட இருசெறிவுகளுக்கிடையேயான சார்பு உரப்பு ஆகும். கணிதப்படி ஒலிச் செறிவு மட்டங்கள்

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

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

$k = 1$ எனில் பெல்

$k = 10$ எனில் டெசிபெல்

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

இது நடைமுறையில் பெரிய அலகு. எனவே டெசிபல் (decibel) என்ற சிறிய அலகை பயன்படுத்துகிறோம்.

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

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

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

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

நடைமுறைப் பயன்பாட்டிற்காக, இயற்கை மடக்கைக்கு (natural logarithm) பதிலாக 10 அடிமான மடக்கையை பயன்படுத்துகிறோம்.

$$\Delta L = 10 \log_{10} \left[\frac{I_1}{I_0}\right] \text{ டெசிபெல்} \qquad (11.73)$$

எடுத்துக்காட்டு 11.24

ஒலித்துக் கொண்டுள்ள இசைக்கருவி ஒன்றின் ஒலி மட்டம் 50 dB. மூன்று ஒத்த இசைக்கருவிகள் இணைந்து ஒலிக்கும்போது, தொகுபயன் செறிவைக் காண்.

தீர்வு:

$$\Delta L = 10 \log_{10} \left[\frac{I_1}{I_0}\right] = 50\ dB$$

$$\log_{10} \left[\frac{I_1}{I_0}\right] = 5\ dB$$

$$\frac{I_1}{I_0} = 10^5 \Rightarrow I_1 = 10^5\ I_0 = 10^5 \times 10^{-12}\ \text{Wm}^{-2}$$

$$I_1 = 10^{-7}\ \text{Wm}^{-2}$$

மூன்று இசைக்கருவிகள் இணைந்து ஒலிப்பதால்,

$$I_{\text{தொகுபயன்}} = 3I_1 = 3 \times 10^{-7}\ \text{Wm}^{-2}.$$

11.10 காற்று தம்பத்தின் அதிர்வு

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

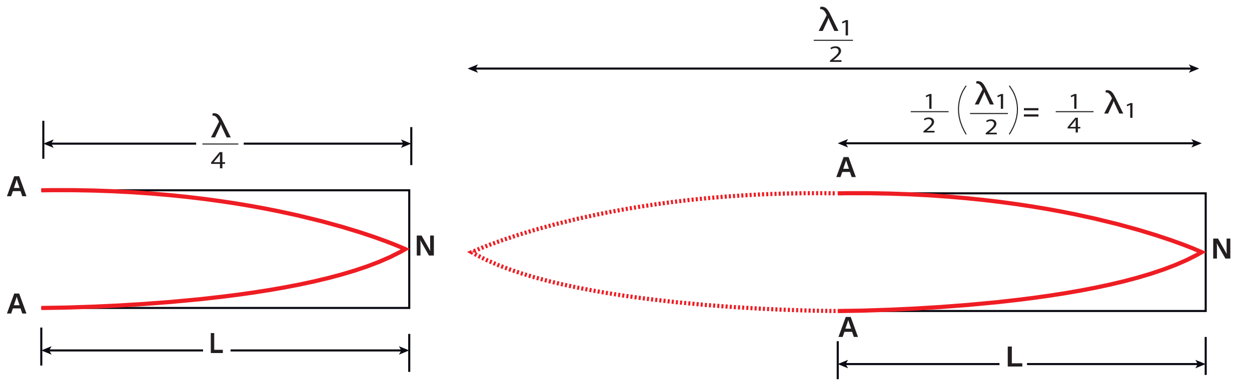
ஆர்கன் குழாய் இரு வகைப்படும்.

(அ) மூடிய ஆர்கன் குழாய்:

படம் 11.36 மூடிய ஆர்கன் குழாய்விற்கு கிளாரினெட் ஓர் எடுத்துக்காட்டாகும்

படம் 11.36. ல் காட்டப்பட்ட கிளாரினெட் படத்தை பாருங்கள். இது ஒரு பக்கம் மூடிய மற்றொரு பக்கம் திறந்த குழாய். திறந்த முனை வழியாக வரும் ஒலி, மூடிய பகுதியில் எதிரொலிக்கும் ஒலி உள்ளே வரும் ஒலியுடன் 180° எதிர்கட்டத்தில் இருக்கும். எனவே, மூடிய பகுதியில் துகள்களின் இடப்பெயர்ச்சி எப்பொழுதும் சுழி. இடப்பெயர்ச்சி சுழியாவதால்

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 268 27-03-2022 20:01:22



படம் 11.37 மூடப்பட்ட முடியில் முனைகளுக்கு (nodes) வழிவகுக்கும் துகள்களின் இயக்கம் மற்றும் திறந்த முடியில் எதிர்முனை (Anti–nodes) (அடிப்படை முனை) (N– முனை, A– எதிர்முனை)

மூடிய பகுதியில் கணுவும். திறந்த பகுதியில் எதிர்க்கணுவும் ஏற்படுகின்றன. அதிர்வுறும் அதிர்வு ஒலியின் எளிய அதிர்வு நிலையை அடிப்படை அதிர்வு நிலை என்போம். மூடிய முனையில் துகள்களின் இயக்கம் இல்லாததால் கணுவும் அடிப்படை அதிர்வு நிலையில் திறந்த முனையில் எதிர்க்கணுவும் உருவாகும். படம் 11.37 ல், L குழாயின் நீளம், ஏற்படும்

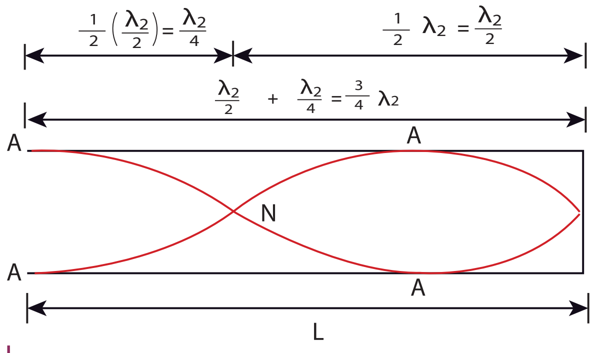
அலைகளின் அலைநீளம் λ_1 எனில்,

$$L=\frac{\lambda_1}{4} \; or \; \lambda_1=4L \qquad (11.74)$$

ஒலியின் அதிர்வெண்

$$f_1=\frac{v}{\lambda_1}=\frac{v}{4L} \qquad (11.75)$$

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



படம் 11.38 இரு கணுக்களும், இருஎதிர் கணுக்களும் உடைய இரண்டாவது நிலை அதிர்வு

படம் 11.38 இரண்டாவது நிலை அதிர்வுகளை (முதல் மேற்சுரம்) காட்டுகிறது. இதில் இரு கணுக்களும் இரு எதிர்கணுக்களும் உள்ளது

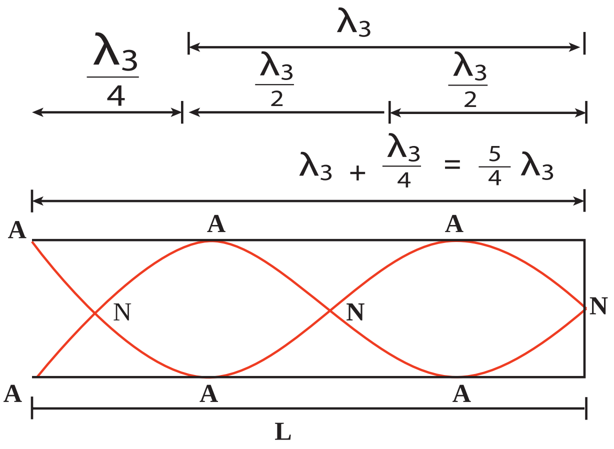
$$4L = 3\lambda_2$$

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

அதிர்வெண்

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

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



படம் 11.39 மூன்று கணுக்களும், மூன்று எதிர் கணுக்களும் உடைய மூன்றாவது நிலை அதிர்வு

படம் 11.39 மூன்று கணுக்களும், மூன்று எதிர் கணுக்களும் உடைய மூன்றாவது நிலை அதிர்வு

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 269 27-03-2022 20:01:26

$$4L = 5\lambda_3$$

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

அதிர்வெண்

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

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

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

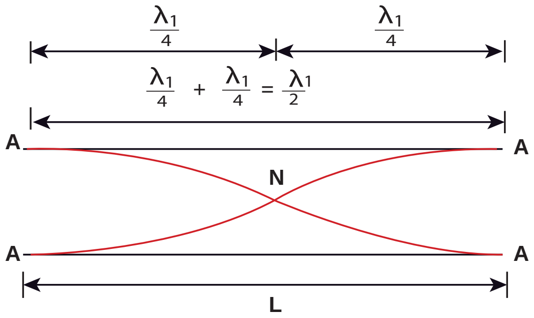
$$f_1 : f_2 : f_3 : f_4 : ... = 1 : 3 : 5 : 7 : ... \quad (11.76)$$

(ஆ) திறந்த ஆர்கன் குழாய்:

படம் 11.40 புல்லாங்குழல் திறந்த ஆர்கன் குழாய்க்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டு

படத்தில் காட்டப்பட்ட புல்லாங்குழலை காண்க. இது இருபுறமும் திறந்த குழாய் இரு திறந்த முனைகளிலும் எதிர்க்கணுக்கள் உருவாகின்றன.

இங்கு ஏற்படும் மிக எளிய அதிர்வு நிலையை காண்போம். இந்நிலையே அடிப்படை அதிர்வுநிலை எனப்படுகிறது. திறந்த முனைகளில் எதிர்க்கணுக்கள் ஏற்படுவதால், குழாயின் உள்ளே மையத்தில் ஒரேயொரு கணு உருவாகிறது.



படம்11.41 திறந்த ஆர்கன் குழாய் திறந்த முனையில் எதிர்க்கணுவும், மையத்தில் கணுவும் ஏற்படுகிறது.

படம் 11.41, லிருந்து, L என்பது குழாயின் நீளம் என்க ஏற்படும் அலையின் அலைநீளம் காண,

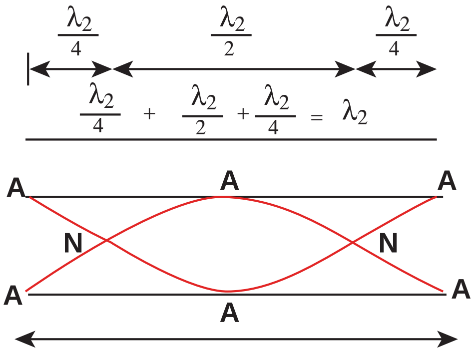
$$L = \frac{\lambda_1}{2} \text{ or } \lambda_1 = 2L \quad (11.77)$$

ஏற்படும் அதிர்வின், அதிர்வெண்

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2L} \quad (11.78)$$

இதுவே, அடிப்படை அதிர்வெண்

அடிப்படை அதிர்வெண்ணைவிட உயர் அதிர்வெண்களை ஏற்படுத்த திறந்த முனையில் காற்றை வேகமாக ஊத வேண்டும். இத்தகைய அதிர்வெண்கள் மேற்சுரங்கள் எனப்படும்.



படம் 11.42 திறந்த ஆர்கன் குழாயில் இரு கணுக்களும், மூன்று எதிர்க்கணுக்களும் ஏற்படும் அதிர்வு நிலை

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 270 27-03-2022 20:01:29

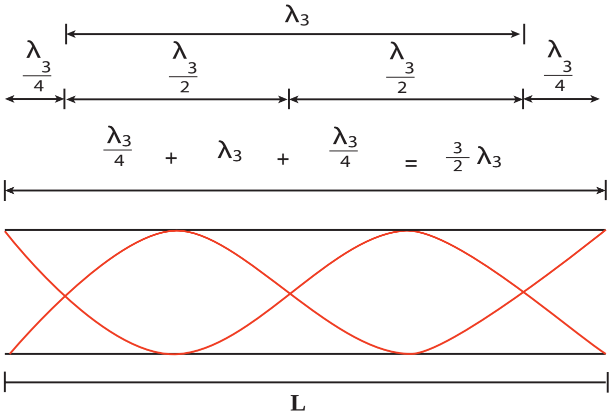
படம் 11.42 திறந்த ஆர்கன் குழாயில் ஏற்படும் இரண்டாம் நிலை அதிர்வைக் காட்டுகிறது. இது இரு கணுவையும் மூன்று எதிர்க்கணுவையும் உடையது.

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

அதிர்வெண்

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

இது முதல் மேற்சுரம் எனப்படுகிறது. $n = 2$ என்பதால் இது இரண்டாவது சீரிசை எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 11.43 மூன்றாம் நிலை அதிர்வு. மூன்று கனுக்கள் நான்கு எதிர் கனுக்கள்

படம் 11.43: மூன்றாம் நிலை அதிர்வு இதில் 3 கணுவும், 4 எதிர்க்கணுவும் உள்ளது.

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

அதிர்வெண்

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

இது 3 வது மேற்சுரம். $n = 3$ என்பதால் இது 3 வது சீரிசை எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

எனவே திறந்த ஆர்கன் குழாய் அனைத்து சீரிசைகளையும் உடையது. n ஆவது சீரிசையின் அதிர்வெண் $f_n = nf_1$. எனப்படுகிறது. எனவே, மேற்சுரங்கள் அதிர்வெண்களின் தகவு

$$f_1 : f_2 : f_3 : f_4 : \ldots = 1 : 2 : 3 : 4 : \ldots \qquad (11.79)$$

எடுத்துக்காட்டு 11.25

புல்லாங்குழல் ஒன்று ஏற்படுத்தும் ஒலியின் அதிர்வெண் $450Hz$ இரண்டாவது, மூன்றாவது, நான்காவது சீரிசைகளின் அதிர்வெண்களைக் காண்க. கிளாரினெட் ஒன்று ஏற்படுத்து ஒலியின் அதிர்வெண்ணும் $450Hz$ எனில் முதல் மூன்று சீரிசைகளின் அதிர்வெண்கள் யாவை ?

தீர்வு:

புல்லாங்குழல் என்பது திறந்த ஆர்கன் குழாய். எனவே,

2 வது சீரிசை $f_2 = 2f_1 = 900$ Hz

3 வது சீரிசை $f_3 = 3f_1 = 1350$ Hz

4 வது சீரிசை $f_4 = 4f_1 = 1800$ Hz

கிளாரினெட் என்பது மூடிய ஆர்கன் குழாய்

2 வது சீரிசை $f_2 = 3f_1 = 1350$ Hz

3 வது சீரிசை $f_3 = 5f_1 = 2250$ Hz

4 வது சீரிசை $f_4 = 7f_1 = 3150$ Hz

எடுத்துக்காட்டு 11.26

மூடிய ஆர்கன் குழாயில் 3 வது சீரிசையின் அதிர்வெண் திறந்த ஆர்கன் குழயில் ஏற்படும் அடிப்படை அதிர்வெண்ணுக்கு சமம் எனில், திறந்த குழாயின் நீளம் காண்க. மூடிய குழாயின் நீளம் 30 cm எனக் கொள்க.

தீர்வு:

l_2 என்பது திறந்த ஆர்கன் குழாயின் நீளம் என்க.
$l_1 = 30\ cm$ என்பது மூடிய ஆர்கன் குழாயின் நீளம்.

கொடுக்கப்பட்ட மூடிய ஆர்கன் குழாயின் 3 வது சீரிசையானது திறந்த ஆர்கன் குழாயின் அடிப்படை அதிர்வெண்ணுக்கு சமம்.

மூடிய ஆர்கன் குழாயின் 3 வது சீரிசை

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{3v}{4l_1} = 3f_1$$

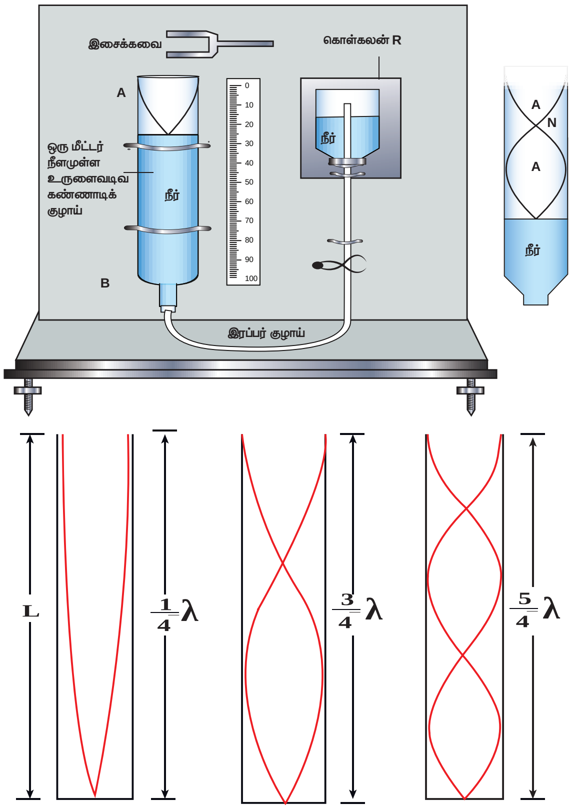
திறந்த ஆர்கன் குழாயின் அடிப்படை அதிர்வெண்

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2l_2}$$

எனவே,

$$\frac{v}{2l_2} = \frac{3v}{4l_1} \Rightarrow l_2 = \frac{2l_1}{3} = 20\,cm$$

11.10.1 ஒத்ததிர்வு காற்றுத் தம்பக் கருவி:



படம் 11.44 ஒத்ததிர்வு காற்றுத் தம்ப கருவியில் முதல், 2வது, 3வது ஒத்ததிர்வுகள்

ஒத்ததிர்வு காற்று தம்பக் கருவி ஒரு மீட்டர் நீளம் உடைய கண்ணாடி அல்லது உலோகக் குழாயால் ஆனது. காற்று தம்பத்தில் ஏற்படும் ஒத்ததிர்வைக் கணக்கிட்டு அதன் மூலம் சாதாரண வெப்பநிலையில் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் காண பயன்படுகிறது. மேலும் காற்றுத் தம்ப நீளத்தை மாற்றுவதன் மூலம் ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண் மாறுபடுவதை அளக்கவும் பயன்படுகிறது. ஒரு முனையைத் திறந்ததாகவும் மறுமுனையை மூடியதாக இக்குழாயுடன் ரப்பர் குழாய் மூலம் இணைக்கப்பட்ட நீர் சேமக்கலம் R படம் 11.44 இல் காண்பித்தவாறு ஏற்படுத்தப்பட்டுள்ளது. இந்த முழு அமைப்பும் அளவுகோல் பொருத்தப்பட்ட செங்குத்து தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. ரப்பர் குழாயில் பாதியளவு நீர் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. நீர் மட்டத்தை சேமக்கலத்தின் (R) உயரத்தை மாற்றுவதன் மூலம், தேவைக்கு ஏற்ப மாற்றிக் கொள்ளலாம். நீரின் மேல் பரப்பு மூடிய பகுதியாகவும் மறுமுனை திறந்த முனையாகவும் செயல்படும். எனவே, இது மூடிய ஆர்கன் குழாயாக செயல்படுகிறது.

அலையின் கணு நீரின் மேற்பரப்பிலும் எதிர்கணு திறந்த முனையிலும் ஏற்படும். திறந்த முனையில் இசைக்கவை ஒன்றை அதிர வைத்து பிடித்தால் நெட்டலைகள் உருவாகி படத்தில் (11.44) காட்டியபடி கீழ்நோக்கி நகரும். நீரின் பரப்பை அடைந்தவுடன் இந்த அலை எதிரொளிக்கப்படும் அலையுடன் மேற்பொருந்துவதால் நிலையான அலைகள் ஏற்படும். அதன் நீளத்தை மாற்றி, காற்றுத் தம்பத்தின் அதிர்வெண், இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணுடன் (இசைக்கவையின் இயல் அதிர்வெண்) ஒத்ததிர்வடையச் செய்யும்போது, அதிக உரப்பு உள்ள ஒலி ஏற்படும். இதன் பொருள் காற்றுத்தம்பத்தின் அதிர்வெண், இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமமாகி, ஒத்ததிர்வுக்கான நிபந்தனையைப் பெறும். இந்த நிலையானது காற்றுத் தம்பத்தின் நீளம், ஒலி அலையின் அலைநீளத்தின் $\left(\frac{1}{4}\right)^{th}$ மடங்காக அமையும் போது ஏற்படும். முதல் ஒத்ததிர்வானது L_1 நீளத்தில் ஏற்படுவதாக கருதுவோம்.

$$\frac{1}{4}\lambda = L_1 \qquad (11.80)$$

ஆனால், எதிர்க்கணு துல்லியமாக திறந்த முனையில் ஏற்படுவதில்லை. எனவே, நாம் ஒரு திருத்தத்தை செய்ய வேண்டும். இதுவே முனை திருத்தம் (e), எனப்படுகிறது. எதிர்கணுவானது திறந்த முனையில் ஒரு சிறிய தூரத்தில் ஏற்படுகிறது என்க. எனவே, முதல் அதிர்வு நிலை, முனைத்திருத்தத்துடன்

$$\frac{1}{4}\lambda = L_1 + e \qquad (11.81)$$

இப்பொழுது காற்றுத்தம்பத்தின் நீளத்தை மாற்றி இரண்டாவது ஒத்ததிர்வு நீளம் L_2 விற்கு முனை திருத்தத்துடன்

$$\frac{3}{4}\lambda = L_2 + e \qquad (11.82)$$

முனைத்திருத்தத்தை புறக்கணிக்க, சமன்பாடு (11.82) மற்றும் (11.81) ன் வேறுபாட்டை கண்டால்,

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

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

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

அறை வெப்பநிலையில் ஒலியின் திசைவேகத்தை கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

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

முனைத்திருத்தத்தை சமன்பாடு (11.82) , (11.81) யை பயன்படுத்தி காண

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

எடுத்துக்காட்டு 11.27

1.0 m உயரம் உடைய குழாயின் மேலே 343 Hz அதிர்வெண்ணில் அதிர்வுறும் ஒரு அதிர்வு இயற்றி வைக்கப்படுகிறது. ஒரு நீர் ஏற்றி (Pump) மூலம் குழாயில் நீர் விழச் செய்யப்படுகிறது. குழாயில் ஏறும் நீரின் எந்த சிறும உயரத்திற்கு ஒத்ததிர்வு ஏற்படும் ? (காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் 343 m s^{-1})

தீர்வு:

அலைநீளம் $\lambda = \dfrac{343\, ms^{-1}}{343\, Hz} = 1.0 \text{ m}$

ஒத்ததிர்வும் நீளங்கள் L_1, L_2 மற்றும் L_3 என்க. இதிலிருந்து முதல் ஒத்ததிர்வு நீளம் L_1

$$L_1 = \frac{\lambda}{4} = \frac{1}{4} = 0.25 \text{ m}$$

இரண்டாவது ஒத்ததிர்வு L_2 நீளத்தில் ஏற்படுகிறது எனில்

$$L_2 = \frac{3\lambda}{4} = \frac{3}{4} = 0.75 \text{ m}$$

மூன்றாவது ஒத்ததிர்வு ஏற்படும் நீளம் L_3

$$L_3 = \frac{5\lambda}{4} = \frac{5}{4} = 1.25 \text{ m}$$

மேலும் இதேபோன்று மற்ற ஒத்ததிர்வுகளும் நிகழும். குழாயின் மொத்த நீளம் $1.0\, m$, எனவே, 3, 4, 5 வது அதிர்வுகள் ஏற்பட வாய்ப்பில்லை

எனவே, சிறும உயரம்

$$H_{min} = 1.0 \text{ m} - 0.75 \text{ m} = 0.25 \text{ m}$$

எடுத்துக்காட்டு 11.28

மாணவன் ஒருவன் ஒத்ததிர்வு தம்பக் கருவியை பயன்படுத்தி காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் காணும் ஆய்வை செய்கிறான். அடிப்படை அதிர்வு நிலையில் காற்று தம்பத்தின் ஒத்ததிர்வு நீளம் $0.2\, m$. அதே இசைக்கவையை பயன்படுத்தி, காற்று தம்ப நீளத்தை மாற்றும்போது முதல் மேற்சுரம் $0.7\, m$. ல் ஏற்படுகிறது. முனைத்திருத்தத்தைக் காண்க.

தீர்வு:

முனைத்திருத்தம்

$$e = \frac{L_2 - 3L_1}{2} = \frac{0.7 - 3(0.2)}{2} = 0.05\, m$$

எடுத்துக்காட்டு 11.29

ஒத்ததிர்வு காற்று தம்ப கருவியில் ஒரு இசைக்கவையை பயன்படுத்தி காற்று தம்பத்தில ஒத்ததிர்வுகள் ஏற்படுத்தப்படுகிறது. கண்ணாடிக் குழாயிலான இக்கருவியில் அதன் நீளமானது ஒரு பிஸ்டன் மூலம் மாற்றப்படுகிறது. அறை வெப்பநிலையில் இரு அடுத்தடுத்த ஒத்ததிர்வுகள் 20 cm மற்றும் 85 cm களில் ஏற்படுகிறது. காற்றுத் தம்பத்தின் அதிர்வெண் 256 Hz. அறை வெப்பநிலையில் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் காண்க.

தீர்வு:

அடுத்தடுத்த ஒத்ததிர்வு நீளங்கள்

$L_1 = 20$ cm மற்றும் $L_2 = 85$ cm

அதிர்வெண் $f = 256$ Hz

$$v = f\lambda = 2f\Delta L = 2f(L_2 - L_1)$$

$$= 2 \times 256 \times (85 - 20) \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$$

$$v = 332.8 \text{ m s}^{-1}$$

11.11 டாப்ளர் விளைவு

இரயில் நிலைய நடைமேடையில் நின்றுக்கொண்டு, நம்மைக் கடந்து செல்லும் தொடர்வண்டியின் ஊதொலியைக் கேட்பதாகக் கற்பனை செய்வோம். வண்டி நம்மை நெருங்கும்போது ஒலியின் சுருதி (pitch) அல்லது அதிர்வெண் (frequency) கூடுவதையும் வண்டி நம்மை விட்டு விலகிச் செல்கையில், சுருதி குறைவதையும் நம்மால் கேட்க முடியும். இது டாப்ளர் விளைவிற்கு ஓர் எடுத்துகாட்டாகும்.

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

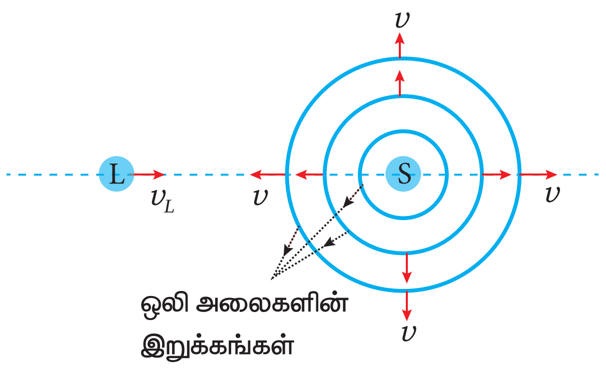
ஒலிமூலத்திற்கும் கேட்பவருக்கும் இடையே ஒரு சார்பு இயக்கம் உள்ளபோது ஒலி மூலத்தில் இருந்து வரும் ஒலியின் அதிர்வெண்ணும் அதைக் கேட்பவரால் உணரப்படும் ஒலியின் அதிர்வெண்ணும் மாறுபட்டு இருக்கும். இதுவே டாப்ளர் விளைவு எனப்படும்.

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

நிலையான கேட்பவர் மற்றும் நிலையான ஒலிமூலம் எனில் மூலமும், கேட்பவரும், ஊடகத்தைப் பொருத்து ஓய்வில் உள்ளனர் எனப்பொருள்.

i) கேட்டுணர் அதிர்வெண்: நிலையான மூலம் மற்றும் இயக்கத்தில் உள்ள கேட்பவர்

ஊடகத்தைப் (காற்று) பொருத்து ஓய்வில் உள்ள புள்ளி ஒலி மூலம் (S) ஒன்றைக் கருதுவோம். ஒலி மூலம் வைக்கப்பட்டுள்ள ஊடகமானது, சீராகவும் ஓய்வில் உள்ளது எனவும் கொள்வோம். ஒலி மூலம் வெளிவிடும் ஒலி அலைகளின் அதிர்வெண் f மற்றும் அலைநீளம் λ ஆகும்.



படம் 11.45 நிலையான மூலத்தை நோக்கி கேட்பவர் நகர்தல்

ஒலி மூலத்திலிருந்து ஆரவழியே வெளிச்செல்லும் கோளக ஒலி அலைகள் v என்ற சம திசைவேகத்தில் அனைத்து திசைகளிலும் பரவுகின்றன. ஒலி அலைகளின் இறுக்கங்கள் (அல்லது அலைமுகப்புகள்) ஒரு–மைய வட்டங்கள் மூலம் படம் 11.45–இல் காட்டப்பட்டுள்ளன. அடுத்தடுத்த இரு இறுக்கங்களுக்கு இடையேயான தொலைவு அதன் அலைநீளம் λ ஆகும். மேலும், அலையின் அதிர்வெண்

$$f = \frac{v}{\lambda} \qquad (11.83)$$

கேட்பவர் நிலையாக உள்ளபோது, மூலத்திற்கும் (S) கேட்பவருக்கும் (L) இடையே சார்பியக்கம் இருக்காது. v மற்றும் λ ஆகியவை மாறாமல்

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 274 27-03-2022 20:01:37

இருப்பதால், கேட்பவரால் உணரப்படும் ஒலியின் அதிர்வெண்ணும் ஒலி மூல அதிர்வெண்ணும் சமமாக இருக்கும்.

நிலையான மூலத்தை நோக்கி கேட்பவர் நேராக நகர்வதாகக் கொள்வோம். (படம் 11.45). கேட்பவரின் வேகம் v_L எனில், கேட்பவரைப் பொருத்து ஒலியின் சார்பு வேகம் $v' = v + v_L$ ஆகும். அலைநீளம் மாறாமல் உள்ளதால் (மூலம் நிலையாக இருப்பதால்), கேட்பவர் உணரும் ஒலியின் அதிர்வெண் மாறுகிறது. கேட்டுணர் அதிர்வெண் f' ஆனது பின்வரும் சமன்பாட்டால் பெறப்படுகிறது.

$$f' = \frac{v'}{\lambda} = \frac{v+v_L}{\lambda}$$

சமன்பாடு (11.83)−ஐப் பயன்படுத்தும் போது,

$$f' = \left(\frac{v+v_L}{v}\right) f \qquad (11.84)$$

(மூலத்தை நோக்கி கேட்பவர் நகரும் போது)

ஆகவே, ஒலி மூலத்தை நோக்கி கேட்பவர் நகரும்போது, மூல அதிர்வெண்ணை விட கேட்டுணர் அதிர்வெண் அதிகமாக இருக்கும்.

நிலையான மூலத்தை விட்டு கேட்பவர் விலகிச் செல்கிறார் எனில், சமன்பாடு (11.84)−இல் v_L −க்கு எதிர்க்குறி இடுவதன் மூலம் கேட்டுணர் அதிர்வெண்ணைப் பெறலாம்.

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

$$f' = \left(\frac{v-v_L}{v}\right) f \qquad (11.85)$$

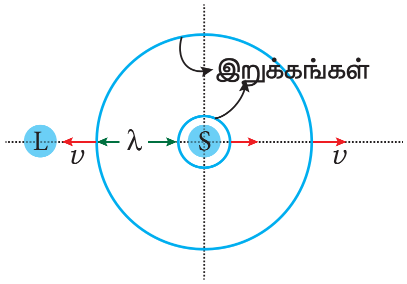
(மூலத்தை விட்டு கேட்பவர் விலகிச் செல்லும்போது)

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

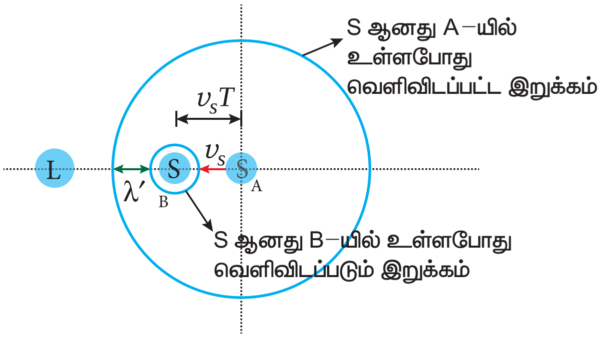
ii) கேட்டுணர் அதிர்வெண்: நகரும் மூலம் மற்றும் நிலையான கேட்பவர்

ஒலி மூலமும் (S) கேட்பவரும் (L) ஓய்வு நிலையில் இருப்பதாகக் கருதுவோம் (படம் 11.46 (அ)). அடுத்தடுத்த இரு இறுக்கங்கள் படத்தில் காட்டப்பட்டு, இரண்டு ஒரு−மைய வட்டங்களால் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இரண்டாவது இறுக்கம் சமீபத்தில் வெளியிடப்பட்டு, மூலத்திற்கு அருகில் உள்ளது. இவ்விரு இறுக்கங்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு ஒலியின் அலைநீளம் λ ஆகும். மூலத்தின் அதிர்வெண் f ஆகையால், இவ்விரு இறுக்கங்கள் வெளியிடப்படும் கால இடைவெளி

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



(அ) ஓய்வு நிலையில் ஒலிமூலம்



(ஆ) ஒலிமூலம் நகரும் போது

படம் 11.46 நிலையான கேட்பவரை நோக்கி ஒலிமூலம் நகரும் போது.

இப்போது நிலையான கேட்பவரை நோக்கி ஒலி மூலம் நேராக நகர்கிறது (படம் 11.46(ஆ)). ஒலி மூலத்தின் வேகம் v_S என்க மற்றும் இந்த வேகம் ஒலியின் வேகத்தை v விடக் குறைவு ஆகும்.

T கால இடைவெளியில், முதல் இறுக்கம் செல்லும் தொலைவு $vT = \lambda$ மற்றும் ஒலிமூலம் நகரும் தொலைவு $v_S T$ ஆகும். இதன் விளைவாக, இரு இறுக்கங்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு λ −லிருந்து $\lambda' = \lambda - v_S T$ என்று குறைகிறது. எனவே, கேட்பவர் உணரும் அலை நீளம்

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

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 275 27-03-2022 20:01:39

கேட்டுணர் அதிர்வெண் ஆனது,

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

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

$$f' = \left(\frac{v}{v - v_S}\right) f \qquad (11.86)$$

(கேட்பவரை நோக்கி ஒலி மூலம் நகரும் போது)

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

நிலையான கேட்பவரை விட்டு ஒலி மூலம் விலகிச் செல்கிறது எனில், சமன்பாடு (11.86)–இல் v_S –க்கு எதிர்க்குறி இடுவதன் மூலம் கேட்டுணர் அதிர்வெண்ணைப் பெறலாம்.

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

$$f' = \left(\frac{v}{v + v_S}\right) f \qquad (11.87)$$

(கேட்பவரை விட்டு ஒலி மூலம் விலகிச் செல்லும்போது)

ஆகவே, நிலையான கேட்பவரை விட்டு ஒலிமூலம் விலகிச் செல்கிறது எனில், மூல அதிர்வெண்ணை விட கேட்டுணர் அதிர்வெண் குறைவாக இருக்கும்.

iii) கேட்டுணர் அதிர்வெண்: ஒலி மூலம் மற்றும் கேட்பவர் இருவருமே இயக்கத்தில் உள்ள போது.

ஒலி மூலம் மற்றும் கேட்பவர் இருவருமே இயக்கத்தில் உள்ளபோது, கேட்டுணர் அதிர்வெண்ணிற்கான வாய்ப்பாடு (11.84) மற்றும் (11.86) இவ்விரு சமன்பாடுகளையும் ஒன்றிணைப்பதன் மூலம் பெறலாம்.

$$f' = \left(\frac{v + v_L}{v - v_S}\right) f \qquad (11.88)$$

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

ஒலி மூலத்திற்கும் கேட்பவருக்குமிடையே சார்பியக்கம் காணப்படும் பல்வேறு சூழ்நிலைகளில் கேட்டுணர் அதிர்வெண்ணிற்கான வாய்ப்பாடுகள் அட்டவணை 11.4–இல் தொகுத்து அளிக்கப்படுள்ளன.

குறிப்பு

ஒலியின் வேகத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடு (ஒலி மூலம் ஓய்விலும் கேட்பவர் நகரும் போது) அல்லது ஒலியின் அலைநீளத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடு (கேட்பவர் ஓய்விலும் ஒலி மூலம் நகரும் போது) காரணமாகவே அதிர்வெண் மாறுபாடு ஏற்படுகிறது என்பதை கவனிப்பது முக்கியமாகும்.

ஒலி மூலம் மற்றும் கேட்பவர் என இரண்டும் நகரும் போது, ஒலியின் வேக மாறுபாடு மற்றும் ஒலியின் அலைநீள மாறுபாடு ஆகிய இரண்டின் காரணமாக அதிர்வெண் மாறுபாடு ஏற்படுகிறது.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

ஒலியை விட வேகமாக ஒலி மூலம் நகரும் போது (அதாவது சூப்பர்சானிக் வேகத்தில் மூலம் நகரும் போது), கேட்டுணர் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிட உதவும் சமன்பாடுகள் (11.84) மற்றும் (11.86) ஆகியவை பயன்படாது. மேலும் ஒலி மூலத்தின் முன்புறம் உள்ள நிலையான கேட்பவரால் ஒலியை கேட்க முடியாது. ஒலி அலைகளானது மூலத்திற்கு பின்புறம் அமைவதே காரணமாகும்.

இத்தகைய வேகங்களில், புதிதாக உருவாகும் அலைகளும் முன் கணத்தில் உருவான அலைகளும் ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவினால் மிகப்பெரிய வீச்சுடன் கூடிய ஒலியை உருவாக்கின்றன. இதை 'ஒலி முழக்கம்' (sonic boom) அல்லது 'அதிர்ச்சி அலை' (shock wave) என்கிறோம்.

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 276 27-03-2022 20:01:41

அட்டவணை 11.4: பல்வேறு சூழ்நிலைகளில் கேட்டுணர் அதிர்வெண்

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

குறிப்பு

ஒலியில் ஏற்படும் டாப்ளர் விளைவு சமச்சீர் தன்மையற்றது. அதே வேளை, ஒளியில் ஏற்படும் டாப்ளர் விளைவு சமச்சீர் தன்மை கொண்டது.

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

ஒளி மற்றும் பிற மின்காந்தக் கதிர்வீச்சுகளைப் பொருத்தவரை இவ்விரு நேர்வுகளில் கேட்டுணர் (அல்லது கண்டுணர்) அதிர்வெண் ஒன்றாகவே இருக்கும். ஆகவே ஒளி மற்றும் பிற மின்காந்தக் கதிர்வீச்சுகளில் ஏற்படும் டாப்ளர் விளைவு சமச்சீர் தன்மை கொண்டுள்ளது. ஏனெனில் ஒளியின் பரவல் ஊடகத்தைப் பொருத்து அமைவதில்லை.

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 277 27-03-2022 20:01:42

எடுத்துக்காட்டு 11.30

கேட்பவரிடமிருந்து விலகி மலை ஒன்றை நோக்கிச் செல்லும் ஒலி மூலம் உமிழும் ஒலியின் அதிர்வெண் 1500 Hz, ஒலி மூலத்தின் திசைவேகம் 6 ms^{-1}

(a) மூலத்திலிருந்து நேரடியாக வரும் ஒலியின் அதிர்வெண்ணைக் காண்க.

(b) காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் 330 $m\,s^{-1}$ எனக்கருதிமலையிலிருந்துஎதிரொலித்துவரும் ஒலியின் அதிர்வெண்ணைக் காண்க.

தீர்வு:

(a) ஓய்விலுள்ள கேட்குநரிடமிருந்து விலகிச் செல்லும் மூலம்; எனவே, மூலத்திலிருந்து நேரடியாக வரும் ஒலியை உணரும் கேட்குநருக்கு அதிர்வெண்.

$$f' = \left[\frac{v}{v+v_s}\right] f = \left[\frac{330}{330+6}\right] \times 1500 = 1473\,\text{Hz}$$

(b) மலையிலிருந்து எதிரொலித்து வரும் ஒலி கேட்குநரை அடையும்போது

$$f' = \left[\frac{v}{v-v_s}\right] f = \left[\frac{330}{330-6}\right] \times 1500 = 1528\,\text{Hz}$$

எடுத்துக்காட்டு 11.31

கேட்பவர் ஒருவர் தொடர்வண்டி நிலைய நடை மேடையில் நின்று கொண்டு இரண்டு தொடர் வண்டிகளை நோக்குகிறார். ஒன்று நிலையத்தை நோக்கியும், மற்றொன்று நிலையத்திலிருந்து வெளிநோக்கியும் சம திசைவேகம் 8 $m\,s^{-1}$ ல் செல்கின்றன. இரண்டு தொடர் வண்டிகளும் வெளியிடும் விசில்களின் அதிர்வெண் 240 Hz எனில், கேட்பவர் உணரும் விம்மல்களின் எண்ணிக்கை யாது?

தீர்வு:

கேட்பவர் ஓய்வில் உள்ளார்

(i) மூலம் (தொடர்வண்டி) கேட்குநரை நோக்கி இயங்குகிறார்:
கேட்டுணர் அதிர்வெண்,

$$f_{in} = \left[\frac{v}{v-v_s}\right] f = \left[\frac{330}{330-8}\right] \times 240 = 246\,\text{Hz}$$

(ii) மூலம் (தொடர்வண்டி) கேட்குநரிடமிருந்து விலகிச் செல்லும்போது:
கேட்டுணர் அதிர்வெண்

$$f_{out} = \left[\frac{v}{v+v_s}\right] f = \left[\frac{330}{330+8}\right] \times 240 = 234\,\text{Hz}$$

விம்மல்களின் எண்ணிக்கை

$= |f_{in} - f_{out}| = (246-234) = 12$

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 278 27-03-2022 20:01:44

பாடச்சுருக்கம்:

- ஊடகத்தின் இடப்பெயர்ச்சி இன்றி, ஆற்றலையும் உந்தத்தையும் ஒருபுள்ளியிலிருந்து மற்றொரு புள்ளிக்கு எடுத்துச் செல்லும் மற்றும் முன்னேறிச் செல்லும் ஒரு மாறுபாடு அலை எனப்படும்.
- அலை பரவ ஊடகம் தேவைப்படும் அலைகள் இயக்க அல்லது இயந்திரவியல் (mechanical) அலைகள் எனப்படும்
- அலை பரவ ஊடகம் தேவையற்ற அலைகள் இயந்திரவியல் அல்லாத அலைகள் எனப்படும்.
- குறுக்கலைகளில் ஊடகத்துகள்கள் அலை முன்னேறிச் செல்லும் திசைக்கு செங்குத்து திசையில் அதிர்வுறும்
- நெட்டலைகளில் ஊடகத்துகள்கள் அலை முன்னேறிச் செல்லும் திசைக்கு இணையாக அதிர்வுறும்.
- அலை பரவ மீள்தன்மையும், நிலைமமும் உள்ள ஊடகம் தேவை
- நீர்மப்பரப்பில் ஏற்படும் (மேடு பள்ளங்கள்) அலைகள் குறுக்கலைகள்; அதிர்வுறும் இசைக்கவை ஒன்று ஏற்படுத்தும் அலைகள் நெட்டலைகள்.
- அடுத்தடுத்த இரு முகடுகள் அல்லது அகடுகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு அலைநீளம் எனப்படும்.
- ஒரு வினாடியில் ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியைக் கடக்கும் அலைகள் அதிர்வெண் எனப்படும்.
- அலையின் திசைவேகம் $v = \lambda f$.
- ஒரு அலை ஒரு புள்ளியைக் கடக்க எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் அலைவுநேரம் T எனப்படும்.
- அதிர்வெண் மூலத்தைப் பொறுத்தது, அலையின் திசை வேகம் ஊடகத்தைப் பொறுத்தது.
- குறுக்கலையின் திசைவேகம் கம்பியின் இழுவிசை, நீள்நிறை (ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை) ஆகியவற்றைப் பொறுத்தது; அலை வடிவத்தைப் பொறுத்தது அல்ல.
- கம்பியில் ஏற்படும் குறுக்கலையின் திசைவேகம் $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}\, ms^{-1}$.
- மீள் தன்மை ஊடகத்தில், நெட்டலைகளின் திசைவேகம் $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}\, ms^{-1}$.
- $20°C$ யில் எதிரொலி (echo) ஏற்பட மூலத்திலிருந்து எதிரொலிக்கும் சுவர் அல்லது மலை அமைய வேண்டிய குறைந்தபட்ச தொலைவு 17.2 மீ
- ஒரு பரிமாண அலைச் சமன்பாடு $\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$
- அலை எண் $k = \frac{2\pi}{\lambda}\, rad\, m^{-1}$.
- குறுக்கீட்டு விளைவில் செறிவு $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\varphi$, இங்கு செறிவானது, வீச்சின் இருமடிக்குச் சமம் $I = A^2$.

  ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு, $I_{\text{பெருமம்}} = \left(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2}\right)^2 = \left(A_1 + A_2\right)^2$.

  அழிவு குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு, $I_{\text{சிறுமம்}} = \left(\sqrt{I_1} - \sqrt{I_2}\right)^2 = (A_1 - A_2)^2$.
- சற்றே மாறுபட்ட அதிர்வெண்கள் உடைய இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அலைகள் மேற்பொருந்துவதால் ஒரு புள்ளியில் தொகுபயன் ஒலியின் வீச்சு மாற்றமானது குறிப்பிட்ட நேர இடைவெளியில் தொடர்ந்து ஏற்படுகிறது. இந்நிகழ்வே விம்மல் ஆகும். எனவே, ஒரு வினாடியில் உருவாகும் வீச்சு பெருமங்களே விம்மல் அதிர்வெண்.

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 279 27-03-2022 20:01:47

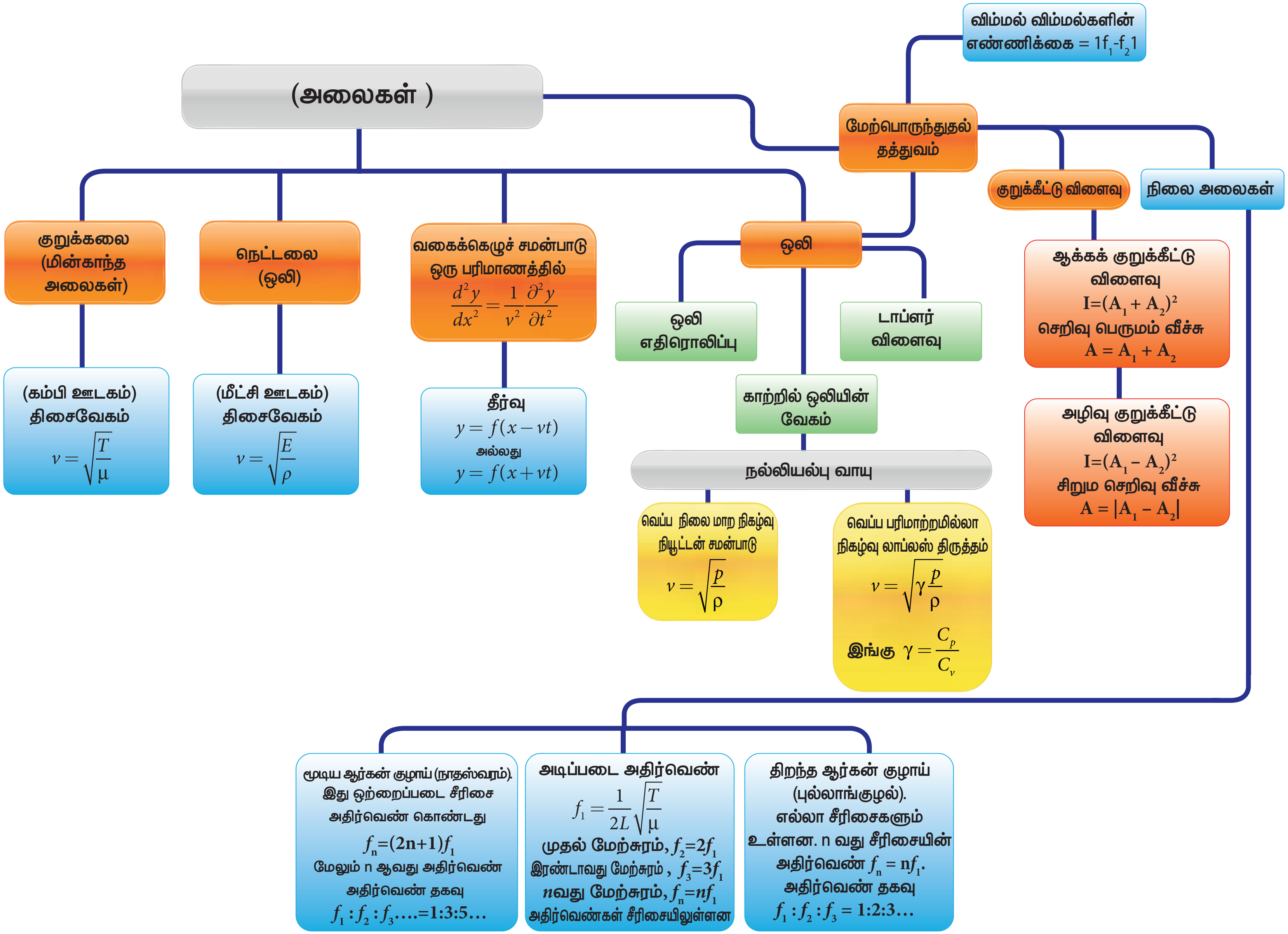
- அதிர்வெண்கள், அடிப்படை அதிர்வெண்ணின் முழு எண் மடங்குகளாக அமைந்தால் அவை சீரிசைகள் எனப்படும். முதல் சீரிசை $v_1 = v_1$, இரண்டாவது சீரிசை $v_2 = 2\ v_1$, மூன்றாவது சீரிசை $v_3 = 3\ v_1$, மேலும் இதேபோல் அமையும்.
- ஒலியின் உரப்பு என்பது "காதில் ஒலியின் கேட்கும்திறன் (உணர்) அளவின் மதிப்பு அல்லது கேட்பவரின் ஒலி புலனுனர்வு திறன்"
- ஒலியின் செறிவு என்பது"ஒலி முன்னேறும் திசைக்கு செங்குத்தாக ஓரலகு பரப்பின் வழியே ஊடுருவிச் செல்லும் ஒலியின் திறன்"
- ஒலிச்செறிவின் அளவு, $\Delta L = 10\log_{10}\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$ டெசிபல்.
- மூடிய ஆர்கன் குழாயில் சீரிசைகள் ஒற்றைப்படையில் அமையும் n வது சீரிசையின் அதிர்வெண்

  $f_n = (2n + 1)\ f_1$.
- மூடிய ஆர்கன் குழாயில் சீரிசைகளின் அதிர்வெண் தகவு

  $f_1 : f_2 : f_3 : f_4 :... = 1 : 3 : 5 : 7 :...$
- திறந்த ஆர்கன் குழாயில் எல்லா சீரிசைகளும் ஏற்படும் n வது சீரிசையின் அதிர்வெண் $f_n = n\ f_1$.
- திறந்த ஆர்கன் குழாயில் சீரிசைகளின் அதிர்வெண் தகவு

  $f_1 : f_2 : f_3 : f_4 :... = 1 : 2 : 3 : 4 :...$
- ஒலிமூலத்திற்கும் கேட்பவருக்கும் இடையே ஒரு சார்பு இயக்கம் உள்ளபோது ஒலி மூலத்தில் இருந்து வரும் ஒலியின் அதிர்வெண்ணும் அதைக் கேட்பவரால் உணரப்படும் ஒலியின் அதிர்வெண்ணும் மாறுபட்டு இருக்கும். இதுவே டாப்ளர் விளைவு எனப்படும்.

கருத்து வரைபடம்



UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 281 27-03-2022 20:01:49

பயிற்சி வினாக்கள்

I. சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுது:

1. மாணவர் ஒருவர் தனது கிட்டாரை, 120 Hz இசைக்கவையால் மீட்டி, அதேநேரத்தில் 4 வது கம்பியையும் மீட்டுகிறான். கூர்ந்து கவனிக்கும்போது, கூட்டு ஒலியின் வீச்சு வினாடிக்கு 3 முறை அலைவுறுகிறது. 4 வது கம்பியின் அதிர்வெண் கீழ்க்கண்டவற்றுள் எது ?

   a) 130 b) 117
   c) 110 d) 120

2. குறுக்கலை ஒன்று A ஊடகத்திலிருந்து B ஊடகத்திற்கு செல்கிறது. A ஊடகத்தில் குறுக்கலையின் திசைவேகம் 500 ms^{-1} , அலைநீளம் 5 m. B ஊடகத்தில் திசைவேகம் 600 ms^{-1}, எனில் B ல் அதிர்வெண், அலைநீளம் முறையே

   a) 120 Hz மற்றும் 5 m
   b) 100 Hz மற்றும் 5 m
   c) 120 Hz மற்றும் 6 m
   d) 100 Hz மற்றும் 6 m

3. ஒரு குறிப்பிட்ட குழாய்க்கு 1000 Hz விட குறைவான 4 சீரிசை அதிர்வெண்கள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அவை: 300 Hz, 600 Hz, 750 Hz மற்றும் 900 Hz. இந்த தொடரில் விடுபட்ட இரு அதிர்வெண்கள் யாவை?.

   a) 100 Hz, 150 Hz
   b) 150 Hz, 450 Hz
   c) 450 Hz, 700 Hz
   d) 700 Hz, 800 Hz

4. கீழ்க்கண்டவற்றுள் எது சரி?.

A	B
(1) தரம்	(A) செறிவு
(2) சுருதி	(B) அலை வடிவம்
(3) உரப்பு	(C) அதிர்வெண்

   (1), (2) , (3) க்கான சரியான ஜோடி

   a) (B),(C) மற்றும் (A)
   b) (C), (A) மற்றும் (B)
   c) (A), (B) மற்றும் (C)
   d) (B), (A) மற்றும் (C)

5. நீள் அடர்த்தி 5 கிராம்/மீட்டர் கொண்ட இழுத்துக் கட்டப்பட்ட கம்பியில் பரவும் அலையின் சமன்பாடு $y = 0.03 \sin(450t - 9x)$, [இங்கு, தொலைவு மற்றும் காலம் ஆகியவை SI அலகில் கணக்கிடப்பட்டுள்ளன] எனில் கம்பியின் இழு விசை

   a) 5 N
   b) 12.5 N
   c) 7.5 N
   d) 10 N

6. 5000 Hz அதிர்வெண் உடைய ஒலி காற்றில் இயங்கி நீர் பரப்பை தாக்குகிறது. நீர், காற்றில் அலைநீளங்களின் தகவு

   a) 4.30 b) 0.23
   c) 5.30 d) 1.23

7. இரு இணையான மலைகளுக்கிடையே நிற்கும் ஒருவன் துப்பாக்கியால் சுடுகிறான். முதல் எதிரொலியை t_1 s இலும் 2 வது எதிரொலியை t_2 s இலும் கேட்கிறான். மலைகளுக்கிடையேயான இடைவெளி

   a) $\dfrac{v(t_1 - t_2)}{2}$ b) $\dfrac{v(t_1 t_2)}{2(t_1 + t_2)}$

   c) $v(t_1 + t_2)$ d) $\dfrac{v(t_1 + t_2)}{2}$

8. ஒரு முனை மூடிய காற்றுத்தம்பம் ஒன்று 83 Hz அதிர்வெண் உடைய அதிர்வுறும் பொருளுடன் ஒத்ததிர்வு அடைகிறது எனில் காற்றுத் தம்பத்தின் நீளம்

   a) 1.5 m b) 0.5 m
   c) 1.0 m d) 2.0 m

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 282 27-03-2022 20:01:51

9. x திசையில் இயங்கிக் கொண்டுள்ள அலை ஒன்றின் இடப்பெயர்ச்சி y இற்கான சமன்பாடு $y = (2 \times 10^{-3}) \sin(300t - 2x + \frac{\pi}{4})$, இங்கு x, y மீட்டரிலும் t வினாடியிலும் அளக்கப்பட்டால், அலையின் வேகம்

a) 150 ms^{-1} b) 300 ms^{-1}

c) 450 ms^{-1} d) 600 ms^{-1}

10. இரண்டு சீரான கம்பிகள் சேர்ந்தாற்போல் அவற்றின் அடிப்படை அதிர்வெண்களில் அதிர்வுறுகின்றன. அவற்றின் இழுவிசைகள், அடர்த்திகள், நீளங்கள், விட்டங்களின் தகவுகள் முறையே 8 : 1, 1 : 2, $x : y$, மற்றும் 4 : 1. அதிக சுருதியின் அதிர்வெண் 360 Hz ஒரு வினாடியில் ஏற்படும் விம்மல்கள் 10 எனில் $x : y$ ன் மதிப்பு

(a) 36 : 35

(b) 35 : 36

(c) 1 : 1

(d) 1 : 2

11. கீழ்க்கண்டவற்றுள் எது அலையைக் குறிக்கிறது

(a) $(x - vt)^3$ (b) $x(x+vt)$

(c) $\frac{1}{(x+vt)}$ (d) $\sin(x+vt)$

12. ஊஞ்சல் ஒன்றில் உள்ள மனிதன், ஊஞ்சல் செங்குத்துக் கோட்டிலிருந்து 60° வரும்போது ஒரு விசிலை எழுப்புகிறான். அதன் அதிர்வெண் 2.0 k Hz. ஊஞ்சலின் நிலையான பிடிமானத்திலிருந்து விசில் 2 m ல் உள்ளது. ஊஞ்சலின் முன்னே வைக்கப்பட்ட ஒரு ஒலி உணர் கருவி இந்த ஒலியை உணர்கிறது. ஒலி உணர் கருவி உணரும் ஒலியின் பெரும அதிர்வெண்.

(a) 2.027 *k*Hz (b) 1.974 *k*Hz

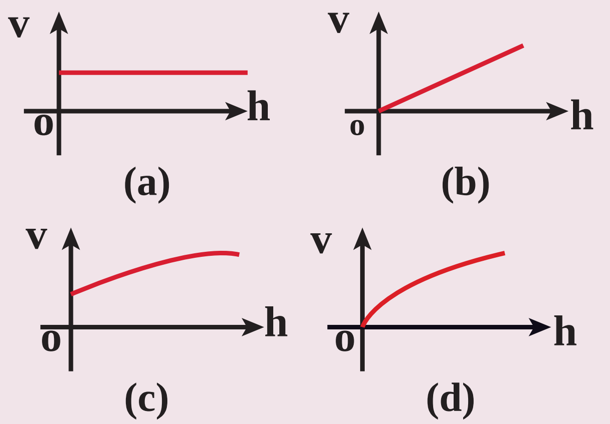
(c) 9.74 *k*Hz (d) 1.011 *k*Hz

13. நேர்க்குறி x திசையில் செல்லும் அலையின் வீச்சு $t = 0\,s$ ல் $y = \frac{1}{1+x^2}$ என்க. $t = 2\,s$ அதன் வீச்சு $y = \frac{1}{1+(x-2)^2}$ என அமைகிறது. அலையின் வடிவம் மாறவில்லையெனில், அலையின் திசைவேகம்

(a) 0.5m s^{-1} (b) 1.0m s^{-1}

(c) 1.5m s^{-1} (d) 2.0m s^{-1}

14. சீரான கயிறு ஒன்று m நிறையுடன் நிலையான அமைப்பிலிருந்து செங்குத்தாகத் தொங்குகிறது. கீழ்முனையில் ஒரு குறுக்கலை துடிப்பு ஏற்படுத்தப்படுகிறது. கீழ் முனையிலிருந்து இந்த துடிப்பு மேலேழும் வேக மாறுபாடு (v) கீழிருந்து உயரம் (h) யை பொருத்தது காட்டும் வரைபடம்



15. ஆர்கன் குழாய்கள் A , B யில் A ஒரு முனையில் மூடப்பட்டது. அது முதல் சீரிசையில் அதிர்வுறச் செய்யப்படுகிறது. குழாய் B இருபுறமும் திறந்துள்ளது. இது 3 வது சீரிசையில் அதிர்வுற்று A உடன் ஒரு இசைக்கவை மூலம் ஒத்திசைவு அடைகிறது. A மற்றும் B குழாயின் நீளங்களின் தகவு

a) $\frac{8}{3}$ b) $\frac{3}{8}$

c) $\frac{1}{6}$ d) $\frac{1}{3}$

விடைகள்:

1) b	2) d	3) b	4) a
5) b	6) a	7) d	8) c
9) a	10) a	11) d	12) a
13) b	14) d	15) c	

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 283 27-03-2022 20:01:55

II. சிறு வினாக்கள்

1. அலைகள் என்றால் என்ன?.
2. அலைகளின் வகைகளை எழுது.
3. குறுக்கலை என்றால் என்ன ? ஓர் எடுத்துக்காட்டு தருக.
4. நெட்டலை என்றால் என்ன? ஓர் எடுத்துக்காட்டு தருக.
5. அலைநீளம் வரையறு.
6. அலை ஒன்றின் அதிர்வெண், அலைநீளம், திசைவேகம் ஆகியவற்றிற்கிடையேயானத் தொடர்பை எழுதுக
7. அலைகளின் குறுக்கீட்டு விளைவு என்றால் என்ன?.
8. விம்மல்கள் – வரையறு.
9. ஒலியின் செறிவு, மற்றும் உரப்பு ஆகியவற்றை விளக்குக.
10. டாப்ளர் விளைவை விளக்குக.
11. டாப்ளர் விளைவில் சிவப்பு, மற்றும் நீல இடப்பெயர்ச்சிகளை விளக்குக.
12. ஒத்ததிர்வுக் காற்றுத் தம்ப கருவியில் முனைத்திருத்தம் என்றால் என்ன?
13. $y = x + a$. என்ற தொடர்பிற்கு படம் வரைக. அதை விளக்குக.
14. வாயு ஒன்றில் ஒலியின் திசைவேகத்தை பாதிக்கும் காரணிகளை எழுதுக.
15. எதிரொலி என்றால் என்ன ? விளக்குக.

III. நெடு விடை வினாக்கள்

1. நீரின் மேற்பரப்பில் சுருள் வடிவில் மேடு, பள்ளங்கள் ஏற்படுவது ஏன் ?
2. முன்னேறு அலைக்கும், நிலை அலையின் இடையேயான வேறுபாடுகளை விவரி.
3. கம்பி ஒன்றில் ஏற்படும் முன்னேறு அலைக்கான திசை வேகத்திற்கான சமன்பாடு $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ என நிறுவுக.
4. காற்றில் ஒலியின் திசைவேகத்திற்கான நியூட்டன் சமன்பாட்டை விளக்குக. அதில் லாப்லஸின் திருத்தத்தை விவரி.
5. சமதளம் மற்றும் வளைவான பரப்புகளில் ஒலியின் எதிரொலிப்பு பற்றி குறிப்பு வரைக.
6. மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தை விளக்குக.
7. அலைகளில் குறுக்கீட்டு விளைவு ஏற்படுவதை விளக்குக.
8. விம்மல்கள் ஏற்படுவதை விளக்குக.
9. நிலை அலைகள் என்றால் என்ன ?. நிலை அலைகள் ஏற்படுவதை விளக்குக. அதன் பண்புகளை எழுதுக.
10. இழுத்துக்கட்டப்பட்ட கம்பியில் ஏற்படும் குறுக்கலைக்கான விதிகளை விளக்குக.
11. அடிப்படை அதிர்வெண், சீரிசை மற்றும் மேற்சுரம் ஆகியவற்றை விளக்குக.
12. சுரமானி என்றால் என்ன ?. அதன் அமைப்பு மற்றும் வேலை செய்யும் விதத்தை விவரி சுராமானியைப் பயன்படுத்தி இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணை எவ்வாறு அளப்பாய்?
13. ஒலியின் செறிவு, உரப்பு என்றால் என்ன? அவற்றைப்பற்றி விளக்குக.
14. கீழ்க்கண்டவற்றுள் மேற்சுரங்கள் ஏற்படுவதை விளக்குக.
    (a) மூடிய ஆர்கன் குழாய்
    (b) திறந்த ஆர்கன் குழாய்
    (c) ஒத்ததிர்வு காற்றுத்தம்பக் கருவி
15. ஒத்ததிர்வு தம்பக் கருவியைப் பயன்படுத்தி காற்றின் ஒலியின் திசைவேகத்தை அளக்கும் முறையை விளக்குக?.
16. டாப்ளர் விளைவு என்றால் என்ன?
    (1) மூலம் இயக்கத்திலும், கேட்பவர் ஓய்விலும்
        (a) மூலம், கேட்பவரை நோக்கி இயங்கும்போது
        (b) மூலம், கேட்பவரிலிருந்து விலகிச் செல்லும்போது

(2) கேட்பவர் இயக்கத்திலும், மூலம் ஓய்விலும்.

(a) கேட்பவர், மூலத்தை நோக்கி இயங்கும்போது

(b) கேட்பவர், மூலத்திலிருந்து விலகிச் செல்லும்போது

(3) இரண்டும் இயக்கத்தில்

(a) மூலமும், கேட்பவரும் ஒருவரை ஒருவர் நெருங்கும்போது

(b) மூலமும், கேட்பவரும் ஒருவரை விட்டு ஒருவர் விலகிச் செல்லும்போது

(c) மூலம், கேட்பவரைத் துரத்தும்போது

(d) கேட்பவர், மூலத்தை துரத்தும்போது

IV. பயிற்சி கணக்குகள்

1. ஓர் ஊடகத்தில் ஒலியின் வேகம் 900 ms^{-1}. ஊடகத்தில் ஓர் புள்ளியில் 2 நிமிடங்களில் கடக்கும் அலைகளின் எண்ணிக்கை 3000 எனில் அலைநீளத்தைக் காண்க?.

விடை : λ = 36 m

2. 2 மோல் ஹீலியம், 4 மோல் ஆக்சிஜன் கலந்த கலவையைக் கருதுக. இந்தக் கலவையில் 300 K வெப்ப நிலையில் ஒலியின் வேகத்தைக் காண்க.

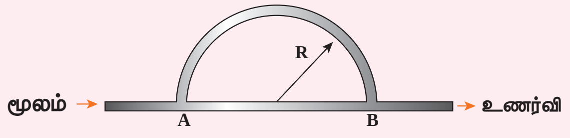
விடை : 400.9 ms^{-1}

3. கடலில் ஒரு கப்பல் சோனார் (SONAR) மூலம் ஒலி அலைகளை கடலின் கீழ்நோக்கி அனுப்புகிறது. கடலின் அடி கட்டத்தில் உள்ள ஒரு பாறையில் இந்த ஒலி அலைகள் எதிரொலிக்கப்பட்டு 3.5 s ல் சோனாரை அடைகிறது. கப்பல் 100 km தொலைவைக் கடக்கும்போது மீண்டும் சைகைகளை கீழ்நோக்கிஅனுப்புகிறது. அந்த சைகைகள் 2s ல் எதிரொலித்து சோனாரை அடைகிறது. இரண்டு இடங்களிலும் ஆழங்களை கண்டு பிடித்து, அவற்றின் வேறுபாட்டைக் காண்க.

விடை : Δd = 1149.75 m

4. படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு உள்ள குழாயில் ஒலி அலை கடந்து செல்கிறது– ஒலி அலை A ல் இரண்டு அலைகளாக பிரிகிறது, மீண்டும் B ல் ஒன்றாக சேர்கிறது. R என்பது அரை–வட்டத்தின் ஆரம். B இல் ஒன்றாக சேரும் அலைகள் முதல் சிறுமத்தை ஏற்படுத்தினால் R ன் மதிப்பைக் காண்க. ஒலியின் அலைநீளம் 50.0 m மீ என்க

விடை : R = 21.9 m



5. N இசைக்கவைகள் அவற்றின் அதிர்வெண்களின் ஏறு வரிசையில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. அவை அதிரும்போது அடுத்தடுத்த இரு இசைக்கவைகள் ஏற்படுத்தும் விம்மல்கள் n என்க. கடைசி இசைக்கவை, முதல் இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணைப்போல் இருமடங்கு அதிர்வெண் பெற்றுள்ளது, எனில் முதல் இசைக்கவையின் அதிர்வெண் f=(N−1)n. எனக் காட்டுக.

6. ஒலிமூலம் ஒன்று ஒலி அலையை உமிழ்கிறது. ஓர் புள்ளியில் இந்த அலையின் செறிவு (தொடக்கத்தில்) I என்க. ஒலியின் வீச்சு இரு மடங்காக்கப்பட்டு, அதிர்வெண் நான்கில் ஒருபங்காக $\frac{1}{4}$ குறைக்கப்படுகிறது எனக் கருதுக. மேலே கூறிய அதே புள்ளியில் புதிய ஒலிச்செறிவைக் காண்க ?. விடை

விடை : $I_{புதியது} \propto \frac{1}{4} I_{பழையது}$.

7. சமநீளமுடைய இரு ஆர்கன் குழாய்களில் ஒன்று மூடியது, மற்றொன்று திறந்தது. மூடிய குழாயின் அடிப்படை அதிர்வெண் 250 Hz. திறந்த குழாயின் அடிப்படை அதிர்வெண்ணைக் காண்க.

விடை 500Hz

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 285 27-03-2022 20:01:56

8. சைரன் வைக்கப்பட்ட காவல் வாகனத்தில் 20 ms^{-1} திசைவேகத்தில் செல்லும் காவலர் (police), $v_0 ms^{-1}$. வேகத்தில் கார் ஒன்றில் தப்பிச் செல்லும் திருடனைத்துரத்திச் செல்கிறார். காவல் வாகன சைரன் அதிர்வெண் 300Hz, இருவரும் நிலையாக இருந்து 400Hz அதிர்வெண் உடைய ஒலியை உமிழும் சைரன் நோக்கிச் செல்கிறார்கள் எனில் திருடனின் திசைவேகத்தைக் காண் (திருடன் எந்தவித விம்மல்களையும் கேட்கவில்லை என்று கருதுக).

விடை $v_{திருடன்} = 10 \text{ m s}^{-1}$

9. கீழ்க்கண்ட தொடர்புகளைக் கருதுக

(a) $y = x^2 + 2\,\alpha\,t\,x$

(b) $y = (x + vt)^2$

மேற்கண்டவற்றுள் எது அலையைக் குறிக்கிறது.

விடை (a) அலையைக் குறிக்கவில்லை

(b) அலைச்சமன்பாட்டுடன் பொருந்துவதால் அலையைக் குறிக்கிறது

மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

1. Vibrations and Waves – A. P. French, CBS publisher and Distributors Pvt. Ltd.
2. Concepts of Physics – H. C. Verma, Volume 1 and Volume 2, Bharati Bhawan Publisher
3. Halliday, Resnick and Walker, Fundamentals of Physics, Wiley Publishers, 10th edition
4. Serway and Jewett, Physics for scientist and engineers with modern physics, Brook/Coole publishers, Eighth edition

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 286 27-03-2022 20:01:56