தமிழ்நாடு அரசு

மேல்நிலை முதலாம் ஆண்டு

இயற்பியல்

தொகுதி 2

தமிழ்நாடு அரசு விலையில்லாப் பாடநூல் வழங்கும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்பட்டது

பள்ளிக் கல்வித்துறை

தீண்டாமை மனிதநேயமற்ற செயலும் பெருங்குற்றமும் ஆகும்

PHYSICS_FM_Tamil.indd 1 25-08-2020 16:47:03

தமிழ்நாடு அரசு

முதல்பதிப்பு – *2018*

திருத்திய பதிப்பு – *2019, 2020*

(புதிய பாடத்திட்டத்தின்கீழ்
வெளியிடப்பட்ட நூல்)

விற்பனைக்கு அன்று

பாடநூல் உருவாக்கமும் தொகுப்பும்

மாநிலக் கல்வியியல் ஆராய்ச்சி
மற்றும் பயிற்சி நிறுவனம்

© SCERT 2018

நூல் அச்சாக்கம்

தமிழ்நாடு பாடநூல் மற்றும்
கல்வியியல் பணிகள் கழகம்

www.textbooksonline.tn.nic.in

PHYSICS_FM_Tamil.indd 2 25-08-2020 14:54:59

பொருளடக்கம்

இயற்பியல்

அலகு எண்	தலைப்பு	பக்க எண்	மாதம்
6	ஈர்ப்பியல்	01	செப்டம்பர்/அக்டோபர்
7	பருப்பொருளின் பண்புகள்	49	அக்டோபர்
8	வெப்பமும் வெப்ப இயக்கவியலும்	95	அக்டோபர்/நவம்பர்
9	வாயுக்களின் இயக்கவியற் கொள்கை	169	நவம்பர்
10	அலைவுகள்	195	நவம்பர்/டிசம்பர்
11	அலைகள்	231	டிசம்பர்
	செய்முறை	289	
	கலைச்சொற்கள்	322	

K6LTLR

மின் நூல்

K6VPNE

மதிப்பீடு

B126_11_PHY_TM

இணைய வளங்கள்

QR GUIDE

பாடநூலில் உள்ள விரைவு குறியீட்டைப் (QR Code) பயன்படுத்துவோம்! எப்படி?

- உங்கள் திறன்பேசியில், கூகுள் playstore /ஆப்பிள் app store கொண்டு QR Code ஸ்கேனர் செயலியை இலவசமாகப் பதிவிறக்கம் செய்து நிறுவிக்கொள்க.
- செயலியைத் திறந்தவுடன், ஸ்கேன் செய்யும் பொத்தானை அழுத்தித் திரையில் தோன்றும் கேமராவை QR Code–இன் அருகில் கொண்டு செல்லவும்.
- ஸ்கேன் செய்வதன் மூலம் திரையில் தோன்றும் உரலியைச் (URL) சொடுக்க, அதன் விளக்கப் பக்கத்திற்குச் செல்லும்.

நூலினைப் பயன்படுத்தும் முறை

இயற்பியல் தரும் வாய்ப்புகள்	• உயர் கல்விப் படிப்புகள், அவற்றைத் தரும் கல்வி நிறுவனங்கள் அதற்குரிய போட்டித் தேர்வுகள் பற்றிய விழிப்புணர்வு • உயர் கல்வி பயில மாணவர்களுக்கு வழங்கப்படும் நிதி உதவிகள்
கற்றலின் நோக்கங்கள்	• பாட அலகு பற்றிய கண்ணோட்டம் • பாடத்தலைப்புகளின் இலக்குகள் மற்றும் நோக்கங்களைத் தெளிவுபடுத்துதல்
உங்களுக்குத் தெரியுமா?	• மேலும் கற்கும் ஆர்வத்தைத் தூண்டக்கூடிய வகையில் பாடத்தலைப்பு தொடர்பான கூடுதல் தகவல்கள்
எடுத்துக்காட்டு கணக்குகள்	• ஒவ்வொரு நிலையிலிருந்தும் அடுத்த நிலைக்குச் செல்லும் முன்பு ஆழமான புரிதலுக்காக எடுத்துக்காட்டு கணக்குகள் / விளக்கங்கள்
	• தக்க விளக்கப்படத்துடன் காட்சிப்படுத்தப்பட்ட கருத்துருக்கள் (Concepts) • காணொளிகள் (video), அசைவுப்படங்கள் (animations) மற்றும் பயிற்சிகள் (tutorials)
ஒருங்கிணைந்த தகவல் தொடர்பு தொழில் நுட்பம் (ICT)	• வகுப்பறையில் கற்றலுக்கும், ஆய்வுகள் செய்வதற்கும் டிஜிட்டல் திறன்களை ஒருங்கிணைந்து பயன்படுத்துதல்
பாடச்சுருக்கம்	• பாடத்தில் உள்ள முக்கியக் கருத்துக்களை (concepts) மீண்டும் நினைவுபடுத்துதல்
கருத்து வரைபடம்	• பாட அலகினை தெளிவாகக் கற்றலுக்காக ஒருங்கமைக்கப்பட்ட சுருக்க விவரம்
மதிப்பீடு	• மாணவர்களின் புரிந்துகொள்ளும் திறனை மதிப்பீடு செய்தல், மற்றும் கருத்துரு சார்ந்த வினாக்களுக்கும், கணக்குகளுக்கும் இயற்பியல் கருத்துகளைப் பயன்படுத்தப் பழக்கப்படுத்துதல்
மேற்கோள் நூல்கள்	• மேலும் கற்றலுக்கான நூல்களின் பட்டியல்
தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்	• இங்கு நீங்கள் பயிற்சி வினாக்களுக்கான தீர்வுகளைப் பெறலாம். மேலும் சில தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகளும் வழங்கப்பட்டிருக்கும். அவை மாணவர்கள் கற்றறிந்த கருத்துக்களை வலுவூட்டும் வகையில் அமைந்திருக்கும்.
போட்டித் தேர்வுப் பகுதி	• இயற்பியல் ஒலிம்பியாட், NEET, JEE, JIPMER நுழைவுத்தேர்வு போன்ற போட்டித் தேர்வுகளில் மாணவர்கள் கலந்து கொள்ள ஊக்குவிக்கும் விதமாக மாதிரி வினாக்கள் இடம் பெற்றுள்ளன.
கலைச்சொற்கள்	• மீண்டும் மீண்டும் பயன்படுத்தக் கூடிய ஆங்கில அறிவியல் சொற்களுக்கு இணையான தமிழ்ச்சொற்கள் இடம் பெற்றுள்ளன.
உச்சரிப்பில் மாற்றம்	• அறிவியல் அறிஞர்களின் பெயர்கள் சரியான உச்சரிப்பில் தரப்பட்டுள்ளன. எ.கா: Carnot–கார்னோ, Stefan–ஸ்டெஃபான்

பின் அட்டை: சால்வே மாநாடு 1927, பெல்ஜியம்

1927 ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் மாதத்தில் நடைபெற்ற ஐந்தாவது சால்வே சர்வதேச மாநாட்டில் எடுக்கப்பட்ட அரிய புகைப்படம். இப்புகைப்படத்தில் காணப்படும் 29 விஞ்ஞானிகளில் 17 விஞ்ஞானிகள் நோபல்பரிசு பெற்றவர்கள் அவர்களின் பெயர்கள் தடித்த எழுத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன.

முன்வரிசை (இடமிருந்து வலமாக) : **I. லாங்மியர், M. பிளாங்க், மேரிகியூரி, H.A லாரன்ஸ், A. ஐன்ஸ்டீன்** P. லெங்கெவின், Ch.E. கையீ, **C.T.R. வில்சன், O.W. ரிச்சர்ட்சன்**

நடுவரிசை (இடமிருந்து வலமாக) : **P. தெபை** M. குன்சன், **W.L.பிராக்,** H.A. கிரேமர்ஸ், **P.A.M.டிராக், A.H. காம்டீடன், L. டீபிராய், M.பார்ன், N. போர்**

பின்வரிசை (இடமிருந்து வலமாக) : A. பிக்கார்டு, E. ஹென்ரியட், P. ஹேர்ன்பஸ்ட், Ed. ஹேர்ஷன், Th. டி டாண்டர், **E.ஸ்ரோடிஞ்சர்,** E. வெர்சாஃபெல்ட், **W. பாலி, W.ஹீசென்பர்க்,** R.H. ஃபாலர், L. பிர்லுவான்

—புகைப்படக்கலைஞர் பென்ஜமின் குப்ரி

PHYSICS_FM_Tamil.indd 4 25-08-2020 14:55:00

இயற்பியல் உயர்கல்வி வாய்ப்புகள்
(Scope of Physics - Higher Education)

தேர்வுகள்

- JEE-Joint Entrance Examination
- Physics Olympiad Exam
- NEET- National Eligibility and Entrance Test
- NEST- National Entrance Screening Test
- AIEEE- All India Engineering Entrance Exam
- AIIMS- All India Institute of Medical Science (Entrance Examination)
- JIPMER- Jawaharlal institute of Postgraduate Medical Education and Research (Entrance Examination)
- KVPY- Kishore Vaigyanik Protsahan Yojana
- JAM- Joint Admission Test
- TIFR GS-Tata Institute of Fundamental Research Graduate School Admissions Examination
- JEST- Joint Entrance Screening Test
- NET- National Eligibility Test (CSIR and UGC)
- GATE-Graduate Aptitude Test in Engineering
- ICAR -AIEEA-Indian Council of Agricultural Research All India Entrance Examination

மேல்நிலை இரண்டாம் ஆண்டு படிப்பிற்குப் பின்பு

- B.Sc (Physics)
- Integrated M.Sc (Physics) (Central Universities)
- Integrated M.Sc (in Central Institutes through NEST and KVPY with stipend)
- B.Sc./B.S./B.Stat./B.Math./M.S. in Mathematics, Chemistry and Biology. (KVPY)
- B.E/B.Tech/ B.Arch (JEE, AIEEE in IITs and NITs) MBBS/ B.D.S/B.Pharm (NEET, JIPMER, AIIMS)
- B.Sc. (Agriculture) (ICAR -AIEEA)
- Dual Degree Program BS & MS (IITs and IISERs)
- B.Sc (Hospitality administration)
- B.Sc (Optoectronics)
- B.Sc (Optometry)
- B.Tech (Optics and Optoelectronics)

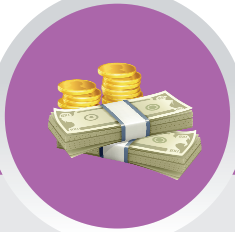
இயற்பியல் இளங்கலைப் (B.Sc Physics) பட்டப்படிப்பிற்குப் பின்பு

- M.Sc. Physics (மத்திய, மாநில பல்கலைக்கழகங்கள் மற்றும் கல்லூரிகள்)
- M.Sc. Physics (IISc ,IITs and NITs)
- வானியல் மற்றும் வான் இயற்பியல் Astronomy and Astrophysics
- பொருள் இயற்பியல்-Materials Science
- விண்வெளி அறிவியல்-Space science
- மருத்துவ இயற்பியல்-Medical Physics
- ஆற்றல் இயற்பியல்-Energy Science
- புவி அறிவியல்-Earth Sciences
- பேராழியியல் -Oceanography
- தொலை உணர்வியல்-Remote sensing
- மின்னணுவியல்-Electronics
- ஒளித்துகளியல்-Photonics
- ஒளி மின்னணுவியல்-Optoelectronics
- ஒலியியல்-Acoustics
- பயன்பாட்டு மின்னணுவியல்-Applied electronics
- நானோ அறிவியல் மற்றும் நானோ தொழில்நுட்பவியல் Nanoscience and Nanotechnology
- உயிர்ப்புள்ளியியல்-Biostatistics
- உயிர்த்தகவலியல்-Bio informatics
- வெற்றிட அறிவியல்-Vacuum sciences

இயற்பியல் இளங்கலைப் (B.Sc Physics) பட்டப்படிப்பிற்குப் பின் வாய்ப்புகள்

அரசுத் துறைகளில் பணிகள்

- Scientist Job in ISRO, DRDO, CSIR labs
- Indian Forest Services
- Union Public Service Commission
- Staff selection commission
- Indian Defence services etc.
- Public sector Bank
- State PCS
- Grade III & Compiler
- Tax Assistant
- Statistical Investigator



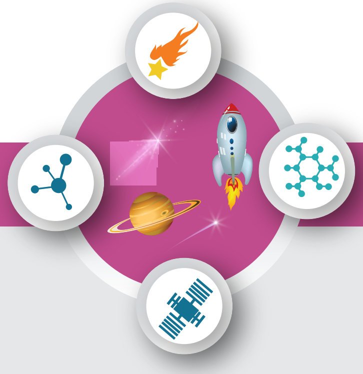
உயர்கல்வி கற்பதற்கான நிதி உதவி

பட்டப்படிப்பு மற்றும் பட்ட மேற்படிப்பு பயில கல்வி உதவித்தொகை

- பன்னாட்டு ஒலிம்பியாட் (International Olympiad) – கணிதம் மற்றும் அறிவியலில் உயர்கல்வி கற்க உதவித் தொகை.
- அறிவியல் மற்றும் தொழில் நுட்பத்துறையின் (DST) INSPIRE ஆதரவு ஊதியத்திட்டம் (பட்டம் மற்றும் பட்ட மேற்படிப்பு)
- DST – INSPIRE – உதவித்தொகை (Ph.D க்கு)
- பல்கலைக்கழக **மானியக்குழுவின்** (UGC) ஆதரவு உதவித்தொகை (Ph.D க்கு)
- குடும்பத்தில் உள்ள ஒற்றைப் பெண் குழந்தைக்கான இந்திராகாந்தி உதவித்தொகை (Indira Gandhi Fellowship) (பட்டம் மற்றும் பட்ட மேற்படிப்பு)
- **மவுலாணா ஆசாத்** (Moulana Azad Fellowship) சிறுபான்மையினருக்கான ஆதரவு உதவித்தொகை (Ph.D க்கு)
- SC/ST/PWD/OBC போன்ற பிரிவினர்களுக்கான பல்வேறு உதவித்தொகை
- பல்கலைக்கழக **மானியக்குழு** (UGC) மற்றும் அறிவியல் மற்றும் தொழில் நுட்பத்துறை (DST) ஆகியவற்றின் இணைய தளங்களில் மேலும் தகவல்களைப் பெறுக.

PHYSICS_FM_Tamil.indd 6
25-08-2020 14:55:01

இயற்பியல் ஆய்வுகளை மேற்கொள்ளும் இந்திய ஆராய்ச்சி நிறுவனங்கள்



இயற்பியல் முதுகலைப் (M.Sc Physics) பட்டப்படிப்பிற்குப் பின்பு

ஆய்வுக் களங்கள்

- Quantum Physics and Quantum Optics
- Astrophysics, Astronomy
- String theory, Quantum gravity
- Mathematical Physics, Statistical Mechanics
- Quantum Field Theory
- Particle Physics and Quantum Thermodynamics
- Quantum information theory
- Condensed Matter Physics, Materials Science
- Electro magnetic Theory
- Black Holes, Cosmology
- Crystal Growth, Crystallography
- Spectroscopy, Atomic, Molecular and Optical Physics
- Nano Science and Nanotechnology
- Energy and Environment Studies
- Biophysics, Medical Physics
- Cryptography, Spintronics
- Optics and Photonics
- Meteorology and Atmospheric Science

இயற்பியலின் பல்வேறு துறைகளில் ஆய்வுகளை மேற்கொள்ளும் இயற்பியல் ஆராய்ச்சி நிறுவனங்கள்

ஆராய்ச்சி நிறுவனங்களின் பெயர்கள்	இணையதளம்
Indian Institute of Science (IISc) Bangalore	www.iisc.ac.in
Raman Research Institute (RRI) Bangalore	www.rri.res.in
Institute of Mathematical Sciences (IMSc) Chennai	www.imsc.res.in
Indian Association for Cultivation of Science (IACS) Calcutta	www.iacs.res.in
Chennai Mathematical Institute (CMI) Chennai	www.cmi.ac.in
Tata Institute of Fundamental Research (TIFR) Mumbai	www.tifr.res.in
Bhaba Atomic Research centre (BARC) Mumbai	www.barc.gov.in
SN Bose centre Basic Natural science Calcutta	www.bose.res.in
Indian Institute of Space Science and Technology (IIST) Trivandrum	www.iist.ac.in
Physics Research Laboratory (PRL) Ahmedabad	www.prl.res.in
Indian Institute of Astrophysics (IIA) Bangalore	www.iiap.res.in
Institute of Physics (IOP) Bhubaneswar	www.iopb.res.in
Institute for Plasma Research (IPR) Gujarat	www.ipr.res.in
Inter university centre for Astronomy and Astrophysics (IUCAA) Pune	www.iucaa.in
Indira Gandhi centre for Atomic Research (IGCAR), Kalpakkam	www.igcar.gov.in
Hyderabad central university, Hyderabad	www.uohyd.ac.in
Delhi University, Delhi	www.du.ac.in
Mumbai University, Mumbai	www.mu.ac.in
SavithiribaiPhule Pune university, Pune	www.unipune.ac.in
National Institute of Science Education and Research (NISER), Bhubaneshwar	www.niser.ac.in
IISER Educational Institutions	www.iiseradmission.in
Indian Institute of Technology in various places (IIT's)	www.iitm.ac.in
National Institute of Technology (NITs)	www.nitt.edu
Jawaharlal Nehru University (JNU)	www.jnu.ac.in
Central Universities	www.ugc.ac.in
State Universities	https://www.ugc.ac.in
CSIR – Academy (National laboratories, Delhi, Hyderabad, Trivandrum, Chennai, Calcutta etc)	

PHYSICS_FM_Tamil.indd 7
25-08-2020 14:55:02

PHYSICS_FM_Tamil.indd 8 25-08-2020 14:55:02

அலகு

6

ஈர்ப்பியல் (GRAVITATION)

வானவியலின் மிக முக்கியமான கண்டுபிடிப்பு என்னவெனில் பூமியானது என்னவிதமான அணுக்களால் ஆக்கப்பட்டிருக்கிறதோ, அதே விதமான அணுக்களால்தான் தூரத்து நட்சத்திரங்களும் ஆக்கப்பட்டிருக்கிறது என்று கண்டறிந்ததே – ரிச்சர்டு ஃபெமென்

கற்றலின் நோக்கங்கள்:

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- கோள்களின் இயக்கத்திற்கான கெப்ளரின் விதிகள்
- நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதி
- கெப்ளர் விதிகளுக்கும், ஈர்ப்பியல் விதிக்கும் இடையே உள்ள தொடர்பு
- ஈர்ப்புபுலம் மற்றும் ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல்
- ஈர்ப்பின் முடுக்கம் மாறுபடுதல்
- விடுபடு வேகம் மற்றும் துணைக் கோளின் ஆற்றல்
- எடையின்மை பற்றிய கருத்து
- புவிமையக் கொள்கையை விட சூரிய மையக்கொள்கையயின் சிறப்பு
- எரடோஸ்தனிஸ் (Eratosthenes) முறையில் புவியின் ஆரத்தை கணக்கிடுதல்
- அண்மைக் காலத்தில் ஈர்ப்பியல் மற்றும் விண்வெளி இயற்பியலில் ஏற்பட்டுளள வளர்ச்சி

K75KQ2

6.1 அறிமுகம்

ஒளிரும் வானத்தைப் பார்த்து நாம் எப்பொழுதும் வியக்கின்றோம். கிழக்கே சூரியன் உதிப்பது ஏன்? மேற்கே மறைவது ஏன்? வால்மீன் விண்ணில் விரைந்து செல்வது எப்படி? விண்மீன்கள் இரவில் கண்சிமிட்டுவது ஏன்? இது போன்ற கேள்விகள் பல நமக்குள் எழுந்து கொண்டே இருக்கின்றன. பண்டைய காலந்தொட்டே விண்வெளியானது நம் ஆர்வத்தை தூண்டும் களமாகவே இருந்து வருகிறது. நிலவு, கோள்கள் மற்றும் விண்மீன்கள் விண்ணில் எவ்வாறு இயங்கி வருகின்றன? அவை இயங்குவதற்கான காரணம் யாது? என வியப்படைகிறோம். விண்ணில் வான்பொருள்களின் இயக்கத்தையும் அதன் காரணத்தையும் புரிந்து கொள்ள மிகச் சிறந்த சிந்தனையாளர்களான அரிஸ்டாட்டில் முதல் ஸ்டீபன் ஹாகிங் வரை முயன்றனர்.

17 ஆம் நூற்றாண்டின் இறுதியில் நியூட்டன் உருவாக்கிய ஈர்ப்பியல் கொள்கையானது, வான் மற்றும் புவியிலுள்ள பொருள்களின் இயக்கம் பற்றியும் அதுகுறித்து எழுந்த பல கேள்விகளுக்கும் விடைகளைத் தந்தது. கடந்த மூன்று நூற்றாண்டுகளாகத் தொடர்ந்து வானியல் ஆய்வுகள் பல நடைபெற்றுள்ள போதும், இன்றளவும் ஈர்ப்பியல் துறையானது இயற்பியலில் ஆய்வுகள் மிக அதிகமாக நிகழும் களமாகவே உள்ளது. 2017 ஆம் ஆண்டில் இயற்பியலுக்கான நோபல் பரிசு, "ஈர்ப்பியல் அலைகள்" (gravitational Waves) கண்டுபிடிப்புக்கு வழங்கப்பட்டது. இந்த ஈர்ப்பியல் அலைகள் குறித்து கருத்தளவில் 1915 ஆம் ஆண்டிலேயே ஐன்ஸ்டீன் முன்னறிவிப்பு செய்திருந்தார். கோள்களின் இயக்கம் குறித்த புரிதல், விண்மீன்கள் மற்றும் விண்மீன் கூட்டங்கள் உருவாகும் விதம், கருந்துளைகள் மற்றும் அவற்றின் வாழ்க்கைச் சுழற்சி ஆகியவை தொடர்பான பல ஆய்வுகள் கடந்த சில நூற்றாண்டுகளாக மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகின்றன.

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 1 25-08-2020 11:35:24

புவிமையக் கொள்கை–தாலமி

இரண்டாம் நூற்றாண்டைச் சேர்ந்த கிரேக்க ரோமானிய வானியல் அறிஞர் கிளாடியஸ் தாலமி (Claudius Ptolemy) வான் பொருள்களான சூரியன், நிலா , செவ்வாய், வியாழன் போன்றவற்றின் இயக்கத்தை விளக்குவதற்காக ஒரு கொள்கையை உருவாக்கினார். இம்மாதிரியே புவிமையக் கொள்கை என அழைக்கப்பட்டது.

தாலமியின் புவிமையக் கொள்கைப்படி புவியே பிரபஞ்சத்தின் மையம். சூரியன், நிலா உட்பட பிரபஞ்சத்தில் உள்ள அனைத்து வான் பொருள்களும் புவியை மையமாகக் கொண்டு சுற்றி வருகின்றன

புவிமையக் கொள்கையானது வெறும் கண்களால் வானை உற்று நோக்கிடும்போது நாம் உணரும் பல நிகழ்வுகளுடன் நன்கு பொருந்துகின்றது. சூரியன் மற்றும் நிலாவின் இயக்கத்தை ஓரளவு சரியாக தாலமியின் கொள்கை விளக்கிய போதும், செவ்வாய், வியாழன் போன்ற கோள்களின் பின்னோக்கு இயக்கத்தை (Retrograde motion) விளக்க இயலவில்லை.

சூரியமையக் கொள்கை – நிக்கோலாஸ் கோப்பர்னிக்கஸ்

15–ம் நூற்றாண்டில் போலந்து நாட்டு வானியல் அறிஞர் நிக்கோலஸ் கோப்பர்னிக்கஸ் (1473–1543) சூரிய மையக் கொள்கையினை (Heliocentre model) முன் மொழிந்தார். இக்கொள்கைப்படி சூரிய குடும்பத்தின் மையமாக சூரியன் உள்ளது. சூரியனை மையமாகக் கொண்டு புவி உட்பட அனைத்து கோள்களும் வட்டப்பாதையில் சுற்றி வருகின்றன. அனைத்து வானியல் பொருள்களின் இயக்கங்களையும் இக்கொள்கை வெற்றிகரமாக விளக்கியது.

அதே காலகட்டத்தில் புகழ் பெற்ற இத்தாலிய இயற்பியல் அறிஞர் கலிலியோ (Galileo) புவிக்கு அருகில் மேலிருந்து கீழ் விழும் பொருள்கள் அனைத்தும் புவியினை நோக்கி சம வீதத்தில் முடுக்கமடைகின்றன என கண்டறிந்தார்.

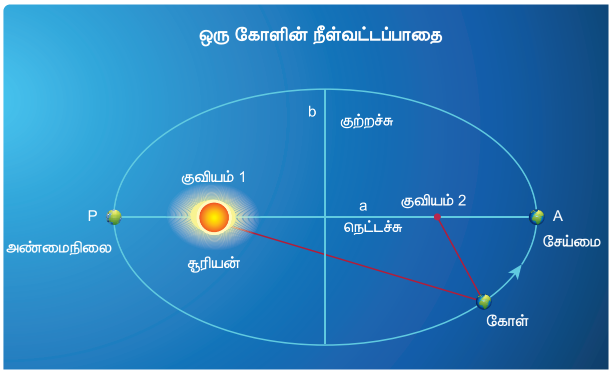
இதற்கிடையில் டைகோ பிராஹே (1546 –1601) தன் வாழ்நாள் முழுவதையும் விண்மீன்கள் மற்றும் கோள்கள் ஆகியவற்றின் நிலை மற்றும் இயக்கம் குறித்து வெறும் கண்களால் கண்டறிந்து பதிவுகள் செய்வதில் செலவழித்தார். பிராஹே சேகரித்த வானியல் தரவுகளை அவரது உதவியாளர் ஜோகன் கெப்ளர் (1571–1630) பகுத்தாய்வு செய்து கோள்களின் இயக்கம் பற்றிய விதிகளை கண்டறிந்தார். இவ்விதிகள் கோள்களின் இயக்கத்திற்கான கெப்ளர் விதிகள் என அழைக்கப்பட்டன.

6.1.1 கோள்களின் இயக்கத்திற்கான கெப்ளர் விதிகள்

கெப்ளரின் விதிகளை கீழ்க்கண்டவாறு கூறலாம்

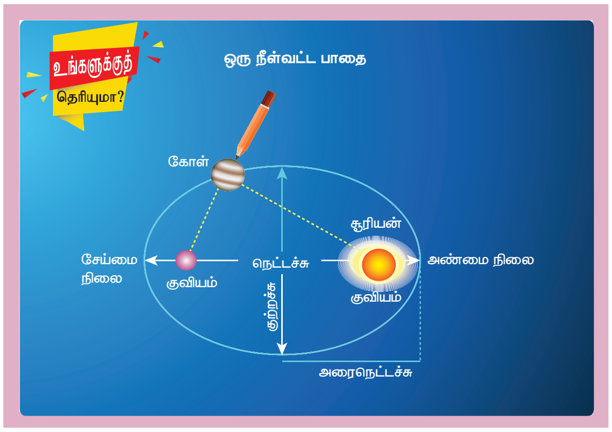
1. **சுற்றுப் பாதைகளுக்கான விதி**

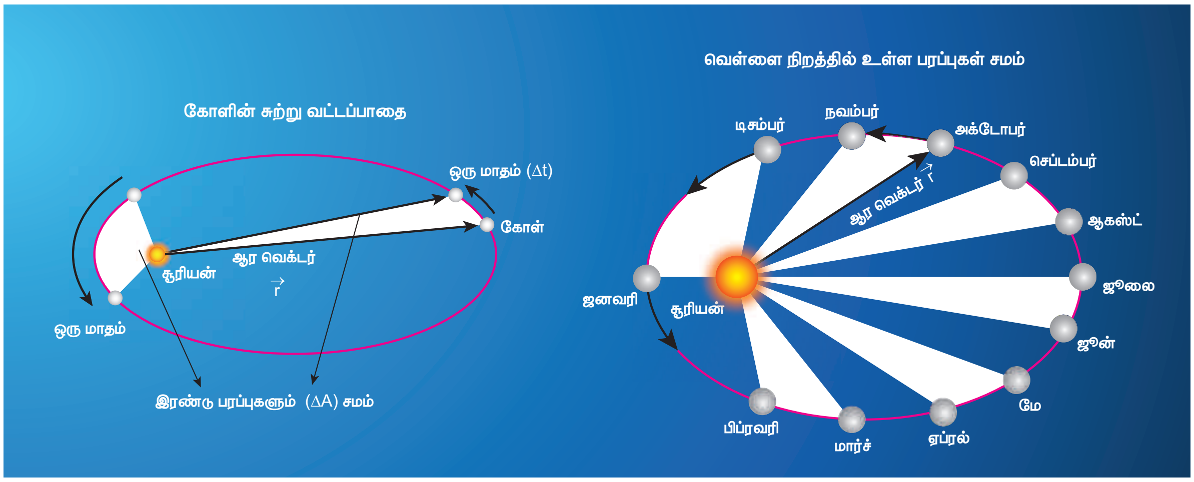
   சூரியனை ஒரு குவியப் புள்ளியில் கொண்டு ஒவ்வொரு கோளும் சூரியனை நீள்வட்டப்பாதையில் சுற்றி வருகிறது.



படம் 6.1 கோள் நீள்வட்டப்பாதையில் சூரியனை சுற்றி வருதல்

சூரியனுக்கு மிக அருகில் கோள் உள்ள நிலை (P) அண்மைநிலை (Perihelion) எனப்படும். சூரியனுக்கு பெருமத் தொலைவில் கோள் உள்ள நிலை (A) சேய்மை நிலை (aphelion) என்க. நீள்வட்டத்தின் அரை நெட்டச்சு "a" மற்றும் அரை குற்றச்சு "b" எனப்படுகின்றன. கோபர்னிக்கசும் தாலமியும் கோள்கள் வட்டப்பாதையில் இயங்குகின்றன எனக் கருதினர். ஆனால் கோள்கள் நீள்வட்டப்பாதையில் இயங்குகின்றன என்பதை கெப்ளர் கண்டறிந்தார்.





படம் 6.2 சூரியனைச் சுற்றி வரும் கோள் – பரப்பு விதி

2. பரப்பு விதி (Law of area)

சூரியனையும் ஒரு கோளையும் இணைக்கும் ஆர வெக்டரானது சமகால இடைவெளியில் சம பரப்புக்களை ஏற்படுத்தும்.

கோள் ஒன்று சூரியனை சுற்றிவரும்போது Δt என்ற சிறிய நேர அளவில் ஆரவெக்டர் ஏற்படுத்திய பரப்பு ΔA, படம் 6.2 இல் வெண்ணிறமாக காட்டப்பட்டுள்ளது. நீள்வட்டத்தின் மையத்தில் சூரியன் இல்லை. எனவே கோள் சூரியனுக்கு அருகே செல்லும்போது மிக அதிக வேகத்திலும், சூரியனிடமிருந்து நீண்ட தொலைவில் செல்லும் போது குறைந்த திசைவேகத்திலும் செல்லும். இதன் மூலம் சமகால அளவில் சமஅளவு பரப்புகளை கடந்து செல்கிறது. கோள்களின் வேகம் மாறுபடுவதை தரவுகள் மூலம் அறிந்த கெப்ளர் அதன் அடிப்படையில் பரப்பு விதியை கண்டறிந்தார்.

3. சுற்றுகாலங்களின் விதி

நீள்வட்ட பாதையில் சூரியனை சுற்றும் கோளின் சுற்றுக்காலத்தின் இருமடி, அந்த நீள்வட்டத்தின் அரைநெட்டச்சின் மும்மடிக்கு நேர்தகவில் இருக்கும். அதனை கீழ்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$T^2 \propto a^3 \quad (6.1)$$

$$\frac{T^2}{a^3} = \text{மாறிலி} \quad (6.2)$$

இங்கு T என்பது சுற்றுக்காலம், a என்பது அரை நெட்டச்சின் நீளம் ஆகும். இச்சமன்பாட்டிலிருந்து, நாம் அறிந்து கொள்வது சூரியனிலிருந்து உள்ள தொலைவு அதிகரிக்கும்போது, சுற்றுகாலமும் அதிகரிக்கும்; ஆனால் அதிகரிப்பு வீதம் மாறுபடும் என அறியலாம்.

அட்டவணை 6.1 ல் சூரியனைச் சுற்றி வரும் கோள்களின் சுற்றுகாலங்களும், அவை சுற்றும் நீள்வட்டப்பாதையின் அரைநெட்டச்சு மதிப்புகளும் தரப்பட்டுள்ளன. அட்டவணையிலிருந்து $\frac{T^2}{a^3}$ ஏறத்தாழ மாறிலியாக இருப்பதை காணலாம். இது கெப்ளர் மூன்றாம் விதியை உறுதிபடுத்துகிறது.

அட்டவணை 6.1 சூரியனைச் சுற்றும் கோள்களின் சுற்று காலங்களும் (T) அவற்றின் அரைநெட்டச்சு (a) அளவுகளும்.

கோள்	a $(10^{10} m)$	T (ஆண்டுகள்)	$\frac{T^2}{a^3}$
புதன்	5.79	0.24	2.95
வெள்ளி	10.8	0.615	3.00
புவி	15.0	1	2.96
செவ்வாய்	22.8	1.88	2.98
வியாழன்	77.8	11.9	3.01
சனி	143	29.5	2.98
யுரேனேஸ்	287	84	2.98
நெப்டியூன்	450	165	2.99

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 3 25-08-2020 11:35:26

உங்கள் சிந்தனைக்கு

	தரவு	
கோள்கள்	a	T
A	1	3
B	2	6
C	4	18

இங்கு a – அரைநெட்டச்சு, T – சுற்றுக்காலம்

மேற்கண்ட கோள்களில் a மற்றும் T ஆகியவற்றிக்கான கணிதத் தொடர்பினை சிந்திக்க.

6.1.2 பொது ஈர்ப்பியல் விதி

கோள்களின் இயக்கம் பற்றி கெப்ளர் விதிகள் விளக்கி கூறியபோதும், அக்கோள்களின் இயக்கத்திற்கு காரணமான விசைகளை பற்றி விளக்க முடியவில்லை. கெப்ளர் விதிகளையும் கலிலியோவின் ஆய்வுகளை பகுப்பாய்வு செய்த நியூட்டன் அவற்றின் அடிப்படையில் ஈர்ப்பியல் விதியை தருவித்தார்.

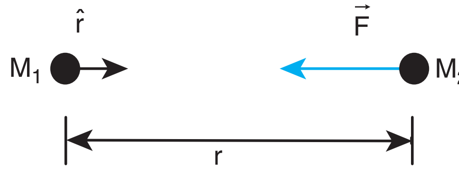
M நிறை உடைய துகள், அண்டத்தில் உள்ள அனைத்து துகள்களையும் குறிப்பிட்ட விசையுடன் ஈர்க்கிறது. அந்த ஈர்ப்பு விசையின் வலிமையானது, அவற்றின் நிறைகளின் பெருக்கற்பலனுக்கு நேர்த்தகவிலும், அவற்றுக்கு இடையேயான தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும் என்பதே நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதியாகும்.

கணிதவியல் வடிவில் ஈர்ப்பியல் விசையினை கீழ்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$\vec{F} = -\frac{GM_1M_2}{r^2}\hat{r} \qquad (6.3)$$

இங்கு M_1 லிருந்து M_2 நோக்கி செல்லும் அலகு வெக்டர் $\hat{r}$ ஆகும். (படம் 6.3 பார்க்க)

G ஈர்ப்பியல் மாறிலி; G ன் மதிப்பு $6.67\times10^{-11}Nm^2kg^{-2}$. r-என்பது நிறைகள் M_1 மற்றும் M_2 இடையே உள்ள தொலைவு. நிறை M_1 ஆனது நிறை M_2 ஆல் உணரும் ஈர்ப்பியல் விசையை படம் 6.3 ல் $\vec{F}$ வெக்டர் குறிக்கிறது. எதிர்க்குறியானது ஈர்ப்பியல் விசை எப்பொழுதும் ஈர்க்கும் தன்மை உடையது என்பதை குறிக்கிறது. ஈர்ப்பியல் விசையானது எப்போதும் இரு நிறைகளையும் இணைக்கும் நேர்க்கோட்டின் வழியே செயல்படும்.

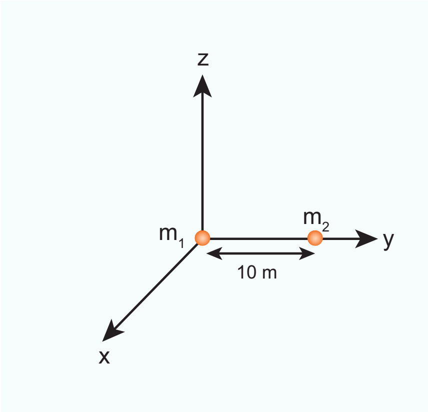


படம் 6.3 இருநிறைகள் ஒன்றை ஒன்று ஈர்த்தல்

கார்டீசியன் ஆய அச்சுகளில் 'r' என்ற தொலைவின் இருமடி $r^2 = \left(x^2+y^2+z^2\right)$ என குறிக்கப்படும் (பார்க்க : அலகு 2)

எடுத்துக்காட்டு 6.1

படத்தில் காட்டியுள்ளபடி, 10 மீ தொலைவில் நிறைகள் m_1 மற்றும் m_2 அமைந்துள்ளன. இரு நிறைகளுக்கும் இடையேயான ஈர்ப்பியல் விசையை கணக்கிடுக. ஒவ்வொரு நிறையின் மீது செயல்படும் விசையின் திசையினை வரைக. (m_1= 1kg ; m_2 = 2kg)



படத்திலிருந்து r= 10 m

ஈர்ப்பு விசை $\vec{F} = -\frac{Gm_1m_2}{r^2}\hat{r}$

∴ விசையின் எண் மதிப்பு

$$F=\frac{Gm_1m_2}{r^2}=\frac{6.67\times10^{-11}\times1\times2}{100}$$
$$=13.34\times10^{-13}N.$$

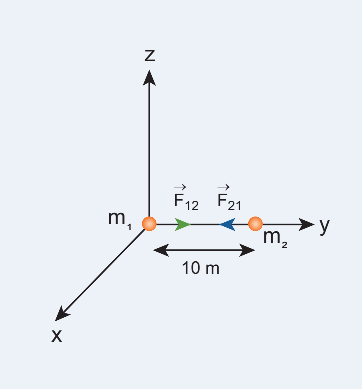
இவ்விசையின் எண் மதிப்பு மிகக்குறைவாக உள்ளது என்பது கவனிக்கத்தக்கது. இதனால் தான் இரு மனிதர்களுக்கிடையேயான ஈர்ப்பியல் விசையை நாம் உணர முடிவது இல்லை. ஈர்ப்பியல் விசையின் வலிமையை நிர்ணயம் செய்வதில் G–ன் மிகக்குறைந்த மதிப்பு முக்கியப் பங்காற்றுகிறது.

நிறை m_1 ஆல் நிறை m_2 உணரும் ஈர்ப்பியல் விசை $(\vec{F}_{21})$ y அச்சு எதிர்த்திசையில் செயல்படுகிறது. அதாவது $\hat{r}=-\hat{j}$

நியூட்டனின் மூன்றாம் விதிப்படி, நிறை m_1 ஆனது நிறை m_2 மீது நிறை சமமான எதிர்த்திசையில் செயல்படும் விசையை ஏற்படுத்துகிறது. எனவே நிறை m_2 ஆல் m_1 உணரும் ஈர்ப்பியல் விசை $\vec{F}_{12}$, ஆனது y அச்சின் நேர்திசையில் செயல்படுகிறது. ie., $\hat{r}=+\hat{j}$

$$\vec{F}_{21}=-13.34\times10^{-13}\,N\hat{j}$$

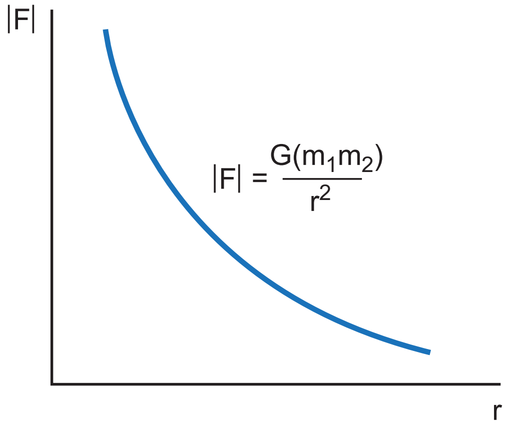
$$\vec{F}_{12}=13.34\times10^{-13}\,N\hat{j}$$



படத்தில் விசைகள் செயல்படும் திசை குறிக்கப்பட்டுள்ளன. மேலும் $\vec{F}_{12}=-\vec{F}_{21}$ என்பது, நியூட்டனின் மூன்றாம் விதியை உறுதிப்படுத்துகிறது.

ஈர்ப்பியல் விசையின் முக்கிய பண்புகள்

- ஈர்ப்பியல் விசையானது r^2 க்கு எதிர்த் தகவில் உள்ளதால் இரு நிறைகளுக்கு இடையேயான தொலைவு அதிகரிக்கும் போது, ஈர்ப்பியல் விசையின் வலிமை குறைகிறது. ஆகவேதான் சூரியனிடமிருந்து புவியை விட அதிக தொலைவில் உள்ள யுரேனஸ் புவியினை விட குறைந்த அளவு ஈர்ப்பியல் விசையினை உணர்கிறது.



படம் 6.4 தொலைவைப் பொருத்து ஈர்ப்பியல் விசை மாறுபடுதல்

- இரு துகள்களுக்கு இடையே செயல்படும் ஈர்ப்பியல் விசை எப்பொழுதும் செயல் எதிர்ச்செயல் (action – reaction) இணையாகவே அமையும். புவி மீது சூரியன் ஏற்படுத்தும் ஈர்ப்பியல் விசை சூரியனை நோக்கி செயல்படும். அதேபோல் சூரியன் மீது புவி ஏற்படுத்தும் ஈர்ப்பியல் விசை புவியை நோக்கி செயல்படும். இது எதிர்ச்செயல் விசை (reaction force) ஆகும். இரு விசைகளும் வெவ்வேறு பொருள்களின் மீது செயல்படுகின்றன.
- சூரியனின் ஈர்ப்பு விசையினால் பூமியின் மீது ஏற்படும் திருப்பு விசையானது கீழே தரப்பட்டுள்ளது

$$\vec{\tau}=\vec{r}\times\vec{F}=\vec{r}\times\left(-\frac{GM_SM_E}{r^2}\hat{r}\right)=0$$

ஏனென்றால் $\vec{r}=r\,\hat{r}$, $(\hat{r}\times\hat{r})=0$

எனவே $\vec{\tau}=\frac{d\vec{L}}{dt}=0$. இதிலிருந்து அறிவது என்னவென்றால் பூமியின் கோண உந்தம் $\vec{L}$ சூரியனைப் பொறுத்து ஒரு மாறா வெக்டராகும் இது அனைத்துக் கோள்களுக்கும் பொருந்தும்.

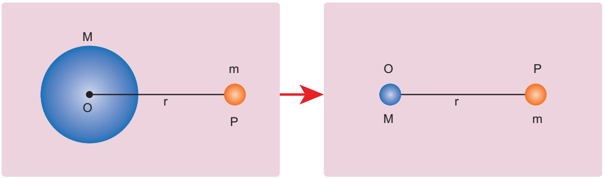
UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 5 25-08-2020 11:35:30

இன்னும் சொல்வதென்றால் இந்த கோண உந்த மாறாத் தன்மைதான் கெப்ளரின் இரண்டாம் விதியை ஏற்படுத்துகிறது.

- m_1 மற்றும் m_2 நிறைகள் புள்ளி நிறைகள் என்ற அனுமானத்தின் அடிப்படையிலேயே $\vec{F} = -\frac{Gm_1m_2}{r^2}\hat{r}$ சமன்பாடு பயன்படுத்தப்படுகிறது. சூரியனின் ஈர்ப்பு விசையின் காரணமாக புவியானது சூரியனைச் சுற்றி வருகிறது எனும்போது நாம் சூரியனையும் புவியையும் புள்ளி நிறைகளாக கருதுகிறோம். சூரியனுக்கும் புவிக்கும் இடையே உள்ள தொலைவினை அவற்றின் விட்டத்துடன் ஒப்பிடும் போது அவற்றை புள்ளி நிறைகளாக கருதுவதில் தவறில்லை. சமன்பாடு (6.3) ஐ ஒழுங்கற்ற மற்றும் நீட்டிக்கப்பட்டுள்ள பரப்புடைய (irregular and extended) பொருள்களுக்கு பயன்படுத்த இயலாது. அப்படிப்பட்ட பொருள்களுக்கு இடையே உள்ள ஈர்ப்பு விசையின் கணக்கீட்டு முறைகளை உயர் வகுப்புகளில் கற்போம்.
- ஒரே ஒரு சிறப்பு நேர்வில் மட்டும் இரு பொருள்கள் மிக அருகில் இருந்தாலும், புள்ளிநிறை என்ற அனுமானத்தை பயன்படுத்தலாம்.

சீரான அடர்த்தியும் நிறை M மும் உடைய உள்ளீடற்ற கோளத்திற்கும், அக்கோளத்திற்கு வெளியே உள்ள புள்ளிநிறை m க்கும் இடையே உள்ள ஈர்ப்பியல் விசையை கணக்கிடும் போது, இவை இரண்டும் குறைந்த தொலைவில் உள்ளபோதும் கோளத்தை புள்ளி நிறை என கருதி ஈர்ப்பியல் விசை சமன்பாட்டை பயன்படுத்தலாம். உள்ளீடற்ற கோளத்திற்கு பதிலாக நிறை M உடைய புள்ளி நிறையானது அக்கோளத்தின் மையப்புள்ளியில் உள்ளதாகக் கருதுவோம். பின்பு இவ்விரு புள்ளி நிறைகளுக்கும் இடையே உள்ள ஈர்ப்பியல் விசையை கணக்கிடலாம். இந்த மதிப்பு உள்ளீடற்ற கோளத்திற்கும் புள்ளி நிறைக்கும் இடையேயான ஈர்ப்பியல் விசைக்கு சமம் ஆகும். உள்ளீடற்ற கோளத்தின் மொத்த நிறையும் அதன் மையப்புள்ளியில் இருப்பது போல தோன்றும். இது படம் 6.5 (a) ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

- நம்மை கவரக்கூடிய மற்றொரு முடிவும் உள்ளது. நிறை M உடைய உள்ளீடற்ற கோளம் ஒன்றை கருதுவோம். உள்ளீடற்ற கோளத்தின் உட்புறம் நிறை m ஐ வைப்போம். (படம் 6.5 (b)) நிறை m உணரும் ஈர்ப்பியல் விசை சுழி ஆகும். இதற்கான விளக்கத்தை உயர் வகுப்புகளில் கற்போம்.



(a)

(b)

படம் 6.5 உள்ளீடற்ற கோளகத்தினுள் உள்ள நிறை

- நன்கு பழுத்த மாங்கனி, மரத்திலிருந்து கீழே விழுவதற்கும், நிலா புவியை சுற்றுவதற்கும் காரணம் ஒரே ஈர்ப்பியில் விசைதான் என்று விளக்கியதே ஈர்ப்பியல் விதியின் வெற்றியாகும்.

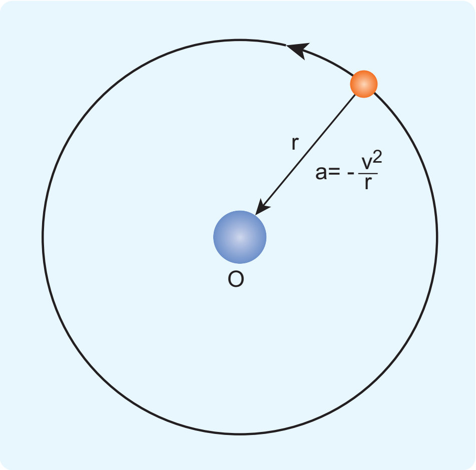
நியூட்டனின் எதிர்த்தகவு இருமடி விதி

நியூட்டன் ஒரு எளிமையான கணக்கீட்டுக்காக கோள்கள் வட்டப்பாதையில் இயங்குவதாக கருதினார். r ஆரமுடைய வட்டப்பாதையில் இயங்கினால் மையப்புள்ளியை நோக்கி செயல்படும் மையநோக்கு முடுக்கம்

$$a = -\frac{v^2}{r} \qquad (6.4)$$

இங்கு v –திசைவேகம் மற்றும் r – வட்டப்பாதையின் மையப்புள்ளியிலிருந்து கோளின் தூரம் ஆகும். (படம் 6.6)

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 6 25-08-2020 11:35:30



படம் 6.6 புள்ளி நிறை வட்டபாதையில் சுற்றி வருதல்

தெரிந்த அளவுகள் r மற்றும் T ஆகியவற்றின் அடிப்படையில் திசைவேகம்

$$v = \frac{2\pi r}{T} \qquad (6.5)$$

இங்கு T என்பது கோளின் சுற்றுக்காலம் ஆகும். v ன் மதிப்பை சமன்பாடு 6.4 இல் பிரதியிட

$$a = -\frac{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r} = -\frac{4\pi^2 r}{T^2} \qquad (6.6)$$

இந்த a – ன் மதிப்பை நியூட்டன் இரண்டாம் விதி $F = ma$ சமன்பாட்டில் பிரதியிட

$$F = -\frac{4\pi^2 mr}{T^2} \qquad (6.7)$$

இங்கு m என்பது கோளின் நிறை ஆகும்.

கெப்ளர் மூன்றாம் விதிப்படி

$$\frac{r^3}{T^2} = k(\text{மாறிலி}) \qquad (6.8)$$

$$\frac{r}{T^2} = \frac{k}{r^2} \qquad (6.9)$$

சமன்பாடு 6.9 ஐ விசைக்கான சமன்பாடு (6.7) ல் பிரதியிட நமக்கு ஈர்ப்பியல் விதிக்கான சமன்பாடு கிட்டும்

$$F = -\frac{4\pi^2 mk}{r^2} \qquad (6.10)$$

இவ்விசையானது கவர்ச்சி விசை என்பதையும் விசையானது மையத்தை நோக்கி செயல்படும் என்பதையும் எதிர்க்குறி உணர்த்துகிறது. சமன்பாடு (6.10) ல் கோளின் நிறை m ஆனது வெளிப்படையாக வந்துள்ளது. ஆனால் நியூட்டன் தனது மூன்றாம் விதிப்படி புவியானது சூரியனால் ஈர்க்கப்படுகிறது எனில் சூரியனும் புவியால் ஈர்க்கப்பட்ட வேண்டும் என உறுதியாக நம்பினார். எனவே 6.10 சமன்பாட்டில் சூரியனின் நிறை M மும் வெளிப்படையாக இடம்பெற வேண்டும் என நியூட்டன் கருதினார். ஆகவே தன் உள்உணர்வின்படி $4\pi^2 k$ க்கு பதிலாக GM என சமன்பாட்டில் பிரதியிட்டார். அதன்மூலம் ஈர்ப்பியல் விதி சமன்பாடு

$$F = -\frac{GMm}{r^2}$$

எனப் பெறப்பட்டது.

ஈர்ப்பியல் விசையானது கவர்ச்சி என்பதை எதிர்க்குறி மீண்டும் நமக்கு உணர்த்துகின்றது. மேற்கூறிய விவாதத்தில், கோள் வட்டப்பாதையில் இயங்குகிறது என நாம் எடுத்து கொண்டோம். ஆனால் கோள்கள் சூரியனை நீள்வட்டப்பாதையில் சுற்றி வருகின்றன என்பதே உண்மையாகும். ஆயினும் கோள்களின் பாதையானது, வட்டப்பாதையிலிருந்து சிறிதளவே மாறுபட்டு உள்ளன. மேலும் பெரும்பாலான கோள்களின் பாதை கிட்டத்தட்ட வட்டமாகவே உள்ளது என்பதால் மேற்கண்ட கருதுகோள் சரியே.

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 7 25-08-2020 11:35:33

உங்கள் சிந்தனைக்கு

" $\frac{r^3}{T^2}$ = மாறிலி" பதிலாக "r^3T^2 = மாறிலி" என கெப்ளரின் மூன்றாம் விதி அமைந்தால், பொது ஈர்ப்பியல் விதி எவ்வாறு அமையும்? இருமடி எதிர்த்தகவு விதியாகவே அமையுமா? இப்புதிய ஈர்ப்பியல் விதியின் அடிப்படையில் நெப்டியூன் உணரும் ஈர்ப்பியல் விசை, புவி உணரும் விசையை விட அதிகமாக இருக்குமா? அல்லது குறைவாக இருக்குமா?

எடுத்துக்காட்டு 6.2

நிலவும் ஆப்பிளும் ஒரே ஈர்ப்பியல் விசையாலேயே முடுக்கமடைகிறது. இவை இரண்டும் அடையும் முடுக்கங்களை ஒப்பிடுக.

புவியினால் ஆப்பிள் உணரும் ஈர்ப்பியல் விசை

$$F = -\frac{GM_EM_A}{R^2}$$

இங்கு M_A – ஆப்பிள் நிறை, M_E – புவியின் நிறை, R – புவியின் ஆரம் ஆகும்.

நியூட்டன் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்த

$$M_Aa_A = -\frac{GM_EM_A}{R^2}.$$

$$a_A = -\frac{GM_E}{R^2}$$

இங்கு 'a_A' ஆப்பிளின் முடுக்கம். இது 'g' க்கு சமம்

இதேபோல் புவியினால் நிலா உணரும் விசை

$$F = -\frac{GM_EM_m}{R_m^2}.$$

இங்கு R_m – புவிக்கும் நிலாவுக்கும் உள்ள தொலைவு, M_m – நிலாவின் நிறை

நிலா உணரும் முடுக்கம்

$$a_m = -\frac{GM_E}{R_m^2}.$$

ஆப்பிளின் முடுக்கத்திற்கும், நிலாவின் முடுக்கத்திற்கும் இடையே உள்ள தகவு

$$\frac{a_A}{a_m} = \frac{R_m^2}{R^2}.$$

நிலாவின் சுற்றுப்பாதையானது புவியின் ஆரத்தை போல 60 மடங்கு என ஹிப்பார்க்கஸ் (Hipparchus) முன்னரே கண்டறிந்துள்ளார்.

$$R_m = 60R.$$

$$a_A / a_m = \frac{(60R)^2}{R^2} = 3600.$$

இதன் மூலம் ஆப்பிளின் முடுக்கமானது, நிலாவின் முடுக்கத்தைப் போல 3600 மடங்கு பெரியது என அறிகின்றோம். தனது ஈர்ப்பியல் சமன்பாட்டின் மூலம் இதே முடிவை நியூட்டன் பெற்றார். ஆப்பிளின் முடுக்கம் 9.8 m s^{-2} என எளிதில் கண்டறியப்பட்டது. புவியினை சுற்றும் நிலாவின் சுழற்சிகாலம் 27.3 நாட்கள் என்பதை மைய நோக்கு முடுக்கச் சமன்பாட்டில் பயன்படுத்த, நமக்கு கிடைப்பது

$$\frac{a_A}{a_m} = \frac{9.8}{0.00272} = 3600$$

ஈர்ப்பியல் விதியின் மூலமாகவும் இதே மதிப்பினையே நியூட்டன் பெற்றார்.

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 8 25-08-2020 11:35:35

குறிப்பு புவிக்கும் நிலவுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு மற்றும் புவியின் ஆரம் ஆகியவற்றின் மதிப்புகளின் மூலம் மேற்கண்ட கணக்கீடு அமைந்துள்ளது.

2400 ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் கிரேக்க நூலகர் (எரட்டோஸ்தனீஸ்) (ERATOSTHENIS) புவியின் ஆரத்தை கணக்கிட்டார். அதேபோல கிரேக்க வானியல் அறிஞர் ஹிப்பார்க்கஸ் புவிக்கும் நிலவுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவைக் கண்டறிந்தார். சுவாரசியமான விஷயம் என்னவென்றால் இத்தொலைவுகளைக் கணக்கிட இவ்வானவியல் அறிஞர்கள் பயன்படுத்திய வடிவியல் மற்றும் முக்கோணவியல் இன்று நாம் உயர்நிலை பள்ளி வகுப்புகளிலேயே கற்கிறோம். வானியல் பகுதியில் இது பற்றிய விவபரங்கள் தரப்பட்டுள்ளன.

6.1.3 ஈர்ப்பியல் மாறிலி

ஈர்ப்பியல் மாறிலி "G" யின் மதிப்பு, ஈர்ப்பியல் விதியில் முக்கிய பங்காற்றுகிறது. சூரியனுக்கும் புவிக்கும் இடையே உள்ள ஈர்ப்பு விசை மிக அதிகமாக இருப்பதும், நிறை குறைவான மிகச்சிறிய பொருள்களுக்கு (எடுத்துக்காட்டாக இரு மனிதர்களுக்கிடையேயான) விசை புறக்கணிக்கத்தக்க அளவில் மிகக்குறைவாக இருப்பதன் காரணத்தை G ன் மதிப்பு விளக்குகிறது.

புவிபரப்பில் உள்ள நிறை m (படம் 6.7) உணரும் விசை

$$F = -\frac{GM_E m}{R_E^{\,2}} \qquad (6.11)$$

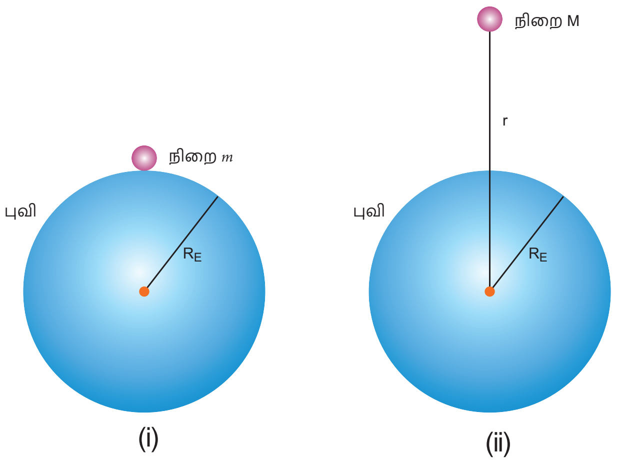
இங்கு M_E–புவியின் நிறை, m – பொருளின் நிறை, R_E– புவியின் ஆரம் ஆகும்.

நியூட்டன் இரண்டாம் விதிப்படி, $F = -mg$,

இதனை (6.11) னுடன் ஒப்பிட,

$$-mg = -\frac{GM_E m}{R_E^{\,2}}$$

$$g = \frac{GM_E}{R_E^{\,2}} \qquad (6.12)$$



படம் 6.7: (i) புவியின் பரப்பில்
(ii) புவிபரப்பிலிருந்து குறிப்பிட்ட உயரத்தில் நிறை உணரும் விசை

புவியின் மையத்திலிருந்து r தொலைவில் உள்ள நிறை M உணரும் விசை

$$F = -\frac{GM_E M}{r^2}$$

6.12 –ல் உள்ள GM_E யின் மதிப்பை மேலே உள்ள சமன்பாட்டில் பிரதியிட,

$$F = -gM\frac{R_E^{\,2}}{r^2} \qquad (6.13)$$

இதன் மூலம் நமக்குத் தெரிவது என்னவென்றால், g இன் மதிப்பு தெரிந்தாலே விசையை எளிதில் கணக்கிடலாம். இதற்கு 'G' இன் மதிப்பு தேவை இல்லை.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

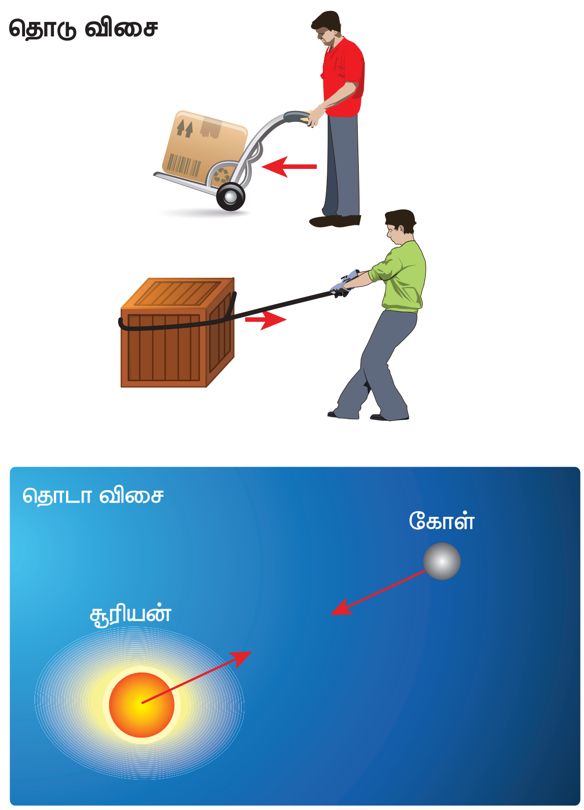
1798 ல் ஹென்றி காவண்டிஷ் முறுக்கு தராசு (torsion balance) கருவியின் மூலம் $G = 6.75 \times 10^{-11}\,N\,m^2 kg^{-2}$ எனக் கண்டறிந்தார். இன்று நவீன தொழில்நுட்பத்தின் மூலம் G இன் மதிப்பு மிகத் துல்லியமாக கண்டறியப்பட்டுள்ளது. தற்போது $G = 6.67259 \times 10^{-11}\,N\,m^2 kg^{-2}$ என்ற மதிப்பு ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது.

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 9 25-08-2020 11:35:37

6.2 ஈர்ப்பு புலமும், ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றலும்

6.2.1 ஈர்ப்புப்புலம்

அடிப்படையில் இரு பொருள்களுக்கு இடையான இடைவினையே (interaction) விசை ஆகும். (படம் 6.8) இந்த உறவின் தன்மையைப் பொறுத்து விசையானது (i) தொடுவிசை (ii) தொடா விசை என இருவகைப்படும் (படம் 6.8).



படம் 6.8 தொடுவிசை – தொடாவிசை விளக்கப்படம்

இரு பொருள்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் போது ஏற்படும் விசை தொடு விசை ஆகும். விசையை ஏற்படுத்தும் காரணியும் பொருளும் ஒன்றுக்கொன்று தொடுவதன் மூலம் ஏற்படும் தொடு விசையால் பொருளின் இயக்கமானது ஏற்படுகிறது.

சூரியனை புவி சுற்றி வருவதை கருதுவோம். சூரியனும் புவியும் ஒன்றை ஒன்று தொடவில்லை என்றாலும் அவை ஒன்றையொன்று இடைவினை புரிகின்றன. அதன் காரணமாக புவியானது சூரியனின் ஈர்ப்பு விசையை உணர்கிறது. இவ்வகை ஈர்ப்புவிசை ஒரு தொடா விசை ஆகும்.

புவியிலிருந்து மிக அதிகத் தொலைவில் சூரியன் உள்ளபோதும் இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று இடைவினை புரிகின்றன என்பது நமக்கு வியப்பாக தோன்றும். நம்மால் நேரடியாக பார்க்கவோ அல்லது உணரவோ முடிவதால் தள்ளுதல் இழுத்தல் போன்ற தொடு விசைகளின் வலிமையை நம்மால் கணக்கிட முடியும். ஆனால் வெவ்வேறு தொலைவுகளில் செயல்படும் தொடா விசையின் வலிமையை எவ்வாறு கணக்கிடுவது? தொடா விசையின் வலிமையை புரிந்து கொள்ளவும் மற்றும் கணக்கிடவும், ஈர்ப்புப் புலம் என்ற கருத்து அறிமுகப்படுத்தப்படுகிறது.

நிறை 'm_2' மீது நிறை 'm_1' ஏற்படுத்தும் ஈர்ப்பியல் விசை

$$\vec{F}_{21} = -\frac{Gm_1m_2}{r^2}\hat{r} \qquad (6.14)$$

இங்கு $\hat{r}$ என்பது நிறை m_1 மற்றும் m_2 வை இணைக்கும் கோடு வழியே செயல்படும் அலகு வெக்டர் ஆகும்.

நிறை m_1 லிருந்து r தொலைவில் உள்ள புள்ளியில் ஈர்ப்பு புலச்செறிவு ($\vec{E}_1$) என்பது "ஓரலகு நிறையினால் உணரப்படும் ஈர்ப்பு விசை" என வரையறுக்கப்படுகிறது. ஈர்ப்புபுலச்செறிவானது $\frac{\vec{F}_{21}}{m_2}$ என்ற விகிதத்தால் குறிக்கப்படுகிறது

இங்கு நிறை m_2 மீது செயல்படும் விசை $\vec{F}_{21}$ ஆகும்.

எனவே $\vec{E}_1 = \frac{\vec{F}_{21}}{m_2}$ வை 6.14 ல் பிரதியிட

$$\vec{E}_1 = -\frac{Gm_1}{r^2}\hat{r} \qquad (6.15)$$

ஈர்ப்புலச்செறிவு (இனிமேல் ஈர்ப்பு புலம் என்று அழைக்கப்படும்) ஒரு வெக்டர் ஆகும். வெக்டர் $\vec{E}_1$ இன் திசை நிறை m_1ஐ நோக்கி அமையும். மேலும் இது நிறை m_2 வைச் சார்ந்தது அல்ல.

பொதுவாக, நிறை M ஆல் r தொலைவில் ஏற்படும் ஈர்ப்புபுலம், பின்வருமாறு குறிக்கப்படுகிறது

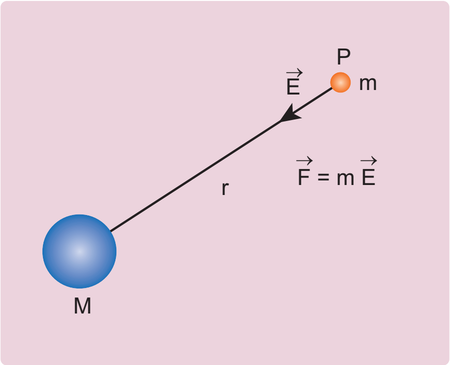
UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 10 25-08-2020 11:35:39

$$\vec{E} = -\frac{GM}{r^2}\hat{r} \quad (6.16)$$

ஈர்ப்பு புலம் செயல்படும் பகுதியில் உள்ள புள்ளி P யில் நிறை 'm' வைக்கப்படுகிறது. நிறை 'm' ஆனது ஈர்ப்பு புலம் $\vec{E}$ யை உணர்வதால் ஒரு ஈர்ப்பு விசை ஏற்படுகிறது. (படம் 6.9)

நிறை M ஆல் நிறை m உணரும் ஈர்ப்பு விசை பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது

$$\vec{F}_m = m\vec{E} \quad (6.17)$$



படம் 6.9 m நிறையுள்ள பொருளால் ஈர்ப்பு புலம் அளவிடப்படுதல்

இந்தச் சமன்பாட்டை நியூட்டனின் இரண்டாம் விதி சமன்பாட்டோடு ஒப்பிடும் போது, நமக்கு கிடைப்பது

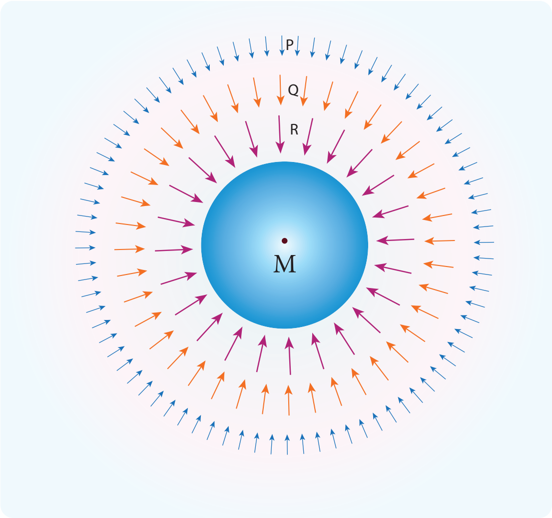
$$m\vec{a} = m\vec{E} \quad (6.18)$$

$$\vec{a} = \vec{E} \quad (6.19)$$

அதாவது ஒரு புள்ளியில் இருக்கும் ஈர்ப்பு புலமானது அப்புள்ளியில் உள்ள ஒரு துகள் உணரும் முடுக்கத்திற்கு சமம் ஆகும். ஆனால் எண்மதிப்பும் திசையும் ஒன்றாக அமைந்தாலும் $\vec{a}$ மற்றும் $\vec{E}$ ஆகிய இரண்டும் வெவ்வேறு இயற்பியல் அளவுகள் ஆகும். ஈர்ப்பு புலம் $\vec{E}$ என்பது மூல நிறையின் (source mass) காரணப் பண்பு. முடுக்கம் $\vec{a}$ என்பது ஈர்ப்பு புலம் $\vec{E}$ –ல் வைக்கப்பட்டுள்ள சோதனை நிறை உணரும் விளைவுப் பண்பாகும்.

ஒன்றையொன்று தொடாத இரு நிறைகளிடையே நடைபெறும் இடைவினையை "ஈர்ப்புப்புலம்" என்ற கருத்தில் மூலம் இப்போது நாம் விளக்க முடியும்.

i. படம் 6.10 ல் காட்டியுள்ளவாறு நிறை M னை விட்டு விலகிச் செல்ல ஈர்ப்புப்புலத்தின் வலிமை குறையும். தொலைவு r அதிகரிக்கும்போது $\vec{E}$ யின் எண்மதிப்பு குறையும்.



படம் 6.10 தூரம் அதிகரிக்கும்போது, ஈர்ப்புலத்தின் வலிமை குறைதல்

படம் 6.10 இல் புள்ளிகள் P, Q, மற்றும் R ல் ஈர்ப்பு புலமானது $|\vec{E}_P| < |\vec{E}_Q| < |\vec{E}_R|$ என எழுதலாம். புள்ளிகள் P, Q, மற்றும் R க்கான விசை வெக்டர்களின் நீளங்களை ஒப்பிடுவதன் மூலம் இதனை புரிந்து கொள்ளலாம்.

ii. ஈர்ப்பியல் விசையை கணக்கிடுவதற்காக "ஈர்ப்புப் புலம்" என்ற கருத்து அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது. பின்பு ஈர்ப்பு புலம் ஒரு இயற்பியல் அளவு என்றும் அது வெளியில் (space) ஆற்றலையும் உந்தத்தையும் பெற்றுள்ளது என்றும் கண்டறியப்பட்டது. இன்னும் சொல்லப்போனால் மின்னூட்டங்கள் இயங்குகின்ற முறையை புரிந்து கொள்ள புலக்கொள்கையானது தவிர்க்க முடியாத ஒன்றாக விளங்குகிறது.

iii. ஈர்ப்பு புலத்தின் அலகு நியூட்டன் / கிலோகிராம் (N/kg) அல்லது m s^{-2}.

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 11 25-08-2020 11:35:40

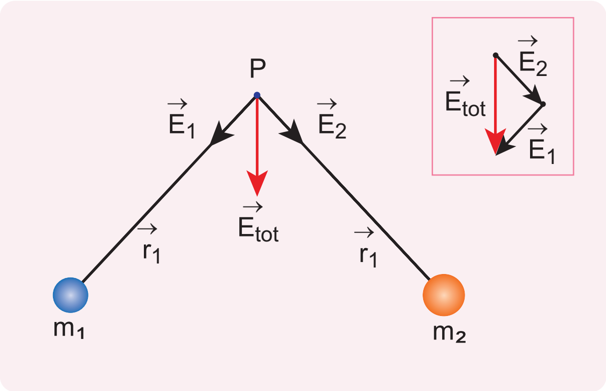
6.2.2 ஈர்ப்பு புலத்தின் மேற் பொருந்துதல் தத்துவம்

$m_1, m_2, \ldots m_n$ நிறையுடைய 'n' துகள்களின் நிலை வெக்டர்கள் முறையே $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3 \ldots$ என்க. புள்ளி P யில் தொகுபயன் ஈர்ப்புப்புலமானது தனித்தனி நிறைகளால் ஏற்படும் தனித்தனி ஈர்ப்புப் புலத்தின் வெக்டர் கூடுதலுக்கு சமம். (படம் 6.11) இத்தத்துவம் ஈர்ப்புபுலங்களின் மேற்பொருந்துதல் தத்துவம் எனப்படும்.

$$\vec{E}_{\text{மொத்தம்}} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \ldots \vec{E}_n$$

$$= -\frac{Gm_1}{r_1^2}\hat{r}_1 - \frac{Gm_2}{r_2^2}\hat{r}_2 - \ldots - \frac{Gm_n}{r_n^2}\hat{r}_n$$

$$= -\sum_{i=1}^{n} \frac{Gm_i}{r_i^2}\hat{r}_i \qquad (6.20)$$

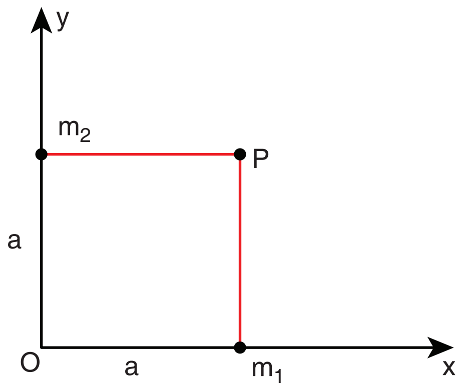


படம் 6.11 இரு ஈர்ப்பு புலங்கள் மேற்பொருந்துவதால் ஏற்படும் தொகுபயன் ஈர்ப்பு புலம்

தனித்தனி நிறைகளுக்கு பதிலாக தொடர்ச்சியாக பரவியுள்ள மொத்த நிறை M – ஐ கருதினால் புள்ளி P யில் ஈர்ப்பு புலத்தை தொகையீட்டு முறையில் (integration method) கணக்கிடலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 6.3

(a) நிறைகள் m_1 மற்றும் m_2 முறையே x மற்றும் y அச்சுகளில் ஆதியிலிருந்து 'a' தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள புள்ளி P யில் ஈர்ப்பு புலச்செறிவு காண்க.



தீர்வு:

நிறை m_1 ஆல் புள்ளி P யில் ஈர்ப்பு புலம்,

$$\vec{E}_1 = -\frac{Gm_1}{a^2}\hat{j}$$

நிறை m_2 ஆல் புள்ளி P யில் ஈர்ப்பு புலம்,

$$\vec{E}_2 = -\frac{Gm_2}{a^2}\hat{i}$$

$$\vec{E}_{\text{மொத்தம்}} = -\frac{Gm_1}{a^2}\hat{j} - \frac{Gm_2}{a^2}\hat{i}$$

$$= -\frac{G}{a^2}\left(m_1\hat{j} + m_2\hat{i}\right)$$

தொகுபயன் ஈர்ப்பு புலச்செறிவின் திசையானது m_1 மற்றும் m_2 ஒப்பீட்டு மதிப்பை பொறுத்து அமையும்.

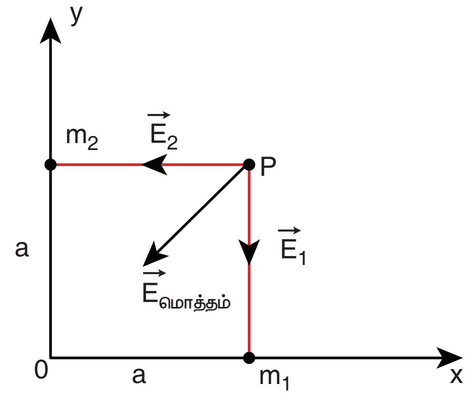
$m_1 = m_2 = m$ எனில்

$$\vec{E}_{\text{மொத்தம்}} = -\frac{Gm}{a^2}\left(\hat{i} + \hat{j}\right)$$

குறிப்பு: வெக்டர் கூட்டல் பரிமாற்று தன்மையுடையது

$\vec{E}_{\text{மொத்தம்}}$–இன் எண்மதிப்பு $\sqrt{2}\frac{Gm}{a^2}$ மேலும் $\vec{E}_{\text{மொத்தம்}}$–இன் திசை ஆதிப்புள்ளி 0 வை நோக்கி அமைந்துள்ளது. இது அடுத்து உள்ள படத்தில் காட்டப்படுகிறது.

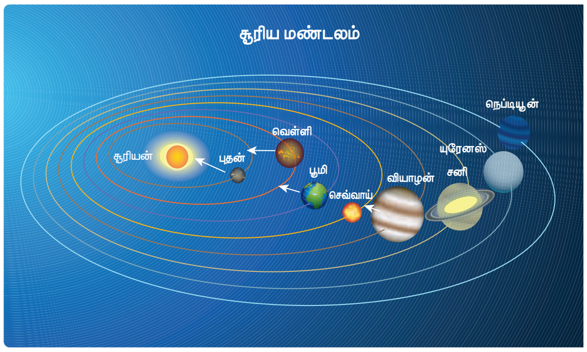
UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 12 25-08-2020 11:35:42



எடுத்துக்காட்டு 6.4

சூரிய குடும்பத்தின் படம் தரப்பட்டுள்ளது. இதிலிருந்து புதன், புவி மற்றும் வியாழன் கோள்கள் மீதான சூரியனின் ஈர்ப்பியல் புலங்களின் தன்மையினை குறிப்பிடுக.

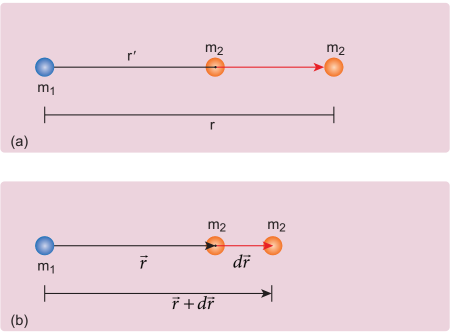
தொலைவு அதிகரித்தால் ஈர்ப்பு புலம் குறையும். எனவே சூரியன் வியாழன் மீது ஏற்படுத்தும் ஈர்ப்பு புலம் குறைவாக இருக்கும். சூரியனுக்கு மிக அருகே உள்ள புதனின் மீது செயல்படும் ஈர்ப்பு புலம் அதிகமாக இருக்கும்.



சூரிய குடும்பம்

6.2.3 ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் (Gravitational Potential Energy)

நிலை ஆற்றல் பற்றிய கருத்தும் இயற்பியல் சார்ந்த அதன் பொருள் பற்றியும் முன் பாடங்களில் கற்றுள்ளோம். ஈர்ப்பியல் விசை ஒரு ஆற்றல் மாற்றா விசையாகும். எனவே இந்த ஆற்றல் மாற்றா விசையின் புலத்துடன் தொடர்புடைய ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றலை நாம் பின் வருமாறு வரையறை செய்யலாம்.



படம் 6.12 இரு நிறைகளின் இடையே தொலைவு மாறுபடுதல்

m_1 மற்றும் m_2 என்ற இரு நிறைகள் ஆரம்பத்தில் r' தொலைவில் உள்ளன. m_1 நிறையானது நிலையாக உள்ளது என்க. நிறை m_2 ஐ r' நிலையில் இருந்து r நிலைக்கு 6.12 (a) இல் காட்டியுள்ளபடி நகர்த்த வேலை செய்ய வேண்டும்.

நிறை m_2 ஐ மிகச் சிறிய தொலைவு $d\vec{r}$ அதாவது $\vec{r}$ லிருந்து $\vec{r}+d\vec{r}$ க்கு (படம் 6.12 (b) இல் காட்டியுள்ளபடி) நகர்த்த வெளியிலிருந்து வேலை செய்யப்பட வேண்டும்.

இந்த மிகச்சிறிய வேலை பின் வருமாறு எழுதப்படுகிறது

$$dW = \vec{F}_{ext}.d\vec{r} \qquad (6.21)$$

இந்த வேலையானது ஈர்ப்பியல் விசைக்கு எதிராக செய்யப்பட்டுள்ளது. எனவே ஈர்ப்பியல் விசை

$$\left|\vec{F}_{ext}\right| = \left|\vec{F}_G\right| = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \qquad (6.22)$$

சமன்பாடு 6.22 ஐ 6.21 ல் பிரதியிட

$$dW = \frac{Gm_1m_2}{r^2}\hat{r}.d\vec{r} \qquad (6.23)$$

$$d\vec{r} = dr\,\hat{r} \qquad (6.24)$$

என்பதை நாம் அறிவோம்.

$$\Rightarrow dW = \frac{Gm_1m_2}{r^2}\hat{r}.\left(dr\,\hat{r}\right) \qquad (6.25)$$

(இங்கு $\hat{r}.\hat{r} = 1$. ஏனென்றால் $\hat{r}$ ஒரு அலகு வெக்டர்)

$$\therefore \quad dW = \frac{Gm_1m_2}{r^2}dr \qquad (6.26)$$

r' ல் இருந்து துகளை r க்கு இடம் பெயரச் செய்த மொத்த வேலை

$$W = \int_{r'}^{r} dW = \int_{r'}^{r} \frac{Gm_1m_2}{r^2}dr \qquad (6.27)$$

$$W = -\left(\frac{Gm_1m_2}{r}\right)_{r'}^{r}$$

$$W = -\frac{Gm_1m_2}{r} + \frac{Gm_1m_2}{r'} \qquad (6.28)$$

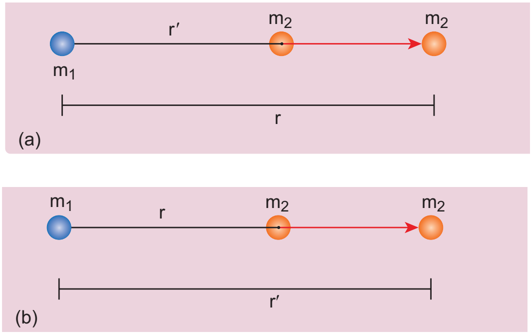
$$W = U(r) - U(r')$$

இங்கு $U(r) = \frac{-Gm_1m_2}{r}$

இந்த வேலை (W) யானது m_1 மற்றும் m_2 நிறைகள் முறையே r மற்றும் r' தொலைவில் உள்ளபோது அவ்வமைப்பின் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல்களின் வேறுபாட்டை தருகிறது.

நிலை 1: $r > r'$ எனில்

ஈர்ப்பியல் விசை ஒரு கவர்ச்சி விசை என்பதால் நிறை m_2 நிறை m_1 ஆல் கவரப்படுகிறது. எனவே நிறை m_2 ஐ, r லிருந்து r' க்கு நகர்த்த வெளிப்புறத்திலிருந்து வேலை செய்ய வேண்டிய தேவை இல்லை. இங்கு அமைப்பானது தனது ஆற்றலை செலவழித்து வேலை செய்கிறது. எனவே செய்யப்பட்ட வேலை எதிர்க்குறி பெறும். இது படம் 6.13 (a) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 6.13 வெவ்வேறு நிலைகளில் ஈர்ப்பியல் விசை செய்த வேலையை கணக்கிடல்

நிகழ்வு 2: $r < r'$ எனில்

r லிருந்து r' க்கு m_2 நிறையை நகர்த்த ஈர்ப்பு விசைக்கு எதிராக வேலை செய்ய வேண்டும். எனவே வெளிப்புறத்திலிருந்து வேலையானது செய்யப்பட வேண்டும். ஆகவே செய்யப்பட்ட வேலை நேர்க்குறி மதிப்பைப் பெறுகிறது.

"நிலை ஆற்றல் மாறுபாடு" என்பதே இயற்பியலில் முக்கியத்துவம் உடையது. தற்போது ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றலை நன்கு வரையறுக்க ஒரு ஆதாரப்புள்ளியை தேர்ந்தெடுப்போம்

அந்த ஆதாரப் புள்ளி $r' = \infty$ முடிவிலி என்க.

இதன் படி சமன்பாடு (6.28) உள்ள இரண்டாம் பகுதி சுழி ஆகும்.

எனவே

$$W = -\frac{Gm_1m_2}{r} + 0 \qquad (6.29)$$

r தொலைவில் அமைந்த நிறைகள் m_1 மற்றும் m_2 உடைய அமைப்பின் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றலானது, நிறை m_1 நிலையாக உள்ளபோது, நிறை m_2 வை r தொலைவிலிருந்து முடிவிலாத் தொலைவுக்கு கொண்டு செல்ல செய்த வேலைக்கு சமம் என நாம் வரையறுக்கலாம் ஆகவே ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல்

$U(r) = -\frac{Gm_1m_2}{r}$ என குறிக்கப்படுகிறது.

r தொலைவில் அமைந்த நிறைகள் m_1 மற்றும் m_2 உடைய அமைப்பின் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றலானது, முடிவிலாத் தொலைவு மற்றும் r தொலைவில் இந்த

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 14 25-08-2020 11:35:48

நிறைகளின் அமைப்பு உள்ளபோது பெற்றுள்ள ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல்களின் வேறுபாட்டிற்கு சமம் என்பதும் குறிப்பிடத்தக்கது.

அதாவது $U(r)=U(r)-U(\infty)$.

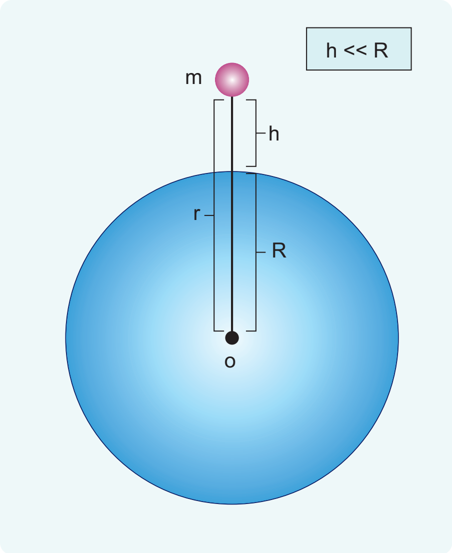
ஆனால் இங்கு $U(\infty)=0$ என ஆதாரப்புள்ளியை நாம் தேர்ந்தெடுத்து உள்ளோம்.

ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றலானது எப்பொழுதும் எதிர்க் குறி மதிப்பு பெறும். ஏனெனில் முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து நிறைகள் (அமைப்பு) ஒன்றையொன்று மெதுவாக நெருங்கி வரும்போது அமைப்பால் வேலை செய்யப்படுகிறது.

ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் $U(r)$ ன் அலகு ஜுல் (Joule). மேலும் இது ஸ்கேலார் அளவு ஆகும். ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றலானது நிறைகளையும் அவற்றுக்கு இடையேயான தொலைவினையும் சார்ந்தது.

6.2.4 புவியின் பரப்புக்கு அருகே ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல்

புவியிலிருந்து h உயரத்திற்கு கொண்டு செல்லப்பட்ட நிறை m இல் நிலை ஆற்றல் 'mgh' (படம் 6.14) சேமிக்கப்பட்டுள்ளது என்பதை அலகு 4 இல் ஏற்கனவே விவாதித்துள்ளோம்.



படம் 6.14 புவிமையத்திலிருந்து r தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள நிறை

இச்சமன்பாட்டை, ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் வழியேயும் தருவிக்கலாம்.

புவிமையத்திலிருந்து r தொலைவில் உள்ள நிறை m மற்றும் புவியையும் சேர்த்து ஒரு அமைப்பாகக் கருதுவோம்.

இந்த அமைப்பின் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல்

$$U=-\frac{GM_e m}{r} \qquad (6.30)$$

இங்கு $r=R_e+h$ மேலும் R_e புவியின் ஆரம் ஆகும்.

$$U=-G\frac{M_e m}{(R_e+h)} \qquad (6.31)$$

சமன்பாடு (6.31) ஐ நாம் கீழ்க்கண்டவாறு மாற்றி அமைக்கலாம்.

$$U=-G\frac{M_e m}{R_e(1+h/R_e)}$$

$$U=-G\frac{M_e m}{R_e}(1+h/R_e)^{-1} \qquad (6.32)$$

இங்கு $h << R_e$. எனவே

ஈருறுப்புத் தேற்றத்தை (Binomial theorem) பயன்படுத்தி விரிவுபடுத்தி பின்பு உயர் அடுக்கு உறுப்புகளை புறக்கணித்தால், நாம் பெறுவது

$$U=-G\frac{M_e m}{R_e}\left(1-\frac{h}{R_e}\right). \qquad (6.33)$$

புவியின் பரப்பில் நிறை m உள்ளபோது,

$$G\frac{M_e m}{R_e}=mgR_e \qquad (6.34)$$

என்பது நாம் அறிந்ததே.

சமன்பாடு 6.34 ஐ 6.33 இல் பிரதியிட

$$U=-mgR_e+mgh \qquad (6.35)$$

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 15 25-08-2020 11:35:50

மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் முதல்கோவை (first term) உயரம் h ஐ சார்ந்தது அல்ல. உதாரணமாக, h_1 உயரத்தில் இருந்து h_2 உயரத்திற்கு பொருள் எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது என்க.

h_1 உயரத்தில் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல்

$$U(h_1) = -mgR_e + mgh_1 \qquad (6.36)$$

h_2 உயரத்தில் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல்

$$U(h_2) = -mgR_e + mgh_2 \qquad (6.37)$$

h_1 மற்றும் h_2 இடையே ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் வேறுபாடு

$$U(h_2) - U(h_1) = mg(h_2 - h_1). \qquad (6.38)$$

சமன்பாடு 6.36 மற்றும் 6.37–ல் உள்ள mgR_e கோவை, ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் மாறுபாடு காண்பதில் எவ்வித மாற்றத்தையும் ஏற்படுத்தவில்லை. எனவே சமன்பாடு 6.35 ல் முதல் கோவையை புறக்கணிக்கலாம். அல்லது சுழி என எடுத்துக் கொள்ளலாம். ஆகவே புவி பரப்பிலிருந்து h உயரத்தில் உள்ள நிறை m இல் சேமிக்கப்பட்டுள்ள ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் $U = mgh$ என கூறலாம்.

புவிப்பரப்பில் $h = 0$, என்பதால் $U = 0$

இங்கு நாம் கவனிக்க வேண்டியது நிறை 'm' ஐ புவிபரப்பில் இருந்து நாம் 'h' உயரம் உயர்த்த செய்த வேலையே "mgh" ஆகும். இந்த வேலை நிறை 'm' இல் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றலாக சேமிக்கப்பட்டுள்ளது. உண்மையில் 'mgh' என்பது நிறை 'm' மற்றும் புவியை சேர்த்த ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் ஆகும். ஆயினும் இந்த 'mgh' ஐ நிறை 'm' இன் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றலாகவே எடுத்துக் கொள்கிறோம் ஏனெனில் நிறை 'm' உயரம் 'h' க்கு செல்லும்போது புவி நிலையாகவே உள்ளது.

6.2.5 ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் (Gravitational potential) $V(r)$

ஈர்ப்பு புலம் $\vec{E}$ யானது, அப்புலத்தை உருவாக்கும் நிறை 'm' ஐ மட்டுமே சார்ந்துள்ளது என விளக்கப்பட்டுள்ளது. இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். இதேபோல் நிறை 'm' ஐ மட்டுமே சார்ந்த ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் என்ற ஸ்கேலார் அளவையும் நாம் வரையறுக்கலாம்.

ஒரு நிறையிலிருந்து r தொலைவில் உள்ள புள்ளியில் ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றலானது, ஓரலகு நிறையை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து அப்புள்ளிக்கு கொண்டு வரச் செய்த வேலை ஆகும். இது $V(r)$ என குறிக்கப்படும். மேலும் r தொலைவில் உள்ள புள்ளியில் ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் என்பது அப்புள்ளியில் ஓரலகு நிறைக்கான ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றலுக்குச் சமம் என்றும் வரையறுக்கலாம். ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் ஒரு ஸ்கேலார் அளவு. இதன் அலகு J/kg

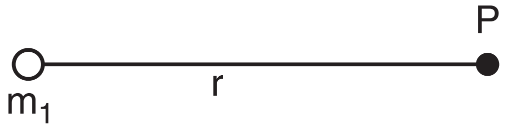
ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றலிருந்து ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றலை நாம் வரையறுக்க முடியும்.

r தொலைவில் அமைந்த இருநிறைகள் m_1 மற்றும் m_2 களை கருதுவோம். இவ்வமைப்பின் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் $U(r) = -\dfrac{Gm_1m_2}{r}$

நிறை m_2 ஐ ஓரலகு நிறை $(m_2 = 1\text{kg})$ எனக் கொண்டு நிறை m_1 ஆல் ஏதேனும் ஒரு புள்ளி P யில் ஏற்படும் ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் மதிப்பினை பெறலாம். (படம் 6.15)

r தொலைவில் நிறை m_1 ஆல் ஏற்படும் ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல்

$$V(r) = -\frac{Gm_1}{r} \qquad (6.39)$$

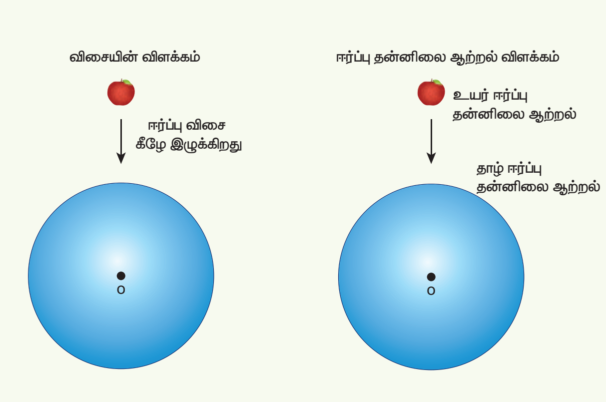


படம் 6.15 குறிப்பிட்ட தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள புள்ளிநிறை

ஈர்ப்பு விசையும் ஈர்ப்பு புலமும் வெக்டர் அளவுகள். ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றலும் ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றலும் ஸ்கேலார் அளவுகளாகும். வெக்டர் அளவுகளைவிட ஸ்கேலார் அளவுகளை பயன்படுத்தி துகள்களின் இயக்கத்தை பகுத்தாய்வு செய்தல் எளிதாகும். உதாரணமாக ஆப்பிள் கீழே விழுவதை கருதுவோம்.

புவியின் ஈர்ப்பு விசையின் காரணமாக ஈர்க்கப்பட்டு ஆப்பிள் தானாக கீழே விழுவதை படம் 6.16 காட்டுகிறது. ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் $V(r)$ இன் துணையுடன் இதனை விளக்க முடியும்.

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 16 25-08-2020 11:35:52



படம் 6.16 ஈர்ப்பு விசையால் தானாக கீழே விழும் ஆப்பிள்

புவிப்பரப்பிலிருந்து h உயரத்தில் உள்ள புள்ளியில்

ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல்

$$V(r=R+h) = -\frac{GM_e}{(R+h)} \quad (6.40)$$

புவிப்பரப்பில் ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல்

$$V(r=R) = -\frac{GM_e}{R} \quad (6.41)$$

மேற்கண்ட சமன்பாடுகளிலிருந்து

$$V(r=R) < V(r=R+h) \quad (6.42)$$

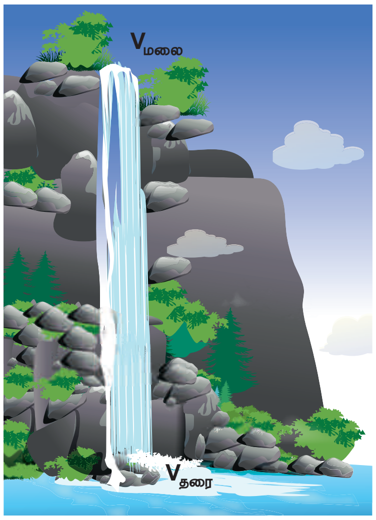
புவிப்பரப்புக்கு அருகே h உயரத்தில் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் mgh என்பதை நாம் முன் பகுதியில் விவாதித்தோம். அப்புள்ளியில் ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் $V(h) = U(h)/m = gh$. புவியின் பரப்பில் h சுழி என்பதால் புவிப்பரப்பில் ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் சுழி ஆகும். எனவேதான் ஆப்பிளானது அதிக ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் உள்ள பகுதியிலிருந்து குறைந்த ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் உள்ள பகுதியை நோக்கி விழுகிறது. பொதுவாக நிறையானது ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் மிகுந்த பகுதியிலிருந்து ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் குறைந்த பகுதிக்குச் செல்லும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.5

குன்றின் உச்சியிலிருந்து அருவி (நீர்) கீழ்நோக்கி பாய்வது ஏன்?

ஏனெனில் குன்றின் உச்சியில் ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றலானது புவிபரப்பில் ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றலை விட அதிகம்.

அதாவது $V_{\text{குன்று}} > V_{\text{தரை}}$

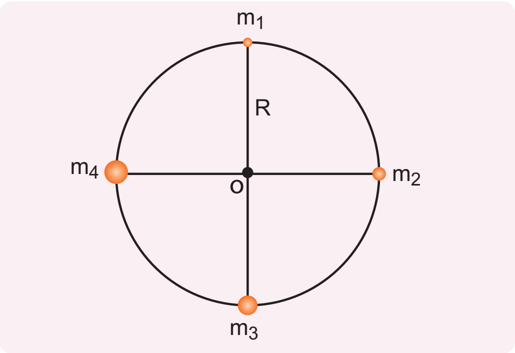


குன்றின் உச்சியிலிருந்து விழும் அருவி

வெக்டர் அளவுகளான $\vec{F}$ அல்லது $\vec{E}$ ஆகியவற்றைவிட ஸ்கேலார் அளவுகளான $U(r)$ அல்லது $V(r)$ ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தி பொருள்களின் இயக்கத்தை எளிதாக பகுப்பாய்வு செய்ய முடியும். நவீன இயற்பியல் கோட்பாடுகளில் (Modern theories of physics) ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் (Potential) முக்கிய பங்கினை வகித்து வருகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 6.6

படத்தில் காட்டியபடி நிறை m_1, m_2, m_3 மற்றும் m_4 ஆகியவை ஒரு வட்டத்தின் பரிதியில் அமைந்துள்ளன.



UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 17
25-08-2020 11:35:54

(அ) நான்கு நிறைகள் கொண்ட அமைப்பின் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல்

(ஆ) நான்கு நிறைகளாலும் புள்ளி O வில் ஏற்படும் ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

ஒவ்வொரு இருதுகள் அமைப்பின் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல்களின் கூடுதல், மொத்த அமைப்பின் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றலை தருகிறது.

$$U = -\frac{Gm_1m_2}{r_{12}} - \frac{Gm_1m_3}{r_{13}} - \frac{Gm_1m_4}{r_{14}} - \frac{Gm_2m_3}{r_{23}} - \frac{Gm_2m_4}{r_{24}} - \frac{Gm_3m_4}{r_{34}}$$

$$r_{14}{}^2 = R^2 + R^2 = 2R^2$$

$$r_{14} = \sqrt{2}R = r_{12} = r_{23} = r_{34}$$

$$r_{13} = r_{24} = 2R$$

$$U = -\frac{Gm_1m_2}{\sqrt{2}R} - \frac{Gm_1m_3}{2R} - \frac{Gm_1m_4}{\sqrt{2}R} - \frac{Gm_2m_3}{\sqrt{2}R} - \frac{Gm_2m_4}{2R} - \frac{Gm_3m_4}{\sqrt{2}R}$$

$$U = -\frac{G}{R}\left[\frac{m_1m_2}{\sqrt{2}} + \frac{m_1m_3}{2} + \frac{m_1m_4}{\sqrt{2}} + \frac{m_2m_3}{\sqrt{2}} + \frac{m_2m_4}{2} + \frac{m_3m_4}{\sqrt{2}}\right]$$

அனைத்து நிறைகளும் சமம் எனில்

$$(m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = M)$$

$$U = -\frac{GM^2}{R}\left[\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{2}}\right]$$

$$U = -\frac{GM^2}{R}\left[1 + \frac{4}{\sqrt{2}}\right]$$

$$U = -\frac{GM^2}{R}\left[1 + 2\sqrt{2}\right]$$

புள்ளி O வில் ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் $V(r)$ தனித்தனி நிறைகளால் ஏற்படும் ஈர்ப்பு அழுத்தங்களின் கூடுதல் ஆகும். ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் ஸ்கேலார் அளவு என்பதால், புள்ளி O – வில் ஏற்படும் தொகுபயன் மதிப்பு ஒவ்வொரு துகளாலும் ஏற்படும் ஈர்ப்பு அழுத்தங்களின் கூடுதலுக்குச் சமம்.

$$V_O(r) = -\frac{Gm_1}{R} - \frac{Gm_2}{R} - \frac{Gm_3}{R} - \frac{Gm_4}{R}$$

$m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = M$ எனில்

$$V_O(r) = -\frac{4GM}{R}$$

6.3 புவியின் ஈர்ப்பு முடுக்கம்

பொருள்கள் புவியின் மீது விழும்போது, அவை புவியினை நோக்கி முடுக்கமடைவதை காண்கிறோம். நியூட்டன் இரண்டாம் விதிப்படி புறவிசை செயல்பட்டால் மட்டுமே ஒரு பொருள் முடுக்கமடையும் என அறிவோம். இங்கு புவியின் ஈர்ப்பு விசையால் பொருள்கள் முடுக்கமடைகின்றன. புவியின் அருகே இவ்விசை அனைத்து பொருள்கள் மீதும் மாறாத முடுக்கத்தை ஏற்படுகிறது. மேலும் இம்முடுக்கமானது பொருள்களின் நிறைகளை சார்ந்தது அல்ல. புவி பரப்புக்கு அருகே உள்ள நிறை m மீது புவியினால் ஏற்படும் ஈர்ப்பு விசை

$$\vec{F} = -\frac{GmM_e}{R_e{}^2}\hat{r}$$

இந்த ஈர்ப்பு விசையை நியுட்டனின் இரண்டாம் விதியுடன் சமப்படுத்த

$$m\vec{a} = -\frac{GmM_e}{R_e{}^2}\hat{r}$$

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 18 25-08-2020 11:35:58

எனவே, முடுக்கம்

$$\vec{a} = -\frac{GM_e}{R_e^2}\hat{r} \quad (6.43)$$

புவிப் பரப்புக்கு அருகே உள்ள பொருளுக்கு புவியின் ஈர்ப்பு புலத்தால் ஏற்படும் முடுக்கமானது, ஈர்ப்பு முடுக்கம் எனப்படுகிறது. இது g என்ற குறியீட்டால் குறிக்கப்படுகிறது.

ஈர்ப்பு முடுக்கத்தின் எண் மதிப்பு

$$|g| = g = \frac{GM_e}{R_e^2}. \quad (6.44)$$

இச்சமன்பாட்டிலிருந்து ஈர்ப்பின் முடுக்கமானது முடுக்கமடையும் பொருளின் நிறையை சார்ந்ததல்ல என அறிகின்றோம். g ன் மதிப்பானது புவியின் நிறையையும் ஆரத்தையும் சார்ந்துள்ளது. "புவியினை நோக்கி விழும் அனைத்து பொருள்களும் சமமாக முடுக்கமடைகிறது" என்பதை கலிலியோ 400 ஆண்டுகளுக்கு முன்பே பல ஆய்வுகள் மூலம் கண்டறிந்தார்.

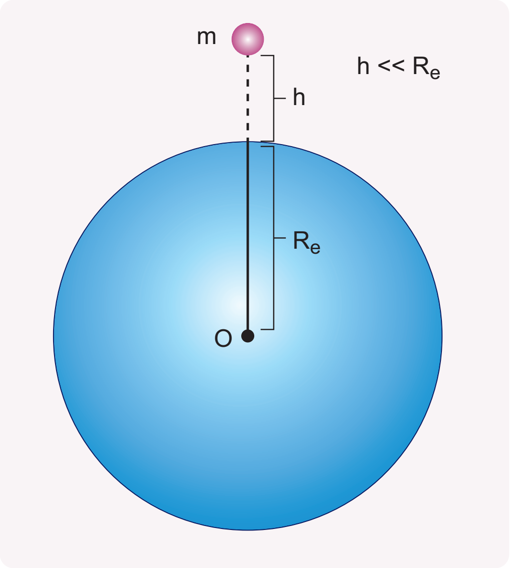
புவியின் பூமத்திய ரேகை பகுதியில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் g = 9.8 m s^{-2} என கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

6.3.1 குத்துயரம், ஆழம் மற்றும் குறுக்குக்கோடு ஆகியவற்றைச் சார்ந்து ஈர்ப்பின் முடுக்கம் மாறுபடுதல்

புவிபரப்பிலிருந்து h உயரத்தில் உள்ள நிறை m ஐ கருதுவோம். புவியின் ஈர்ப்பு விசையால் அப்பொருள் உணரும் முடுக்கம்

$$g' = \frac{GM}{(R_e + h)^2} \quad (6.45)$$

$$g' = \frac{GM}{R_e^2\left(1 + \frac{h}{R_e}\right)^2}.$$



படம் 6.17(a) புவிமையத்திலிருந்து h உயரத்தில் நிறை

$$g' = \frac{GM}{R_e^2}\left(1 + \frac{h}{R_e}\right)^{-2}$$

$h \ll R_e$ எனில் ஈருறுப்பு தேற்றத்தினை பயன்படுத்தி பின்பு உயர் அடுக்குகளைப் புறக்கணித்துப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$g' = \frac{GM}{R_e^2}\left(1 - 2\frac{h}{R_e}\right)$$

$$g' = g\left(1 - 2\frac{h}{R_e}\right) \quad (6.46)$$

இதிலிருந்து $g' < g$ என நாம் காண்கிறோம். இதன் பொருள் குத்துயரம் h அதிகரிக்கும் போது ஈர்ப்பு முடுக்கம் g குறைகிறது என்பதாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.7

(அ) 15 மீட்டர் உயரத்திலிருந்து ½ kg நிறையுடைய மாம்பழம் கீழே விழுகிறது. கீழே விழத் தொடங்கும் போது அதன் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் யாது? (g = 9.8 m s^{-2}; புவியின் ஆரம் = 6400 x 10^3 m)

தீர்வு:

$$g' = g\left(1 - 2\frac{h}{R_e}\right)$$

$$g' = 9.8\left(1 - \frac{2\times 15}{6400\times 10^3}\right)$$

$$g' = 9.8\left(1 - 0.468\times 10^{-5}\right)$$

ஆனால் $1 - 0.00000468 \cong 1$

ஆகவே $g' = g$

(ஆ) புவி பரப்பிலிருந்து 1600 km உயரத்தில் ஒரு துணைக்கோள் புவியை சுற்றி வருகின்றது. புவியின் ஈர்ப்பு விசையால் துணைக்கோள் அடையும் முடுக்கம் யாது?

தீர்வு:

$$g' = g\left(1 - 2\frac{h}{R_e}\right)$$

$$g' = g\left(1 - \frac{2\times 1600\times 10^3}{6400\times 10^3}\right)$$

$$g' = g\left(1 - \frac{2}{4}\right)$$

$$g' = g\left(1 - \frac{1}{2}\right) = g/2$$

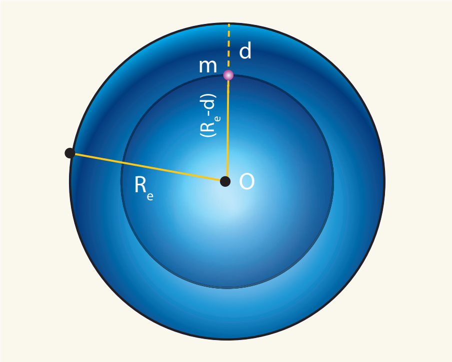
இந்த இரு எடுத்துக்காட்டுகள் மூலம் புவிக்கு அருகே ஈர்ப்பின் முடுக்கம் மாறிலியாக உள்ளது எனத்தெரிகிறது.

சிந்தனைக்கு

$h = R_e$ என்று சமன்பாடு 6.46–ல் பிரதியிட்டு கணக்கீடு செய்யலாமா? செய்யமுடியாது ஏனென்றால் $h << R_e$ என்ற நியதியின் அடிப்படையிலேயே 6.46 சமன்பாட்டை நாம் பெற்றுள்ளோம். $h = R_e$ எனும்போது நாம் சமன்பாடு 6.45 ஐ பயன்படுத்தவேண்டும்.

ஆழத்தைப் பொறுத்து g மாறுபடுதல்

புவியின் ஆழ் சுரங்கம் ஒன்றில் உதாரணமாக, (நெய்வேலி நிலக்கரிச் சுரங்கம்) d ஆழத்தில் நிறை m உள்ளது என்க.



படம் 6.17(b) சுரங்கத்தில் d ஆழத்தில் நிறை

சுரங்கத்தின் ஆழம் d என்க. d ஆழத்தில் g' மதிப்பை கணக்கிட கீழ்க்கண்ட கருத்துகளை கவனத்தில் கொள்வோம். நிறை அடையும் முடுக்கத்தில் புவியின் $(R_e - d)$ க்கு மேலே உள்ள புவியின் பகுதியானது இந்த முடுக்கத்திற்கு ஏதும் பங்களிப்பு செய்வதில்லை. முந்தைய பகுதியில் நிரூபிக்கப்பட்ட முடிவின்படி

d ஆழத்தில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம்

$$g' = \frac{GM'}{(R_e - d)^2} \qquad (6.47)$$

$(R_e - d)$ உடைய புவி பகுதியின் நிறை M' ஆகும். புவியின் அடர்த்தி ρ சீராக அனைத்து பகுதியிலும் சீராக (uniform) உள்ளது எனக் கருதினோம் எனில்,

$$\rho = \frac{M}{V} \qquad (6.48)$$

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 20 25-08-2020 11:36:03

இங்கு M – புவியின் நிறை மற்றும்

V – புவியின் பருமன் ஆகும்

மேலும் அடர்த்தி சீராக உள்ளதால்

$$\rho = \frac{M'}{V'}$$

$$\frac{M'}{V'} = \frac{M}{V} \text{ ஆகவே } M' = \frac{M}{V}V'$$

$$M' = \left(\frac{M}{\frac{4}{3}\pi R_e^{\,3}}\right)\left(\frac{4}{3}\pi(R_e - d)^3\right)$$

$$M' = \frac{M}{R_e^{\,3}}(R_e - d)^3 \qquad (6.49)$$

சமன்பாடு 6.49 ஐ 6.47 இல் பிரதியிடுக.

$$g' = G\frac{M}{R_e^{\,3}}(R_e - d)^3 . \frac{1}{(R_e - d)^2}$$

$$g' = GM\frac{R_e\left(1 - \frac{d}{R_e}\right)}{R_e^{\,3}}$$

$$g' = GM\frac{\left(1 - \frac{d}{R_e}\right)}{R_e^{\,2}}$$

எனவே

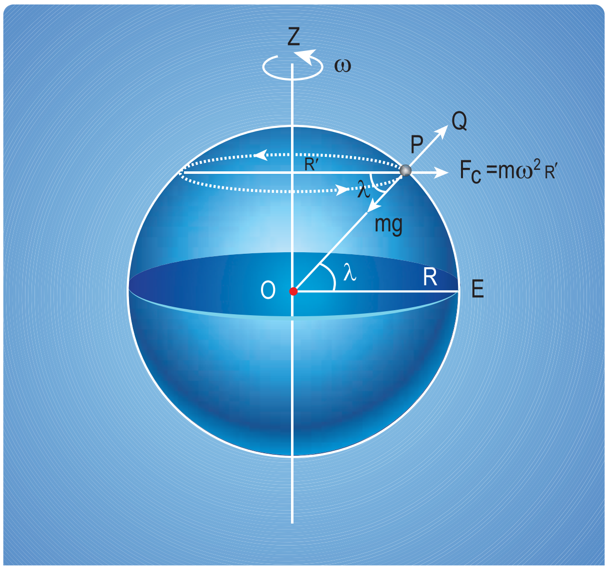
$$g' = g\left(1 - \frac{d}{R_e}\right) \qquad (6.50)$$

இங்கும் $g' < g$.

ஆழம் அதிகரிக்கும்போது g' மதிப்பு குறைகிறது. எனவே புவியின் மேற்பரப்பில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் பெருமமாக இருக்கிறது. ஆனால் பரப்புக்கு உயரே சென்றாலோ அல்லது புவியின் ஆழத்திற்கு சென்றாலோ ஈர்ப்பின் முடுக்கம் குறையும்.

குறுக்குக்கோட்டைப் (latitude) பொருத்து g மாறுதல்

சுழலும் குறிப்பாயத்தில் இயங்கும் பொருள்களின் இயக்கத்தை நாம் பகுத்தாயும் போது (அலகு 3 இல் விளக்கப்பட்டுள்ளது) மையவிலக்கு விசையையும் நாம் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும். பொதுவாக பூமியினை நிலைமக்குறிப்பாயமாக கருதுவோம். ஆனால் உண்மைலேயே பூமி ஒரு சுழலும் குறிப்பாயம். ஏனெனில் பூமியானது தனது அச்சைப்பற்றி சுழல்கிறது. எனவே புவிப்பரப்பில் ஒரு பொருள் உள்ளபோது, அது மைய விலக்கு விசையினை உணருகிறது. அவ்விசையானது புவியின் குறுக்குக்கோட்டு மதிப்பை சார்ந்துள்ளது. புவி சுழலவில்லை எனில் பொருளின் மீதான விசை mg ஆகும். ஆனால் புவி சுழற்சியின் காரணமாக பொருள் கூடுதலாக மைய விலக்கு விசையினை உணர்கிறது.



படம் 6.18 குறுக்கோட்டைப் பொறுத்து g மாறுபடுதல்.

மையவிலக்கு விசை = $m\omega^2 R'$.

$$R' = R\cos\lambda \qquad (6.51)$$

இங்கு λ என்பது குறுக்குகோட்டின் மதிப்பு

பொருளின்மீது g க்கு எதிர்திசையில் செயல்படும் மையவிலக்கு முடுக்கத்தின் கூறு

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 21 25-08-2020 11:36:06

$$a_{PQ} = \omega^2 R' \cos\lambda = \omega^2 R \cos^2\lambda$$

ஏனெனில் $R' = R\cos\lambda$

எனவே $g' = g - \omega^2 R\cos^2\lambda$ (6.52)

புவிமையக்கோட்டில் $\lambda = 0;$ எனவே சமன்பாடு (6.52) ஆனது பின்வருமாறு மாறுகிறது $g' = g - \omega^2 R.$ புவிமையக்கோட்டில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் g ஆனது சிறுமம் ஆகும்.

துருவப்பகுதியில் $\lambda = 90°$ எனவே; $g' = g$

ஆகவே துருவப் பகுதியில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் பெருமம் ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.8

உன் பள்ளி ஆய்வகத்தில் g' மதிப்பினைக் காண்க.

தீர்வு:

உன் பள்ளி அமைந்துள்ள ஊர்/ நகரத்தின் குறுக்குக் கோட்டு மதிப்பினை கணினியில் கூகுள் தேடுதல் மூலம் காண்க.

உதாரணமாக சென்னைக்கு குறுக்குக்கோட்டு மதிப்பு 13° ஆகும்.

$$g' = g - \omega^2 R\cos^2\lambda$$

இங்கு $\omega^2 R = (2\times3.14/86400)^2 \times (6400\times10^3) = 3.4\times10^{-2}\ ms^{-2}.$

λ ன் மதிப்பு ரேடியனில் இருக்க வேண்டும். டிகிரியில் இருக்கக் கூடாது. 13° என்பது 0.2268 ரேடியனுக்குச் சமம்.

$$g' = 9.8 - \left(3.4\times10^{-2}\right)\times\left(\cos 0.2268\right)^2$$

$$g' = 9.7677\ ms^{-2}$$

சிந்தனைக்கு

கிழக்கிலிருந்து மேற்கு நோக்கி குறுக்கு கோட்டின் திசையில் செல்கிறாய் எனில் g ன் மதிப்பு மாறுபடுமா?

6.4 விடுபடு வேகம் மற்றும் சுற்றியக்க வேகம்

பிரபஞ்சத்தில் பெருமளவு காணப்படும் தனிமங்கள் ஹைட்ரஜன் மற்றும் ஹீலியம் ஆகும். ஆனால் புவியின் வளிமண்டலத்தில் நைட்ரஜனும் ஆக்சிஜனுமே அதிக அளவில் உள்ளன. புவியின் வளிமண்டலத்தில் ஹைட்ரஜனும் ஹீலியமும் மிகக்குறைவாக இருக்க காரணம் யாது? இதனை இப்பகுதியில் ஆராய்வோம்.

பொருளொன்றை மேல்நோக்கி எறிந்தால் குறிப்பிட்ட உயரம் அடைந்து பின்பு கீழ்நோக்கி விழும். இதனைக் காணும் போது ஒரு பொருளை என்ன வேகத்தில் செங்குத்தாக எறிந்தால், அப்பொருள் புவிப்பரப்பிற்கு மீண்டும் வராமல், புவியின் ஈர்ப்பிலிருந்து தப்பிச் செல்லும் என்ற கேள்வி எழுகிறது.

புவிப்பரப்பில் நிறை M உடைய ஒரு பொருளை கருதுவோம். ஆரம்பவேகம் v_i யில் பொருள் மேல்நோக்கி எறியப்படுகிறது எனில்

பொருளின் ஆரம்ப மொத்த ஆற்றல்

$$E_i = \frac{1}{2}Mv_i^{\,2} - \frac{GMM_E}{R_E} \qquad (6.53)$$

இங்கு M_E – புவியின் நிறை; R_E – புவியின் ஆரம். மேலும் $\frac{-GMM_E}{R_E}$ என்பது நிறை M ன் ஈர்ப்புநிலை ஆற்றல் ஆகும்.

பொருள் புவியை விட்டு விலகி வெகுதூரம் சென்று விட்டது எனில் அத்தொலைவை முடிவிலாத் தொலைவு என கருதுக. அந்நிலையில் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் சுழி $[U(\infty) = 0]$ ஆகும். மேலும் இயக்க ஆற்றலும் சுழி. எனவே பொருளின் மொத்த ஆற்றலும் சுழியாகிறது.

$$E_f = 0$$

ஆற்றல் மாறா விதியின் படி

$$E_i = E_f \qquad (6.54)$$

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 22 25-08-2020 11:36:09

சமன்பாடு (6.53) ஐ சமன்பாடு (6.54) இல் பிரதியிட

$$\frac{1}{2}Mv_i^2 - \frac{GMM_E}{R_E} = 0$$

$$\frac{1}{2}Mv_i^2 = \frac{GMM_E}{R_E} \qquad (6.55)$$

கோளின் ஈர்ப்பியல் புலத்திலிருந்து விடுபட்டுத் தப்பிச் செல்ல, பொருள் எறியப்பட வேண்டிய சிறும வேகம் v_e என்க. எனவே v_i பதிலாக v_e என பிரதியிட

$$\frac{1}{2}Mv_e^2 = \frac{GMM_E}{R_E}$$

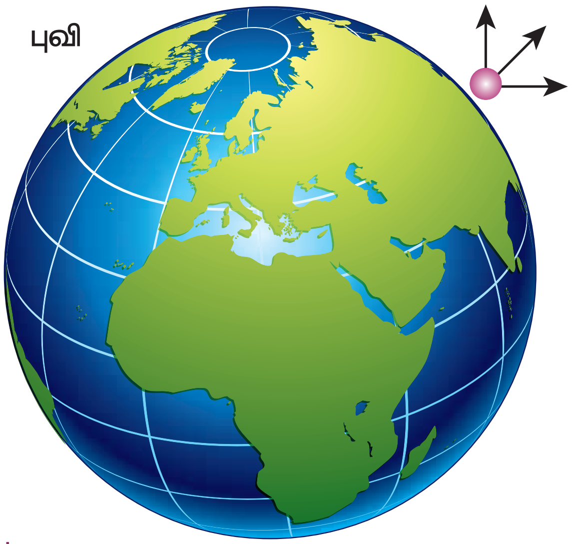
$$v_e^2 = \frac{2GM_E}{R_E}$$

$g = \frac{GM_E}{R_E^2}$ சமன்பாட்டை பயன்படுத்தினால்

$$v_e^2 = 2gR_E$$

$$v_e = \sqrt{2gR_E} \qquad (6.56)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து விடுபடுவேகமானது ஈர்ப்பின் முடுக்கம், புவியின் ஆரம் ஆகிய இரு காரணிகளை சார்ந்துள்ளது என்பதை அறிகிறோம். விடுபடுவேகமானது பொருளின் நிறையினை சார்ந்தது அல்ல. g (9.8 ms^{-2}) மற்றும் $R_e = 6400\,km$ மதிப்புகளை பிரதியிட புவியின் விடுபடுவேகம் $v_e = 11.2\,kms^{-1}$ ஆகும். விடுபடு வேகம் பொருள் எறியப்படும் திசையை சார்ந்தது அல்ல. செங்குத்தாகவோ அல்லது கிடைமட்டமாகவோ அல்லது குறிப்பிட்ட கோணத்தில் பொருள் எறியப்பட்டாலோ புவியின் ஈர்ப்பு விசையிலிருந்து விடுபட்டு செல்வதற்கான விடுபடு வேகம் மாறாது.(படம் 6.19) இல் இது காட்டப்பட்டுள்ளது.



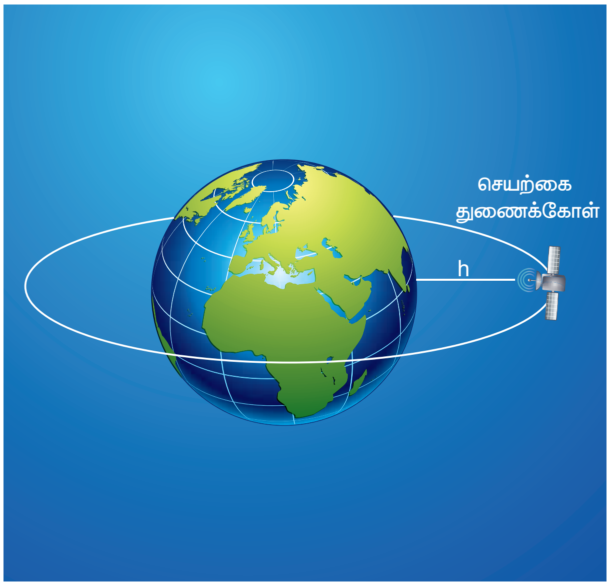
படம் 6.19 விடுபடுவேகம் எறியப்படும் கோணத்தை சார்ந்தது அல்ல

ஹைட்ரஜன் மற்றும் ஹீலியம் போன்ற லேசான மூலக்கூறுகள் புவிப்பரப்பை விட்டு தப்பி செல்லுவதற்கு போதுமான வேகம் கொண்டுள்ளன. ஆனால் நைட்ரஜன் மற்றும் ஆக்ஸிஜன் போன்ற கனமான மூலக்கூறுகள் தப்பிச் செல்ல போதுமான வேகம் உடையவை அல்ல. (வாயுக்களின் இயக்கவியல் கொள்கையை விவாதிக்கும்போது ஹைட்ரஜன் மற்றும் ஹீலியம் அணுக்களின் வேகத்தை புவியின் விடுபடு வேகத்துடன் ஒப்பீடு செய்து பார்ப்போம்)

6.4.1 துணைக் கோள்கள் –சுற்றியக்க வேகமும் சுற்றுக்காலமும்.

நாம் வாழ்வது நவீன யுகம். உலகின் எப்பகுதியில் உள்ளவர்களுடனும் தொடர்பு கொள்வதற்கான அதி நவீன தொழில்நுட்பகருவிகள் நம்மிடையே உள்ளன. இம்முன்னேற்றத்திற்கு காரணம் சூரிய குடும்ப அமைப்பை நாம் நன்கு புரிந்த கொண்டதே ஆகும். புவியினை வலம் வரும் துணைக்கோள்களே தற்போது செய்தித் தொடர்புக்கு பெரிதும் உதவுகின்றன. சூரியனைக் கோள்கள் சுற்றுவது போல துணைக்கோள்கள் புவியைச் சுற்றி வருகின்றன. எனவே கெப்ளரின் விதிகள் மனிதன் உருவாக்கிய செயற்கைத் துணைக்கோள்களுக்கும் பொருந்துகின்றன.

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 23 25-08-2020 11:36:11



படம் 6.20 புவியினைச் சுற்றி வரும் துணைக்கோள்

நிறை M உடைய துணைக்கோள் புவியைச் சுற்றி வருவதற்குத் தேவையான மையநோக்கு விசையை புவியின் ஈர்ப்பு விசை தருகிறது.

$$\frac{Mv^2}{(R_E+h)} = \frac{GMM_E}{(R_E+h)^2} \quad (6.57)$$

$$v^2 = \frac{GM_E}{(R_E+h)}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM_E}{(R_E+h)}} \quad (6.58)$$

உயரம் h அதிகரிக்கும் போது, துணைக்கோளின் சுற்றியக்க வேகம் குறையும்.

துணைக்கோளின் சுற்றுக் காலம்

ஒரு முழுச் சுற்றின் போது துணைக்கோள் கடக்கும் தொலைவு $2\pi(R_E+h)$ க்குச் சமம். மேலும் ஒரு முழு சுற்றுக்கு ஆகும் கால அளவே துணைக்கோளின் சுற்றுக்காலம் T ஆகும்.

சுற்றியக்க வேகம்

சுற்றியக்க வேகம் $v = \frac{\text{கடந்த தொலைவு}}{\text{காலம்}} = \frac{2\pi(R_E+h)}{T}$

சமன்பாடு (6.58) லிருந்து v க்கு பிரதியிட

$$\sqrt{\frac{GM_E}{(R_E+h)}} = \frac{2\pi(R_E+h)}{T} \quad (6.59)$$

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{GM_E}}(R_E+h)^{3/2} \quad (6.60)$$

இருபுறமும் இருமடி எடுக்க

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM_E}(R_E+h)^3$$

இங்கு மாறிலி $= \frac{4\pi^2}{GM_E}$ என்பது ஒரு மாறிலி.

எனவே இதை c என்க.

$$T^2 = c(R_E+h)^3 \quad (6.61)$$

சமன்பாடு (6.61) லிருந்து கோள்களின் இயக்கம் பற்றிய கெப்ளர் விதியில் கூறப்பட்டுள்ள காலம் மற்றும் தொலைவுக்கான தொடர்பினையே புவியினைச் சுற்றும் துணைக்கோளும் கொண்டுள்ளது என்பதை நாம் அறியலாம். புவிக்கு அருகே சுற்றும் துணைக்கோளுக்கு புவியின் ஆரம் R_E உடன் ஒப்பிடும்போது h மிகச் சிறியது என்பதால் h புறக்கணிக்கத்தக்கது. எனவே

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM_E}R_E^3$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM_E/R_E^2}R_E$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g}R_E$$

இங்கு $GM_E/R_E^2 = g$

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 24 25-08-2020 11:36:15

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{R_E}{g}} \quad (6.62)$$

$R_E = 6.4\times10^6 m$ மற்றும் $g = 9.8\ m/s^2$, மதிப்புகளை பிரதியிட

துணைக்கோளின் சுழற்சி காலம் $T \cong 85$ நிமிடங்கள் எனப் பெறப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 6.9

புவியின் இயற்கை துணைக்கோளான நிலா 27 நாட்களுக்கு ஒரு முறை புவியைச் சுற்றி வருகிறது. நிலாவின் சுற்றுப்பாதையை வட்டம் எனக் கொண்டு நிலவுக்கும் புவிக்கும் இடையே உள்ள தொலைவினை காண்க.

தீர்வு:

கெப்ளரின் மூன்றாம் விதிப்படி

$$T^2 = c\left(R_E + h\right)^3$$

$$T^{2/3} = c^{1/3}\left(R_E + h\right)$$

$$\left(\frac{T^2}{c}\right)^{1/3} = \left(R_E + h\right)$$

$$c = \frac{4\pi^2}{GM_E} \text{ எனப் பிரிதியிட}$$

$$\left(\frac{T^2 GM_E}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(R_E + h\right);$$

$$h = \left(\frac{T^2 GM_E}{4\pi^2}\right)^{1/3} - R_E$$

இங்கு புவியின் பரப்பிலிருந்து நிலாவின் தொலைவு h ஆகும்.

R_E – புவியின் ஆரம் $= 6.4\times10^6 m$

M_E – புவியின் நிறை $= 6.02\times10^{24} kg$

G – ஈர்ப்பியல் மாறிலி $= 6.67\times10^{-11}\frac{Nm^2}{kg^2}$ ஆகிய மதிப்புகளை பிரதியிட்டு

புவிபரப்பிலிருந்து நிலா உள்ள தொலைவு 3.77×10^5 km எனக் கணக்கிடலாம்.

6.4.2 புவியை சுற்றும் துணைக்கோளின் ஆற்றல்

புவிப்பரப்பிலிருந்து h உயரத்தில் புவியினைச் வலம் வரும் துணைக்கோளின் மொத்த ஆற்றல் கீழ்க்கண்ட முறையில் கணக்கிடப்படுகிறது. துணைக்கோளின் மொத்த ஆற்றல் அதன் இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலை ஆற்றலின் கூட்டுத்தொகையாகும்.

துணைக்கோளின் நிலை ஆற்றல்

$$U = -\frac{GM_s M_E}{\left(R_E + h\right)} \quad (6.63)$$

இங்கு M_s – துணைக்கோளின் நிறை,

M_E – புவியின் நிறை,

R_E – புவியின் ஆரம்.

துணைக்கோளின் இயக்க ஆற்றல்

$$K.E = \frac{1}{2}M_s v^2 \quad (6.64)$$

இங்கு v என்பது துணைக்கோளின் சுற்றியக்க வேகம் மேலும் அதன் மதிப்பு

$$v = \sqrt{\frac{GM_E}{\left(R_E + h\right)}} \quad (6.65)$$

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 25 25-08-2020 11:36:19

இம்மதிப்பை சமன்பாடு 6.64 இல் பிரதியிட

துணைக்கோளின் இயக்க ஆற்றல்

$$K.E = \frac{1}{2}\frac{GM_E M_s}{(R_E + h)}$$

எனவே துணைக்கோளின் மொத்த ஆற்றல்

$$E = \frac{1}{2}\frac{GM_E M_s}{(R_E + h)} - \frac{GM_s M_E}{(R_E + h)}$$

$$E = -\frac{GM_s M_E}{2(R_E + h)} \quad (6.66)$$

இங்கு எதிர்க்குறியானது துணைக்கோள் புவியுடன் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது என்பதையும் துணைக்கோள் புவியின் ஈர்ப்பு புலத்திலிருந்து தப்பிச் செல்ல இயலாது என்பதையும் எடுத்துக்காட்டுகிறது.

முடிவிலி (∞) மதிப்பை h நெருங்கும் போது, மொத்த ஆற்றல் சுழியை நெருங்கும். இதன் பொருள் என்னவென்றால், துணைக்கோளானது புவியின் ஈர்ப்பு புலத்தின் தாக்கத்திலிருந்து முற்றிலும் விடுபட்டுள்ளது. மேலும் மிக அதிக தொலைவு உள்ளபோது துணைக்கோள் புவியுடன் பிணைக்கப்படவில்லை என்பதாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 6.10

(i) புவியினைச் சுற்றும் நிலா (ii) சூரியனைச் சுற்றும் புவி ஆகியவற்றின் ஆற்றலை கணக்கிடுக.

தீர்வு:

நிலாவின் சுற்றுப்பாதை வட்டம் என கருதுவோம் எனில் நிலாவின் ஆற்றல்

$$E_m = -\frac{GM_E M_m}{2R_m}$$

இங்கு M_E என்பது புவியின் நிறை 6.02×10^{24} kg; நிலாவின் நிறை 7.35×10^{22} kg; நிலவுக்கும் புவிக்கும் இடையேயான தொலைவு $R_m = 3.84 \times 10^5 km$; ஈர்ப்பியல் மாறிலி $G = 6.67 \times 10^{-11} N m^2/kg^2$.

$$E_m = -\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6.02 \times 10^{24} \times 7.35 \times 10^{22}}{2 \times 3.84 \times 10^5 \times 10^3}$$

$$E_m = -38.42 \times 10^{-19} \times 10^{46}$$

$$E_m = -38.42 \times 10^{27} \; Joule$$

இங்கு எதிர்க்குறியானது நிலா புவியுடன் பிணைக்கப்பட்டுள்ளதை குறிக்கின்றது.

இதே முறையில் புவியின் ஆற்றல் எதிர்க்குறி தன்மை உடையது என்பதை நிரூபிக்கலாம்.

6.4.3 புவி நிலைத்துணைக் கோள் மற்றும் துருவத்துணைக்கோள்

புவியினைச் சுற்றி வரும் துணைக்கோள்களின் சுற்று காலங்கள் அவற்றின் சுற்றுப்பாதை ஆரத்தைப் பொறுத்து அமைகின்றன. சுற்றுகாலம் 24 மணி நேரம் உடைய துணைக்கோளின் சுற்றுப்பாதை ஆரத்தை கணக்கிடுவோமா?

கெப்ளரின் மூன்றாம் விதியைப் பயன்படுத்தி இந்த சுற்றுப் பாதையின் ஆரத்தை கணக்கிடலாம்.

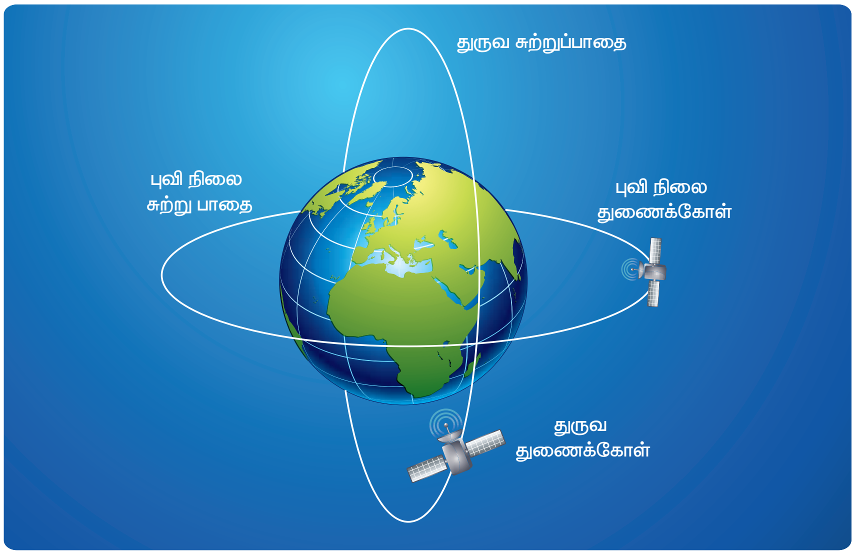
$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM_E}(R_E + h)^3$$

$$(R_E + h)^3 = \frac{GM_E T^2}{4\pi^2}$$

$$R_E + h = \left(\frac{GM_E T^2}{4\pi^2}\right)^{1/3}$$

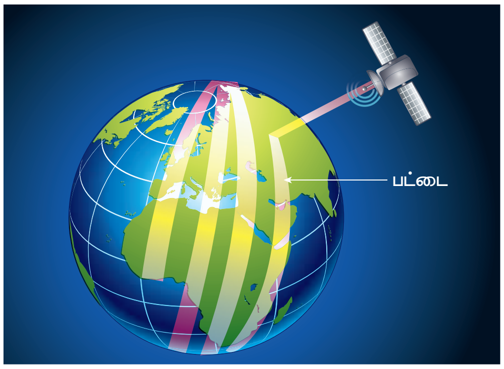
புவியின் நிறை, ஆரம் மற்றும் சுற்றுக்காலம் T (= 24 மணி = 86400 வினாடிகள்) ஆகியவற்றின் மதிப்புகளை பிரதியிட்டு கணக்கிட h ன் மதிப்பு 36,000 km எனக் கிடைக்கிறது. இவ்வகை துணைக்கோள்கள் புவிநிலைத் துணைக்கோள்கள் (geo – statinary satellites) எனப்படுகின்றன. ஏனென்றால் புவியிலிருந்து பார்க்கும் போது இவை நிலையாக இருப்பது போலத் தோன்றும்.

இந்தியா செய்தி தொடர்புக்குப் பயன்படுத்தும் புவிநிலைத் துணைக்கோள்களான இன்சாட் (INSAT) வகை துணைக்கோள்கள் அடிப்படையில் புவி நிலைத் துணைக்கோள்களே. புவியின் பரப்பிலிருந்து 500 முதல் 800 km உயரத்தில்



படம் 6.21 புவி நிலைத் துணைக்கோள் மற்றும் துருவத்துணைக்கோளின் சுற்றுப்பாதை

புவியினை வடக்கு – தெற்கு திசையில் மற்றொரு வகை துணைக்கோள்கள் சுற்றி வருகின்றன. புவியின் வட–தென் துருவங்கள் மேல் செல்லும் சுற்றுப்பாதையில் புவியினை சுற்றி வரும் இவ்வகை துணைக்கோள்கள் துருவத் துணைக்கோள்கள் எனப்படுகின்றன. துருவத்துணைக்கோள்களின் சுழற்சிகாலம் 100 நிமிடங்கள். எனவே ஒரு நாளில் பலமுறை புவியினை சுற்றி வருகின்றன. ஒரு சுற்றின்போது புவியின் வடதுருவம் முதல் தென் துருவம் வரை ஒரு சிறிய நிலப்பரப்பை (strip of area) கடந்து செல்லும். அடுத்துத் சுற்றின் போது வேறு நிலப்பரப்பு பகுதி மேல் கடந்து செல்லும். ஏனென்றால் முதல் சுற்று கால அளவில் புவியானது ஒரு சிறிய கோண அளவு சுழன்று இருக்கும். இவ்வாறு அடுத்தடுத்த சுற்றுகளின் மூலம் துருவ துணைக்கோளானது புவியின் முழு நிலப்பரப்பையும் கடக்க முடியும்.



படம் 6.22 துருவ துணைக்கோள் கணிக்கும் தொலைத்தொடர்பு பட்டை

K7NCTC

6.4.4 எடையின்மை

பொருளின் எடை

புவியில் உள்ள ஒவ்வொரு பொருளும், புவியின் ஈர்ப்பு விசையால் கவரப்படுகின்றன. 'm' நிறை உடைய பொருளின் மீது செயல்படும் ஈர்ப்பியல் விசை *mg* ஆகும். இவ்விசையானது எப்பொழுதுமே கீழ்நோக்கியும், புவியின் மையம் நோக்கியும் செயல்படும். தரையின் மேல் நாம் நிற்கும்போது, நம்மீது இரு விசைகள் செயல்படுகின்றன.

ஒன்று, கீழ்நோக்கி செயல்படும் ஈர்ப்பு விசை மற்றொன்று தரையினால் நம்மீது செலுத்தப்படும் மேல்நோக்கிய செங்குத்து விசை. இவ்விசையே நம்மை ஓய்வு நிலையில் வைத்திருக்கிறது. ஒரு பொருளின் எடை $\vec{W}$ ஆனது கீழ்நோக்கிய விசையாகும். இந்த எடையின் எண் மதிப்பானது அப்பொருளை தரையைப் பொறுத்து ஓய்வு–நிலையிலோ அல்லது மாறாத திசைவேகத்திலோ வைத்திருக்க செலுத்த வேண்டிய மேல்நோக்கிய விசையின் எண் மதிப்புக்கு சமம் ஆகும். எடையின் திசையும், புவியீர்ப்பு விசையின் திசையிலேயே குறிக்கப்படுகிறது. எனவே ஒரு பொருளை தரையில் ஓய்வு நிலையில் வைத்திருக்க தரையானது '*mg*' அளவுள்ள விசையை மேல்நோக்கி செலுத்துகிறது.

எனவே எடையின் எண் மதிப்பு $W = N = mg$ ஆகும். எடையின் எண் மதிப்பு mg ஆக இருந்தாலும், எடையும் பொருளின் மீது செயல்படும் ஈர்ப்பு விசையும் ஒன்றல்ல என்பதை நாம் கவனத்தில் கொள்ள வேண்டும்.

மின் உயர்த்திகளில் தோற்ற எடை

மின் உயர்த்தி இயங்க ஆரம்பிக்கும்போதும், நிறுத்தப்படும் போதும் மின் உயர்த்தியினுள் இருப்பவர்கள் ஒரு குலுங்கலை (Jerk) உணர்வார்கள். ஏன் அவ்வாறு நிகழ்கிறது ? இந்த நிகழ்வை விளக்குவதற்கு, எடையின் கருத்தாக்கத்தை புரிந்து கொள்ளுதல் முக்கியமான ஒன்றாகும். கீழ்க்கண்ட சூழல்களில் ஒரு மனிதர் மின் உயர்த்தியில் நிற்கின்றார் என்க.

மின் உயர்த்தியில் நிற்கும் மனிதர் மீது இரு விசைகள் செயல்படுகின்றன.

1. கீழ்நோக்கி செயல்படும் ஈர்ப்பு விசை. நாம் செங்குத்து திசையினை நேர் y அச்சு திசை என எடுத்துக்கொண்டால், அந்த மனிதர் மீது செயல்படும் ஈர்ப்பியல் விசை $\vec{F}_G = -mg\hat{j}$
2. மின் உயர்த்தியின் தளத்தினால் மனிதர் மீது செலுத்தப்படும் மேல்நோக்கிய செங்குத்து விசை $\vec{N} = N\hat{j}$

நிகழ்வு (i) மின் உயர்த்தி ஓய்வு நிலையில் உள்ளபோது

மனிதரின் முடுக்கம் சுழி ஆகும். எனவே மனிதர் மீது செயல்படும் மொத்த விசையும் சுழியாகும். நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி

$$\vec{F}_G + \vec{N} = 0$$
$$-mg\hat{j} + N\hat{j} = 0$$

வெக்டர் கூறுகளை ஒப்பிட்டால் நாம் பெறுவது

$$N - mg = 0 \text{ (அல்லது) } N = mg \qquad (6.67)$$

என எழுதலாம்.

எனவே எடை W = N என்பதால் மனிதரின் தோற்ற எடை அவரின் உண்மை எடைக்கு சமம்.

நிகழ்வு (ii) மேல்நோக்கி அல்லது கீழ்நோக்கி மின்உயர்த்தி சீராக இயங்கும்போது

சீரானஇயக்கத்தின்போதும்(மாறாததிசைவேகம்) மனிதர் மீது செயல்படும் மொத்த விசையும் சுழியே. எனவே இந்த நிகழ்வின் போதும் மனிதரின் தோற்ற எடை அவரின் உண்மை எடைக்குச் சமம். இது படம் 6.23 (a) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது

நிகழ்வு (iii) மின்உயர்த்தி மேல்நோக்கி முடுக்கப்படும்போது

மேல் நோக்கிய முடுக்கத்துடன் ($\vec{a} = a\hat{j}$ மின்உயர்த்தி இயங்குகிறது எனில் தரையைப் பொறுத்து (நிலைமக் குறிப்பாயம்) நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியை பயன்படுத்தினால், நமக்கு கிடைப்பது

$$\vec{F}_G + \vec{N} = m\vec{a}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை செங்குத்து திசையின் அலகு வெக்டர்களை பயன்படுத்தி எழுதுவோம்.

$$-mg\hat{j} + N\hat{j} = ma\hat{j}$$

வெக்டர் கூறுகளை ஒப்பிட

$$N = m(g + a) \qquad (6.68)$$

இது படம் 6.23 (b) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது

எனவே மனிதரின் தோற்ற எடை அவரின் உண்மை எடையை விட அதிகம்.

நிகழ்வு (iv) மின்உயர்த்தி கீழ்நோக்கி முடுக்கப்படும்போது

மின் உயர்த்தியானது கீழ்நோக்கிய முடுக்கத்துடன் $(\vec{a} = -a\hat{j})$ இயங்குகிறது எனில் நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியை பயன்படுத்தி நாம் பெறுவது

$$\vec{F}_G + \vec{N} = m\vec{a}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை செங்குத்து திசையின் அலகு வெக்டர்களை பயன்படுத்தி எழுதுவோம்.

$$-mg\hat{j} + N\hat{j} = -ma\hat{j}$$

வெக்டர் கூறுகளை இருபுறமும் ஒப்பிட நாம் பெறுவது

$$N = m(g - a) \qquad (6.69)$$

எனவே மனிதரின் தோற்ற எடை $\{W = N = m(g-a)\}$ அவரின் உண்மை எடையை விட குறைவு. இது படம் 6.23 (c) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

தானே கீழே விழும் பொருள்களின் எடையின்மை

தானே கீழே விழும் பொருள்கள் ஈர்ப்பியல் விசையை மட்டுமே உணர்கின்றன. தடையின்றி தானே விழுவதால் அவை எந்த பரப்புடனும் தொடர்பு இல்லாமல் உள்ளன. (காற்றின் உராய்வு விசை புறக்கணிக்கப்படுகிறது). எனவே பொருளின் மீது செயல்படும் செங்குத்து விசை சுழியாகும். பொருளின் கீழ்நோக்கிய முடுக்கம் புவியின் ஈர்ப்பு முடுக்கத்திற்குச் சமம். அதாவது $a = g$. எனவே சமன்பாடு (6.69) இருந்து

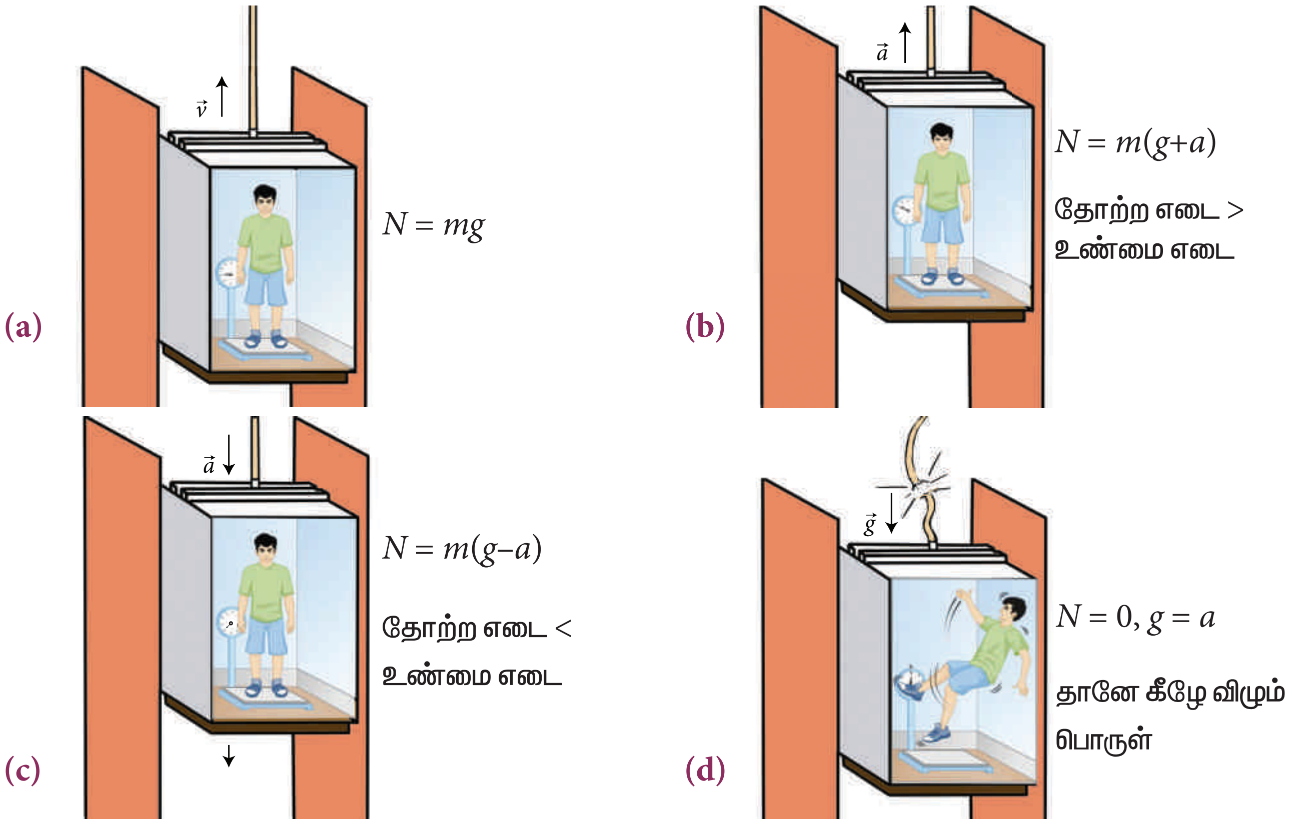
$$\therefore N = m(g - g) = 0.$$

இதனையே எடையின்மை நிலை என்கிறோம். மின் உயர்த்தி கீழ் நோக்கிய முடுக்கம் ($a = g$) ல் விழும்போது, மின் உயர்த்தியின் உள்ளே இருக்கும் மனிதர் எடையின்மை நிலையை அல்லது தானாகவே கீழே விழும் நிலையை உணர்வார். இது படம் (6.23(d)) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

மரத்திலிருந்து ஆப்பிள் விழ ஆரம்பிக்கும்போது ஆப்பிளுக்கு எடையில்லை. ஆனால் நியூட்டனின் தலை மீது விழுந்த போது ஆப்பிள் எடையினைப் பெற்றது. அதன்மூலம் நியூட்டன் இயற்பியலை பெற்றார்.

விண்வெளிக் கலத்தில் எடையின்மை

புவியை சுற்றிவரும் விண்வெளிக்கலத்தில் உள்ள விண்வெளி வீரர்கள் மீது எவ்வித ஈர்ப்பியல் விசையும் செயல்படாது என்ற ஒரு தவறான கருத்து நிலவுகிறது. உண்மையில் புவியின் பரப்புக்கு அருகே புவியினை வலம் வரும் விண்வெளிகலம் புவியின் ஈர்ப்பு விசைக்கு உட்படும். அதே ஈர்ப்பியல் விசையை விண்வெளி கலத்தில் உள்ள விண்வெளி வீரர்களும் உணர்வார்கள். இதன் காரணமாக அவர்கள் கலத்தின் தரை மீது எவ்வித விசையையும் செலுத்துவது இல்லை. எனவே கலத்தின் தரையும் அவர்கள் மீது எவ்வித செங்குத்து விசையையும் செலுத்துவது இல்லை. ஆகவே விண்வெளி கலத்தில் உள்ள வீரர்கள் எடையின்மை நிலையில் உள்ளனர். விண்வெளி வீரர்கள் மட்டுமல்ல. விண் கலத்தில் உள்ள அனைத்து பொருள்களும் எடையின்மை நிலையில் உள்ளன. இதனை தானாக கீழே விழும் நிலையுடன் ஒப்பிடலாம். இது படம் (6.24) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 6.23 மின் உயர்த்தியில் தோற்ற எடை

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 29 25-08-2020 11:36:28

படம் 6.24 எடையின்மை நிலையில் அறிவியல் அறிஞர் ஸ்டீபன் ஹாகிங்
https://www.youtube.com/watch?v=OCsuHvv_D0s

6.5 வானியல் பற்றிய அடிப்படைக் கருத்துகள்

மனிதகுல வரலாற்றில் தோன்றிய மிகப் பழைய அறிவியல் பிரிவு வானியல் ஆகும். முற்காலத்தில் இயற்பியலில் இருந்து பிரித்துப் பார்க்க முடியாத பகுதியாக வானியல் இருந்தது. 16 ஆம் நூற்றாண்டு வரை இயற்பியலில் வானியலின் பங்களிப்பு மிக அதிகம். ஹிப்பார்க்கஸ், அரிஸ்டார்கஸ், தாலமி, கோபர்நிகஸ் மற்றும் டைகோபிராஹே ஆகியோர்களால் பல நூற்றாண்டுகளாக திரட்டப்பட்ட வானியல் தரவுகளின் அடிப்படையில் தான் கெப்ளர் விதிகளும் நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதிகளும் உருவாக்கப்பட்டன, உறுதி செய்யப்பட்டன. டைகோ பிராஹே – வின் வானியல் தரவுகள் உதவியின்றி கெப்ளர் விதிகள் உருவாகி இருக்காது. கெப்ளர் விதிகளின் உதவியின்றி நியுட்டன் ஈர்ப்பியல் விதியை உருவாக்கி இருக்க முடியாது.

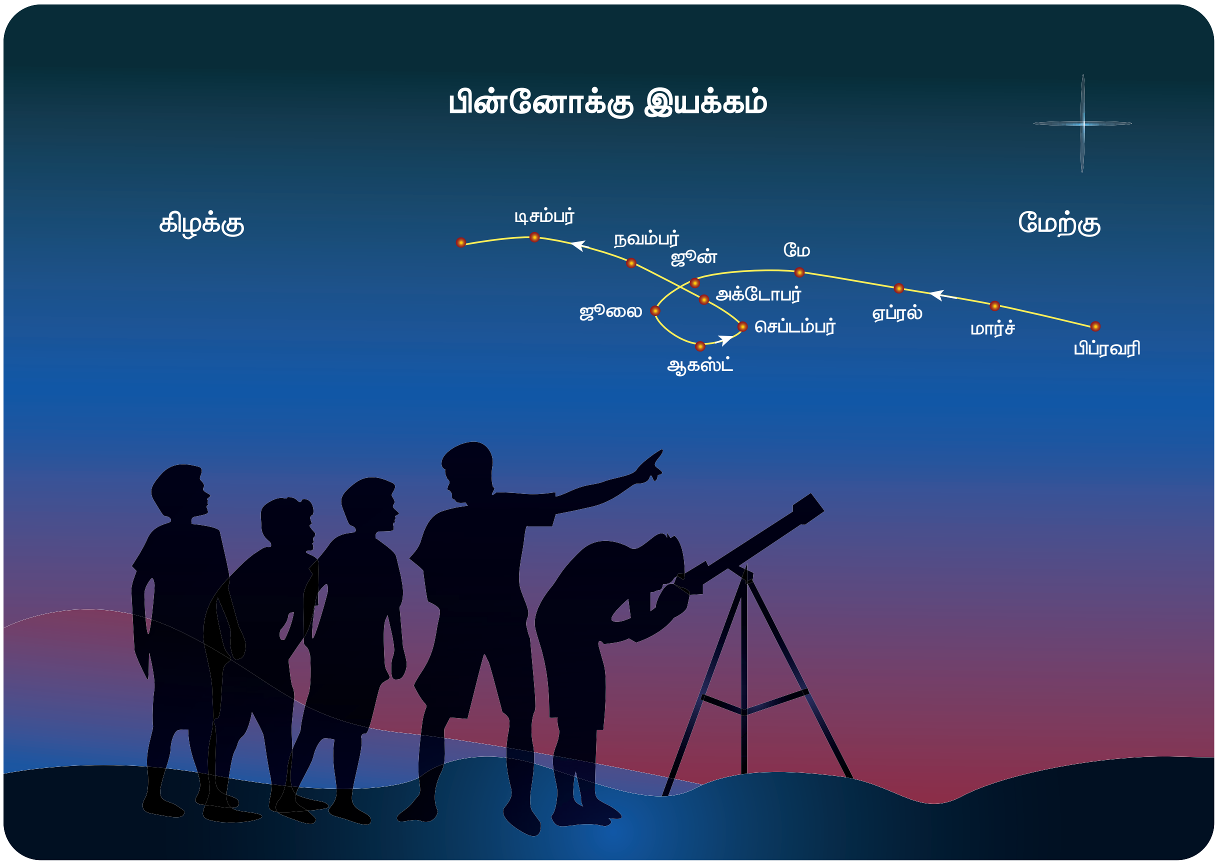
பாட ஆரம்பத்தில் கோபர்நிகஸின் சூரிய மையக் கொள்கையானது தாலமியின் புவிமையக் கொள்கைக்கு பதிலாக அமைந்தது எனப் பார்த்தோம். எனவே புவிமையக் கோட்பாட்டின் குறைகளை நாம் பகுத்தாய்ந்து விளக்குவது முக்கியமானதாகும்.

6.5.1 புவிமையக்கொள்கையும் – சூரியமையக் கொள்கையும்

தொடர்ந்து சில மாதங்களுக்கு இரவில் வெறுங்கண்களால் கோள்களின் இயக்கங்களை உற்று நோக்கினோம் எனில் கோள்கள் கிழக்கு திசையில் பயணித்து பின்பு பின்னோக்கி மேற்கு திசையில் இயங்கி மீண்டும் கிழக்கு திசையில் பயணிப்பதை காணலாம்.இதற்கு "கோள்களின் பின்னோக்கு இயக்கம்" (Retro grade motion) என்று பெயர். செவ்வாயின் பின்னோக்கு இயக்கத்தை படம் 6.25 இல் காணலாம்.

ஓர் ஆண்டு காலத்திற்கு செவ்வாய் கோளின் இயக்கத்தை உற்று நோக்கும் போது அது முதலில் கிழக்கு திசை நோக்கி (பிப்ரவரி முதல் ஜுன்) செல்லும். பின்பு பின்னோக்கி (ஜுலை, ஆகஸ்டு , செப்டம்பர்) செல்லும். பிறகு அக்டோபர் முதல் மீண்டும் கிழக்கு திசையில் செல்கிறது. முற்காலத்தில் வானியல் அறிஞர்கள் கண்ணுக்கு புலனாகும் அனைத்து கோள்களின் பின்னோக்கு இயக்கத்தை பதிவு செய்து அதனை விளக்க முயற்சி செய்தனர். சூரியன் மற்றும் அனைத்து கோள்களும் புவியை மையமாகக் கொண்டு வட்டப்பாதையில் சுற்றி வருகின்றன என அரிஸ்டாட்டில் கூறினார். அவ்வாறு வட்டப்பாதையில் கோள்கள் இயங்கினால் குறுகிய காலத்திற்கு ஏன் கோள்கள் பின்னோக்கி இயங்குகின்றன? என்பதை விளக்க முடியவில்லை.

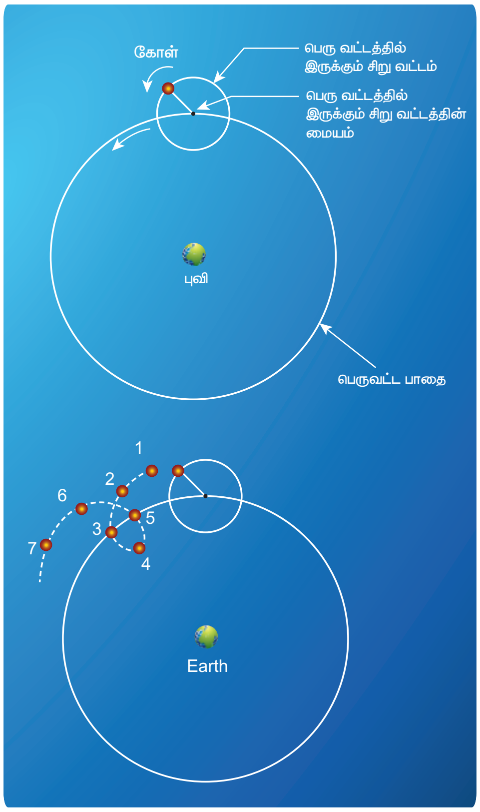
UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 30 25-08-2020 11:36:28



படம் 6.25 பின்நோக்கிச் செல்வதுபோல் தோன்றும் இயக்கம்

எனவே தாலமி இந்த புவிமையக் கோட்பாடில் " பெருவட்டத்தின் மேல் அமையும் சிறு வட்டச்சுழற்சி" (epicycle) என்ற கருத்தினை முன்மொழிந்தார். இக்கருத்தின்படி, புவியினைக் கோள் வட்டப் பாதையில் சுற்றும் அதே வேளையில் மற்றும் ஒரு வட்டப்பாதை இயக்கத்திற்கும் உள்ளாகும். அதற்கு பெருவட்டத்தின் மேல் அமையும் சிறுவட்ட சுழற்சி எனப் பெயர். வட்டப்பாதையில் புவியினை சுற்றும் இயக்கத்தையும், பெருவட்டத்தின் மேல் அமையும் சிறுவட்ட இயக்கத்தையும் ஒன்றிணைக்கும்போது புவியினை ஒரு பொருத்து கோள்கள் பின்நோக்கி செல்வது போல தோன்றும் இயக்கத்தை தருகிறது. அரிஸ்டாட்டிலின் புவிமையக் கருத்துடன் பெருவட்டத்தின் மேல் அமையும் சிறுவட்ட இயக்கத்தை தாலமி இணைத்தார்.

ஆனால் தலாமியின் இந்த சிறு வட்டச் சுழற்சி விளக்கமானது மிகவும் கடினமாக இருந்தது. 15 ஆம் நூற்றாண்டில் போலந்து நாட்டு வானியல் அறிஞர் கோபர்நிக்கஸ், இந்த சிக்கலை எளிய முறையில் தீர்க்கும் விதமாக சூரிய மையக் கொள்கையை முன்மொழிந்தார். இக்கொள்கைப்படி, சூரிய



படம் 6.26 கோள்களின் பெருவட்டத்தின் மேல் அமையும் சிறுவட்ட இயக்கம்

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 31
25-08-2020 11:36:29

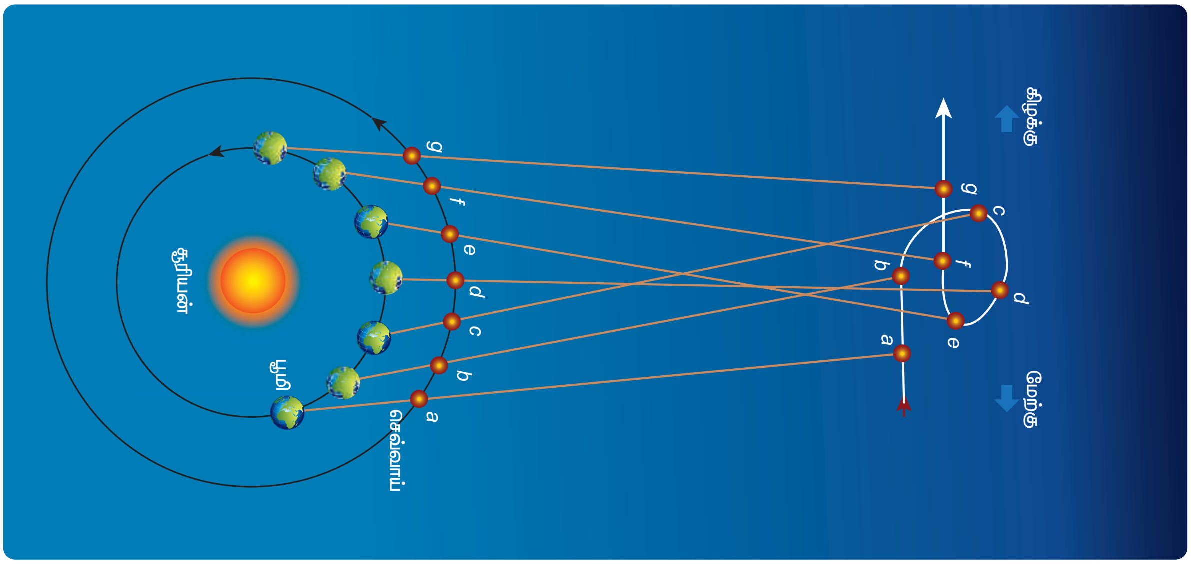
குடும்ப அமைப்பின் மையம் சூரியனே. அனைத்து கோள்களும் சூரியனைச் சுற்றி வருகின்றன. புவியினைச் சார்ந்து கோள்களின் சார்பு இயக்கத்தின் காரணமாக கோள்கள் "பின் நோக்கி செல்வது போன்ற இயக்கத்தை" (Retrograde motion) பெறுகின்றன. சூரிய மையக் கொள்கையின் அடிப்படையில் கோள்களின் இந்த பின்நோக்கி செல்வது போன்ற இயக்கம் படம் 6.27 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

புவியானது செவ்வாய் கோளை விட விரைவாக சூரியனை சுற்றி வருகிறது. புவிக்கும் செவ்வாய்கோளுக்கும் இடையேயான சார்பு இயக்கத்தின் (Relative motion) காரணமாக ஜுலை முதல் அக்டோபர் வரை செவ்வாய் கோள் பின்நோக்கி செல்வது போல தோன்றுகிறது. இதே போல பிற கோள்களின் பின்னோக்கு இயக்கங்களையும் கோபர் நிகஸின் சூரிய மையக் கொள்கையால் விளக்க முடிந்தது. இந்த எளிமைத் தன்மையின் காரணமாகவே சூரிய மையக் கொள்கை புவி மையக் கொள்கைக்கு பதிலாக படிப்படியாக ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டது. இயற்கை நிகழ்வுகளுக்கு ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட விளக்கங்கள் தரப்படும் போது, எளிமையான விளக்கமே அல்லது மாதிரியே பொதுவாக ஏற்றுக்கொள்ளப்படும். மேற்கூறிய கருத்து மட்டுமல்லாது, தாலமியின் கொள்கைக்கு பதிலாக கோபர்நிகஸ் கொள்கை ஏற்றுக் கொள்ளபட்டதற்கான விரிவான விளக்கத்தை வானியல் நூல்களில் காணலாம்.

K7X8UZ

செயல்பாடு

மாணவர்கள் செவ்வாயின் இயக்கத்தை வெறும் கண்களால் உற்று நோக்கி அதன் பின்நோக்கு இயக்கத்தை கண்டறியலாம். இதனை கண்டறிய 6 முதல் 7 மாத காலம் தேவைப்படும். எனவே ஜுன் மாதம் முதல் ஆரம்பித்து அடுத்த ஆண்டு ஏப்ரல் மாதம் வரை மாணவன் இரவு வானத்தை உற்றுக் கவனிக்க வேண்டும். பெயருக்கு ஏற்ப சிவந்த நிறமுடைய இக்கோள் விண்ணில் நன்கு ஒளிர்ந்து காணப்படும். விண்ணில் செவ்வாய் கோளின் நிலை அறிய "Google" உதவியை நாடலாம்.



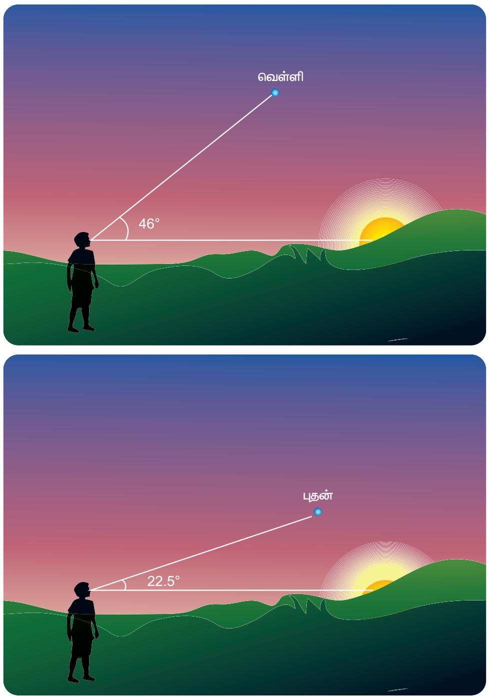
படம் 6.27 சூரியமையக் கொள்கைப்படி பின்நோக்கி செல்வது போல தோன்றும் இயக்கம் (Retrograde motion)

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 32 25-08-2020 11:36:29

6.5.2 கெப்ளரின் மூன்றாம் விதியும் வானியல் தொலைவுகளும்

கெப்ளர் தனது மூன்று விதிகளையும் தருவிப்பதற்கு டைகோ பிராஹேவின் வானியல் தரவுகளை முழுமையாகப் பயன்படுத்தினார். தனது மூன்றாம் விதியில் சூரியனுக்கும் கோளுக்கும் இடையேயான தொலைவுக்கும், கோளின் சுற்றுக் காலத்திற்கும் உள்ள தொடர்பினை தருவித்தார். வானியல் அறிஞர்கள் வடிவியல் மற்றும் முக்கோணவியலின் உதவியுடன் ஒரு கோளுக்கும் சூரியனுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவினை புவிக்கும் சூரியனுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவின் (வானியல் அலகு) மடங்காகக் கண்டறிந்தார்கள். இங்கு சூரியனிலிருந்து புதன் மற்றும் வெள்ளியின் தொலைவு கண்டறியப்பட்ட விதத்தை காண்போம். புதன் மற்றும் வெள்ளி கோள்கள் உள் கோள்கள் எனப்படுகின்றன. பூமியிலிருந்து பார்க்கும்போது சூரியனுக்கும் வெள்ளிக் கோளுக்கும் இடையே உள்ள அதிகபட்ச கோணம் 46° ஆகும். அதேபோல புதன் கோளுக்கும் சூரியனுக்கும் இடையே உள்ள அதிகபட்ச கோணம் 22.5° ஆகும்.

புவியைப் பொறுத்து வெள்ளிக்கோள் பெரும நீட்சி நிலையில் (46°) உள்ளபோது, சூரியனுக்கும், வெள்ளிக்கும் உள்ள கோட்டுக்கும், வெள்ளிக்கும் பூமிக்கும் உள்ள கோட்டுக்கும் இடையே உள்ள கோணம் 90° ஆகும். இதன் மூலம் புவிக்கும் சூரியனுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு காணலாம். புவிக்கும் சூரியனுக்கும் உள்ள தொலைவு ஒரு வானியல் அலகு (1 AU) என்று எடுத்துக் கொள்ளலாம்.



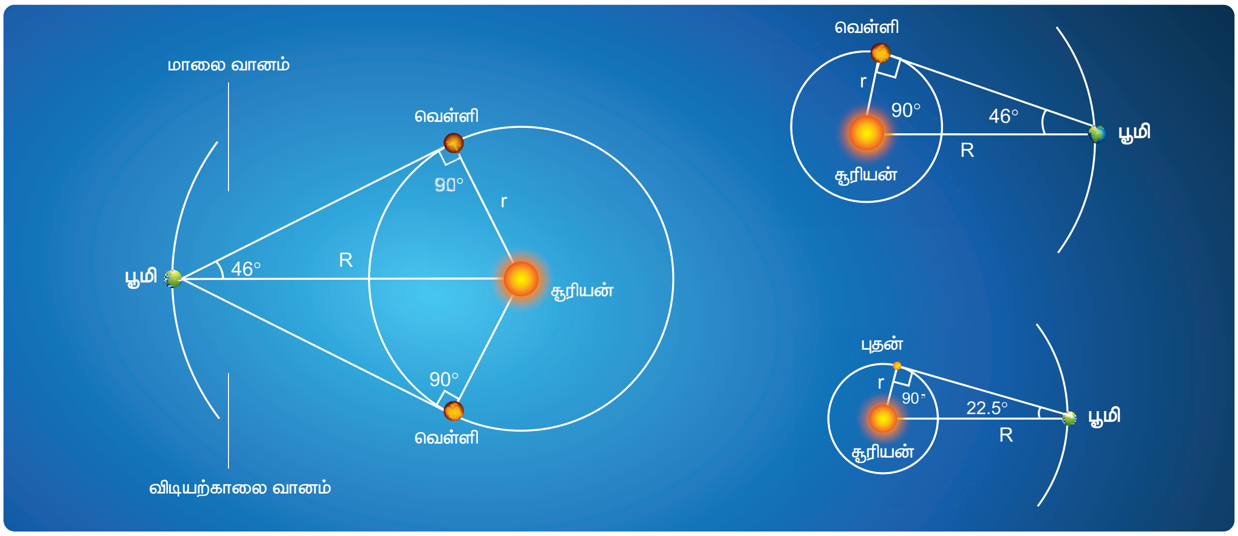
படம் 6.28 அடிவானத்திலிருந்து வெள்ளியின் ஏற்றக் கோணம்

திரிகோணமிதி கொள்கைப்படி படம் 6.29 இல் உள்ள செங்கோண முக்கோணத்தில்

$$\sin\theta = \frac{r}{R}$$

இங்கு R = 1 AU.

$$r = R\sin\theta = (1AU)(\sin 46^\circ)$$



படம் 6.29 அடிவானத்திலிருந்து வெள்ளி மற்றும் புதனின் ஏற்றக்கோணம்

$\sin 46^\circ = 0.72$ என்பதிலிருந்து வெள்ளி சூரியனிலிருந்து 0.72 AU தொலைவில் உள்ளது என கணக்கிடப்பட்டது. இதே போல் $\theta = 22.5^\circ$ என பிரதியிட்டு புதனுக்கும் சூரியனுக்கும் உள்ள தொலைவு 0.38 AU என கணக்கிடப்பட்டது. வெளிக்கோள்களான செவ்வாய் மற்றும் வியாழன் போன்ற கோள்களின் தொலைவானது சற்று மாறுபட்ட முறையில் கண்டறியப்பட்டன. அட்டவணை 6.2 இல் சூரியனுக்கும் கோள்களுக்கும் உள்ள தொலைவுகள் தரப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 6.2 வெவ்வேறு கோள்களுக்கான $\frac{a^3}{T^2}$

கோள்கள்	சுற்றுப்பாதை ஆரம் (a)	சுற்றுக்காலம் T (நாட்கள்)	a^3/T^2
புதன்	0.389 AU	87.77	7.64
வெள்ளி	0.724 AU	224.70	7.52
புவி	1.000 AU	365.25	7.50
செவ்வாய்	1.524 AU	686.98	7.50
வியாழன்	5.200 AU	4332.62	7.49
சனி	9.510 AU	10,759.20	7.40

இதிலிருந்து கெப்ளர் விதியைச் சரிபார்க்க உயர்நிலைப் பள்ளியில் கற்கும் வடிவியல் மற்றும் முக்கோணவியல் கருத்துக்களே போதுமானவை என்பது நன்கு தெரிகிறது.

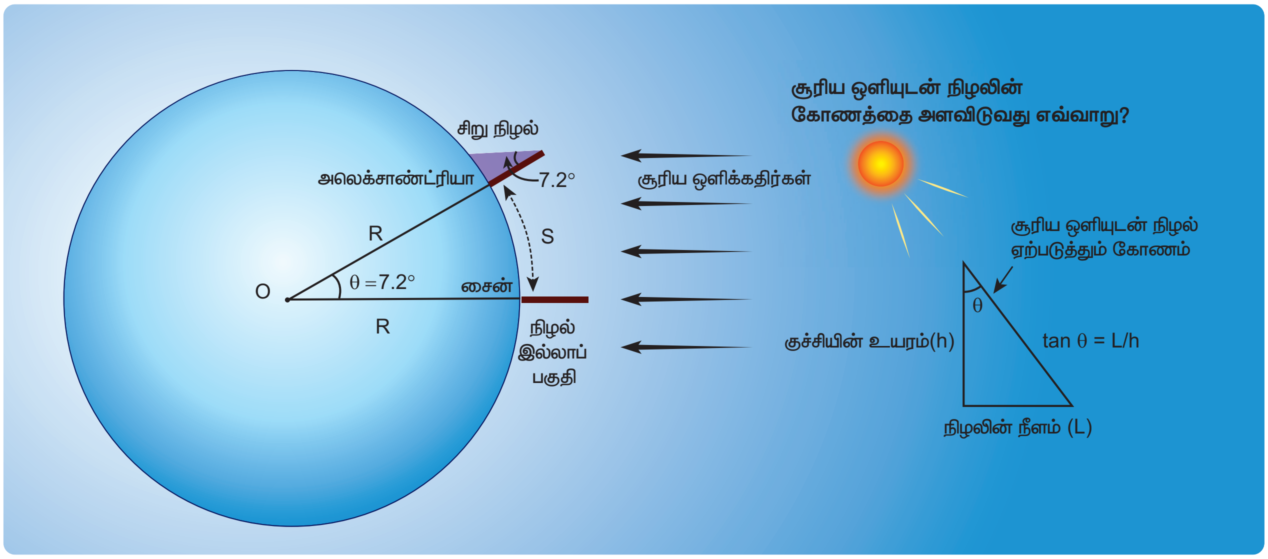
K874WH

செயல்பாடு

வெள்ளியினை தொலைநோக்கி துணையின்றி வெறும் கண்களால் காண இயலும். சூரிய உதயம் மற்றும் மறைவின் போது வெள்ளியினை நாம் காணலாம். மாணவர்கள் வெள்ளியின் இயக்கத்தினை தொடர்ந்து உற்று நோக்கிட வேண்டும். அதன் மூலம் அதன் பெரும ஏற்றக்கோணம் 46° என்பதை உறுதி செய்க. மேலும் சூரியனிலிருந்து வெள்ளி உள்ள தொலைவை அளவீடு செய்க. வெள்ளியின் நிலையினை கூகுள் (அல்லது) ஸ்டெல்லாரியம் (Stellarium) செயலி மூலமாக கண்டறியலாம்.

6.5.3 புவியின் ஆரத்தை அளத்தல்:

கி. மு. 225 ல் அலேக்ஸாண்ட்ரியா (Alexandria) வில் வாழ்ந்த கிரேக்க நூலகர் எரட்டோஸ்தனீஸ் ("Eratos thenes") புவியின் ஆரத்தை முதன்முதலில் அளந்தார். தற்போது நவீன முறையில் கண்டறியப்பட்ட



படம் 6.30 புவியின் ஆரத்தை அளத்தல்

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 34 25-08-2020 11:36:31

மதிப்புடன் ஒப்பிட இம்மதிப்பு கிட்டத்தட்ட துல்லியமாக அமைந்துள்ளது. எரட்டோஸ்தனீஸ் பயன்படுத்திய கணக்கீட்டுக்கு தேவையான கணிதம் இன்று உயர்நிலை வகுப்பில் சொல்லித் தரப்படுகிறது. கோடை சூரிய திருப்பு முக நிலையில் (சூரியன் தன் இயக்க திசையை மாற்றும் நாள்) (Solstice) நண்பகலில் சைன் (Syene) நகரில் சூரிய ஒளி நிழல் ஏற்படுத்தாதைக் கண்டார். அதே நேரத்தில் சையென் நகரிலிருந்து 500 மைல் தொலைவில் உள்ள அலெக்ஸாண்ட்ரியா நகரில் செங்குத்துத் திசைக்கு 7.2° சாய்வாக சூரிய ஒளி நிழல் விழுகிறது எனக் கண்டார் (படம் 6.30)

7.2 டிகிரி வேறுபாடு ஏற்படக் காரணம் புவியின் மேற்பரப்பு வளைந்து காணப்படுவதே என உணர்ந்தார்.

இந்த கோணம் $7.2° = \frac{1}{8}$ ரேடியன்

சைன் மற்றும் அலெக்சாண்டிரியா நகருக்கு இடையேயான வட்டவில்லின் நீளம் S என்க.

மேலும் புவியின் ஆரம் R எனில்

$$S = R\theta = 500 \text{ மைல்},$$

$$\text{புவியின் ஆரம் } R = \frac{500}{\theta} \text{ மைல்}$$

$$R = \frac{500}{\left(\frac{1}{8}\right)} \text{ மைல்}$$

$$R = 4000 \text{ மைல்}$$

1 மைல் = 1.609 km. எனவே அவர் புவியின் ஆரம் R = 6436 km எனக் கணக்கிட்டார். வியப்பளிக்கும் வண்ணம் இம்மதிப்பு தற்போது கண்டறியப்பட்ட மதிப்பான 6378 km க்கு மிக அருகே உள்ளது.

3 ஆம் நூற்றாண்டில் கிரேக்க நாட்டு வானியல் அறிஞர் ஹிப்பார்க்கஸ் புவிக்கும் நிலவுக்கும் உள்ள தொலைவினை கண்டறிந்தார்.

K8FZYA

செயல்பாடு

புவியின் ஆரத்தை அளப்பதற்கு, குறைந்தது 500 km தொலைவில் அமைந்த இரு இடங்களை (பள்ளிகளை) தேர்ந்தெடுக்கவும். இவ்விடங்கள் ஒரே தீர்க்க ரேகையால் (longitude) அமைந்திருக்க வேண்டும். (எடுத்துக்காட்டாக ஒசூரும் கன்னியாகுமரியும் ஒரே குறுக்கு கோட்டில் 77.82° E) அமைந்துள்ளன. h உயரம் உடைய குச்சியை ஒரு மைதானத்தில் செங்குத்தாக நிறுத்தவும். மிகச் சரியாக நண்பகல் வேளையில் இரு இடங்களிலும் கம்பத்தின் நிழலின் நீளத்தை (L) அளவிடவும். படம் 6.30 ல் காட்டியுள்ளபடி படம் வரைக. $\tan\theta = \frac{L}{h}$ சமன்பாட்டை பயன்படுத்தி ஒவ்வொரு இடத்திலும் கோணத்தின் மதிப்பை (ரேடியனில்)கண்டறிக.இருகோணங்களுக்கும் உள்ள இடையே வேறுபாடு (θ') புவிப்பரப்பு வளைந்துள்ளதால் ஏற்படுகிறது. கூகுள் மேப் மூலம் இரு இடங்களுக்கிடையேயான தொலைவினை கண்டறிக. தொலைவினை இக்கோண வேறுபாட்டால் வகுக்க புவியின் ஆரத்தினை கண்டறியலாம்.

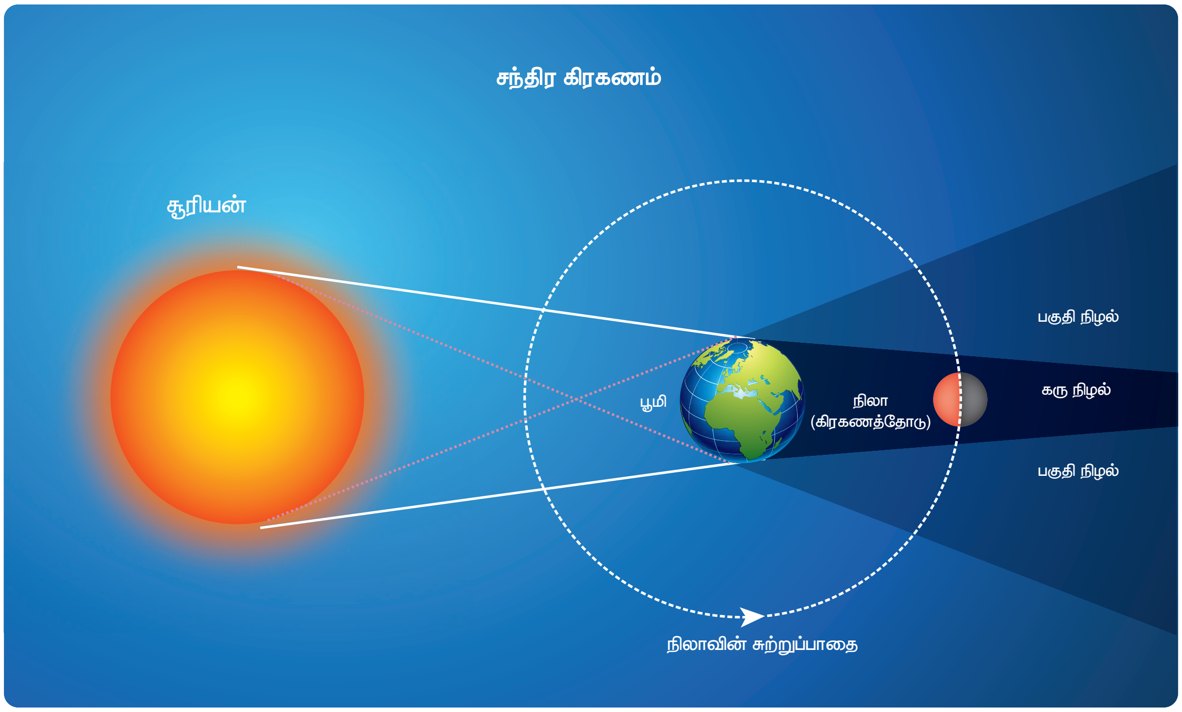
6.5.4 வியப்பூட்டும் வானியல் உண்மைகள்

1. **சந்திர கிரகணம் மற்றும் புவியின் நிழலின் ஆரம் அளவிடுதலும்**

2018 ஜனவரி 31, அன்று முழு சந்திர கிரகணம் நடைபெற்றதை தமிழகம் உட்பட பல இடங்களில் உற்று நோக்கி பதிவு செய்யப்பட்டது. நிலா புவியின் நிழலைக் கடக்கும்போது, இப்புவி நிழலின் ஆரத்தை அளவீடு செய்யலாம். படம் 6.31 ல் இம்முறை விளக்கப்பட்டுள்ளது.

புவியின் கருநிழல் பகுதியில் நிலா உள்ளபோது சிவப்பு நிறத்தில் நிலா தெரியும். புவியின் கருநிழல் பகுதியினை விட்டு நிலா வெளியேறிய உடனே அது பிறைநிலவு போல தோன்றும். அவ்வாறு நிலா வெளியேறும்போது

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 35 25-08-2020 11:36:32

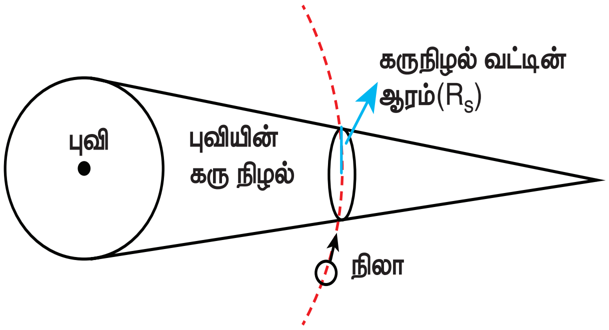


படம் 6.31 முழு சந்திர கிரகணம்

டிஜிட்டல் கேமரா மூலம் எடுக்கப்பட்ட நிழல் படத்தை (படம் 6.32) பார்க்கவும்.

படம் 6.32 புவியின் கருநிழல் பகுதியினை விட்டு நிலா வெளியேறும் போது

படம் (6.32) இலிருந்து புவி கரு நிழலின் தோற்ற ஆரம் மற்றும் நிலாவின் தோற்ற ஆரம் (படம் 6.33) ஆகியவற்றை அளக்கலாம். பின்பு அவற்றின் தகவு கணக்கிடலாம். (படம் 6.33 மற்றும் படம் 6.34)



படம் 6.33 கருநிழல் ஆரம் பற்றிய திட்ட வரைபடம்

நிழற்படத்தில் புவியின் கருநிழலின் தோற்ற ஆரம் (apparent radius) = R_s = 13.2 cm

நிழற்படத்தில் நிலாவின் தோற்ற ஆரம் (apparent radius) = R_m = 5.15 cm

இந்த ஆரங்களின் தகவு $\frac{R_s}{R_m} \approx 2.56$

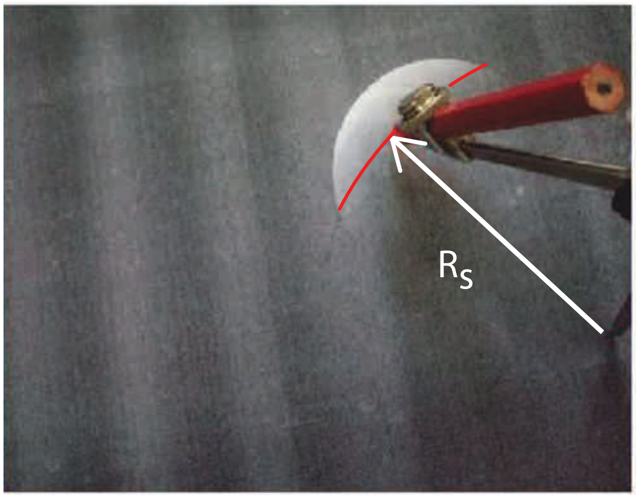
புவியின் கருநிழலின் ஆரம் $R_s = 2.56 \times R_m$

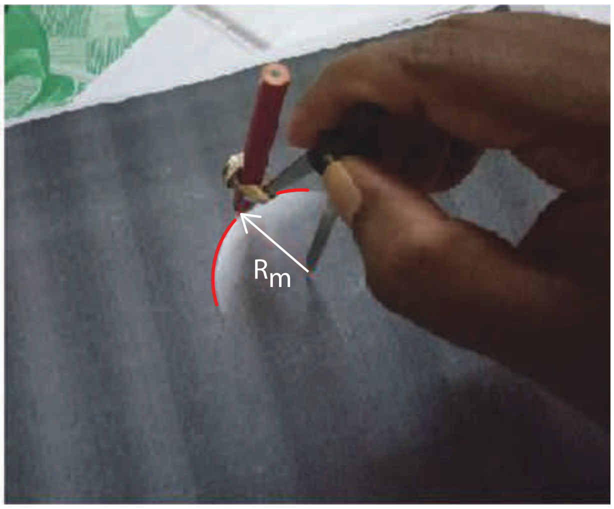
நிலாவின் ஆரம் $R_m = 1737\,km$

புவி கருநிழலின் ஆரம்

$R_s = 2.56 \times 1737\,km \cong 4446\,km$.

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 36 25-08-2020 11:36:34





படம் 6.34 புவியின் கருநிழல் ஆரம் அளத்தல்

ஆரத்தின் சரியான அளவு = 4610 km.

கணக்கீட்டில் சதவீதப் பிழை

$$= \frac{4610 - 4446}{4610} \times 100 = 3.5\%.$$

உயர்திறன் தொலை நோக்கி மூலம் படங்கள் எடுக்கப்பட்டால் பிழையின் அளவு குறையும். எளிய கணித செயல்பாட்டின் மூலம் இந்த கணக்கீடு செய்யப்பட்டுள்ளது என்பது கவனிக்கத்தக்கது.

சந்திர கிரகணத்தின் போது நிலாவின் மீது விழும் புவியின் நிழலின் வடிவத்தை உற்றுநோக்கி புவியானது கோளக வடிவமுடையது என வானியல் அறிஞர்கள் வெகு காலத்திற்கு முன்பே நிரூபித்தனர்.

2. ஒவ்வொரு மாதமும் சூரிய கிரகணம் மற்றும் சந்திரகிரகணம் இரண்டுமே தோன்றுவதில்லை ஏன்?

முழு நிலவு நாளின் போது நிலவின் சுற்றுப்பாதையும் புவியின் சுற்றுப்பாதையும் ஒரே தளத்தில் அமைந்தால் சந்திரகிரகணம் தோன்றும். அதேபோல் அமாவாசை அன்றும் அமைந்தால் சூரிய கிரகணம் தோன்றும். ஆனால் நிலாவின் சுற்று பாதையானது புவியின் சுற்றுப்பாதைத்தளத்திலிருந்து 5° சாய்ந்து காணப்படுகிறது. இந்த 5° சாய்வு உள்ளதால், ஆண்டின் ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் மட்டுமே சூரியன், புவி மற்றும் நிலவு ஆகியவை ஒரே நேர்கோட்டில் அமைகின்றன. அவ்வாறு அமையும் பொழுது மட்டுமே இம்மூன்றின் நிலையினைப் பொறுத்து சந்திர கிரகணமோ அல்லது சூரிய கிரகணமோ ஏற்படும். இது படம் (6.35) ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

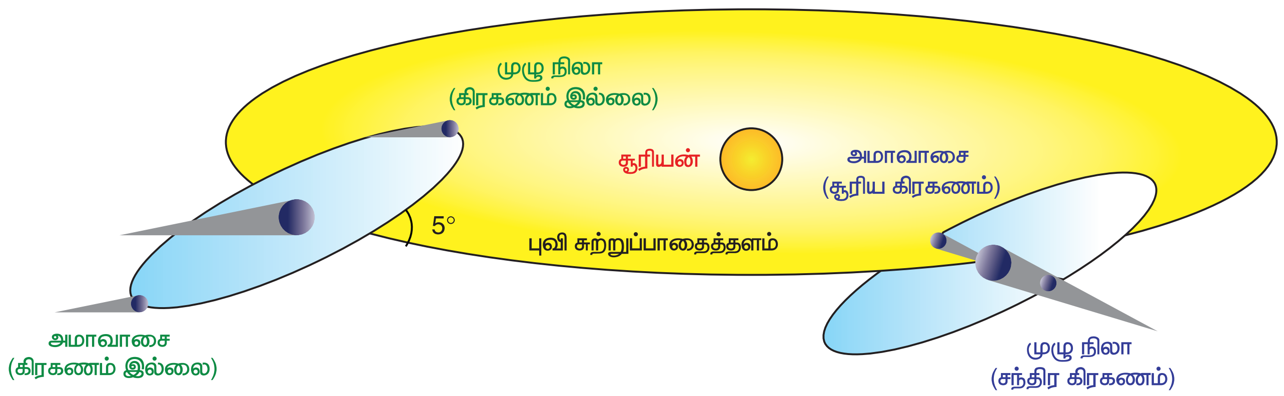
3. புவியில் பருவ காலங்கள் தோன்றுவது ஏன்?

சூரியனை புவி நீள்வட்டப்பாதையில் சுற்றுகிறது. எனவே சூரியனுக்கு அண்மையில் புவி உள்ளபோது கோடைகாலமும் சேய்மையில் உள்ளபோது குளிர்காலமும் தோன்றுகிறது" என்பது தவறான கருத்தாகும். உண்மையில் புவியானது சூரியனை 23.5° கோண சாய்வுடன் சுற்றி வருவதாலேயே பருவ காலங்கள் தோன்றுகின்றன. இது படம் 6.36 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

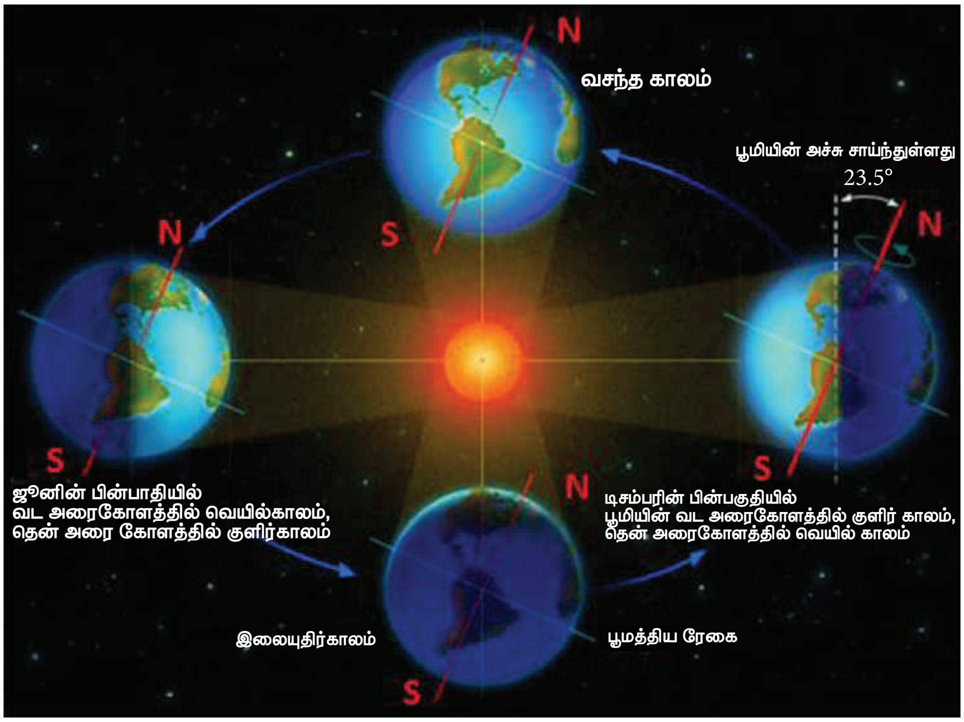
23.5° சாய்வின் காரணமாக புவியின் வடகோளப்பகுதி சூரியனுக்குவெகுதொலைவில் உள்ளபோது, புவியின் தென்கோளப்பகுதி சூரியனுக்கு அருகில் அமையும். எனவே வடகோளப்பகுதியில் குளிர்காலமாக உள்ளபோது, தென்கோளப்பகுதியில் கோடை காலமாக இருக்கும்.

4. விண்மீனின் தோற்ற இயக்கமும் புவியின் சுழற்சியும்

இரவு நேரங்களில் விண்மீன்கள் நகர்வது போது தோன்றுவதை உற்று நோக்குவதன் மூலம் புவி தன்னைத்தானே சுழல்கிறது என நிரூபிக்கலாம். புவியின் தற்சுழற்சி



படம் 6.35 நிலாவின் சுற்றுப்பாதையின் சாய்வு



படம் 6.36 புவியின் பருவகாலம்

காரணமாகவே துருவ விண்மீனை மற்ற விண்மீன்கள் வட்டப்பாதையில் சுற்றி வருவது போல தோன்றுகிறது (படம் 6.37)

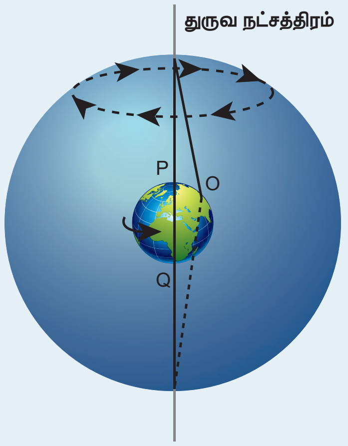
குறிப்பு புவியின் சுழற்சி அச்சுக்கு நேராக துருவ விண்மீன் அமைந்துள்ளதால் அவ்விண்மீன் நிலையானதாக தோன்றுகிறது. போலாரிஸ் விண்மீனே (Polaris) துருவ விண்மீன் ஆகும்.

சிந்தனைக்கு

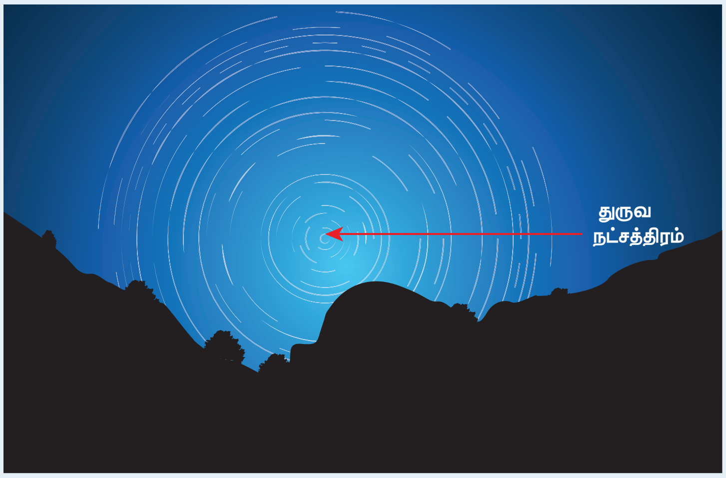
சூரிய ஒளிக்கதிர்களையும் மற்றும் நிழலினையும் பயன்படுத்தி புவியானது 23.5° சாய்ந்துள்ளது என எவ்வாறு நிரூபிப்பாய்?

6.5.5 வானியல் மற்றும் ஈர்ப்பியலில் சமீபத்திய வளர்ச்சிகள்:

19 ஆம் நூற்றாண்டு வரை வானியலானது வெறும் கண்களால் அல்லது தொலைநோக்கி



அச்சை பொருத்து சுழலும் பூமியின் சுழற்சியானது நட்சத்திரங்களின் தோற்ற சுழற்சியை (apparent rotation) விளக்குகிறது



நாம் நட்சத்திரங்களை உற்று நோக்கினால், அது தனது நிலையை மெதுவாக மாற்றுவதையும், ஒரு இரவில் முழு வட்டப்பாதையில் சுற்றுவது போலவும் காணலாம்.

படம் 6.37 புவியின் தற்சுழற்சி காரணமாக விண்மீனின் தோற்ற வட்டப்பாதை இயக்கம்

மூலம் உற்று நோக்கப்படுதலை சார்ந்து இருந்தது. 19 ஆம் நூற்றாண்டின் முடிவில் மின்காந்த அலைகளின் நிறமாலை கண்டறியப்பட்டவுடன் பிரபஞ்சத்தைப் பற்றிய நமது புரிதல் பெருமளவில் அதிகரித்தது. 19 ஆம் நூற்றாண்டின் இறுதியில் ஏற்பட்ட இந்த வளர்ச்சியால் நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதியால் சில நிகழ்வுகள் மற்றும் முரண்பாடுகளை விளக்க முடியவில்லை என கண்டறியப்பட்டது. ஈர்ப்பியல் துறையில் 20 ஆம் நூற்றாண்டின் மிகச் சிறந்த கொள்கைகளில் ஒன்றான "பொது சார்பியல் தத்துவம்" ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீனால் உருவாக்கப்பட்டது.

இருபதாம் நூற்றாண்டில் வானியலும் ஈர்ப்பியலும் ஒன்றிணைந்தன. மேலும் பல மடங்கு வளர்ச்சி அடைந்தன. விண்மீன் தோற்றமும் மறைவும் எவ்வாறு ஏற்படுகிறது என்பது நன்கு புரிந்து கொள்ளப்பட்டது. வான் இயற்பியல் மற்றும் ஈர்ப்பியல் துறைகளில் இந்திய இயற்பியல் அறிஞர்கள் முக்கிய பங்களிப்புகள் அளித்திருக்கின்றனர். கருந்துளை மற்றும் விண்மீனின் மறைவு பற்றிய கொள்கையினை சுப்பிரமணியன் சந்திரசேகர் உருவாக்கினார். இதற்காக 1983 இல் நோபல் பரிசு பெற்றார். இந்திய வானியல் அறிஞர்களில் குறிப்பிடத்தக்கவரான மேக்நாட் சாகா (Meghanad saha) விண்மீன்களில் நடைபெறும் அயனியாக்கத்திற்கு உரிய சமன்பாட்டை கண்டுபிடித்தார். இது "சாகாவின் அயனியாக்கச் சமன்பாடு" எனப்படும். இச்சமன்பாடு விண்மீன்களை வகைப்படுத்த உதவுகிறது. அமல் குமார் சௌத்ரி (Amal Kumar Ray – Choudhuri) உருவாக்கிய "ராய் – சௌத்ரி சமன்பாடும்" ஈர்ப்பியல் துறைக்கு மிக சிறந்த பங்களிப்பாகும். இன்னொரு முக்கிய இந்திய வானியற்பியலரான ஜெயந்த் வி.நர்லிகர் (Jayand V.Narlikar) வானியற்பியலில் முன்னோடியான பல பங்களிப்புகளை தந்துள்ளார். மேலும் வானியல் மற்றும் வானியற்பியல் பற்றிய ஆர்வத்தைத் தூண்டும் நூல்கள் பல எழுதியுள்ளார்.

IUCAA (Inter University Center for Astronomy and Astrophysics) என்ற ஆராய்ச்சி நிறுவனம் பேராசிரியர் ஜெயந்த் வி.நர்லிகரால் ஆரம்பிக்கப்பட்டது. இந்நிறுவனம் மூலம் வானியல் மற்றும் ஈர்ப்பியல் துறைகளில் பல்வேறு ஆய்வுகள் நடைபெற்று வருகின்றன. மாணவர்கள் இத்துறைகளில் ஏற்பட்டுள்ள வளர்ச்சிகள் பற்றி நூலகம் சென்று மேலும் அறிந்து கொள்ள வேண்டும்.

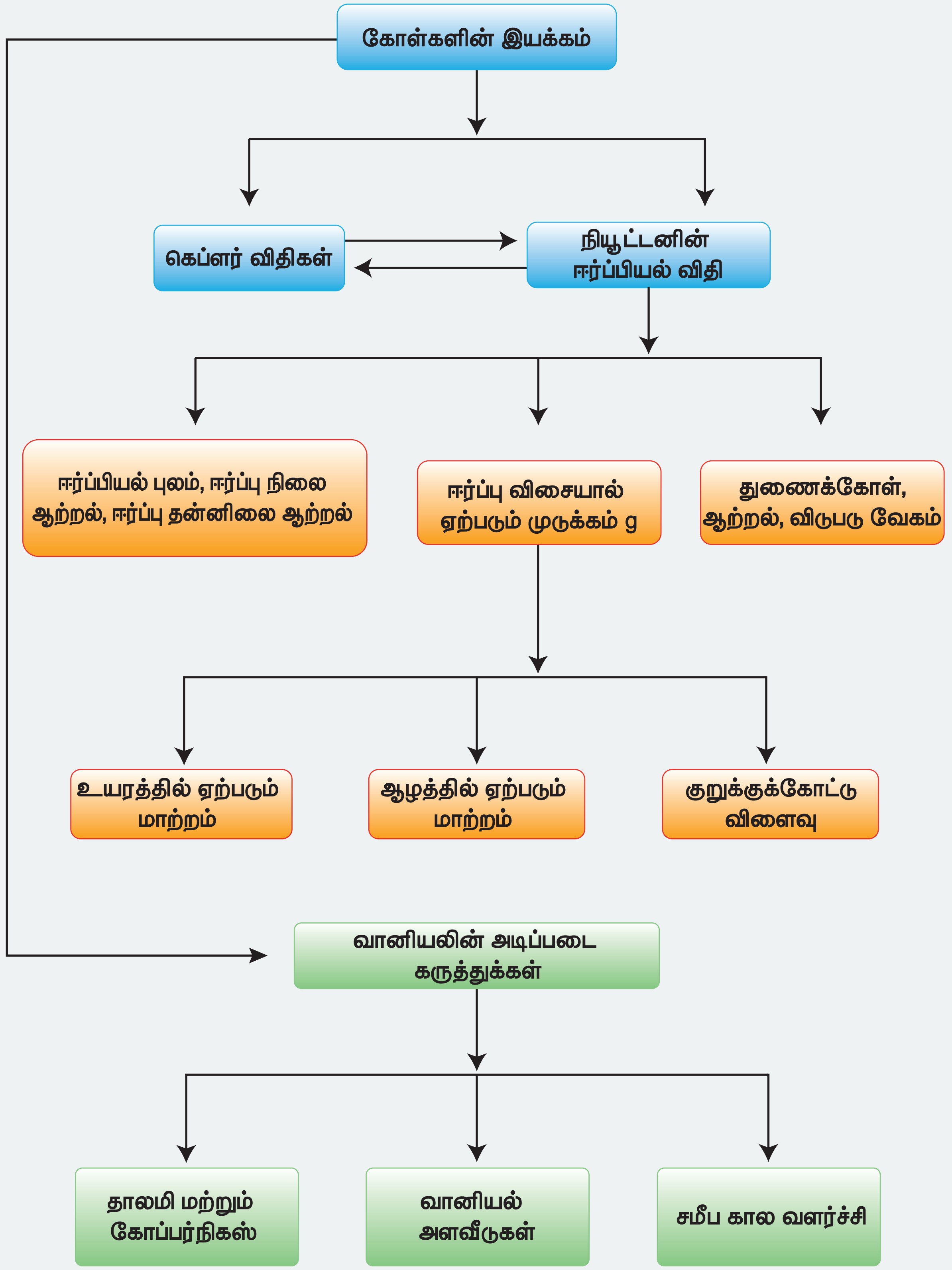
UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 39 25-08-2020 11:36:35

பாடச்சுருக்கம்

- கெப்ளரின் விதிகளின் மூலம் கோள்களின் இயக்கத்தை விளக்க முடியும்.
- **கெப்ளர் முதல் விதி :** சூரியனை ஒரு குவியமாகக் கொண்டு சூரிய குடும்பத்தில் உள்ள ஒவ்வொரு கோளும் அதனை நீள்வட்டப்பாதையில் சுற்றி வருகின்றன.
- **கெப்ளர் இரண்டாம் விதி :** சூரியனையும் கோளையும் இணைக்கும் ஆரவெக்டர் சமகால இடைவெளியில் சமபரப்புகளை ஏற்படுத்தும்.
- **கெப்ளர் மூன்றாம் விதி :** கோளின் சுற்றுக்காலங்களின் இருமடிக்கும் மற்றும் சுற்றுப்பாதையின் அரை நெட்டச்சின் மும்மடிக்கும் இடையேயான தகவு அனைத்து கோள்களுக்கும் மாறிலியாக இருக்கும்.
- **நியுட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதி :** இரு நிறைகளுக்கிடையேயான ஈர்ப்பியல் விசையானது அவற்றின் நிறைகளின் பெருக்கல் பலனுக்கு நேர்த்தகவிலும், அவற்றுக்கு இடையேயான தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும். வெக்டர் வடிவில் $\vec{F} = -\frac{Gm_1m_2}{r^2}\hat{r}$
- நிறை m ஆல் r தொலைவில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் ஈர்ப்பு புலச் செறிவு $\vec{E} = -\frac{Gm}{r^2}\hat{r}$. இது ஒரு வெக்டர் அளவு.
- இரு நிறைகளுடைய அமைப்பின் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் $U = -\frac{Gm_1m_2}{r}$. இது ஸ்கேலர் அளவு ஆகும்.
- நிறை m ஆல் r தொலைவில் ஏற்படும் ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் $V = -\frac{Gm}{r}$. இது ஒரு ஸ்கேலார் அளவு.
- உயரம் அதிகரித்தாலோ அல்லது ஆழம் அதிகரித்தாலோ புவிஈர்ப்பு முடுக்கம் g யின் மதிப்பானது குறையும்.
- புவியின் சுழற்சியின் காரணமாக ஈர்ப்பின் முடுக்கம் துருவப்பகுதிகளில் பெருமமாகவும், நடுவரைக்கோட்டுப்பகுதிகளில் சிறுமமாகவும் இருக்கும்.
- புவிபரப்பிலிருந்து தப்பி செல்ல ஒரு பொருளின் விடுபடு வேகம் $v_e = \sqrt{2gR_e}$. இது எறியப்படும் பொருளின் நிறையை சார்ந்தது அல்ல.
- துணைக் கோளின் ஆற்றல் எதிர்க்குறி மதிப்பு உடையது. இது துணைக்கோளானது புவியின் ஈர்ப்பியல் விசையால் பிணைக்கப்பட்டுள்ளதை குறிக்கின்றது.
- பின்நோக்கிச் செல்வது போல தோன்றும் இயக்கமானது கோள்களுக்கிடையேயான சார்பு இயக்கத்தால் ஏற்படுவது என்பதை கோபர்நிக்கஸின் மாதிரி விளக்கியது. சிக்கலான தாலமியின் பெருவட்டத்தின்மேல் அமையும் சிறுவட்ட சுழற்சி விளக்கத்தை விட இம்மாதிரியானது எளிமையான விளக்கத்தை தந்தது.
- வடிவியல் மற்றும் முக்கோணவியல் ஆகியவற்றின் உதவியால் கோபர்நிகஸ்சும் கெப்ளரும் கோளுக்கும் சூரியனுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவை அளந்தனர்.
- எளிய வடிவியல் மற்றும் முக்கோணவியல் கோட்பாடுகள் மூலம் 2400 ஆண்டுகளுக்கு முன்பே எரட்டோஸ்தனீஸ் புவியின் ஆரத்தை அளந்தார்.

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 40 25-08-2020 11:36:36

கருத்து வரைபடம்



UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 41 25-08-2020 11:36:36

பயிற்சி வினாக்கள்

I. சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக.

1. கோளின் நிலை வெக்டரும் நேர்க்கோட்டு உந்தமும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக அமைவது
   (a) அண்மை நிலை மற்றும் சேய்மை நிலையிலும்
   (b) அனைத்து புள்ளிகளிலும்
   (c) அண்மை நிலையில் மட்டும்
   (d) எப்புள்ளியிலும் அல்ல

2. திடீரென புவி மற்றும் சூரியனின் நிறைகள் இருமடங்காக மாறினால், அவைகளுக்கிடையேயான ஈர்ப்பியல் விசை
   (a) மாறாது
   (b) 2 மடங்கு அதிகரிக்கும்
   (c) 4 மடங்கு அதிகரிக்கும்
   (d) 2 மடங்கு குறையும்

K8PVZX

3. சூரியனை ஒரு கோள் நீள்வட்டப்பாதையில் சுற்றி வருகிறது. கோளின் அண்மை தொலைவு (r_1) மற்றும் சேய்மைத்தொலைவு (r_2) களில் திசைவேகங்கள் முறையே v_1 மற்றும் v_2 எனில் $\frac{v_1}{v_2} =$

   (NEET 2016)

   (a) $\frac{r_2}{r_1}$ (b) $\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$
   (c) $\frac{r_1}{r_2}$ (d) $\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$

4. புவியினை வட்டப்பாதையில் சுற்றிவரும் துணைக்கோளின் சுற்றுக்காலம் எதனை சார்ந்தது அல்ல?
   (a) சுற்றுப்பாதையின் ஆரம்
   (b) துணைக்கோளின் நிறை
   (c) சுற்றுப்பாதையின் ஆரம் மற்றும் துணைக்கோளின் நிறை ஆகிய இரண்டையும்
   (d) சுற்றுப்பாதையின் ஆரம் மற்றும் துணைக்கோளின் நிறை ஆகிய இரண்டையும் அல்ல

5. புவிக்கும் சூரியனுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு இருமடங்கானால், ஓராண்டு என்பது எத்தனை நாட்கள்
   (a) 64.5 (b) 1032
   (c) 182.5 (c) 730

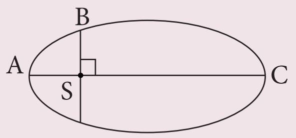
6. கெப்ளரின் இரண்டாம் விதிப்படி சூரியனையும் கோளையும் இணைக்கும் ஆர வெக்டர் சமகால அளவில் சமபரப்புகளை ஏற்படுத்துகின்றன. இவ்விதியானது ________ மாறா விதிப்படி அமைந்துள்ளது.
   (a) நேர்க்கோட்டு உந்தம் (Linear momentum)
   (b) கோண உந்தம் (Angular momentum)
   (c) ஆற்றல்
   (d) இயக்க ஆற்றல்

7. புவியினைப் பொறுத்து நிலவின் ஈர்ப்புநிலை ஆற்றல்
   (a) எப்பொழுதும் நேர்க்குறி உடையது
   (b) எப்பொழுதும எதிர்க்குறி உடையது
   (c) நேர்க்குறியாகவோ அல்லது எதிர்க்குறியாகவோ அமையும்
   (d) எப்பொழுதும் சுழி

8. சூரியனை நீள்வட்டப்பாதையில் சுற்றி வரும் கோள் ஒன்று A, B மற்றும் C ஆகிய நிலைகளில் பெற்றுள்ள இயக்க ஆற்றல்கள் முறையே K_A, K_B மற்றும் K_C ஆகும். இங்கு நெட்டச்சு AC மற்றும் SB யானது சூரியனின் நிலை S–ல் வரையப்படும் செங்குத்து எனில்,

   (NEET 2018)

   (a) $K_A > K_B > K_C$
   (b) $K_B < K_A < K_C$
   (c) $K_A < K_B < K_C$
   (d) $K_B > K_A > K_C$



UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 42 25-08-2020 11:36:37

9. புவியின் மீது சூரியனின் ஈர்ப்பியல் விசை செய்யும் வேலை
   (a) எப்பொழுதும் சுழி
   (b) எப்பொழுதும் நேர்குறி உடையது
   (c) நேர்க்குறியாகவோ அல்லது எதிர்க்குறியாகவோ அமையும்
   (d) எப்பொழுதும் எதிர்குறி உடையது
10. புவியின் நிறையும் ஆரமும் இருமடங்கானால் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் g
   (a) மாறாது (b) $\frac{g}{2}$
   (c) $2g$ (d) $4g$
11. புவியினால் உணரப்படும் சூரியனின் ஈர்ப்பு புலத்தின் எண்மதிப்பு
   (a) ஆண்டு முழுவதும் மாறாது
   (b) ஜனவரி மாதத்தில் குறைவாகவும் ஜூலை மாதத்தில் அதிகமாகவும் இருக்கும்
   (c) ஜனவரி மாதத்தில் அதிகமாகவும் ஜூலை மாதத்தில் குறைவாகவும் இருக்கும்.
   (d) பகல் நேரத்தில் அதிகமாகவும் இரவு நேரத்தில் குறைவாகவும் இருக்கும்
12. சென்னையிலிருந்து திருச்சிக்கு ஒரு மனிதர் சென்றால், அவர் எடையானது
   (a) அதிகரிக்கும்
   (b) குறையும்
   (c) மாறாது
   (d) அதிகரித்து பின்பு குறையும்
13. சுருள்வில் தராசு ஒன்றுடன் 10 kg நிறை இணைக்கப்பட்டுள்ளது. சுருள்வில் தராசு மின்உயர்த்தி ஒன்றின் கூரையில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. மின் உயர்த்தி தானாக கீழே விழும்போது, தராசு காட்டும் அளவீடு.
   (a) 98 N (b) சுழி
   (c) 49 N (d) 9.8 N
14. ஈர்ப்பின் முடுக்கத்தின் மதிப்பு அதன் தற்போதைய மதிப்பினைப் போல நான்கு மடங்காக மாறினால், விடுபடு வேகம்
   (a) மாறாது
   (b) 2 மடங்காகும்
   (c) பாதியாகும்
   (d) 4 மடங்காகும்
15. புவியினைச் சுற்றும் துணைக்கோளின் இயக்க ஆற்றல்
   (a) நிலை ஆற்றலுக்குச் சமம்
   (b) நிலை ஆற்றலைவிடக் குறைவு
   (c) நிலை ஆற்றலை விட அதிகம்
   (d) சுழி.

விடைகள்:

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

II. சிறு வினாக்கள்

1. கெப்ளரின் விதிகளைக் கூறு
2. நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் பொது விதியை தருக.
3. கோளின் கோண உந்தம் மாறுமா? உன் விடையை நிரூபி.
4. ஈர்ப்பு புலம் வரையறு? அதன் அலகினைத் தருக.
5. ஈர்ப்பு புலத்தின் மேற்பொருந்துதல் என்றால் என்ன?
6. ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் – வரையறு.
7. நிலை ஆற்றல் என்பது தனித்த ஒரு பொருளின் பண்பா? விளக்கம் தருக.
8. ஈர்ப்புத் தன்னிலை ஆற்றல் – வரையறு.
9. ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றலுக்கும் ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றலுக்கும் உள்ள வேறுபாடு யாது?
10. புவியின் விடுபடு வேகம் என்றால் என்ன?
11. செயற்கை துணைக்கோளின் ஆற்றல் அல்லது எந்த ஒரு கோளின் ஆற்றல் எதிர்க்குறியுடையதாக இருப்பது ஏன்?
12. புவி நிலைத்துணைக்கோள் என்றால் என்ன? துருவ துணைக்கோள் என்றால் என்ன?
13. எடை – வரையறு.

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 43 25-08-2020 11:36:37

14. ஒவ்வொரு மாதமும் சந்திர கிரகணமும் சூரிய கிரகணமும் நடைபெறுவது இல்லை. ஏன்?

15. புவியானது தன்னைத்தானே சுற்றி வருகிறது என்பதை எவ்வாறு நிரூபிப்பாய்?

III. நெடு வினாக்கள்

1. ஈர்ப்பியல் விதியின் முக்கிய கூறுகளை விளக்குக.
2. நியூட்டன் எவ்வாறு ஈர்ப்பியல் விதியை கெப்ளர் விதியிலிருந்து தருவித்தார்?
3. ஈர்ப்பியல் விதியை நியூட்டன் எவ்வாறு மெய்ப்பித்தார் என்பதை விளக்குக.
4. ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றலுக்கான கோவையைத் தருவி.
5. புவி பரப்புக்கு அருகே 'h'–உயரத்தில் உள்ள புள்ளிகளில் ஒரு பொருளின் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் $U = mgh$ என நிருபி.
6. எடையின்மை என்பதை மின் உயர்த்தி இயக்கத்தை பயன்படுத்தி விளக்குக.
7. விடுபடு வேகத்திற்கான கோவையைத் தருவி
8. உயரத்தை பொறுத்து g எவ்வாறு மாறுபடும்?
9. குறுக்குகோட்டைப் பொறுத்து g எவ்வாறு மாறுபடும்?
10. புவியின் ஆழத்தைப் பொறுத்து g எவ்வாறு மாறுபடும்?
11. புவியை வலம் வரும் துணைக்கோளின் சுற்றுக்காலத்திற்கான கோவையை தருவி.
12. துணைக்கோளின் ஆற்றலுக்கான கோவையை தருவி.
13. புவி நிலை துணைக்கோள் மற்றும் துருவத்துணைக்கோள் – விரிவாக விளக்குக.
14. புவிமையக் கொள்கைக்கு பதிலாக சூரியமையக் கொள்கை ஏற்றுக் கொள்ளப்படுவதற்கு கோள்களின் பின்னோக்கிச் செல்வதுபோலத் தோன்றும் இயக்கக்கருத்து எவ்வாறு உதவியது?
15. புவியின் ஆரம் காணும் எரட்டோஸ்தனீஸ் முறையை விவரி.
16. முழு சந்திர கிரகணத்தின்போது புவி நிழலின் (கருநிழலின்) ஆரம் எவ்வாறு அளப்பாய்?

IV. கருத்துரு வினாக்கள்

1. கீழ்க்கண்ட அளவைகளில் எவை மாறிலி?
   (a) கோளின் நேர்கோட்டு உந்தம்
   (b) கோளின் கோண உந்தம்
   (c) கோளின் மொத்த ஆற்றல்
   (d) கோளின் நிலை ஆற்றல்
2. ஓராண்டு காலத்தில் புவியின் மீது சூரியன் செய்த வேலையின் அளவு
   (a) சுழி
   (b) சுழி அல்ல
   (c) நேர்குறி மதிப்பு உடையது
   (d) எதிர்குறி மதிப்பு உடையது.
3. குறிப்பிட்ட கால அளவில் சூரியன் புவி மீது செய்த வேலையின் அளவு எவ்வாறு இருக்கும்?
   (a) நேர்குறியாக, எதிர்குறியாக அல்லது சுழியாக
   (b) எப்போதும் நேர்குறி
   (c) எப்போதும் எதிர்குறி
   (d) எப்பொழுதும் சுழி
4. ஒரு வால்மீன் நிலாவின் மீது திடீரென மோதி நிலாவின் மொத்த ஆற்றலை விட அதிக ஆற்றலை நிலாவுக்கு தந்தால் என்ன நிகழும்?
5. நிலாவின் மீதான புவியின் ஈர்ப்பு விசை திடீரென மறைந்தால் சந்திரனுக்கு என்ன நிகழும் ?
6. தற்போது புவி தன் சுழற்சி அச்சிலிருந்து சாய்ந்து அமையவில்லை எனில் பருவக்காலங்களில் என்ன மாறுபாடு ஏற்படும் ?
7. "கோடை காலமும் குளிர் காலமும் புவியில் ஏற்படுவது எவ்வாறு" என்ற வினாவுக்கு மாணவர் ஒருவர் புவி நீள்வட்டப்பாதையில் சுற்றும்போது, புவி சூரியனுக்கு அருகே வரும்போது (அண்மை நிலை) கோடை காலமும் சூரியனை விட்டு விலகி அதிகத் தொலைவில் உள்ளபோது (சேய்மைநிலை) குளிர் காலமும் தோன்றுகிறது என பதில் அளிக்கிறார். மாணவரின் பதில் சரியா? இல்லை எனில் கோடையும் குளிர் காலமும் தோன்றும் காரணத்தை விளக்குக.

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 44 25-08-2020 11:36:37

8. 2018 ஜனவரி 31 தேதி நடைபெற்ற சந்திர கிரகணத்தின் வெவ்வேறு நிலைகளை புகைப்படம் காட்டுகின்றது. இப்புகைப்படத்தின் அடிப்படையில் புவி கோள வடிவமுடையது என நிரூபிக்க முடியுமா?

V. கணக்குகள்

1. அடையாளம் தெரியா கோளானது புவியின் அரைநெட்டச்சு போல இரு மடங்கு உடைய ஆரப்பாதையில் சூரியனை வலம் வருகிறது. புவியின் சுழற்சிக்காலம் T_1 எனில் அக்கோளின் சுழற்சி காலம் காண்க.

விடை: $T_2 = 2\sqrt{2}T_1$

2. புதியதாக கண்டறியப் பட்ட ஒரு சூரிய குடும்பத்தில் உள்ள கோள்கள் பற்றிய தகவல் தரப்பட்டுள்ளதாக கருதுக. அக்கோள்களின் அரை நெட்டச்சுக்கும் சுற்றுக்காலத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு யாது?

கோள்	சுற்றுக்காலம் (ஆண்டுகளில்)	நெட்டச்சு அளவு (AU)
குறிஞ்சி	2	8
முல்லை	3	18
மருதம்	4	32
நெய்தல்	5	50
பாலை	6	72

(விடை: $a \propto 2T^2$

3. இரு நிறைகளும் மற்றும் அந்நிறைகளுக்கு இடையேயான தொலைவும் இரு மடங்கு ஆக்கப்பட்டால் அவற்றுக்கு இடையே உள்ள ஈர்ப்பு விசையில் ஏற்படும் மாற்றம் யாது?

விடை: மாற்றம் இல்லை

4. நிறை m மற்றும் 4 m உடைய இரு பொருள்கள் r தொலைவில் அமைந்துள்ளன. இரு பொருள்களையும் இணைக்கும் கோட்டில் ஒரு புள்ளியில் ஈர்ப்பு புலம் சுழி என்றால் அப்புள்ளியில் ஈர்ப்புத் தன்னிலை ஆற்றலை கண்டறிக?

விடை: $V = -\frac{9Gm}{r}$

5. சூரியனிலிருந்து இரு கோள்கள் உள்ள தொலைவுகளின் தகவு $\frac{d_1}{d_2}$ =2, எனில் இரு கோள்கள் உணரும் ஈர்ப்பு புல வலிமைகளின் தகவு யாது?

விடை: $E_2 = 4\ E_1$

6. வியாழனின் துணைக்கோள்களில் ஒன்றான Io ஆனது வியாழனை 1.769 நாட்களுக்கு ஒரு முறை சுற்றி வருகிறது. அத்துணைக்கோளின் சுற்றுப் பாதையின் ஆரம் 4, 21, 700 km எனில் வியாழன் கோளின் நிறை காண்க.

விடை: 1.898×10^{27} kg

7. ஒரு கோளின் கோண உந்தம் $\vec{L} = 5t^2\hat{i} - 6t\hat{j} + 3\hat{k}$ எனில் கோளின் மீது செயல்படும் திருப்பு விசை யாது? திருப்பு விசை, கோண உந்தத்தின் திசையில் செயல்படுமா?

விடை: (i) $\vec{\tau} = 10t\hat{i} - 6\hat{j}$

8. சம நிறை M உடைய நான்கு நிறைகள் ஒவ்வொன்றும் சம தொலைவில் உள்ளன. அவற்றுக்குகிடையேயான ஈர்ப்பு விசை கவர்ச்சியால் ஆரம் R உடைய வட்டப்பாதையில் அத்துகள்கள் இயங்குகின்றன. ஒவ்வொரு துகளின் வேகத்தை கணக்கிடுக.

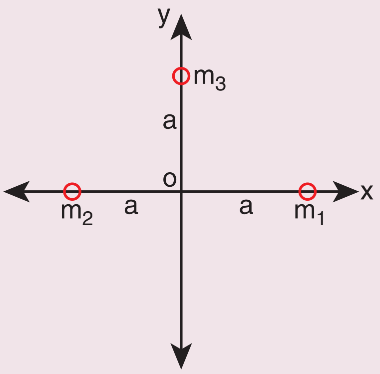
விடை: $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{GM}{R}\left(1+2\sqrt{2}\right)}$

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 45 25-08-2020 11:36:39

9. ஈர்ப்பியல் மாறிலி $G = 6.67 \times 10^{-11}$ மதிப்புக்கு பதிலாக $G = 6.67 \times 10^{11}$ என தவறாக எழுதப்பட்டது என்று வைத்து கொள்வோம். இத்தவறான மதிப்பு கொண்டு பெறும் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் g' மதிப்பு யாது? இப்புதிய ஈர்ப்பின் முடுக்கத்தின் அடிப்படையில் உனது எடையாது?

விடை: $g' = 10^{22} g$, $W' = 10^{22} W$

10. படத்தில் காட்டியுள்ளபடி நிறைகள் m_1, m_2, m_3 அமைந்துள்ளன. இவ்வமைப்பால் புள்ளி 'O' வில் ஏற்படும் ஈர்ப்பு புலத்தை காண்க. நிறைகள் $m_1 = m_2$ எனில் புள்ளி 'O' வில் ஈர்ப்பு புலத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடு யாது?



விடை: $\vec{E} = \frac{G}{a^2}\left[(m_1 - m_2)\hat{i} + m_3\hat{j}\right]$

$m_1 = m_2$, **எனில்** $\vec{E} = \frac{G}{a^2}\left[m_3\hat{j}\right]$

11. புவி மற்றும் சூரியன் அமைப்பின் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் யாது? (புவியின் நிறை = 5.9×10^{24} kg மற்றும் சூரியனின் நிறை 1.9×10^{30} kg. புவிக்கும் சூரியனுக்கும் உள்ள தொலைவு = 150 மில்லியன் கிலோ மீட்டர் (தோராயமாக))

விடை: U= -49.84×10^{32} Joule

12. சூரியனை புவி சுற்றும் வேகம் 30 km s^{-1} எனில் புவியின் இயக்க ஆற்றலை கணக்கிடுக. முந்தைய கணக்கில் புவியின் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றலை கணக்கிட்டாய். அதன்படி புவியின் மொத்த ஆற்றல் யாது? மொத்த ஆற்றல் நேர்க்குறி தன்மையுடையதா? இல்லை எனில் காரணம் கூறு.

விடை: K.E = 26.5×10^{32} J

E = -23.29×10^{32} J

புவியானது சூரியனுடன் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது என்பதை எதிர்குறி (–) குறிக்கின்றது.

13. புவிப் பரப்பிலிருந்து எறியப்பட்ட பொருள் ஒன்று சுழி அல்லாத இயக்க ஆற்றலுடன் $\left[K.E(r=\infty) = \frac{1}{2}Mv_{\infty}^{2}\right]$ ஈறிலாத் தொலைவை அடைகிறது எனில் புவிபரப்பிலிருந்து அப்பொருள் எறியப்பட்ட வேகம் யாது?

விடை: $v_e = \sqrt{v_{\infty}^2 + 2gR_E}$

14. புவிப் பரப்புக்கு மேலே 200 km உயரத்திலும் மற்றும் கீழே 200 km ஆழத்திலும் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் g மதிப்பு யாது? எந்நிலையில் g மதிப்பு குறைவாக இருக்கும்?

விடை: $g_{ஆழம்}$ = 0.96 g

$g_{உயரம்}$ = 0.94 g

15. உன் மாவட்ட தலைநகரத்தில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் g மதிப்பு காண்க. (குறிப்பு – கூகுள் தேடுதல்மூலம் குறுக்குகோட்டு மதிப்பு பெறுக) g ன் மதிப்பு சென்னையிலிருந்து கன்னியாகுமரியில் எவ்வாறு மாறுபடுகிறது?

விடை: $g_{சென்னை}$ = 9.7677 m s^{-2}

$g_{கன்னியாகுமரி}$ = 9.7667 m s^{-2}

Δg = 0.001 m s^{-2}

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 46 25-08-2020 11:36:41

மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

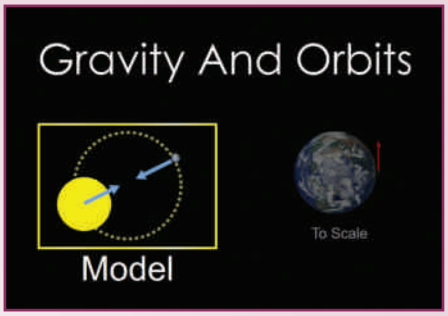
1. Mechanics by Charles Kittel, Walter Knight, Malvin Ruderman, Carl Helmholtz and Moyer
2. Newtonian Mechanics by A.P. French
3. Introduction to Mechanics by Daniel Kepler and Robert Kolenkow
4. Mechanics by Somnath Datta
5. Concepts of Physics volume 1 and Volume 2 by H.C. Verma
6. Physics for Scientist and Engineers with Modern physics by Serway and Jewett
7. Physics for Scientist and Engineers by Paul Tipler and Gene Mosca
8. Physics for the Inquiring Mind by Eric Rogers
9. Fundamental laws of Mechanics by Irodov.
10. Question and Problems in School Physics by Tarasov and Tarasova

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 47 25-08-2020 11:36:41

இணையச் செயல்பாடு

ஈர்ப்பியல்

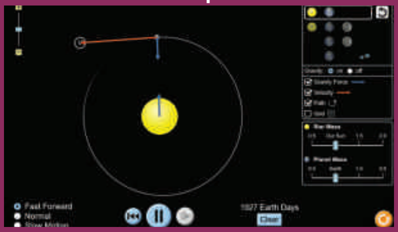
புவி ஈர்ப்புவிசை மற்றும் சுற்றுப்பாதைகள் பற்றி அறிந்து கொள்வோமா!



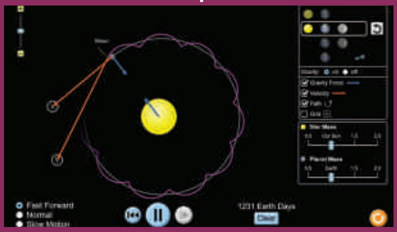
படிகள்

- கீழ்க்காணும் உரலி / விரைவுக் குறியீட்டைப் பயன்படுத்தி இணையப் பக்கத்திற்குச் செல்க. "Model" என்பதைச் சொடுக்கி செயல்பாட்டினைத் துவங்கவும்.
- செயல்பாட்டுச் சாளரத்தில் சூரியன் மற்றும் புவியின் படங்கள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் "Play" என்பதைச் சொடுக்கி புவியின் இயக்கத்தைக் காண்க.
- வலப்பக்க சாளரத்தில் உள்ள பொருள்களின் தொகுப்பில் இருந்து பொருள்களைத் தெரிவு செய்க.
- புவி ஈர்ப்புப் பாதை, திசைவேகம் மற்றும் பொருள்களின் இயக்கத்தினைக் காணலாம். கொடுக்கப்பட்டுள்ள பெட்டியில் பொருத்தமானதைச் சரிபார்க்கவும்.

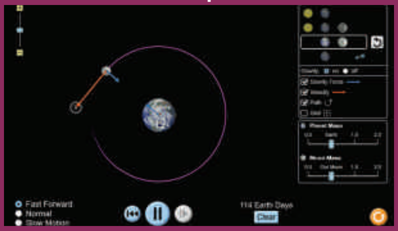
படி 1



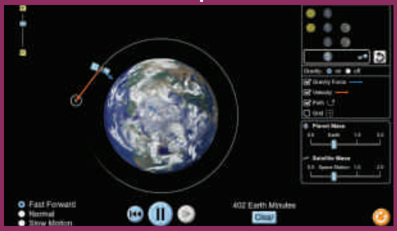
படி 2



படி 3



படி 4



உரலி:

https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_en.html

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

B126_11_PHY_TM

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 48 25-08-2020 11:36:43

அலகு 7

பருப்பொருளின் பண்புகள்
PROPERTIES OF MATTER

உலகம் தோன்றியதிலிருந்து தற்காலம் வரை உருவாக்கப்பட்ட பல மிகப்பெரும் முன்னேற்றங்கள் பருப்பொருளின் பண்புகள் பற்றிய அறிவை மனிதகுலத்திற்கு பயனுள்ள சில தேவையாக மாற்றவேண்டுமென்ற ஊக்கமான விருப்பத்தின்படி செய்யப்பட்டதாகும் – லார்டு கெல்வின்

கற்றலின் நோக்கங்கள்:

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- பருப்பொருளில் அணுக்களிடையே அல்லது மூலக்கூறுகளிடையே உள்ள விசைகள்
- தகைவு, திரிபு மற்றும் மீட்சிக்குணகம்
- பரப்பு இழுவிசை
- பாகுநிலை
- பாய்மங்களின் பண்புகள் மற்றும் அவற்றின் பயன்பாடுகள்

K8YS2K

7.1 அறிமுகம்

உலகத்தில் உள்ள பழமையான அணைகளில் ஒன்று திருச்சியில் அமைந்துள்ள கல்லணை ஆகும். கல்லணை காவிரி ஆற்றின் குறுக்கே பாசனத்திற்காக கட்டப்பட்டது. காவிரி ஆற்றில் அதிக வெள்ளப் பெருக்கின்போது நீரின் வேகம் பொதுவாக மிக அதிகமாக இருக்கும். கல்லணையின் உறுதித்தன்மையும், அதன் பயன்பாடும், இதனை 2 ஆம் நூற்றாண்டிலேயே வடிவமைத்த தமிழர்களின் உள்ளுணர்வுள்ள அறிவியல் புரிதலை வெளிப்படுத்துகிறது. முற்காலத்தின் அறிவுப் பூர்வமான கட்டுமானங்களுக்கு மற்றொரு உதாரணம் எகிப்தில் உள்ள பிரமிடுகள் ஆகும். தற்காலத்தில் உலகம் முழுவதும் மேம்பாலங்கள் மற்றும் பாலங்கள் ஏராளமாக உள்ளன. கனரக வாகனங்களின் இயக்கத்தால், பாலங்கள் எப்பொழுதும் தகைவுக்கு உட்படுகின்றன. தகுதியான பொருள்களைக் கொண்டு முறையாக வடிவமைக்கவில்லை எனில் பாலங்கள் மற்றும் மேம்பாலங்கள் உறுதியாக இருக்காது. பருப்பொருளின் பல்வேறு வடிவங்களை

(திண்மம், திரவம் மற்றும் வாயு) புரிந்து கொள்வதன் மூலம் மனித நாகரீக வளர்ச்சி அமைந்துள்ளது.

பருப்பொருளின் பண்புகளைக் கற்பது, ஒரு குறிப்பிட்ட பயன்பாட்டிற்காக எந்த ஒரு பொருளையும் தேர்வு செய்ய மிகவும் தேவையான ஒன்றாகும். உதாரணமாக, தொழில்நுட்பத்தில் விண்வெளி பயன்பாடுகளில் பயன்படுத்தும் பொருள்கள் எடை குறைவானதாகவும் ஆனால் உறுதியானதாகவும் இருக்க வேண்டும். செயற்கை மனித உறுப்பு மாற்றும் நிகழ்வுகளில் பயன்படுத்தப்படும் பொருள்கள் திசு இணக்கமானதாக இருக்க வேண்டும். மருத்துவத்தில் கதிரியக்க சிகிச்சை முறைகளில் திசுக்களுக்கு மாற்றாக செயற்கை உடல் திரவங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பாய்மங்கள் உயவுப்பொருளாகப் பயன்பட அவை சில பண்புகளைக் கொண்டிருக்க வேண்டும். இந்த பேரியலான பண்புகள், பருப்பொருளுக்கு உள்ளேயே நடைபெறும் நுண்ணிய நிகழ்வுகளால் முடிவு செய்யப்படுகிறது. இந்த அலகு திண்மங்கள் மற்றும் பாய்மங்களின் பண்புகள் மற்றும் பருப்பொருளின் செயல்பாட்டைக் கையாளும் விதிகளை விளக்குகிறது.

7.2 பருப்பொருளின் பல்வேறு நிலைகளின் நுண்ணிய புரிதல்:

பருப்பொருளின் பல்வேறு வடிவங்களான திட உணவு, திரவமான நீர் மற்றும் நாம் சுவாசிக்கும் காற்று ஆகியவை கடந்த பல்லாயிரம் ஆண்டுகளாக அன்றாட வாழ்க்கைமுறையில் பரிச்சயமாக இருந்தாலும் திண்மங்கள், திரவங்கள் மற்றும் வாயுக்களின் நுண்ணிய புரிதல் 20 ஆம் நூற்றாண்டிலேயே நிறுவப்பட்டது. அண்டத்தில் உள்ள அனைத்தும் அணுக்களால் ஆனவை. அவ்வாறு இருக்க, ஏன் ஒரே பொருள் மூன்று நிலைகளில் உள்ளது? உதாரணமாக நீரானது திடமான பனிக்கட்டி, திரவமான நீர் மற்றும் வாயு நிலையில் நீராவி ஆகிய மூன்று நிலைகளில் உள்ளது. பனிக்கட்டி, நீர் மற்றும் நீராவி ஆகியவை ஒரே வகையான நீர் அணுக்களால் உருவாகின்றன. அதாவது இரு ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் மற்றும் ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணு சேர்ந்து ஒரு நீர் மூலக்கூறு உருவாகிறது. இந்த இயற்கையின் அழகை நுண்ணிய மட்டத்தில் ஆராய இயற்பியல் நமக்கு உதவுகிறது. அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவானது அது திண்மம், திரவம் அல்லது வாயு ஆகியவற்றில் எந்த நிலையில் உள்ளது என்பதைத் தீர்மானிக்கிறது.

திண்மங்கள்

திண்மங்களில் அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகள் இறுக்கமாக பொருத்தப்பட்டுள்ளன. திண்மம் உருவாகும்போது அணுக்கள் பல்வேறு வகையான பிணைப்புகள் மூலம் ஒன்றாக பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. அணுக்களுக்கு இடையே உள்ள இடைவினை காரணமாக அவை ஒரு குறிப்பிட்ட அணுவிடை தொலைவில் தாங்களாகவே நிலை கொண்டுள்ளன. பிணைக்கப்பட்ட நிலையில் உள்ள அணுக்களின் இந்த நிலையானது அணுக்களின் நடுநிலை எனப்படும்.

திரவங்கள்

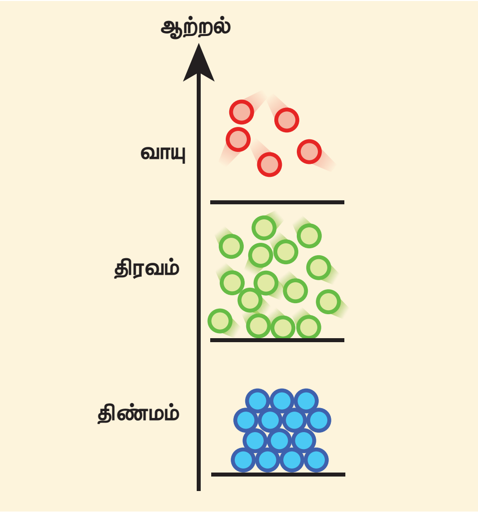
திண்மப்பொருளுக்கு வெப்பம் போன்ற எந்த புற ஆற்றலும் அளிக்கப்படாதபோது அணுக்களுக்கு இடையே உள்ள பிணைப்பின் காரணமாக அது தொடர்ந்து திண்மமாகவே இருக்கும். வெப்பப்படுத்தினால் திண்மத்தில் உள்ள அணுக்கள் வெப்ப ஆற்றலைப் பெற்று அவற்றின் நடுநிலைகளை பொறுத்து அதிர்வுறுகின்றன. திண்மமானது அதன் உருகுநிலைக்கு மேல் வெப்பப்படுத்தப்பட்டால், வெப்ப ஆற்றல் அணுக்களின் பிணைப்பை முறித்துவிடும்; மற்றும் இறுதியாக அணுக்கள் போதுமான ஆற்றலைப் பெற்று சுற்றித் திரியும். இந்நிலையிலும் மூலக்கூறுகளுக்கு (அல்லது அணுக்களுக்கு) இடையே உள்ள விசைகள் முக்கியமானதாக அமைகின்றன. ஆனால் மூலக்கூறுகள் போதுமான ஆற்றலைக்கொண்டு நகர்வதால் இதன் வடிவம் இயங்கக் கூடியதாக ஆகிறது.

வாயுக்கள்

ஒரு திரவமானது மாறா அழுத்தத்தில் அதன் கொதிநிலைக்கு வெப்பப்படுத்தப்பட்டாலோ, அல்லது ஒரு மாறா வெப்பநிலையில் அதன் அழுத்தம் குறைக்கப்பட்டாலோ அது வாயுவாக மாறும். திரவமானது வாயுவாக மாறும் இந்தச் செயல் முறை ஆவியாதல் எனப்படும். வாயு மூலக்கூறுகள் மிகவும் வலுவற்ற பிணைப்புகளைக் கொண்டிருக்கும் அல்லது பிணைப்புகளே இருக்காது. எனவே வாயுவானது அதன் கொள்கலனின் வடிவத்திற்கு இணங்கி விரிவடைந்து கொள்கலனை நிரப்பும். திண்மத்திலிருந்து திரவம் மற்றும் திரவத்திலிருந்து வாயு நிலைக்கு புற ஆற்றல் மாறுபாட்டுடன்

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 50 25-08-2020 14:56:47

நிலைமாற்றம் அடைவதைப் படம் 7.1 இல் திட்ட வரைபடமாக காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 7.1 திண்மத்திலிருந்து திரவம், திரவத்திலிருந்து வாயு நிலைகளுக்கு புற ஆற்றல் மாற்றத்துடன் நிலை மாற்றம் அடைதல்

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

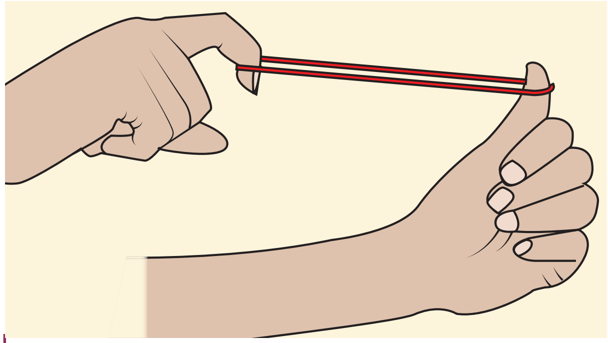
பருப்பொருளின் மூன்று இயல்பு நிலைகளுடன் (திண்மம், திரவம் மற்றும் வாயு) சேர்த்து அதிக வெப்பமும், அதிக அழுத்தமும் உள்ள சூழ்நிலைகளில், பருப்பொருளானது பிற நிலைகளான பிளாஸ்மா, போஸ்–ஐன்ஸ்டீன் வாயுப்பண்பு ஆகிய நிலைகளிலும் உள்ளது. கூடுதல் நிலைகளான குவார்க்–குளுவான் பிளாஸ்மா போன்ற நிலையிலும் உள்ளதாகக் கருதப்படுகிறது. அண்டத்தில் உள்ள அணுக்களால் ஆன பருப்பொருளின் பெரும்பகுதியானது வெப்ப பிளாஸ்மாவாக, அரிதான விண்மீன் திரள் மற்றும் அடர்த்தியான விண்மீன்களைக் கொண்டுள்ளது.

நியூட்டனின் இயந்திரவியலைக் கற்பதில் (தொகுதி 1) நாம் பொருள்களைப் புள்ளி நிறைகளாகவோ அல்லது ஒழுங்கான திண்மப் பொருள்களாகவோ (புள்ளி நிறைகளின் தொகுப்பு) கருதினோம். இவை இரண்டுமே இலட்சிய மாதிரிகள். திண்மப்பொருள்களில், பொருள்களின் வடிவத்தில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவிற்கு மிகக்குறைவாக இருக்கும். உண்மையான பொருள்களில், பொருளின் மீது ஒரு விசை செலுத்தப்பட்டால், உருக்குலைவு ஏற்படும். உருக்குலைவிக்கும் விசை செலுத்தப்பட்டால் பொருள்கள் எவ்வாறு மாற்றமடையும் என்பதை அறிந்து கொள்ள வேண்டியது மிக முக்கியமாகும்.

7.2.1 பொருள்களின் மீட்சிப்பண்பு

ஒரு திண்மப்பொருளில் அணுக்களுக்கு இடையே உள்ள விசைகளானது இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அணுக்களை ஒன்றாகப் பிணைத்துள்ளது, மற்றும் அணுக்கள் உறுதிச் சமநிலைக்கான இடங்களில் அமைந்திருக்கும். பொருளின் மீது உருக்குலைவிக்கும் விசை செயல்படும்போது, அணுக்கள் நெருக்கமடைகின்றன அல்லது விலக்கமடைகின்றன. உருக்குலைவிக்கும் விசை நீக்கப்பட்டவுடன் அணுக்களுக்கு இடையேயான கவர்ச்சி அல்லது விலக்கு விசை அணுக்களை அதன் சமநிலைகளுக்கு மீளக் கொண்டு வரும். **ஒரு பொருளானது உருக்குலைவிக்கும் விசை நீக்கப்பட்டவுடன் அதன் தொடக்க வடிவம் மற்றும் அளவினை மீளப்பெற்றால் அது மீட்சிப்பொருள் ஆகும் மற்றும் இப்பண்பு மீட்சிப்பண்பு (Elasticity) எனப்படும்.** பொருளின் அளவு அல்லது வடிவத்தை மாற்றிய விசை உருக்குலைவிக்கும் விசை எனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்: இரப்பர், உலோகங்கள், எஃகு கயிறுகள்.



படம் 7.2 மீட்சிப்பண்பு

மீட்சியற்ற பண்பு: (Plasticity)

ஒரு பொருளானது உருக்குலைவிக்கும் விசை நீக்கப்பட்டவுடன் தனது தொடக்க வடிவம் மற்றும் அளவை மீளப் பெறவில்லை எனில் அப்பொருள் மீட்சியற்ற பொருள் ஆகும். இப்பண்பு மீட்சியற்ற பண்பு எனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு: கண்ணாடி

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 51 25-08-2020 14:56:47

7.2.2 தகைவு மற்றும் திரிபு (stress and strain)

(அ) தகைவு:

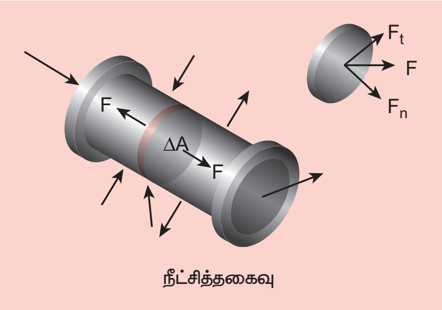
ஒரு விசை செலுத்தப்பட்டால் அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகளின் சார்பு நிலைகளில் ஏற்படும் மாற்றத்தினால் பொருளின் அளவு அல்லது வடிவம் அல்லது இரண்டும் மாறலாம். இந்த உருக்குலைவை வெறும் கண்ணால் காண இயலாவிட்டாலும் அப்பொருளினுள் உருக்குலைவு இருக்கும். ஒரு பொருள் உருக்குலைவிக்கும் விசைக்கு உட்படுத்தப்பட்டால், மீள்விசை எனப்படும் அகவிசை அதனுள் உருவாகிறது. ஓரலகு பரப்பில் செயல்படும் விசை தகைவு எனப்படும்.

$$\text{தகைவு}, \sigma = \frac{\text{விசை}}{\text{பரப்பு}} = \frac{F}{A} \qquad (7.1)$$

தகைவின் SI அலகு N m^{-2} அல்லது பாஸ்கல் (Pa) மற்றும் அதன் பரிமாணம் $[ML^{-1}T^{-2}]$ ஆகும். தகைவு ஒரு டென்சர் (Tensor) ஆகும்.

(i) நீட்சித்தகைவு மற்றும் சறுக்குப்பெயர்ச்சித் தகைவு (Longitudinal stress and shearing stress):

படம் 7.3 இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு பொருளைக் கருதுவோம். பல விசைகள் அமைப்பில் (பொருளில்) செயல்பட்டால் நிறையின் மையம் (அலகு 5 இல் வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது) மாறாமல் இருக்கும். எனினும் இந்த விசைகளால் பொருள் உருக்குலைந்து அதனால் அகவிசைகள் தோன்றுகின்றன. பொருளின் குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு ΔA என்க. உருக்குலைவின் காரணமாக ΔA இன் இரு பக்கங்களிலும் உள்ள பொருளின் பகுதி $\vec{F}$ மற்றும் $-\vec{F}$ என்ற அகவிசைகளை ஒன்றுக்கொன்று செலுத்துகின்றன. விசையை ΔA பரப்பிற்கு செங்குத்தாக F_n மற்றும் ΔA பரப்பின் தொடுவரை திசையில் F_t என்ற இரு கூறுகளாகப் பகுக்கலாம். பரப்பின் வழியே செங்குத்துத்தகைவு அல்லது நீட்சித்தகைவு (σ_n) ஆனது



படம் 7.3 நீட்சித்தகைவு

$$\sigma_n = \frac{F_n}{\Delta A}$$

என வரையறுக்கப்படுகிறது. இதுபோன்றே பரப்பின் வழியே தொடுவரை தகைவு அல்லது சறுக்குப்பெயர்ச்சித் தகைவு (σ_t)

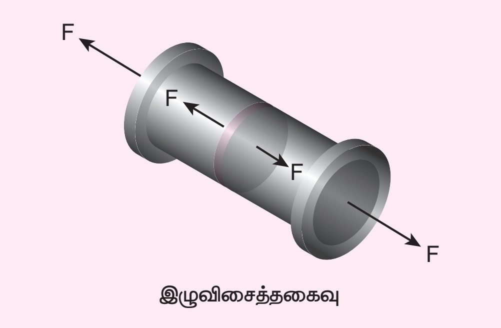
$$\sigma_t = \frac{F_t}{\Delta A}$$

என வரையறுக்கப்படுகிறது.

நீட்சித்தகைவினை இழுவிசைத்தகைவு மற்றும் அமுக்கத்தகைவு என இரு வகையாகப் பிரிக்கலாம்.

(அ) இழுவிசைத்தகைவு (Tensile stress)

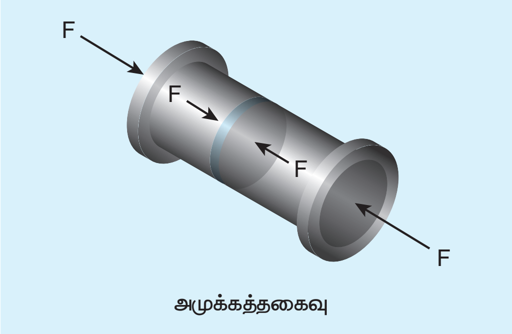
ΔA இன் இரு பக்கங்களிலும் அகவிசைகள் ஒன்றையொன்று இழுக்கலாம். அதாவது அது சமமான எதிரெதிரான விசைகளால் இழுக்கப்படுகிறது. இந்த நீட்சித்தகைவு இழுவிசைத்தகைவு என அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 7.4 இழுவிசைத்தகைவு

(ஆ) அமுக்கத்தகைவு (Compressive stress)

ΔA இன் இரு பக்கங்களிலும் செயல்படும் விசைகள் ஒன்றையொன்று தள்ளினால், அதாவது அதன் இரு முனைகளிலும் சமமான எதிரெதிரான விசைகளால் தள்ளப்படுகிறது என்றால் ΔA அது அமுக்கத்திற்கு உட்படுகிறது. தற்போது நீட்சித்தகைவானது அமுக்கத்தகைவு என அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 7.5 அமுக்கத்தகைவு

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 52 25-08-2020 14:56:48

(ii) **பருமத் தகைவு** (Volume stress)

ஒரு பொருளின் மீது அதன் பரப்பில் உள்ள அனைத்துப் பகுதிகளிலும் பரப்பிற்குக் குத்தாக விசைகள் செயல்பட்டால் மேற்பரப்பில் விசையின் அளவானது பரப்பிற்கு நேர்த்தகவில் அமைகிறது. உதாரணமாக, ஒரு திண்மப் பொருளானது ஒரு பாய்மத்தில் மூழ்கினால், பொருளின் மீது செயல்படும் அழுத்தம் P எனில் எந்த ஒரு பரப்பு ΔA இல் செயல்படும் விசை

$$F = P\,\Delta A$$

இங்கு, F ஆனது பரப்பிற்கு செங்குத்தாக உள்ளது. எனவே, ஓரலகு பரப்பில் செயல்படும் விசை பருமத்தகைவு எனப்படுகிறது.

$$\sigma_v = \frac{F}{A}$$

இது அழுத்தத்திற்குச் சமமாகும்.

(ஆ) திரிபு (strain):

திரிபு என்பது விசை செயல்படுத்தப்பட்டால் ஒரு பொருள் நீட்டப்படும் அல்லது உருக்குலையும் அளவாகும். பொருளின் அளவில் சிறிய மாற்றம் ஏற்படுவதை திரிபு கையாள்கிறது. அதாவது உருக்குலையும் அளவை திரிபு அளவிடுகிறது. உதாரணமாக, ஒரு பரிமாண நிகழ்வில் L நீளமுள்ள ஒரு கம்பியைக் கருதுக. அது ΔL நீளம் நீட்டப்பட்டால்

$$\text{திரிபு},\ \varepsilon = \frac{\text{பரிமாண மாற்றம்}}{\text{உண்மையான பரிமாணம்}} = \frac{\Delta L}{L} \qquad (7.2)$$

இது பரிமாணமற்ற மற்றும் அலகு அற்ற அளவு ஆகும். திரிபானது மூன்று வகைகளாக வகைப்படுத்தப்படுகிறது.

(1) **நீட்சித்திரிபு** (Longitudinal strain)

L என்ற நீளம் கொண்ட ஒரு கம்பியானது சமமான, எதிரெதிர் திசைகளில் செயல்படும் விசைகளால் இழுக்கப்படும்போது, அதன் நீட்சித்திரிபு

$$\varepsilon_l = \frac{\text{கம்பியில் அதிகரிக்கும் நீளம்}}{\text{கம்பியின் உண்மையான நீளம்}} = \frac{\Delta L}{L} \qquad (7.3)$$

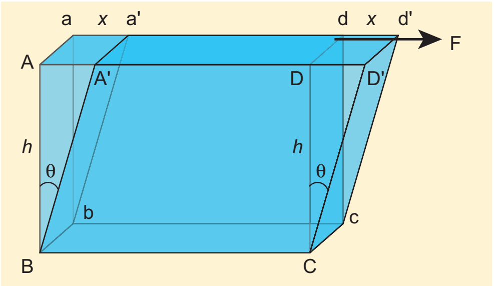
நீட்சித்திரிபு இரு வகைப்படுகிறது.

(i) **இழுவிசைத்திரிபு** (Tensile strain): இயல்பான அளவிலிருந்து நீளம் அதிகரிக்கப்பட்டால் அது இழுவிசைத்திரிபு எனப்படும்.

(ii) **அமுக்கத்திரிபு** (Compressive strain): இயல்பான அளவிலிருந்து நீளம் குறைக்கப்பட்டால் அது அமுக்கத்திரிபு எனப்படும்.

(2) **சறுக்குப் பெயர்ச்சித்திரிபு** (Shearing strain)

படம் 7.6. இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு கன சதுரத்தைக் கருதுக. பொருளானது இடப்பெயர்ச்சி மற்றும் சுழற்சி சமநிலையில் உள்ளதாகக் கருதுவோம். படம் 7.6 இல் காட்டியுள்ளவாறு கனசதுரம் உருக்குலையுமாறு AD வழியே F என்ற தொடுவியல் விசையை செலுத்துவோம். எனவே சறுக்குப்பெயர்ச்சித்திரிபு அல்லது சறுக்குப்பெயர்ச்சி (ε_s)



படம் 7.6 சறுக்குப் பெயர்ச்சித்திரிபு

$$\varepsilon_s = \frac{AA'}{BA} = \frac{x}{h} = \tan\theta \qquad (7.4)$$

சிறிய கோண மதிப்பிற்கு, $\tan\theta \approx \theta$

எனவே சறுக்குப்பெயர்ச்சித் திரிபு அல்லது சறுக்குப்பெயர்ச்சி

$$\varepsilon_s = \frac{x}{h} = \theta = \text{சறுக்குப் பெயர்ச்சி கோணம்}$$

(3) **பருமத்திரிபு** (Volume strain)

ஒரு பொருளானது பருமத்தகைவுக்கு உட்படுத்தப்பட்டால் அதன் பருமன் மாறும். பொருளின் தொடக்க பருமன் தகைவுக்கு முன் V எனவும் தகைவினால் இறுதி பருமன் $V + \Delta V$ எனவும் கொள்க. பருமனில் ஏற்படும் சிறிய மாறுபாட்டை அளவிடும் பருமத் திரிபை கீழ்கண்டவாறு குறிப்பிடலாம்

$$\text{பருமத்திரிபு},\ \varepsilon_v = \frac{\Delta V}{V} \qquad (7.5)$$

மீட்சி எல்லை (Elastic Limit)

உருக்குலைவிக்கும் விசைகள் நீக்கப்பட்ட பிறகு பொருளானது அதன் தொடக்க அளவு மற்றும் வடிவத்தை மீளப் பெறக்கூடிய தகைவின் பெரும மதிப்பு மீட்சி எல்லை எனப்படும்.

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 53
25-08-2020 14:56:49

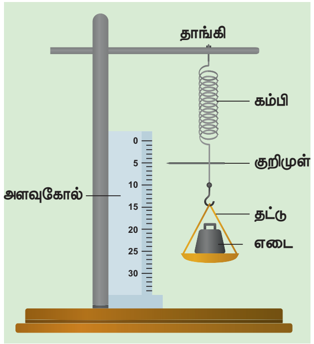
உருக்குலைவிக்கும் விசை மீட்சி எல்லையைவிட அதிகமானால், பொருளானது நிரந்தர உருக்குலைவை அடையும். உதாரணமாக, இரப்பர் பட்டை மிக அதிகமாக இழுக்கப்பட்டால் அதன் மீட்சிப்பண்பை இழக்கிறது. அதன் அளவு மாறிவிடுவதால் மீண்டும் பயன்படுத்த தகுதியற்றதாகிறது.

7.2.3 ஹூக் விதி மற்றும் அதன் சோதனை முறை சரிபார்ப்பு

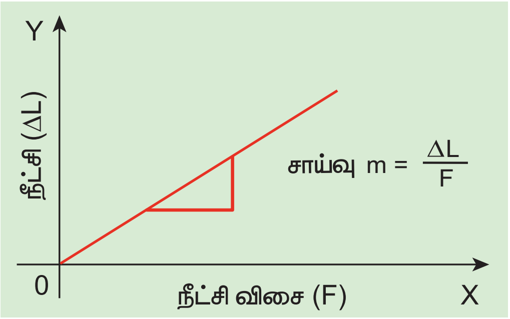
ஹூக் விதியின் படி மீட்சி எல்லைக்குள் ஏற்படும் மிகச்சிறிய உருக்குலைவில், பொருளில் ஏற்படும் திரிபானது அதனை உருவாக்கும் தகைவிற்கு நேர்தகவில் அமையும்.

இதனை O என்ற நிலையான புள்ளியில் தொங்கவிடப்பட்ட L நீளமும், A என்ற சீரான குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பும் கொண்ட ஒரு மெல்லிய கம்பியை நீட்சியடையச் (சுருள்வில் போன்று நீட்சியடையும்) செய்வதன் மூலம் எளிமையாகச் சரிபார்க்கலாம். படம் 7.7 (அ) இல் காட்டியுள்ளவாறு கம்பியின் மற்றொரு முனையில் ஒரு தட்டு மற்றும் ஒரு குறிமுள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

கம்பியில் உருவாகும் நீட்சி ஒரு வெர்னியர் அளவுகோலைப் பயன்படுத்தி அளவிடப்படுகிறது. சோதனையிலிருந்து கொடுக்கப்பட்ட F என்ற ஒரு பளுவிற்கு கம்பியில் உருவான நீட்சி ΔL ஆனது அதன் தொடக்க நீளம் L ற்கு நேர்விகிதத்திலும் அதன் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பிற்கு (A) எதிர்விகிதத்திலும் உள்ளது. F ஐ X– அச்சிலும், ΔL – ஐ Y– அச்சிலும் கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரையப்படுகிறது. அது படம் 7.7 (ஆ) இல் காட்டியுள்ளவாறு ஆதிப்புள்ளி வழியே செல்லும் ஒரு நேர் கோடாகும்.



படம் 7.7 (அ)ஹூக் விதியை சோதனை மூலமாக சரிபார்த்தல்



படம் 7.7 (ஆ) –Fஐப் பொறுத்து ΔL இன் மாறுபாடு

எனவே,

$$\Delta L = (\text{சாய்வு})F$$

$V = A\,L$ என்ற பருமனால் பெருக்கவும், வகுக்கவும் செய்ய

$$F\,(\text{சாய்வு}) = \frac{AL}{AL}\Delta L$$

மாற்றியமைக்க நாம் பெறுவது

$$\frac{F}{A} = \left(\frac{L}{A \times \text{சாய்வு}}\right)\frac{\Delta L}{L}$$

எனவே, $\dfrac{F}{A} \propto \left(\dfrac{\Delta L}{L}\right)$

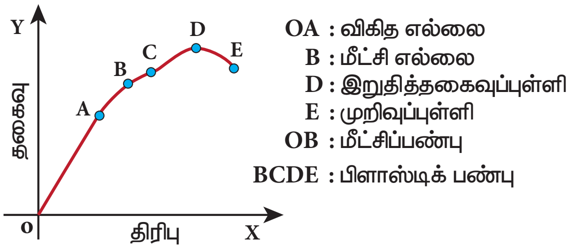
சமன்பாடுகள் (7.1) மற்றும் (7.2), ஐ ஒப்பிட நாம் பெறுவது

$$\sigma \propto \varepsilon$$

அதாவது மீட்சி எல்லையில் தகைவானது திரிபுக்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது.

தகைவு – திரிபு விவரப்படம் (Stress–strain profile)

தகைவு – திரிபு விவரப்படம் என்பது ஒவ்வொரு பளு மதிப்பிற்கும் தகைவு மற்றும் திரிபு அளவிடப்பட்டு திரிபை X– அச்சிலும், தகைவை Y– அச்சிலும் கொண்டு வரையப்பட்ட ஒரு வரைபடம் ஆகும். பொருள்களின் மீட்சிப்பண்புகளை தகைவு – திரிபு விவரப்படத்திலிருந்து பகுப்பாய்வு செய்யலாம்.



படம்7.8 தகைவு –திரிபு விவரப்படம்

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 54 25-08-2020 14:56:51

i. பகுதி OA

இந்தப் பகுதியில் தகைவானது திரிபுக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும் வகையில் தகைவானது மிகவும் குறைவாக உள்ளது; அதாவது ஹூக் விதிக்கு உட்படுகிறது. புள்ளி A ஆனது விகித எல்லை எனப்படும். ஏனென்றால் இந்தபுள்ளிக்கு மேல் ஹூக் விதி பொருந்தாது. OA கோட்டின் சாய்வு கம்பியின் யங் குணகம் ஆகும்.

ii. பகுதி AB

தகைவானது மிக குறைவான அளவு அதிகரிக்கப்பட்டால் இந்தப் பகுதி அடையப்படுகிறது. இந்தப் பகுதியில் தகைவானது திரிபுக்கு நேர்த்தகவில் இல்லை. ஆனால், நீட்சி விசை நீக்கப்பட்டால் கம்பியானது அதன் தொடக்க நீளத்திற்குத் திரும்பும். இந்தப் பண்பு B புள்ளியில் முடிவடைகிறது. எனவே B புள்ளி விளைவுப்புள்ளி (மீட்சி எல்லை) எனப்படும். தகைவு–திரிபு வரைபடத்தில் OAB ஆனது பொருளின் (இங்கு கம்பி) மீட்சிப்பண்பைக் குறிக்கிறது .

iii. பகுதி BC

கம்பியானது புள்ளி (B) க்கு(மீட்சி எல்லை) மேல் நீட்டப்படுமானால், தகைவு அதிகரிக்கிறது மற்றும் கம்பியானது நீட்சி விசை நீக்கப்படும் போது தனது ஆரம்ப நீளத்தை மீண்டும் பெறாது.

iv. பகுதி CD

தகைவானது C க்கு அப்பால் அதிகரிக்கப்பட்டால், திரிபு மிக விரைவாக அதிகரித்து புள்ளி D ஐ அடையும். D க்கு அப்பால் கம்பியானது எந்த பளுவும் சேர்க்கப்படாமலேயே நீண்டு கொண்டே சென்று புள்ளி E இல் முறிகிறது. எந்த பெருமத்தகைவிற்கு (இங்கு D) அப்பால் கம்பி முறிவடைகிறதோ அந்த தகைவு முறிவுத்தகைவு அல்லது நீட்சி வலிமை(tensile strength) எனப்படும். அதற்குரிய புள்ளி (D) முறிவுப்புள்ளி எனப்படும். BCDE பகுதிகம்பிப் பொருளின் மீட்சியற்றத் தன்மையைக் குறிக்கிறது.

7.2.4 மீட்சிக்குணகங்கள் (Moduli of elasticity)

ஹூக் விதியிலிருந்து,

$$\text{தகைவு} \propto \text{திரிபு}$$

$\frac{\text{தகைவு}}{\text{திரிபு}}$ = ஒரு மாறிலி. இது மீட்சி குணகம் எனப்படும். இதன் SI அலகு Nm^{-2} அல்லது பாஸ்கல் ஆகும். இதன் பரிமாண வாய்ப்பாடு $ML^{-1}T^{-2}$.

இப்பாடப்பகுதியில் நாம் கொடுக்கப்பட்ட பொருளின் மீட்சிக்குணகத்தை வரையறுக்கலாம். மூவகை மீட்சிக்குணகங்கள் உள்ளன.

(அ) யங் குணகம்

(ஆ) பருமக் குணகம்

(இ) விறைப்புக் குணகம் (அல்லது சறுக்குப்பெயர்ச்சிக் குணகம்)

யங் குணகம் (Young's modulus)

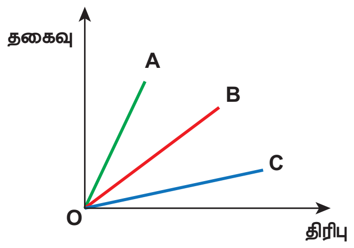
ஒரு கம்பியானது நீட்டிக்கப்பட்டால் அல்லது அமுக்கப்பட்டால் இழுவிசைத் தகைவு (அல்லது அமுக்கத்தகைவு) மற்றும் இழுவிசைத்திரிபு (அல்லது அமுக்கத்திரிபு) ஆகியவற்றுக்கு இடையே உள்ள விகிதம் யங் குணகம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$Y = \frac{\text{இழுவிசைத் தகைவு அல்லது அமுக்கத்தகைவு}}{\text{இழுவிசைத்திரிபு அல்லது அமுக்கத்திரிபு}}$$

$$Y = \frac{\sigma_t}{\varepsilon_t} \quad \text{or} \quad Y = \frac{\sigma_c}{\varepsilon_c} \qquad (7.6)$$

எடுத்துக்காட்டு 7.1

மீட்சி எல்லைக்குள் தகைவினால் A,B மற்றும் C என்ற கம்பிகளில் உருவான நீட்சித்திரிபுகள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. சமமான பளு செலுத்தப்பட்டதாகக் கொண்டு கம்பிப் பொருள்களின் மீட்சிப் பண்புகளை விவாதிக்கவும். மீட்சிக் குணகங்களை ஏறுவரிசையில் எழுதுக.



K98N48

தீர்வு:

இங்கு மீட்சிக் குணகமானது யங் குணகம் ஆகும். நீட்சியின் காரணமாக தகைவு இழுவிசைத் தகைவாகவும் திரிபு இழுவிசைத் திரிபாகவும் உள்ளன.

மீட்சி எல்லைக்குள் தகைவானது திரிபுக்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது (ஹூக் விதிக்கு உட்பட்டு). ஆகையால் வரைபடம் நேர்க்கோடாக உள்ளது. இங்கு யங் குணகத்தை நேர்க்கோட்டிற்கு சாய்வு

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 55 25-08-2020 14:56:51

எடுப்பதன் மூலம் கணக்கிடலாம். சாய்வைக் கணக்கிட நாம் பெறுவது

A யின் சாய்வு > B யின் சாய்வு > C யின் சாய்வு

இதன்மூலம்அறியப்படுவது,

C யின் யங் குணகம் < B யின் யங் குணகம் < A யின் யங் குணகம்

இங்கு சாய்வு அதிகமாக இருப்பின் திரிபு குறைவாக (நீளத்தில் சிறிய மாற்றம்) இருக்கும். பொருள் அதிக விறைப்பாக இருக்கும். எனவே, கம்பி A – இன் மீட்சிப்பண்பு ஆனது, கம்பி B மற்றும் கம்பி C– இன், மீட்சிப்பண்பைவிட அதிகமாகவும் இருக்கும். இந்த உதாரணத்திலிருந்து நாம்புரிந்து கொள்வது யங்குணகம் என்பது திண்மப் பொருள் தனது நீளத்தை மாற்ற ஏற்படுத்தும் தடையின் அளவாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 7.2

10 m நீளமுள்ள ஒரு கம்பியானது 1.25×10^{-4} m^2 குறுக்குவெட்டுப் பரப்பைக் கொண்டுள்ளது. அது 5 kg பளுவிற்கு உட்படுத்தப்படுகிறது. கம்பிப் பொருளின் யங் குணகம் 4×10^{10} Nm^{-2} எனில் கம்பியில் உருவான நீட்சியைக் கணக்கிடுக ($g = 10$ ms^{-2} எனக் கொள்க)

தீர்வு

$$\frac{F}{A} = Y \times \frac{\Delta L}{L}$$

எனவே, உருவான நீட்சி

$$\Delta L = \left(\frac{F}{A}\right)\left(\frac{L}{Y}\right)$$

$$= \left(\frac{50}{1.25\times10^{-4}}\right)\left(\frac{10}{4\times10^{10}}\right) = 10^{-4}\,\text{m}$$

பருமக் குணகம் (Bulk modulus)

பருமத்தகைவுக்கும் பருமத்திரிபுக்கும் இடையே உள்ள விகிதமே பருமக் குணகம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

பருமக் குணகம்,

$$K = \frac{\text{செங்குத்து தகைவு அல்லது அழுத்தம்}}{\text{பருமத் திரிபு}}$$

செங்குத்துத் தகைவு அல்லது அழுத்தம்

$$\sigma_n = \frac{F_n}{\Delta A} = \Delta p$$

பருமத்திரிபு $\varepsilon_v = \dfrac{\Delta V}{V}$

எனவே பருமக் குணகம்

$$K = -\frac{\sigma_n}{\varepsilon_v} = -\frac{\Delta P}{\frac{\Delta V}{V}} \qquad (7.7)$$

சமன்பாடு (7.7) இல் உள்ள எதிர்க்குறியின் பொருளானது பொருளின் மீது அழுத்தம் செயல்பட்டால் அதன் பருமன் குறைகிறது என்பதைக் குறிக்கிறது. மேலும் சமன்பாடு (7.7) குறிப்பது யாதெனில் ஒரு பொருள் சிறிய பருமக் குணக மதிப்பைக் கொண்டிருந்தால் அது எளிதாக அமுக்கப்படலாம். மாறாக, பருமக்குணகம் என்பது திண்மப்பொருள்கள் அவற்றின் பரும மாற்றத்தை எதிர்க்கும் அளவாகும்.

உதாரணமாக, வாயுக்கள் திண்மப்பொருள்–களைவிட எளிதாக அமுக்கப்படலாம் என்பதை நாம் அறிவோம். அதன் பொருள் வாயுக்கள் திண்மப்பொருள்களுடன் ஒப்பிட குறைவான பருமக்குணக மதிப்பைக் கொண்டுள்ளன என்பதாகும்.

அமுக்கத்தன்மை (Compressibility)

பருமக்குணகத்தின் தலைகீழி 'அமுக்கத்தன்மை' எனப்படும். அது ஓரலகு அழுத்தஉயர்வுக்கு பருமனில் ஏற்படும் சிறிய மாற்றம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

மிதிவண்டியின் டயருக்கு காற்று நிரப்பிய உடன் அது போதுமான அளவு உள்ளதா என நாம் அதனை அழுத்திப் பார்க்கிறோம். உண்மையில் இங்கு சோதித்துப்பார்ப்பது காற்றின் அமுக்கத்தன்மையே ஆகும். டயரானது அதன் எளிதான உருளுதலுக்கு குறைவாக அமுங்குவதாக இருக்க வேண்டும்.

உண்மையில் மிதிவண்டியில் இலகுவாக பயணம் செய்ய பின்பக்க டயர் முன்பக்க டயரைவிட குறைவாக அமுங்குவதாக இருத்தல் வேண்டும்.

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 56 25-08-2020 14:56:52

சமன்பாடு (7.7) லிருந்து அமுக்கத்தன்மை

$$C=\frac{1}{K}=-\frac{\varepsilon_v}{\sigma_n}=-\frac{\frac{\Delta V}{V}}{\Delta P} \qquad (7.8)$$

வாயுக்கள் திண்மங்களை விட குறைவான பருமக் குணகத்தைக் கொண்டிருப்பதால் வாயுக்களின் அமுக்கத்தன்மை மிக அதிகம்.

எடுத்துக்காட்டு 7.3

100 cm பக்கத்தைக் கொண்ட ஒரு உலோக கனசதுரம் அதன் முழு பக்கங்களிலும் செயல்படும் சீரான செங்குத்து விசைக்கு உட்படுத்தப்படுகிறது. அழுத்தம் 10^6 பாஸ்கல். பருமன் $1.5\times10^{-5}\,m^3$ என்ற அளவு மாறுபாடு அடைந்தால், பொருளின் பருமக்குணகத்தைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

வரையறைப்படி,

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

$$K=\frac{10^6\times1}{1.5\times10^{-5}}=6.67\times10^{10}\,N\,m^{-2}$$

விறைப்புக் குணகம் அல்லது சறுக்குப் பெயர்ச்சிக் குணகம்: (Rigidity modulus or Shear modulus):

சறுக்குப் பெயர்ச்சித் தகைவிற்கும் சறுக்குப் பெயர்ச்சித் திரிபுக்கும் உள்ள விகிதம் விறைப்புக்குணகம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$\eta_R=\frac{\text{சறுக்குப் பெயர்ச்சி தகைவு}}{\text{சறுக்குப் பெயர்ச்சிக் கோணம் அல்லது சறுக்குப் பெயர்ச்சித் திரிபு}}$$

$$\sigma_s=\frac{\text{தொடுவரை விசை}}{\text{அவ்விசை செலுத்தப்பட்ட பரப்பு}}=\frac{F_t}{\Delta A}$$

$$\varepsilon_s=\frac{x}{h}=\theta$$

எனவே விறைப்புக்குணகம்

$$\eta_R=\frac{\sigma_s}{\varepsilon_s}=\frac{\frac{F_t}{\Delta A}}{\frac{x}{h}}=\frac{F_t}{\Delta A\theta} \qquad (7.9)$$

மேலும் சமன்பாடு (7.9) குறிப்பது, ஒரு பொருளானது குறைந்த அளவு விறைப்புக்குணகத்தைக் கொண்டிருந்தால் அதனை எளிதாக முறுக்கலாம். உதாரணமாக, ஒரு கம்பியை θ கோணம் முறுக்கினால் ஒரு மீள் திருப்பு விசை (τ) உருவாகிறது.

அதாவது

$$\tau\propto\theta$$

திருப்புவிசை அதிகமெனில், கம்பியை அதிக கோண அளவுக்கு முறுக்க இயலும் (சறுக்குப்பெயர்ச்சிக் கோணம் θ அதிகம்). விறைப்புக்குணகம் சறுக்குப்பெயர்ச்சிக் கோணத்திற்கு எதிர்விகிதத்தில் தொடர்புடையதாக இருப்பதால், விறைப்புக்குணகம் சிறிதாக உள்ளது. இக்கொள்கையை சரிவரப் புரிந்துகொள்ளும் வகையில், சில முக்கியமான பொருள்களின் மீட்சிக்குணகங்கள் அட்டவணை 7.1 இல் தரப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 7.1 சில பொருள்களின் மீட்சிக்குணகங்கள்

பொருள்	யங் குணகம் (Y) ($10^{10}N\,m^{-2}$)	பருமக்குணகம் (K) ($10^{10}\,N\,m^{-2}$)	விறைப்புக் குணகம் அல்லது சறுக்குப்பெயர்ச்சிக்குணகம் (η_R) ($10^{10}\,N\,m^{-2}$)
எஃகு	20.0	15.8	8.0
அலுமினியம்	7.0	7.0	2.5
தாமிரம்	12.0	12.0	4.0
இரும்பு	19.0	10.0	6.4
கண்ணாடி	7.0	3.6	2.6

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 57 25-08-2020 14:56:55

எடுத்துக்காட்டு 7.4

0.20 m பக்கத்தைக் கொண்ட ஒரு உலோக கனசதுரம் 4000 N சறுக்குப்பெயர்ச்சி விசைக்கு உட்படுத்தப்படுகிறது. மேற்பரப்பு அடிப்பரப்பைப் பொறுத்து 0.50 cm இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது. உலோகத்தின் சறுக்குப் பெயர்ச்சிக் குணகத்தைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

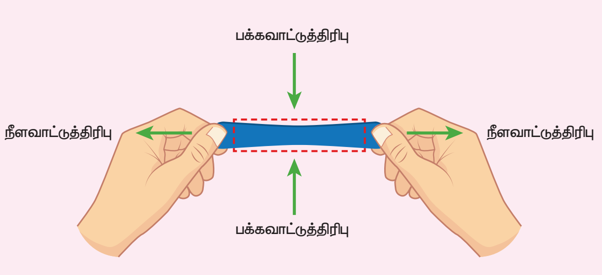
இங்கு L = 0.20 m, F = 4000 N, x = 0.50 cm = 0.005 m

மற்றும் பரப்பு $A = L^2 = 0.04\ m^2$

எனவே,

$$\eta_R = \frac{F}{A} \times \frac{L}{x} = \frac{4000}{0.04} \times \frac{0.20}{0.005} = 4 \times 10^6\ Nm^{-2}$$

7.2.5 பாய்ஸன் விகிதம்



படம் 7.9 பக்கவாட்டுத் திரிபு மற்றும் நீளவாட்டுத் திரிபு

நாம் ஒரு கம்பியை நீட்சியடையச் செய்வதாகக் கருதினால் அதன் நீளம் அதிகரிக்கிறது (நீட்சி), ஆனால் விட்டம் குறைகிறது (குறுக்கம்) அதுபோன்றே நாம் ஒரு இரப்பர் பட்டையை நீட்சியடையச் செய்தால் (நீட்சி) அது குறிப்பிடத்தக்க அளவு மெல்லியதாகிறது (குறுக்கம்). அதாவது பொருளின் ஒரு திசையிலான சீர்குலைவு மற்றொரு திசையில் சீர்குலைவை உருவாக்குகிறது. இதனை அளவிட பிரஞ்சு இயற்பியலாளர் எஸ்.டி.பாய்ஸன் என்பவர் பாய்ஸன் விகிதம் என அழைக்கப்படும் ஒரு விகிதத்தை முன்மொழிந்தார்.

ஒப்புமைக் குறுக்கத்திற்கும் (பக்கவாட்டுத்திரிபு) ஒப்புமை விரிவாக்கத்திற்கும் (நீளவாட்டுத்திரிபு) இடையே உள்ள விகிதம் என இது வரையறுக்கப்படுகிறது. இதன் குறியீடு μ ஆகும்.

$$\text{பாய்ஸன் விகிதம் } \mu = \frac{\text{பக்கவாட்டுத்திரிபு}}{\text{நீளவாட்டுத்திரிபு}} \quad (7.10)$$

L நீளமும் D விட்டமும் கொண்ட ஒரு கம்பி ஒன்றைக் கருதுவோம் செலுத்தப்பட்ட விசையினால் கம்பி நீட்சியடைந்தால், நீள அதிகரிப்பு l எனவும் விட்டத்தில் குறைவு d எனவும் கொண்டால்,

$$\text{பாய்சானின் விகிதம் } \mu = -\frac{\frac{d}{D}}{\frac{l}{L}} = -\frac{L}{l} \times \frac{d}{D}$$

எதிர்க்குறியானது நீளவாட்டில் நீட்சியும், பக்கவாட்டில் குறுக்கமும் உள்ளதைக் குறிக்கிறது. மேலும் இது சம பரிமாணங்களைக் கொண்டுள்ள அளவுகளின் விகிதமாகும். எனவே பாய்ஸன் விகிதம் அலகற்றது மற்றும் பரிமாணமற்றது (பரிமாணமற்ற எண்) ஆகும். சில பொருள்களின் பாய்ஸன் விகித மதிப்புகள் அட்டவணை 7.2 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 7.2 சில பொருள்களின் பாய்ஸன் விகிதங்கள்

பொருள்	பாய்ஸன் விகிதங்கள்
இரப்பர்	0.4999
தங்கம்	0.42 -0.44
தாமிரம்	0.33
துருப்பிடிக்காத எஃகு	0.30-0.31
எஃகு	0.27-0.30
வார்ப்பு இரும்பு	0.21-0.26
கான்கிரீட்	0.1-0.2
கண்ணாடி	0.18-0.3
நுரை பஞ்சு	0.10-0.50
தக்கை	0.0

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 58 25-08-2020 14:56:56

7.2.6 மீட்சி ஆற்றல் (Elastic energy)

ஒரு பொருளை நீட்சியடையச் செய்தால் மீள்விசைக்கு (அகவிசை) எதிராக வேலை செய்யப்படுகிறது. செய்யப்பட்ட இந்த வேலை பொருளினுள் மீட்சி ஆற்றலாக சேமிக்கப்படுகிறது.

நீட்டப்படாத நிலையில் L நீளமும் A குறுக்குவெட்டுப் பரப்பும் கொண்ட ஒரு கம்பியைக் கருதுக. ஒரு விசை l என்ற நீட்சியை உருவாக்குவதாகக் கொள்க. கம்பியின் மீட்சி எல்லை தாண்டப்படவில்லை எனவும் ஆற்றலில் இழப்பு இல்லை எனவும் கொள்க. எனவே F என்ற விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை கம்பி பெற்றுள்ள ஆற்றலுக்கு சமமாகும்.

கம்பியானது dl அளவு நீட்சியடையும்போது செய்யப்படும் வேலை

$$dW = F\,dl$$

0 முதல் l வரை கம்பி நீட்சியடைய செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = \int_0^l F\,dl \qquad (7.11)$$

யங் குணகத்திலிருந்து

$$Y = \frac{F}{A}\times\frac{L}{l} \Rightarrow F = \frac{YAl}{L} \qquad (7.12)$$

சமன்பாடு (7.12) ஐ சமன்பாடு (7.11) இல் பிரதியிட

$$W = \int_0^l \frac{YAl}{L}dl$$

தொகையிடலில் l என்பது வெற்று மாறி (dummy variable) என்பதால் நாம் l என்பதை (எல்லைகளில் அல்ல) l' என மாற்ற

$$W = \int_0^l \frac{YAl'}{L}dl' = \frac{YA}{L}\left(\frac{l'^2}{2}\right)\Bigg|_0^l = \frac{YA}{L}\frac{l^2}{2} = \frac{1}{2}\left(\frac{YAl}{L}\right)l = \frac{1}{2}Fl$$

$$W = \frac{1}{2}Fl = \text{மீட்சி நிலை ஆற்றல்}$$

ஓரலகு பருமனில் உள்ள ஆற்றலானது ஆற்றல் அடர்த்தி எனப்படும். இது பின்வருமாறு அளிக்கப்படுகிறது.

$$u = \frac{\text{மீட்சி நிலை ஆற்றல்}}{\text{பருமன்}} = \frac{\frac{1}{2}Fl}{AL}$$

$$= \frac{1}{2}\frac{F}{A}\frac{l}{L} = \frac{1}{2}\times \text{தகைவு} \times \text{திரிபு} \qquad (7.13)$$

எடுத்துக்காட்டு 7.5

2 m நீளமும் $10^{-6}\,m^2$ குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பும் கொண்ட ஒரு கம்பி 980 N பளுவை தொங்கவிட பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. (i) கம்பியில் உருவான தகைவு (ii) திரிபு மற்றும் (iii) சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக. $Y = 12 \times 10^{10}\ N\,m^{-2}$ எனத்தரப்பட்டுள்ளது.

தீர்வு

(i) தகைவு = $\frac{F}{A} = \frac{980}{10^{-6}} = 98\times10^{7}\,N\,m^{-2}$

(ii) திரிபு = தகைவு $= \frac{\text{திரிபு}}{Y} = \frac{98\times10^{7}}{12\times10^{10}} = 8.17\times10^{-3}$

(அலகற்றது)

(iii) பருமன் = $2 \times 10^{-6}\ m^3$,

ஆற்றல் $= \frac{1}{2}$ (தகைவு × திரிபு) × பருமன்

$\Rightarrow \frac{1}{2}(98\times10^{7})\times(8.17\times10^{-3})\times2\times10^{-6} = 8$ ஜுல்

7.2.7 மீட்சிப்பண்பின் பயன்பாடுகள்

பொருள்களின் இயந்திரவியல் பண்புகள் அன்றாட வாழ்வில் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. அவற்றில் ஒன்றான மீட்சிப்பண்பு கட்டிடங்களின் தூண்கள் மற்றும் விட்டங்களின் கட்டுமான வடிவமைப்பை முடிவு செய்கிறது.

கட்டுமானப் பொறியியலைப் பொருத்தவரை ஒரு வடிவமைப்பு தாங்கக்கூடிய தகைவின் அளவானது முதன்மையான பாதுகாப்புக் காரணியாகும். ஒரு பாலமானது அதன்மீது செல்லும் போக்குவரத்தின் பளு, காற்றின் விசை மற்றும் பாலத்தின் எடை ஆகியவற்றை தாங்கும் வகையில் வடிவமைக்கப்பட வேண்டும். மீட்சிப்பண்பு அல்லது விட்டங்களின் வளைவு என்பது கட்டிடங்கள் மற்றும் பாலங்களின் உறுதித்தன்மையில் முக்கிய பங்காற்றுகிறது.

உதாரணமாக கொடுக்கப்பட்ட ஒரு பளுவிற்கு விட்டத்தின் வளைவைக் குறைக்க அதிக யங் குணக மதிப்புள்ள பொருளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். அட்டவணை 7.1 இல் இருந்து எஃகின் யங் குணகம் அலுமினியம் அல்லது தாமிரத்தை விட அதிகமாகும் எனத் தெளிவாகிறது. இரும்பு, எஃகுக்கு அடுத்தபடியாக உள்ளது. எஃகு கனரக இயந்திரங்களை வடிவமைக்கவும், இரும்புக்கம்பிகள் கட்டிடங்கள் கட்டுவதற்கும் அதிகமாக பயன்படுத்தப்படுவதற்கு இதுவே காரணமாகும்.

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 59 25-08-2020 14:56:58

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

எது அதிக மீட்சிப்பண்பு உடையது? இரப்பரா? எஃகா? உண்மையில் எஃகு தான் அதிக மீட்சிப்பண்பு உடையது. எஃகு மற்றும் இரப்பர் இரண்டின் மீதும் சமமான அழுத்தத்தை (stress) கொடுத்தால் எஃகு குறைவான திரிபையே அடையும். எனவே யங் மீட்சிக்குணகம் எஃகுக்குத்தான் அதிகம். யங் மீட்சிக்குணகம் எந்தப் பொருளுக்கு அதிகமோ அதுவே அதிக மீட்சிப்பண்பு (elastic) உடையது. எனவே எஃகு இரப்பரை விட அதிக மீட்சித்தன்மை கொண்டது.

7.3 பாய்மங்கள் (FLUIDS)

7.3.1 அறிமுகம்

உலகத்தில் அனைத்து இடங்களிலும் பாய்மங்கள் காணப்படுகிறது. புவியின் பரப்பானது மூன்றில் இரண்டு பங்கு நீரையும், மூன்றில் ஒரு பங்கு நிலப்பகுதியையும் கொண்டுள்ளது. இதனைத் தவிர புவியானது காற்றால் சூழப்பட்டுள்ளது. பாய்மங்கள் திண்மப்பொருள்களில் இருந்து மாறுபட்டவை. திண்மத்தைப்போல் அல்லாமல் பாய்மம் வரையறுக்கப்பட்ட சுய வடிவத்தைக் கொண்டிருக்காது. பாய்மங்களில், திரவம் நிலையான பருமனைக் கொண்டும் வாயுவானது கொள்கலனின் முழு பருமனை நிரப்பியும் உள்ளன.

பாய்மத்தின் அழுத்தம்:

பாய்மம் என்பது அதன்மீது புறவிசை செலுத்தப்பட்டால் பாயத் தொடங்கும் பொருளாகும். அது செலுத்தப்பட்ட விசைக்கு மிகக்குறைந்த எதிர்ப்பையே அளிக்கிறது. குறைவான பரப்பில் விசை செயல்பட்டால் அதன் தாக்கம் அதிகமாகவும், அதிகமான பரப்பில் குறைவாகவும் இருக்கும். இந்த கருத்தானது அழுத்தம் எனப்படும் ஒரு அளவை உறுதிப்படுத்துகிறது.

ஒரு பொருளானது ஓய்வில் உள்ள ஒரு பாய்மத்தில் (நீர்) மூழ்கியுள்ளதாகக் கருதுக. இந்நேர்வில் பாய்மம் பொருளின் மேற்பரப்பில் ஒரு விசையை செலுத்தும். இந்த விசை எப்போதும் பொருளின் பரப்பிற்கு செங்குத்தாக உள்ளது. A என்ற மேற்பரப்பில் செயல்படும் செங்குத்து விசையின் எண்மதிப்பு F எனில், ஓரலகு பரப்பில் செயல்படும் விசையே அழுத்தம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$P = \frac{F}{A} \qquad (7.14)$$

அழுத்தம் ஒரு ஸ்கேலர் அளவாகும். அதன் SI அலகு மற்றும் பரிமாணங்கள் முறையே Nm^{-2} அல்லது பாஸ்கல் (Pa) மற்றும் $[ML^{-1}T^{-2}]$ ஆகும்.

அழுத்தத்தின் மற்றொரு பொதுவான அலகு 'atm' எனக் குறிக்கப்படும் காற்றழுத்தம் ஆகும். அது கடல் மட்டத்தில் காற்று மண்டலத்தின் அழுத்தம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

அதாவது, 1 atm = 1.013×10^5 Pa அல்லது Nm^{-2}.

அழுத்தத்தைத் தவிர வேறு இரு பண்பளவுகளான அடர்த்தி மற்றும் ஒப்படர்த்தி ஆகியவையும் பாய்மங்களின் இயல்பை விவரிக்க பயனுள்ளதாக உள்ளன.

பாய்மத்தின் அடர்த்தி:

ஒரு பாய்மத்தின் அடர்த்தி என்பது அதன் ஓரலகு பருமனுக்கான நிறை என வரையறுக்கப்படுகிறது. V பருமனைக் கொண்டு m நிறையுள்ள பாய்மத்தின் அடர்த்தி $\rho = m/V$. இதன் SI அலகு மற்றும் பரிமாணம் முறையே $kg\ m^{-3}$ மற்றும் $[ML^{-3}]$ ஆகும். இது ஒரு நேர்க்குறி மதிப்புள்ள ஸ்கேலர் அளவாகும்.

பெரும்பாலும் திரவம் அமுக்கப்பட இயலாத ஒன்று என்பதால் காற்றழுத்தத்தில் (1 atm அழுத்தத்தில்) அதன் அடர்த்தி ஏறக்குறைய மாறிலி ஆகும். வாயுக்களில் அழுத்தத்தைச் சார்ந்து அடர்த்திகளில் மாறுபாடுகள் உள்ளன.

ஒப்படர்த்தி (Relative density or specific gravity):

ஒரு பொருளின் ஒப்படர்த்தி என்பது அந்தப் பொருளின் அடர்த்திக்கும் 4 °C ல் நீரின் அடர்த்திக்கும் இடையே உள்ள விகிதம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. இது ஒரு பரிமாணமற்ற நேர்க்குறி மதிப்புள்ள ஸ்கேலர் அளவாகும்.

உதாரணமாக, பாதரசத்தின் அடர்த்தி $13.6 \times 10^3\ kg\ m^{-3}$. அதன் ஒப்படர்த்தி

$$\frac{13.6 \times 10^3\ kg\ m^{-3}}{1.0 \times 10^3\ kg\ m^{-3}} = 13.6.$$

[4 °C வெப்பநிலையில் நீரின் அடர்த்தி $1000\ kg\ m^{-3}$ ஆகும்]

எடுத்துக்காட்டு 7.6

ஒரு திண்மக்கோளம் 1.5 cm ஆரமும் 0.038 kg நிறையும் கொண்டுள்ளது. திண்மக் கோளகத்தின் ஒப்படர்த்தியைக் கணக்கிடுக

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 60 25-08-2020 14:56:59

தீர்வு

கோளத்தின் ஆரம் R = 1.5 cm

நிறை m = 0.038 kg

கோளகத்தின் பருமன் $V=\frac{4}{3}\pi R^3$

$=\frac{4}{3}\times(3.14)\times(1.5\times10^{-2})^3 = 1.413\times10^{-5}m^3$

எனவே, அடர்த்தி

$$\rho=\frac{m}{V}=\frac{0.038kg}{1.413\times10^{-5}m^3}=2690\,kg\,m^{-3}$$

எனவே, கோளகத்தின் ஒப்படர்த்தி

$$=\frac{2690}{1000}=2.69$$

7.3.2 ஓய்வில் உள்ள பாய்மத்தம்பத்தினால் அழுத்தம்

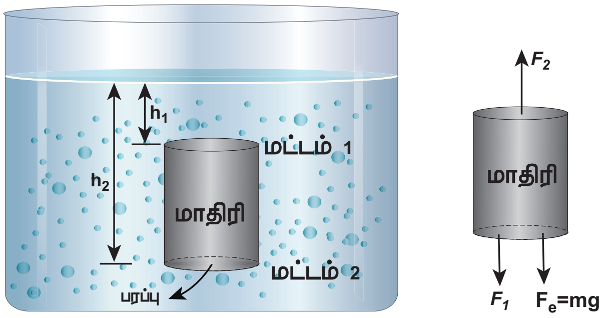
மலைமீது ஏறும் ஒரு மலையேற்ற வீரர் உயரத்தைப் பொறுத்து காற்றின் அழுத்தம் குறைவதை உணர இயலும். நீச்சல் குளத்தில் குதிக்கும் ஒருவர் நீர்ப்பரப்புக்கு கீழே ஆழமாக செல்லும்போது நீரின் அழுத்தம் அதிகரிப்பதை உணர்கிறார். இந்த இரு நேர்வுகளிலும், மலையேற்ற வீரர் மற்றும் நீச்சல் வீரர் எதிர்கொண்ட அழுத்தமானது நிலையாக உள்ள பாய்மங்களின் நீர்ம நிலை அழுத்தமாகும்.

நீரின் ஆழத்தைப் பொறுத்து அழுத்தம் அதிகரிப்பதைப் புரிந்துகொள்ள உருளை வடிவில் உள்ள A குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு கொண்ட நீர் மாதிரியைக் கருதுக. படம் 7.10 (அ) இல் காட்டியுள்ளவாறு h_1 மற்றும் h_2 என்பவை முறையே உருளையின் மட்டம் 1 மற்றும் 2 ஆகியவைகள் காற்று – நீர் இடைப்பகுதியிலிருந்து உள்ள ஆழங்கள் என்க. மட்டம் 1 இல் செயல்படும் கீழ்நோக்கிய விசை F_1 எனவும் மேல்நோக்கிய விசை F_2 எனவும் கொள்க. எனவே $F_1 = P_1 A$ மற்றும் $F_2 = P_2 A$. நீர் மாதிரியின் நிறை m எனக் கருதுக. சமநிலையில் மொத்த மேல்நோக்கிய விசை (F_2) ஆனது மொத்த கீழ்நோக்கிய விசையால் $(F_1 + mg)$, சமன் செய்யப்படுகிறது. மாறாக, கீழ்நோக்கி செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசையானது விசையின் வேறுபாடு $F_2 - F_1$ ஆல் சமன் செய்யப்படுகிறது.

$$F_2 - F_1 = mg = F_G \qquad (7.15)$$

நீரின் அடர்த்தி ρ எனில், மாதிரியில் உள்ள நீரின் நிறை

$$m=\rho V = \rho A\,(h_2-h_1)$$
$$V=A\,(h_2-h_1)$$



படம் 7.10 (அ) நிலையான பாய்மத்தில் சமநிலையில் உள்ள அதன் விசைகளுடன் அடிப்பரப்பு (A) கொண்டுள்ள நீரின் மாதிரி.

எனவே புவியீர்ப்பு விசை

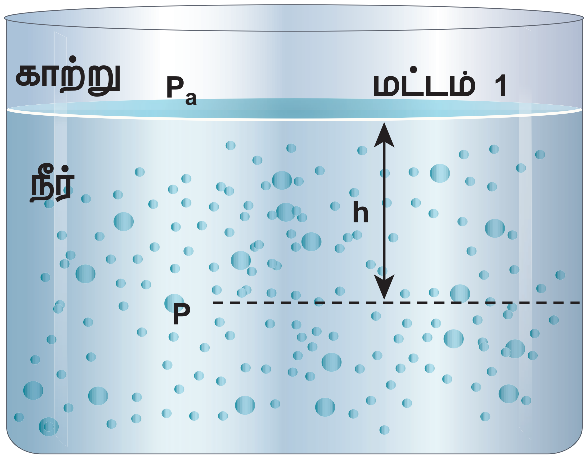
$$F_G = \rho A\,(h_2 - h_1)\,g$$

F_G இன் மதிப்பை சமன்பாடு (7.15) இல் பிரதியிட

$$F_2=F_1+m\,g$$
$$P_2A = P_1A+ \rho A(h_2-h_1)g$$

இரு புறங்களிலும் A ஐ நீக்க

$$P_2 = P_1 + \rho(h_2 - h_1)g \qquad (7.16)$$



படம் 7.10 (ஆ) நீரின் மேற்பரப்பிற்கு கீழே (h) ஆழத்தில் அழுத்தம் (P)

நாம் மட்டம் 1 ஐ நீரின் மேற்பரப்பிலும் அதாவது காற்று – நீர் இடைப்பகுதி, மட்டம் 2 ஐ மேற்பரப்பிற்கு கீழே h ஆழத்திலும் (படம் 7.10 (ஆ) இல் காட்டியுள்ளவாறு) தேர்வு செய்தால் h_1 மதிப்பு சுழியாகும் ($h_1 = 0$) மற்றும் P_1 காற்றழுத்தத்தின் மதிப்பைப் பெறுகிறது P_a மேலும் h ஆழத்தில் அழுத்தம் (P_2) ஆனது P என்ற மதிப்பைப் பெறும். இந்த மதிப்புகளை சமன்பாடு (7.16) இல் பிரதியிட

$$P = P_a + \rho g h \quad (7.17)$$

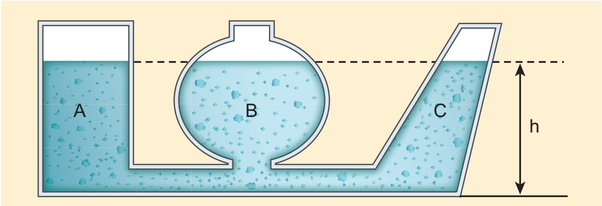
எனவே, h ஆழத்தில் உள்ள அழுத்தம் நீரின் மேற்பரப்பில் உள்ள அழுத்தத்தை விட அதிகமாகும். காற்றழுத்தம் புறக்கணிக்கப்பட்டால், h அழுத்தில் அழுத்தம் ஆனது

$$P = \rho g h \quad (7.18)$$

கொடுக்கப்பட்ட திரவத்திற்கு ρ மாறிலி மற்றும் g மதிப்பும் மாறிலி, எனவே பாய்மத் தம்பத்தினால் உருவாகும் அழுத்தமானது நீர்மத்தம்பத்தின் உயரம் அல்லது செங்குத்துத்தொலைவுக்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது. அழுத்தத்தை நிர்ணயம் செய்ய பாய்மத்தம்பத்தின் உயரமே முக்கியமாகும் மற்றும் கொள்கலனின் குறுக்குப் பரப்பு அல்லது அடிப்பரப்பு அல்லது வடிவம் ஆகியவற்றைச் சாராது என்பதைக் குறிக்கிறது.

நீர்மநிலையியல் முரண்புதிர்

ஓய்வில் உள்ள திரவத்தைப் பற்றிக் கூறினால் ஒரே கிடைமட்டத்தில் உள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளிலும் (சம ஆழத்தில்) திரவ அழுத்தம் சமமாக உள்ளது. இந்த கூற்றை 'நீர்மநிலையியல் முரண்புதிர்' எனப்படும் சோதனை மூலம் விளக்கலாம். படம் 7.11 இல் காட்டியுள்ளவாறு A,B மற்றும் C ஆகிய மாறுபட்ட வடிவங்களைக் கொண்ட மூன்று கலன்களைக் கருதுவோம். இந்த கலன்கள் அடிப்பகுதியில் ஒரு கிடைத்தள குழாய் மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவை ஒரு திரவத்தால் (நீர்) நிரப்பப்பட்டால் கலன்கள் மாறுபட்ட பருமனுள்ள நீரைக் கொண்டிருந்தாலும் சமஅளவிலான நீரின் மட்டத்தைக் கொண்டுள்ளன. ஏனென்றால் ஒவ்வொரு கலனின் அடிப்பகுதியில் உள்ள திரவம் சமமான அழுத்தத்தை உணர்கிறது.



படம் 7.11 நீர்மநிலையியல் முரண்புதிர் விளக்கம்

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

ஒரு இடத்தில் உள்ள வளிமண்டல அழுத்தம் என்பது அந்த இடத்திற்கு மேல் உள்ள காற்றினால் ஓரலகு மேற்பரப்பில் செலுத்தப்படும் புவியீர்ப்பு விசை ஆகும். இது உயரம் மற்றும் வானிலை காற்றின் அடர்த்தி ஆகியவற்றை சார்ந்து மாறுகிறது. உண்மையில் உயரம் அதிகரிக்கும்போது காற்றழுத்தம் குறைகிறது.

உயரத்தைப் பொறுத்து காற்றழுத்தம் குறைவது அன்றாட வாழ்வில் விரும்பத்தகாத விளைவைக் கொண்டுள்ளது. உதாரணமாக, மிக உயரமான இடங்களில் சமைப்பதற்கு நீண்ட நேரம் ஆகிறது. காற்றழுத்தத்திற்கும் இரத்த அழுத்தத்திற்கும் இடையே அதிக வேறுபாடு காரணமாக உயரம் அதிகமுள்ள இடங்களில் மூக்கில் இரத்தம் வடிதல் மற்றொரு பொதுவான நிகழ்வாகும். புவிப்பரப்பில் கடல் மட்டத்தில் அதன் மதிப்பு 1 atm ஆகும்.

1 atm அழுத்தம் $= 1.013 \times 10^5$ pa

செயல்பாடு 1

ஒரு திறப்பைக் கொண்டுள்ள ஒரு உலோகக் கலனை (டின்) எடுத்துக்கொள்க. ஒரு வெற்றிட இறைப்பானை திறப்பில் இணைக்கவும். கலனின் உள்ளே இருக்கும் காற்றை வெளியேற்றவும். உலோகக் கலனின் வடிவம் தகர்க்கப்படுவது ஏன்?

அறிந்து கொள்வது:

உட்பரப்பில் அழுத்தம் குறைகிறது. எனவே, வெளிப்புற காற்றழுத்தத்தின் விசை சமன் செய்யப்படாமல் செயல்படுவதால் கலனின் வடிவம் தகர்க்கப்படுகிறது.

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 62 25-08-2020 14:57:01

செயல்பாடு 2

ஒரு கண்ணாடிக் குவளையை எடுத்துக்கொள்க. அதன் விளிம்புவரை நீரால் நிரப்புக. ஒரு காகித அட்டையை அதன் விளிம்பில் குவளைக்கும் அட்டைக்கும் இடையே காற்று இல்லாதவாறு வைக்கவும். குவளையை தலைகீழாக திருப்புக. நீர் கீழே விழாமல் இருக்கும்.

அறிந்து கொள்வது:

குவளையில் உள்ள நீரின் எடையை காற்றில் மோதிக்கொண்டுள்ள காகித அட்டையின் கீழ் பரப்பில் செயல்படும் மேல் நோக்கிய காற்றழுத்தம் காரணமாக கிடைக்கும் மேல்நோக்கிய விசை சமன்படுத்துவதால் இது நிகழ்கிறது..

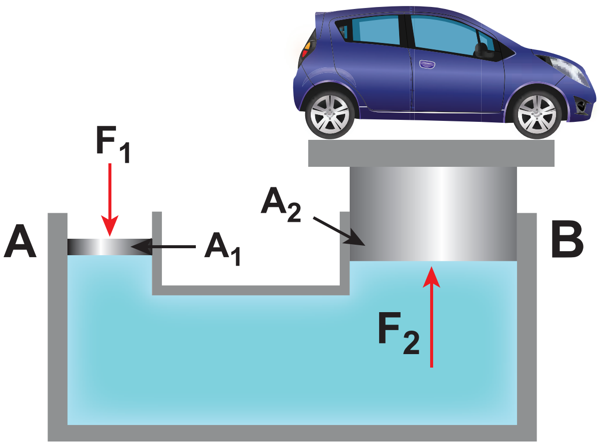
7.3.3 பாஸ்கல் விதி மற்றும் அதன் பயன்பாடுகள்

பிரஞ்சு அறிவியல் அறிஞர் பிளெய்ஸ் பாஸ்கல் என்பவர் ஓய்வில் உள்ள ஒரு பாய்மத்தில் சம உயரத்தில் உள்ள அனைத்து புள்ளிகளிலும் அழுத்தம் சமமாக உள்ளது என கண்டறிந்தார். பாஸ்கல் விதியின் படி "ஒரு திரவத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் அழுத்தம் மாறினால் அந்த மாறுபாடு மதிப்பு குறையாமல் திரவம் முழுவதற்கும் பரப்பப்படுகிறது"

பாஸ்கல் விதியின் பயன்பாடு

நீரியல் தூக்கி

பாஸ்கல் விதியின் ஒரு செயல்முறை பயன்பாடு, குறைவான விசையைக் கொண்டு அதிக பளுவைத்தூக்க பயன்படும் நீரியல் தூக்கி (Hydraulic lift) ஆகும். இது ஒரு விசைப்பெருக்கி. இது A மற்றும் B என்ற ஒன்றுடன் ஒன்று கிடைமட்டக் குழாயால் இணைக்கப்பட்டு திரவத்தால் நிரப்பப்பட்ட இரு உருளைகளைக் கொண்டுள்ளது (படம் 7.12) அவற்றினுள் A_1 மற்றும் A_2 $(A_2 > A_1)$ குறுக்குவெட்டுப்பரப்புகள் கொண்ட உராய்வற்ற பிஸ்டன்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.



படம் 7.12 நீரியல் தூக்கி

சிறிய பிஸ்டனின் மீது கீழ்நோக்கிய விசை F செலுத்தப்படுவதாகக் கொண்டால் இந்த பிஸ்டனுக்கு கீழ் உள்ள திரவத்தின் அழுத்தம் $P\left(\text{இங்கு}, P = \frac{F_1}{A_1}\right)$ என்ற மதிப்பிற்கு அதிகரிக்கிறது. பாஸ்கல் விதிப்படி, இந்த அதிகரிக்கப்பட்ட அழுத்தம் P அனைத்து திசைகளிலும் மதிப்பு குறையாமல் பரப்பப்படுகிறது. எனவே பிஸ்டன் B – இன் மீது ஒரு அழுத்தம் செலுத்தப்படுகிறது. பிஸ்டன் B – இன் மீது மேல்நோக்கிய விசை

$$F_2 = P \times A_2 = \frac{F_1}{A_1} \times A_2$$

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} \times F_1 \qquad (7.19)$$

எனவே சிறிய பிஸ்டன் A – இன் மீது உள்ள விசையை மாற்றுவதன் மூலம் பிஸ்டன் B – இன் மீதுள்ள விசையானது $\frac{A_2}{A_1}$ என்ற காரணியின் அளவுக்கு உயர்த்தப்பட்டுள்ளது. இந்த காரணி நீரியல் தூக்கியின் இயந்திர இலாபம் எனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு 7.7

ஒரு நீரியல் தூக்கியின் இரு பிஸ்டன்கள் 60 cm மற்றும் 5 cm விட்டங்களைக் கொண்டுள்ளன. சிறிய பிஸ்டன் மீது 50 N விசை செலுத்தப்பட்டால் பெரிய பிஸ்டன் செலுத்தும் விசை யாது?

தீர்வு

பிஸ்டன்களின் விட்டங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளதால் பிஸ்டனின் ஆரங்களைக் கணக்கிடலாம்.

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

சிறிய பிஸ்டனின் பரப்பு, $A_1 = \pi\left(\frac{5}{2}\right)^2 = \pi(2.5)^2$

பெரிய பிஸ்டனின் பரப்பு, $A_2 = \pi\left(\frac{60}{2}\right)^2 = \pi(30)^2$

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} \times F_1 = (50N) \times \left(\frac{30}{2.5}\right)^2 = 7200\,N$$

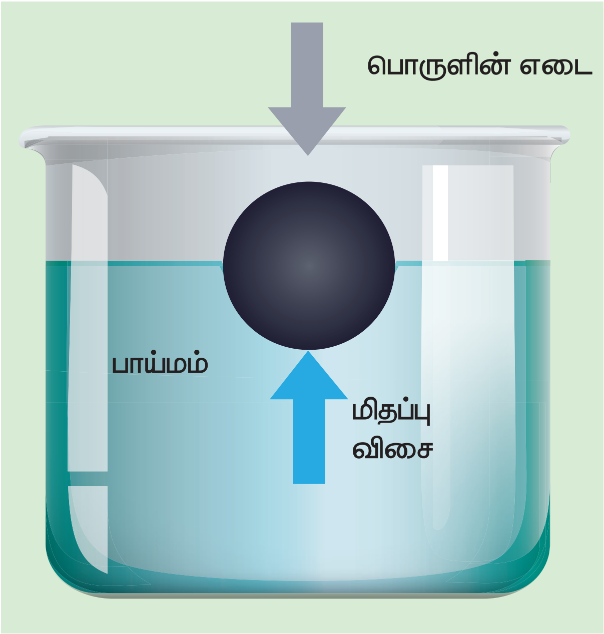
இதன் பொருளானது 50 N விசையை செலுத்தி 7200 N விசையை உயர்த்தலாம் என்பதாகும்.

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 63 25-08-2020 14:57:03

7.3.4 மிதக்கும்தன்மை (Buoyancy)

ஒரு பொருளானது ஒரு பாய்மத்தில் பகுதியாகவோ அல்லது முழுவதுமாகவோ மூழ்கியிருந்தால் அது ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு பாய்மத்தை இடம்பெயரச் செய்கிறது. இடம்பெயர்ந்த பாய்மம் பொருளின் மீது மேல்நோக்கிய விசையைச் செலுத்துகிறது. ஒரு பாய்மத்தில் மூழ்கியுள்ள ஒரு பொருளின் எடையை எதிர்க்கும் பாய்மத்தினால் உருவாக்கப்படும் மேல்நோக்கிய விசை மிதப்புவிசை எனப்படும். இந்நிகழ்வு மிதக்கும்தன்மை எனப்படும்.

ஆர்க்கிமிடிஸ் கொள்கை



படம் 7.13 ஆர்க்கிமிடிஸ் கொள்கை

இதன் கூற்றானது, பொருளொன்று ஒரு பாய்மத்தில் பகுதியாகவோ அல்லது முழுவதுமாகவோ மூழ்கியிருந்தால் அது இடம்பெயரச் செய்த பாய்மத்தின் எடைக்கு சமமான மேல்நோக்கிய உந்து விசையை அது உணர்கிறது மற்றும் உந்து விசையானது இடம்பெயர்ந்த திரவ ஈர்ப்பு மையம் வழியாக செயல்படுகிறது.

உந்து விசை அல்லது மிதப்பு விசை = இடம்பெயர்ந்த திரவத்தின் எடை

மிதத்தல் விதி (Law of Floatation)

படகுகள், கப்பல்கள் மற்றும் சில மரப்பொருள்கள் நீரின் மேற்பகுதியில் இயங்குவது நன்கு அறிந்த ஒன்றாகும். அவை மிதக்கிறது எனலாம். பாய்மத்தின் மேல் மட்டங்களுக்கு உயர்கின்ற அல்லது பாய்மத்தின் மேற்பரப்பில் நிலைத்து நிற்கும் ஒரு பொருளின் தன்மை மிதத்தல் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

"பொருளின் மூழ்கிய பகுதி இடம்பெயரச்செய்த திரவத்தின் எடை, பொருளின் எடைக்கு சமமானால் அந்தப் பொருள் அத்திரவத்தில் மிதக்கும்" என்பது மிதத்தல் விதியாகும். உதாரணமாக, 300 kg எடையுள்ள (ஏறத்தாழ 3000 N) ஒரு மரத்தாலான பொருள் நீரில் மிதக்கும்போது 300 kg (ஏறத்தாழ 3000 N) நீரை இடம்பெயரச் செய்கிறது.

குறிப்பு

ஒரு பொருள் மிதந்தால் இடம்பெயர்ந்த பாய்மத்தின் பருமன் மூழ்கிய பொருளின் பருமனுக்கு சமமாக உள்ளது, மற்றும் மூழ்கிய பொருளின் பருமனின் சதவீதம் பொருளின் அது மிதக்கும் பாய்மத்தின் அடர்தியைப் பொருத்த ஒப்படர்த்திக்கு சமமாகும். உதாரணமாக $0.9\ g\ cm^{-3}$ அடர்த்தி கொண்ட ஒரு பனிக்கட்டி $1.0\ g\ cm^{-3}$ அடர்த்தி கொண்ட தூய நீரில் மிதந்தால், நீரில் மூழ்கிய பொருளின் பருமனின் சதவீதமானது

$$\frac{0.9\,g\,cm^{-3}}{1.0\,g\,cm^{-3}} \times 100\% = 90\% .$$

மாறாக, அதே பனிக்கட்டி $1.3\ g\ cm^{-3}$, அடர்த்தி கொண்ட கடல் நீரில் மிதந்தால், கடல் நீரில் மூழ்கிய பொருளின் பருமனின் சதவீதமானது $\frac{0.9\,g\,cm^{-3}}{1.3\,g\,cm^{-3}} \times 100\% = 69.23\,\%$ மட்டுமே.

எடுத்துக்காட்டு 7.8

ஒரு மரத்தாலான கன சதுரம் நீரில் 300 g நிறையை அதன் மேற்பகுதியின் மையத்தில் தாங்குகிறது. நிறையானது நீக்கப்பட்டால், கன சதுரம் 3 cm உயருகிறது. கனசதுரத்தின் பருமனைக் கணக்கிடுக.

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 64 25-08-2020 14:57:04

தீர்வு

கனசதுரத்தின் ஒவ்வொரு பக்கமும் l என்க. 3 cm ஆழத்திற்கு கனசதுரம் நிரப்பும் பருமன்

$$V=(3cm) \times l^2 = 3l^2 cm^3$$

மிதத்தல் விதிப்படி

$$V\rho g = mg \Rightarrow V\rho = m$$

நீரின் அடர்த்தி $\rho = 1000\ kgm^{-3}$

$$\Rightarrow (3l^2 \times 10^{-2} m) \times (1000\ kgm^{-3}) = 300 \times 10^{-3} kg$$

$$l^2 = \frac{300 \times 10^{-3}}{3 \times 10^{-2} \times 1000} m^2 \Rightarrow l^2 = 100 \times 10^{-4} m^2$$

$$l = 10 \times 10^{-2} m = 10\ cm$$

எனவே கனசதுரத்தின் பருமன் $V = l^3 = 1000\ cm^3$

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

நீர்மூழ்கிக்கப்பல்கள் அதன் மிதக்கும் தன்மையைக் கட்டுப்படுத்துவதன் மூலம் நீரின் ஆழத்திற்கு மூழ்கலாம் அல்லது உயரே வரலாம். இதனை அடைய, நீர்மூழ்கிக் கப்பல்கள் நீர் அல்லது காற்றினால் நிரப்பக்கூடிய நிலைப்படுத்தும் தொட்டிகளைக் கொண்டுள்ளன. நிலைப்படுத்தும் தொட்டிகள் காற்றினால் நிரப்பப்பட்டால் சுற்றுப்புற நீரை விட நீர்மூழ்கிக்கப்பலின் மொத்த அடர்த்தியானது குறைந்து அது மேற்பரப்பிற்கு வரும் (நேர் மிதக்கும் தன்மை). காற்றை வெளியேற்றி தொட்டிகளில் நீரை நிரப்பினால் நீர்மூழ்கிக்கப்பலின் மொத்த அடர்த்தி சுற்றுப்புற நீரைவிட அதிகமாகி கப்பல் மூழ்கும் (எதிர் மிதக்கும் தன்மை). நீர்மூழ்கிக் கப்பலை எந்த ஒரு ஆழத்திலும் நிலைநிறுத்த, தொட்டிகள் காற்று மற்றும் நீரால் நிரப்பப்படுகின்றன(நடுநிலை மிதக்கும் தன்மை).

மிதக்கும் பொருள்களுக்கு எடுத்துக்காட்டுகள்:

i) ஒருவர் ஆற்றுநீரைவிட கடல் நீரில் மிக எளிதாக நீந்தலாம்.

ii) பனிக்கட்டி நீரில் மிதக்கிறது.

iii) கப்பல் எஃகினால் உருவாக்கப்படுகிறது, ஆனால் அதன் உட்பகுதியில் குழிவு ஏற்படுத்தப்படுவதால் மிதக்கச் செய்யப்படுகிறது.

7.4 பாகுநிலை (VISCOSITY)

7.4.1. அறிமுகம்

பாடப்பகுதி 7.3 இல் ஓய்வில் உள்ள பாய்மங்களின் தன்மை குறித்து விவாதிக்கப்பட்டது. மாறுபட்ட பண்புகளில் பாய்ம இயக்கத்தின் தாக்கத்தை மேலும் விவாதிப்பதன் மூலம் வெளிக்கொணரலாம். ஒரு பாய்மத்தின் இயக்கம் சிக்கலான நிகழ்வாகும். ஏனென்றால் அது நிலை, இயக்க மற்றும் ஈர்ப்பு ஆற்றலைக் கொண்டு உராய்வை ஏற்படுத்தி பாகியல் விசைகளைத் தோற்றுவிக்கிறது. எனவே விவாதத்தை எளிமையாக்க ஒரு இலட்சிய திரவத்தின் நேர்வைக் கருதலாம். ஒரு இலட்சிய திரவமானது அமுக்க இயலாதது (அதாவது பருமக்குணகம் முடிவிலி) மற்றும் அதனுள் சறுக்குப்பெயர்ச்சி விசைகள் இருக்காது (அதாவது பாகியல் எண் சுழி).

பெரும்பாலான பாய்மங்கள் இயக்கத்தை எதிர்க்கின்றன. ஒரு பாய்மம் ஒரு திண்மத்தைச் சார்ந்து இயங்கினால் அல்லது இரு பாய்மங்கள் ஒன்றுக்கொன்று சார்பு இயக்கத்தைக் கொண்டிருந்தால் நிலையான பரப்பில் ஒரு உராய்வு விசை செயல்படுகிறது. இந்த பாய்ம இயக்கத்தின் எதிர்ப்பானது ஒரு திண்மப்பொருள் ஒரு பரப்பில் இயங்கும்போது உருவாகும் உராய்வு விசையைப் போன்றது ஆகும். இயங்கும் பாய்ம ஏடுகளுக்கு இடையே தோன்றும் அக உராய்வு பாகுநிலை ஆகும். எனவே பாகுநிலையானது ஒரு பாய்மத்தின் ஏடுகளுக்கிடையே உள்ள சார்பு இயக்கத்தை எதிர்க்கும் பாய்மத்தின் பண்பு பாகுநிலை என வரையறுக்கப்படுகிறது.

செயல்பாடு

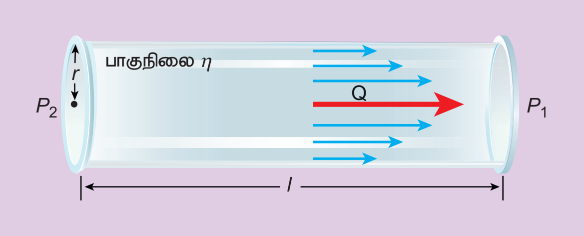
மூன்று உயரமான ஜாடிகளில் ஒரே அளவான மூன்று எஃகு பந்துகள் ஒரே நேரத்தில் விழச் செய்யப்படுகிறது. அது காற்றில் எளிதாக இயங்குகிறது ஆனால் நீரில் அவ்வளவு எளிதானதல்ல. எண்ணெயில் இயங்குவது இன்னும் கடினமானதாகும். விழும் பந்தினால் பாய்மத்தின் வெவ்வேறு ஏடுகளுக்கிடையே சார்பு இயக்கம் உருவாகி அதன் காரணமாக ஒரு விசை உருவாகிறது. இந்த உராய்வு விசை

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 65 25-08-2020 14:57:04

பாய்மத்தின் அடர்த்தியைச் சார்ந்தது. இயங்கும் பாய்மத்தின் ஏடுகளுக்கிடையே உள்ள சார்பு இயக்கத்தை எதிர்க்கும் பாய்மத்தின் பண்பு பாகுநிலை எனப்படும்.

பாகுநிலைக்கான காரணம்

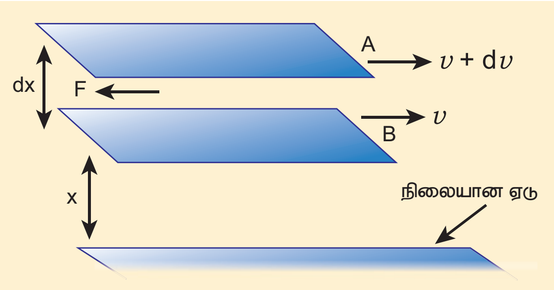
அருகில் அமைந்துள்ள இரு ஏடுகளைக் கொண்ட ஒரு திரவம் ஒரு கிடைமட்ட பரப்பின் மீது பாய்வதாகக் கொள்க. மேல் ஏடானது கீழ் ஏட்டை முடுக்க முற்படும். அதைத் தொடர்ந்து கீழ் ஏடு மேல் ஏட்டை தடுக்க முற்படும். இதன் விளைவாக ஒரு பின்னோக்கிய தொடுவரை விசை தோன்றுகிறது. இது சார்பு இயக்கத்தைக் குலைக்கும். இதுவே பாய்மங்களின் பாகியல் தன்மைக்கான காரணமாகும்.



படம் 7.14 பாகுநிலை

பாகியல் எண் (Coefficient of viscosity)

ஒரு நிலையான கிடைமட்ட ஏட்டின் மீது ஒரு திரவம் சீராகப் பாய்வதாகக் கொள்க (படம் 7.15). ஒரு நிலையான ஏட்டில் இருந்து தொலைவாகச் சென்றால் ஏடுகளின் வேகங்கள் சீராக அதிகரிக்கிறது. A மற்றும் B என்ற இரு இணையான ஏடுகளைக் கருதுக. நிலையான ஏட்டிலிருந்து x மற்றும் $x + dx$ தொலைவில் அருகாமையில் உள்ள ஏடுகளின் திசைவேகங்கள் முறையே v மற்றும் $v + dv$ எனக் கொள்க.



படம் 7.15 கிடைத்தள மட்டங்களில் நீர்மத்தின் ஓட்டம்

இரு ஏடுகளுக்கிடையே தொடுவரைத் திசையில் செயல்படும் பாகுநிலை விசை F ஆனது நியூட்டன் முதல் விதியின் மூலம் அறியப்படுகிறது. இந்த விசையானது (i) திரவத்தின் பரப்பு A மற்றும் (ii) திசைவேகச் சரிவு $\frac{dv}{dx}$ ஆகியவற்றிற்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது.

$$F \propto A \text{ மற்றும் } F \propto \frac{dv}{dx}$$

$$\Rightarrow F = -\eta A \frac{dv}{dx} \qquad (7.20)$$

இங்கு விகித மாறிலி η திரவத்தின் பாகியல் எண் எனப்படும். எதிர்க்குறியானது விசை உராய்வுத் தன்மை கொண்டது மற்றும் அது சார்பு இயக்கத்தை எதிர்க்கிறது என்பதைக் குறிக்கிறது. பாகியல் எண்ணின் பரிமாணம் $\left[ML^{-1}T^{-1}\right]$ ஆகும்.

குறிப்பு பாகுநிலையானது உராய்வைப் போன்றதாகும். பொருளின் இயக்க ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக வெளிப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 7.9

$2.5\times10^{-4}\text{m}^2$ பரப்புள்ள ஒரு உலோகத்தட்டு $0.25\times10^{-3}\text{m}$ தடிமமான விளக்கெண்ணெய் ஏட்டின்மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது. தட்டை $3\times10^{-2}\text{m s}^{-1}$, திசைவேகத்தில் நகர்த்த 2.5 N விசை தேவைப்பட்டால், விளக்கெண்ணெயின் பாகியல் எண்ணைக் கணக்கிடுக.

கொடுக்கப்பட்டவை:

$A=2.5\times10^{-4}\ \text{m}^2,\ dx = 0.25\times10^{-3}\text{m}$

$F=2.5$ N மற்றும் $dv = 3\times10^{-2}\ \text{m s}^{-1}$

தீர்வு

$$F = -\eta A \frac{dv}{dx}$$

எண் மதிப்பில், $\eta = \frac{F}{A}\frac{dx}{dv}$

$$= \frac{(2.5N)}{(2.5\times10^{-4}\text{m}^2)}\frac{(0.25\times10^{-3}\text{m})}{(3\times10^{-2}\text{m s}^{-1})}$$

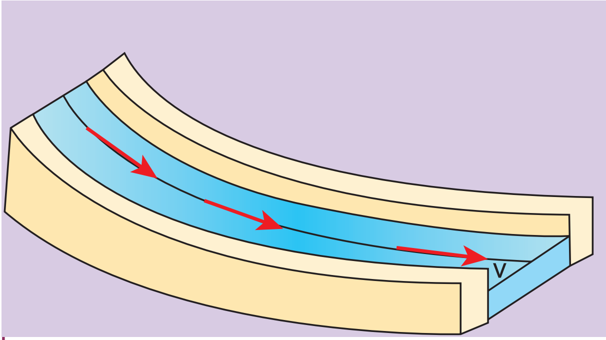
$= 0.083\times10^3\ \text{Nm}^{-2}\text{s}$

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 66 25-08-2020 14:57:07

7.4.2 வரிச்சீர் ஓட்டம் (Streamlined flow)

பாய்மங்களின் ஓட்டம் மாறுபட்ட வகைகளில் உள்ளன. அது சீரான அல்லது வரிச்சீர் ஓட்டம், சீரற்ற அல்லது சுழற்சி ஓட்டம், அமுக்க இயலும் அல்லது அமுக்க இயலாத ஓட்டம், பாகியல் ஓட்டம் அல்லது பாகியலற்ற ஓட்டமாக இருக்கலாம். உதாரணமாக, ஒரு ஆற்றில் அமைதியாகச் செல்லும் நீரின் ஓட்டத்தைக் கருதுக. உற்று நோக்கினால் ஆற்றின் வெவ்வேறு இடங்களில் நீரின் திசைவேகம் மாறுபட்டுள்ளதை அறியலாம். அது ஆற்றின் நடுப்பகுதியில் வேகமானதாகவும், அதன் கரையோரங்களில் மெதுவானதாகவும் உள்ளது. எனினும் எந்த ஒரு புள்ளியிலும் நீர்மத்துகளின் திசைவேகம் மாறிலி ஆகும். புரிதலுக்காக, ஆற்றில் நடுப்பகுதியில் துகளின் திசைவேகம் வினாடிக்கு 4 மீட்டர் இருப்பதாகக் கருதுக. எனவே இந்தப் புள்ளியைக் கடக்கும் அனைத்துத் துகள்களின் திசைவேகங்களும் அதே மதிப்பைப் பெறும். இதுபோன்றே, கரையோரத்தில் பாயும் நீர்மத்துகளின் திசைவேகம் வினாடிக்கு 0.5 மீட்டர் எனில் அதனைப் பின் தொடரும் அனைத்து நீர்மத்துகள்களின் திசைவேகங்களும் அதே மதிப்பைப் பெறும்.

ஒரு திரவ ஓட்டத்தில், ஒரு புள்ளியின் வழியே செல்லும் ஒவ்வொரு திரவத்துகளும் அதற்கு முன்னர் சென்ற துகள்களின் பாதையிலேயே அதே திசைவேகத்தில் இயங்கினால் அந்த திரவ ஓட்டமானது வரிச்சீர் ஓட்டம் எனப்படும். இதனை சீரான ஓட்டம் அல்லது அடுக்குமுறை ஓட்டம் (Laminar flow) எனவும் குறிப்பிடலாம். இயங்கும் பாய்மத்துகள் மேற்கொள்ளும் வளைவானபாதை வரிச்சீர் எனப்படுகிறது. படம் 7.16 இல் காட்டியுள்ளவாறு எந்த ஒரு புள்ளியிலும் அதன் தொடுகோடானது அந்தப்புள்ளியில் பாய்ம ஓட்டத்தின் திசையைக் கொடுக்கிறது. இதனை இவ்வாறு அழைப்பதற்குக் காரணம் இது ஒரு நீர் ஓடை அல்லது இலட்சிய நிலையில் உள்ள ஆற்றைப் போன்று உள்ளதே ஆகும்.



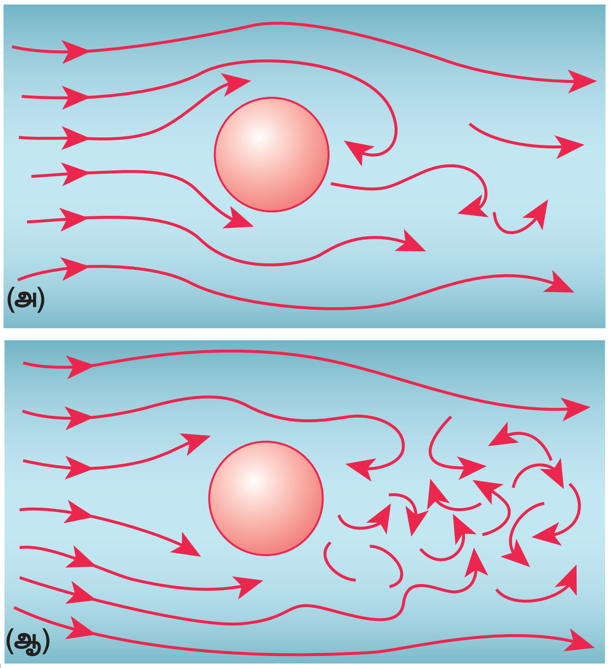
படம் 7.16 சீரான ஓட்டம் – நீர்மத்தில் எந்தப் புள்ளியிலும்திசைவேகம் மாறிலி

நீர்ம ஓட்டத்தின் திசைக்கு செங்குத்தான எந்த ஒரு குறுக்குவெட்டு பரப்பிலும் ஒரே திசைவேகத்தைக் கொண்ட சீரான வரிக் கற்றையைக் கருதினால் அந்த கற்றை குழாய் வடிவ ஓட்டம் (tube of flow) எனப்படும். குழாய் வடிவ ஓட்டத்தில் உள்ள எந்த ஒரு நீர்மத்துகளும் அதன் இயக்கம் முழுவதற்கும் குழாயினுள்ளேயே எப்போதும் இருக்கும் மற்றும் மற்ற குழாய் திரவத்துடன் கலக்காது என்பதை முக்கியமாக கவனிக்க வேண்டும். குழாய் வடிவ ஓட்டத்தின் அச்சு எப்போதும் வரிச்சீர் ஓட்டத்தைத் தரும். வரிச்சீர் ஓட்டங்கள் எப்போதும் பாய்மத்துகள்களின் இயக்கப் பாதைகளைக் குறிக்கின்றன. **மாறுநிலைத் திசைவேகம் எனப்படும் ஒரு குறிப்பிட்ட திசைவேகம் வரை பாய்மத்தின் ஓட்டம் வரிச்சீராக உள்ளது.** இதன் பொருள், மாறுநிலைத் திசைவேகத்திற்குக் குறைவான வேகத்தில் பாயும்போது வரிச்சீர் ஓட்டத்தைப் பெறலாம்.

7.4.3 சுழற்சி ஓட்டம் (Turbulent flow)

இயங்கும் பாய்மத்தின் வேகம் மாறுநிலைத் திசைவேகத்தை (v_c) விட அதிகமானால் இயக்கமானது சுழற்சி ஓட்டமாகிறது. இந்நேர்வில் ஒவ்வொரு துகளிலும் திசைவேகமானது எண்மதிப்பிலும், திசையிலும் மாறுவதால் தனிப்பட்ட துகள்கள் வரிச்சீர் ஓட்டத்தில் இயங்காது. எனவே சுழற்சி ஓட்டத்தில் துகள்களின் பாதை ஒழுங்கற்றதாக மாறி சுழல் ஓட்டம் அல்லது சுழல் எனப்படும் வட்டங்களில் இயங்கும். (படம் 7.17 (அ) மற்றும் (ஆ)) ஒரு படகின் அல்லது கப்பலின் பின்புறமுள்ள நீரின் ஓட்டம் மற்றும் இயங்கும் பேருந்தின் பின்புறமுள்ள காற்று ஓட்டம் ஆகியவை சுழற்சி ஓட்டத்திற்குச் சில எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும்.

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 67 25-08-2020 14:57:07



படம் 7.17 (அ) ஒரு கோளத்தைச் சுற்றிய சுழற்சி ஓட்டம் ($v = v_c$ எனும்போது),
(ஆ) ஒரு கோளத்தைச் சுற்றிய சுழற்சி ஓட்டம் ($v > v_c$ எனும்போது)

இரு வகையான இயக்கத்தின் வேறுபாட்டினை ஒரு அகன்ற குழாயில் பாயும் நீரினுள் அதன் அச்சின் வழியே ஒரு துளை மூலம் மையை செலுத்துவதன் மூலம் எளிதாக விளக்கலாம். பாய்மத்தின் திசைவேகம் குறைவாக உள்ளபோது மை நேர்க்கோட்டுப் பாதையில் செல்லும். மாறாக திசைவேகமானது ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பைவிட அதிமானால் மையானது பரவி ஒழுங்கற்ற இயக்கத்தைக் காட்டும். எனவே இயக்கமானது சுழற்சி ஓட்டமாக மாறுகிறது. வளைந்து நெளிந்து செல்லும் இயக்கத்தினால் சுழல் ஓட்டம் உருவாகி அதன் விளைவாக அதிக ஆற்றல் அழிக்கப்படுகிறது.

7.4.4 ரெனால்டு எண்

ஒரு பாய்மத்தின் ஓட்டம் அதன்திசைவேகம் மாறுநிலைத் திசைவேகத்தை (v_c) விட குறைவாக இருப்பின் சீரான அல்லது அடுக்குமுறை ஓட்டமாக உள்ளது. இல்லையெனில் ஓட்டம் சுழற்சி ஓட்டமாக மாறுகிறது என்பதை நாம் அறிந்து கொண்டோம். ஆஸ்போர்ன் ரெனால்டு (1842 – 1912) என்பவர் பாய்ம ஓட்டத்தின் தன்மையை அது வரிச்சீர் அல்லது சுழற்சி ஓட்டம் என அறிந்து கொள்ள ஒரு சமன்பாட்டை வடிவமைத்தார்.

$$R_c = \frac{\rho v D}{\eta} \qquad (7.21)$$

ரெனால்டு எண் எனப்படும் இது ஒரு பரிமாணமற்ற எண் ஆகும். இது R_c அல்லது K என்ற குறியீட்டால் குறிப்பிடப்படுகிறது. சமன்பாட்டில் ρ என்பது பாய்மத்தின் அடர்த்தி, v என்பது இயங்கும் பாய்மத்தின் திசைவேகம், D என்பது பாய்மம் செல்லும் குழாயின் விட்டம் மற்றும் η என்பது பாகியல் எண் ஆகியவற்றைக் குறிக்கின்றன. எந்த அலகு முறையிலும் R_c ஒரே மதிப்பைக் கொண்டிருக்கும்.

அட்டவணை 7.3 திரவத்தின் ஓட்டத்தை புரிந்து கொள்ள, ரெனால்டு Rc மதிப்பை கீழ்கண்டவாறு கண்டறிந்தார்

வ. எண்	ரெனால்டு எண்	ஓட்டம்
1	$R_c < 1000$	வரிச்சீர் ஓட்டம்
2	$1000 < R_c < 2000$	சீரற்ற ஓட்டம்
3	$R_c > 2000$	சுழற்சி ஓட்டம்

எனவே, ரெனால்டு எண் R_c என்பது ஒரு உருளை வடிவ குழாயின் வழியே செல்லும் பாய்மத்தின் ஓட்டம் வரிச்சீர் ஓட்டமா அல்லது சுழற்சி ஓட்டமா என முடிவு செய்யக்கூடிய ஒரு முக்கியமான மாறி ஆகும்.

உண்மையில், சுழற்சி ஓட்டம் தொடங்கும் R_c இன் மாறுநிலை மதிப்பு வடிவியலாக ஒரே மாதிரியுள்ள ஓட்டங்களுக்கு சமமான மதிப்பைக் கொண்டுள்ளது. உதாரணமாக மாறுபட்ட அடர்த்திகள் மற்றும் பாகியல் எண்கள் மதிப்புள்ள இரு திரவங்கள் (எண்ணெய் மற்றும் நீர்) சம வடிவம் மற்றும் அளவுகளைக் கொண்ட இரு குழாய்கள் வழியே சென்றால், ஒரே R_c மதிப்பில் சுழற்சி ஓட்டம் தொடங்குகிறது. மேற்கண்ட கருத்திலிருந்து ஒற்றுமை விதியைப் பெறலாம். அதன் கூற்றானது, இரு வடிவியல் ரீதியாக ஒரே மாதிரியான பாய்ம ஓட்டங்கள் இருந்தால் அவை இரண்டும் ஒரே ரெனால்டு எண்ணைக் கொண்டிருக்கும் வரை அடிப்படையில் ஒன்றுக்கொன்று சமமானதாகும். தொழில்நுட்ப பயன்பாடுகளில் ஒற்றுமை விதி முக்கிய பங்காற்றுகிறது. கப்பல்கள், நீர்மூழ்கி கப்பல்கள், பந்தயக்கார்கள் மற்றும் விமானங்களின்

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 68 25-08-2020 14:57:07

வடிவங்கள் அவற்றின் வேகம் பெரும மதிப்பைப் பெறும் வகையில் வடிவமைக்கப்படுகின்றன.

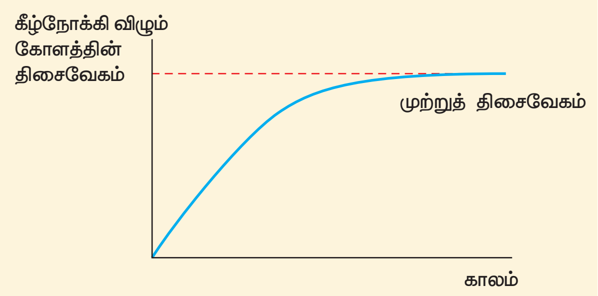
7.4.5 முற்றுத்திசைவேகம் (Terminal Velocity)

முற்றுத்திசைவேகத்தைப் புரிந்து கொள்ள, ஒரு அதிக பாகுநிலை கொண்ட நீண்ட பாய்மத்தம்பத்தில் ஒரு சிறிய உலோகக் கோளம் ஓய்வுநிலையிலிருந்து தானே விழுவதாகக்கருதுக. கோளத்தின் மீது (i) செங்குத்தாக கீழ்நோக்கி செயல்படும் கோளத்தின் மீதான புவியீர்ப்பு விசை (ii) மிதக்கும் தன்மை காரணமாக மேல்நோக்கிய உந்து விசை U மற்றும் (iii) மேல்நோக்கி செயல்படும் பாகியல் விசை (பாகியல் விசை எப்போதும் கோளத்தின் இயக்கத்திற்கு எதிர்திசையில் செயல்படும்) ஆகிய விசைகள் செயல்படுகின்றன.

தொடக்கத்தில் மேல்நோக்கிய விசையானது, கீழ்நோக்கிய விசையை விட குறைவாக உள்ளதால் கோளம் கீழ்நோக்கிய திசையில் முடுக்கமடைகிறது. கோளத்தின் திசைவேகம் அதிகரித்தால் பாகியல் விசையும் அதிகரிக்கிறது. ஒரு கட்டத்தில் கீழ்நோக்கிய நிகர விசை மேல்நோக்கிய விசையை சமன்படுத்துவதால் கோளத்தின் மீதான தொகுபயன் விசை சுழியாகிறது. கோளம் தற்போது மாறா திசைவேகத்துடன் இயங்குகிறது.

ஒரு பாகுநிலை ஊடகத்தின் வழியே தானே விழும் ஒரு பொருளானது அடையும் பெரும மாறா திசைவேகம் முற்றுத்திசைவேகம் (v_t) எனப்படும். படம் 7.18 இல் திசைவேகத்தை Y–அச்சிலும், காலத்தை X அச்சிலும் கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரையப்பட்டுள்ளது.

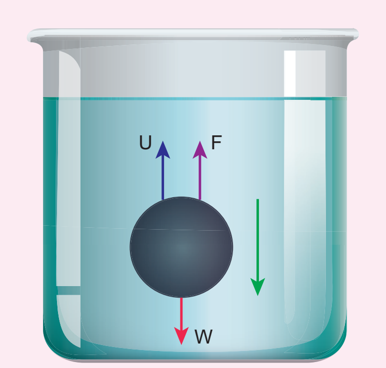
கோளகமானது தொடக்கத்தில் முடுக்கமடைகிறது மற்றும் சிறிது நேரத்தில் அது மாறா மதிப்புள்ள முற்றுத்திசைவேகத்தை (v_t) அடைகிறது என வரைபடத்திலிருந்து தெளிவாகிறது.



படம் 7.18 திசைவேகம் – காலம் வரைபடம்

முற்றுத்திசைவேகத்திற்கான கோவை:

η பாகியல் எண் கொண்ட அதிக பாகுநிலையுள்ள திரவத்தின் வழியே r ஆரமுள்ள கோளம் ஒன்று விழுவதாகக் கருதுக. கோளப்பொருளின் அடர்த்தி ρ எனவும் பாய்மத்தின் அடர்த்தி σ எனவும் கொள்க.



படம் 7.19 ஒரு பாகுநிலை திரவத்தில் விழும் கோளத்தின் மீது செயல்படும் விசை

கோளத்தின் மீது செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை

$$F_G = mg = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g \text{ (கீழ்நோக்கிய விசை)}$$

மேல்நோக்கிய உந்து விசை (மேல்நோக்கிய விசை) $U = \frac{4}{3}\pi r^3 \sigma g$

v_t முற்றுத்திசைவேகத்தில் பாகியல் விசை

$$F = 6\pi\eta r v_t$$

தற்போது, கீழ்நோக்கிய நிகர விசை மேல்நோக்கிய விசைக்கு சமமாகும்.

$$F_G = U + F$$

$$F_G - U = F \Rightarrow \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g - \frac{4}{3}\pi r^3 \sigma g = 6\pi\eta r v_t$$

$$v_t = \frac{2}{9} \times \frac{r^2(\rho - \sigma)}{\eta} g \Rightarrow v_t \propto r^2 \qquad (7.22)$$

இங்கு, கவனிக்க வேண்டியது, கோளத்தின் முற்றுத் திசைவேகம் அதன் ஆரத்தின் இருமடிக்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது.

ρ ஐ விட σ அதிகமெனில், (ρ - σ) ஆனது எதிர்க்குறி மதிப்பைப் பெறுவதால் முற்றுத்திசைவேகம் எதிர்க்குறியாகிறது. அதனால் தான் நீர் அல்லது எந்த திரவத்தின் வழியாகவும் காற்றுக்குமிழிகள் மேல்நோக்கி எழுகிறது.

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 69 25-08-2020 14:57:09

வானத்தில் மேகங்கள் மேல்நோக்கிய திசையில் நகருவதற்கும் இதுவே காரணமாகும்.

கவனத்தில் கொள்ள வேண்டியவை

i) ஒரு கோளத்தின் முற்றுத்திசைவேகம் கோளத்தின் ஆரத்தின் இருமடிக்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது. எனவே, சிறிய மழைத்துளிகளை விடபெரிய மழைத்–துளிகள் அதிக வேகத்துடன் விழுகின்றன.

ii) கோள பொருளின் அடர்த்தி ஊடகத்தின் அடர்த்தியைவிட குறைவாக இருப்பின், கோளகமானது மேல்நோக்கிய திசையில் முற்றுத்திசைவேகத்தை அடைகிறது. அதனால் தான் சோடா நீரில் காற்றுக் குமிழிகள் மேல்நோக்கி எழுகின்றன.

7.4.6 ஸ்டோக் விதி மற்றும் அதன் பயன்பாடுகள்

பாகுநிலை ஊடகத்தின் வழியே ஒரு பொருள் வீழ்ந்தால் அதனுடன் உடனடியாக தொடுதலில் உள்ள பாய்ம ஏட்டை அது இழுக்கும். இது திரவத்தின் வெவ்வேறு ஏடுகளுக்கு இடையே சார்பு இயக்கத்தை உருவாக்குகிறது. ஸ்டோக் வெவ்வேறு பாய்மங்களில் சிறிய கோளப்பொருள்களின் இயக்கத்திற்கான பல சோதனைகள் செய்து, r ஆரமுள்ள கோளப்பொருளின் மீது செயல்படும் பாகியல் விசை F ஆனது

i) கோளத்தின் ஆரம் (r)

ii) கோளத்தின் திசைவேகம் (v) மற்றும்

iii) திரவத்தின் பாகியல் எண் η

ஆகியவற்றைச் சார்ந்தது என்ற முடிவைப் பெற்றார். எனவே $F \propto \eta^x r^y v^z \Rightarrow F = k\eta^x r^y v^z$, இங்கு k என்பது ஒரு பரிமாணமற்ற மாறிலி

பரிமாணங்களைப் பயன்படுத்தி, மேற்கண்ட சமன்பாட்டை இவ்வாறு எழுதலாம்.

$$\left[MLT^{-2}\right] = k\left[ML^{-1}T^{-1}\right]^x \times [L]^y \times \left[LT^{-1}\right]^z$$

தீர்வு காண, x = 1, y = 1 மற்றும் z = 1. எனவே, $F = k\eta\, rv$.

சோதனைமூலம் $k = 6\pi$ என ஸ்டோக் கண்டறிந்தார்.

$$F = 6\pi\eta\, rv \qquad (7.23)$$

இந்த தொடர்பு ஸ்டோக் விதி எனப்படும்.

ஸ்டோக் விதியின் செயல்முறைப் பயன்பாடுகள்:

மழைத்துளிகள் அளவில் சிறியதாகவும், அதன் முற்றுத்திசைவேகங்கள் குறைவாகவும் உள்ளதால் அவை மேக வடிவில் காற்றில் மிதக்கின்றன. அவை அளவில் பெரிதாகும்போது அவற்றின் முற்றுத்திசைவேகங்கள் அதிகரித்து மழையாக கீழே விழுகின்றன.

இந்த விதி கீழ்க்காண்பவற்றை விளக்குகிறது:

அ) மேகங்களின் மிதத்தல்

ஆ) சிறிய மழைத்துளிகளைவிட பெரிய மழைத்துளிகள் நம்மை அதிகமாக தாக்குகின்றன

இ) பாராசூட் உதவியுடன் கீழிறங்கும் ஒருவர் மாறா முற்றுத்திசைவேகத்தை பெறுகின்றார்.

7.4.7 பாய்ஸன் சமன்பாடு (Poiseuille's equation)

ப்வாய்சொய் ஒரு நுண்குழாய் வழியே திரவத்தின் சீரான ஓட்டத்தை பகுப்பாய்வு செய்தார். அவர் நுண்குழாய் வழியாக ஒரு நொடியில் பாயும் திரவத்தின் பருமனுக்கான சமன்பாட்டைத் தருவித்தார்.

அவரது கருத்தின்படி சமன்பாட்டைத் தருவிக்க கீழ்க்காணும் நிபந்தனைகளைக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும்.

- குழாயின் வழியே திரவத்தின் ஓட்டம் வரிச்சீர் ஓட்டமாக இருக்க வேண்டும்.
- குழாய் கிடைமட்டமாக புவிஈர்ப்புவிசை நீர்ம ஓட்டத்தைப் பாதிக்காதவாறு இருக்க வேண்டும்.
- குழாயின் சுவரைத் தொடும் நீர்ம ஏடு ஓய்வில் இருக்க வேண்டும்.
- குழாயின் எந்த குறுக்குப்பரப்பிலும் அழுத்தம் சீராக இருக்க வேண்டும்.

பரிமாணப்பகுப்பாய்வை பயன்படுத்தி நாம் ப்வாய்சொய் சமன்பாட்டைத் தருவிக்கலாம். கிடைமட்டமாக உள்ள நுண் குழாயின் வழியே

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 70 25-08-2020 14:57:10

ஒரு திரவம் சீராக பாய்வதாகக் கருதுக. நுண் குழாயிலிருந்து ஒரு நொடியில் வெளியேறும் திரவத்தின் பருமன் $v = \left(\frac{V}{t}\right)$ எனக் கொள்க. அது (அ) திரவத்தின் பாகியல் எண் (η) (ஆ) குழாயின் ஆரம் (r) மற்றும் (இ) அழுத்தச்சரிவு $\left(\frac{P}{l}\right)$ ஆகியவற்றைச் சார்ந்தது.

இங்கு k என்பது ஒரு பரிமாணமற்ற மாறிலி.

எனவே

$$v \propto \eta^a r^b \left(\frac{P}{l}\right)^c$$

$$v = k\eta^a r^b \left(\frac{P}{l}\right)^c \qquad (7.24)$$

மற்றும்

$$[v] = \frac{\text{பருமன்}}{\text{நேரம்}} = [L^3T^{-1}], \left[\frac{dP}{dx}\right] = \frac{\text{அழுத்தம்}}{\text{தொலைவு}} =$$

$[ML^{-2}T^{-2}], [\eta] = [ML^{-1}T^{-1}]$ மற்றும் $[r] = [L]$

சமன்பாடு (7.24) இல் பிரதியிட

$$[L^3T^{-1}] = [ML^{-1}T^{-1}]^a [L]^b [ML^{-2}T^{-2}]^c$$

$$M^0L^3T^{-1} = M^{a+c}L^{-a+b-2c}T^{-a-2c}$$

எனவே M, L, மற்றும் T இன் அடுக்குகளை இருபுறமும் சமப்படுத்த

$a + c = 0, -a + b - 2c = 3,$ மற்றும் $-a - 2c = -1$

$a, b,$ மற்றும் c ஆகிய தெரியாத மதிப்புகள் உள்ளன. மூன்று சமன்பாடுகளைத் தீர்வு காண நாம் பெறுவது

$a = -1, b = 4,$ மற்றும் $c = 1$

எனவே சமன்பாடு (7.24) ஆனது,

$$v = k\eta^{-1} r^4 \left(\frac{P}{l}\right)^1$$

சோதனை மூலம் K – இன் மதிப்பு $\frac{\pi}{8}$, என காணப்பட்டது. எனவே,

$$v = \frac{\pi r^4 P}{8\eta l} \qquad (7.25)$$

மேற்கண்ட சமன்பாடு குறுகிய குழாய் அல்லது நுண்குழாய் வழியே செல்லும் நீர்ம ஓட்டத்திற்கே பொருந்தும். இச்சமன்பாடு ப்வாய்சொய் சமன்பாடு எனப்படும். இந்த தொடர்பானது மாறுநிலைத் திசைவேகத்தை (v_c) விட குறைவான திசைவேகம் கொண்ட பாய்மங்களுக்கு நன்கு பொருந்துகின்றது.

7.4.8 பாகுநிலையின் பயன்பாடுகள்

பாகுநிலையின் முக்கியத்துவத்தை கீழ்க்காணும் உதாரணங்களில் இருந்து புரிந்து கொள்ளலாம்.

1. கனரக இயந்திரங்களின் பாகங்களில் உயவியாகப் பயன்படும் எண்ணெய் அதிக பாகியல் எண்ணைக் கொண்டிருக்க வேண்டும். பொருத்தமான உயவியைத் தேர்வு செய்ய அதன் பாகுநிலையையும், அது வெப்பநிலையைப் பொறுத்து எவ்வாறு மாறுபாடுகிறது என்பதையும் அறிந்திருக்க வேண்டும்.

   [குறிப்பு: வெப்பநிலை உயர்ந்தால் திரவத்தின் பாகுநிலை குறைகின்றது]. மேலும் கார் இயந்திரங்களில் (இலகுரக இயந்திரம்) பயன்படும் குறைந்த பாகுநிலையுள்ள எண்ணெய்களைத் தேர்வு செய்யவும் இது உதவுகிறது.
2. சில கருவிகளின் இயக்கத்திற்கு ஈரப்பதத்தைக் கொடுக்க அதிக பாகுநிலை கொண்ட திரவம் பயன்படுத்தப்படுகிறது மற்றும் அது நீரியல் தடுப்பிகளில் (hydraulic brakes) தடுப்பி எண்ணெய்யாக பயன்படுகிறது.
3. தமனிகள் மற்றும் இரத்தக் குழாய்கள் வழியே இரத்த ஓட்டம் நீர்மத்தின் பாகுநிலையைச் சார்ந்தது.
4. ஒரு எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டத்தைக் காண மில்லிகன் எண்ணெய்த் துளி ஆய்வை மேற்கொண்டார். அவர் பாகுநிலை பற்றிய அறிவை மின்னூட்டத்தைக் கணக்கிட பயன்படுத்தினார்.

7.5 பரப்பு இழுவிசை (SURFACE TENSION)

7.5.1 மூலக்கூறுகளுக்கு இடையே உள்ள விசைகள்

அடர்த்தி, பரப்பு இழுவிசை போன்ற இயற்பண்புகள் காரணமாக ஒரு சில திரவங்கள் ஒன்றாகக் கலப்பதில்லை. எடுத்துக்காட்டாக நீரும், மண்ணெண்ணையும் ஒன்றாக கலப்பதில்லை.

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 71 25-08-2020 14:57:12

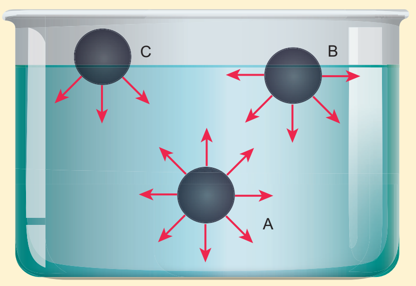
பாதரசம் கண்ணாடியில் ஒட்டுவதில்லை. ஆனால் நீரானது கண்ணாடியில் ஒட்டும். நீரானது தண்டுகள் வழியாக இலைகள் வரை மேலேறும். அவை பெரும்பாலும் திரவங்களின் மேற்பரப்புகளுடன் தொடர்பு கொண்டவையாக இருக்கின்றன. திரவங்களுக்கு வரையறுக்கப்பட்ட வடிவமில்லை. ஆனால் வரையறுக்கப்பட்ட பருமன் உண்டு. எனவே அவற்றை கொள்கலனில் ஊற்றும்போது அவை தகைவற்ற மேற்பரப்பைப் பெறுகின்றன. எனவே மேற்பரப்பானது கூடுதலாக ஆற்றலைப் பெறுகிறது. அது மேற்பரப்பு ஆற்றல் எனப்படுகிறது. மேற்கண்ட நிகழ்வுக்கு காரணம் பரப்பு இழுவிசை என்ற பண்பாகும். லாப்லஸ் மற்றும் காஸ் என்ற அறிஞர்கள் பரப்பு இழுவிசை மற்றும் வெவ்வேறு சூழ்நிலைகளில் திரவத்தின் இயக்கம் பற்றிய கோட்பாடுகளை உருவாக்கினர்.

நீர்ம மூலக்கூறுகள் திடப்பொருளில் உள்ளது போல் இறுகப் பிணைக்கப்பட்டிருப்பதில்லை. எனவே அவை எளிதாக நகருகின்றன. ஒரு திரவத்தில் உள்ள ஒரே வகையான நீர்ம மூலக்கூறுகளுக்கிடையே ஏற்படும் விசையானது ஓரினக்கவர்ச்சி விசை (Cohesive force) எனப்படுகிறது. ஒரு நீர்மமானது திடப்பொருளைத் தொடும்போது திரவ மற்றும் திடப்பொருள் மூலக்கூறுகள் வேறினக் கவர்ச்சி விசை (adhesive force) என்ற கவர்ச்சி விசையைப் பெறுகின்றன.

இவ்வகையான மூலக்கூறுகளுக்கு இடைப்பட்ட விசையானது 10^{-9} (அதாவது 10 Å) என்ற குறுந்தொலைவுக்கு மட்டுமே செயல்படும். அனைத்து திசைகளிலும் இவ்வகையான மூலக்கூறிடை விசைகள் செயல்படும் தொலைவானது கவர்ச்சிப்புலம் (sphere of influence) எனப்படுகிறது. இப்புலத்திற்கு அப்பாலுள்ள விசைகள் புறக்கணிக்கப்படுகின்றன.

படம் 7.20 இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு திரவத்தில் A, B மற்றும் C என்றமூன்று வேறுபட்ட மூலக்கூறுகளைக் கருதுக. A எனும் மூலக்கூறானது அனைத்து திசைகளிலும் உள்ள எல்லா மூலுக்கூறுகளுடனும் இடைவினை புரிவதால் A உணரும் தொகுபயன் விசை சுழியாகும். B என்ற மூலக்கூறானது, நான்கில் மூன்று பாகம் திரவத்தின் மேற்பரப்புக்குக் கீழேயும், நான்கில் ஒரு பாகம் காற்றிலும் உள்ளன. B க்கு கீழ்பகுதியில் அதிக மூலக்கூறுகள் இருப்பதால் அது கீழ்நோக்கிய தொகுபயன் விசையைப் பெறுகிறது. இதேபோல் C என்ற மூலக்கூறு திரவத்தின் மேற்பரப்பில் உள்ளதால் (அதாவது மேற்பாதி காற்றிலும், கீழ்பாதி திரவத்திலும்) அதிகபட்ச கீழ்நோக்கு விசையைப் பெறுகிறது. ஏனெனில் அதிகமான திரவ மூலக்கூறுகள் கீழ்ப்பகுதியில் உள்ளன. எனவே மூலக்கூறு எல்லைக்குள் உள்ள திரவ மூலக்கூறுகள் அனைத்தும் C மூலக்கூறுடன் இடைவினை புரிந்து கீழ்நோக்கிய விசையை உணர்கிறது என்பது தெளிவாகிறது.

K9HJ5V



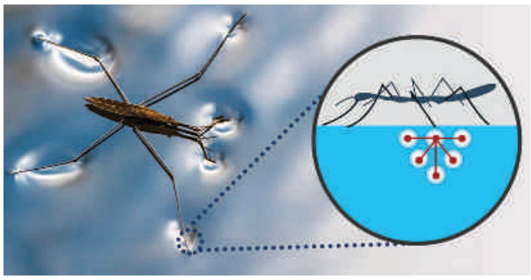
படம்7.20 திரவத்தின் வெவ்வேறு மட்டங்களில் உள்ள மூலக்கூறுகள்

உட்பகுதியினுள் இருக்கும் எந்தமூலக்கூறையும் திரவத்தின் மேற்பரப்புக்குக் கொண்டுவர ஓரினக் கவர்ச்சி விசைக்கு எதிராக வேலை செய்ய வேண்டியுள்ளது. இவ்வேலையானது மூலுக்கூறுகளில் நிலையாற்றலாக சேமிக்கப்படுகிறது. எனவே, திரவ மேற்பரப்பில் உள்ள மூலக்கூறுகள் உட்பகுதியினுள் உள்ள மூலக்கூறுகளை விட அதிக நிலையாற்றலைப்பெற்றுள்ளன.ஆனால் ஒரு அமைப்பு சமநிலையில் இருக்க வேண்டுமாயின் அதன் நிலையாற்றல் (பரப்பு ஆற்றல்) சிறுமமாக இருக்க வேண்டும். எனவே உறுதிச்சமநிலையில் இருக்க திரவமானது சிறும எண்ணிக்கையிலான மூலக்கூறுகளைப் பெற முயலும். வேறு வகையில் கூறவேண்டுமாயின் திரவமானது சிறும மேற்பரப்பினைப் பெற முயலும். திரவத்தின் இந்த பண்பானது பரப்பு இழுவிசையை உண்டாக்குகின்றது.

பரப்பு இழுவிசைக்கு எடுத்துக்காட்டுகள்:

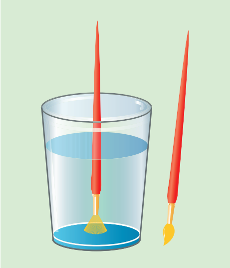
நீர் பூச்சிகள் (Water bugs) மற்றும் நீர் தாண்டிப்பூச்சிகள் (Water striders) நீரின் மேற்பரப்பில் நடக்கின்றன (படம் 7.21) நீர்ம மூலக்கூறுகள் உள்நோக்கி இழுக்கப்படுவதால் நீரின் மேற்பரப்பானது மீட்சியுள்ள அல்லது இழுத்துக்கட்டப்பட்ட படலத்தைப் போன்று செயல்படுகிறது. இது நீர் பூச்சிகளின் எடையை சமன் செய்து அவை நீரின் மேற்பரப்பில்

நடக்க உதவுகிறது. இந்த நிகழ்வை பரப்பு இழுவிசை என அழைக்கின்றோம்.



படம் 7.21 நீரின் பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக நீரின் மேற்பரப்பில் நடக்கும் நீர்தாண்டிப்பூச்சிகள்

வண்ணம் பூசும் தூரிகையின் முடிகள் நீரிலிருந்து வெளியே எடுத்தால் ஒன்றாக ஒட்டிக்கொள்கின்றன. இதன் காரணம் அவற்றில் உருவான நீர் மெல்லேடுகள் ஒரு சிறும பரப்பிற்கு சுருங்க முனைவதாகும் (படம் 7.22).

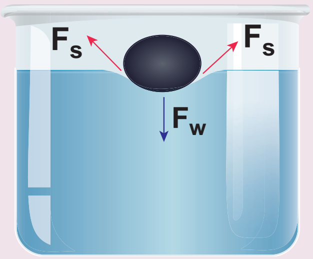


படம் 7.22 பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக வண்ணம் பூசும் தூரிகையின் முடிகள் ஒன்றாக ஒட்டிக்கொள்ளுதல்

செயல்பாடு

நீரின் மேற்பரப்பில் ஊசியானது மிதத்தல்:

உயவு எண்ணெய் தடவப்பட்ட எஃகு ஊசியை ஒரு ஒட்டும் தாள் மீது வைத்து நீரின் மேற்பரப்பில் மெதுவாக வைக்கவும். ஒட்டும் தாள் நீரினுள் விரைவாக மூழ்கும், ஆனால் ஊசியானது மிதந்து கொண்டேயிருக்கும்.

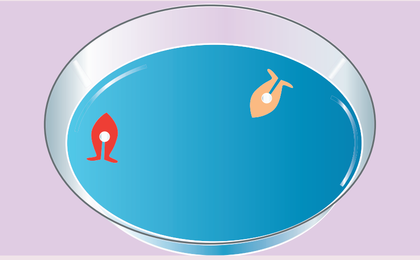


படம் 7.23 மிதக்கும் ஊசி

மிதக்கும் ஊசியானது நீரில் சிறிது தாழ்வை ஏற்படுத்துகிறது; வளைவுப்பரப்பின் பரப்பு இழுவிசையால் விசைகள் Fs, படம் 7.23 இல் காட்டியுள்ளவாறு சாய்வாக உள்ளன. இவ்விரு விசைகளின் செங்குத்துக்கூறுகள் ஊசியின் எடையைச் சமன்செய்யும். தற்போது நீரில் சிறிது திரவ சோப்பைக் கலக்கவும். இப்போது ஊசி மூழ்குவதைக் காணலாம்.

செயல்பாடு

ஒரு பிளாஸ்டிக் தாளை எடுத்து அதில் ஒரு சிறு பகுதியை படகு வடிவத்தில் வெட்டி எடுக்கவும் (படம் 7.24). கூர்முனை கொண்ட முன்பகுதியும், வெட்டுப்பகுதி (Notch) கொண்ட பின்பகுதியும் இருப்பது நன்று. வெட்டுப்பகுதியில் சிறுதுண்டு கற்பூரத்தை வைக்கவும். படகை நீரில் மெதுவாக விடுவித்தால், கற்பூரம் கரையும்போது படகானது முன்னோக்கிச் செலுத்தப்படுவதைக் காணலாம். கற்பூரம் கரையும்போது பரப்பு இழுவிசை குறைக்கப்பட்டு வெட்டுப்பகுதிக்கு அருகில் பரப்பு இழுவிசையில் மாறுபாடு உண்டாகிறது. இதனால் படகின் பின்பகுதியில் உள்ள நீர் பின்னோக்கிப் பாய்ந்து படகு முன்னோக்கி இயங்குகிறது.



படம் 7.24 கற்பூரப் படகு

7.5.2 பரப்பு இழுவிசையை பாதிக்கும் காரணிகள்

கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசையானது கீழ்கண்ட சூழல்களில் மாறுபடுகிறது.

1. **மாசுப்பொருள்கள் கலந்திருப்பது அல்லது கலப்படம்** சேர்ந்திருக்கும் அளவைப் பொறுத்து பரப்பு இழுவிசையைப் பாதிக்கிறது.
2. **கரை பொருள்கள் கலந்திருப்பதும்** பரப்பு இழுவிசையின் மதிப்பைப் பாதிக்கிறது. உதாரணமாக அதிக கரைதிறன் கொண்ட சோடியம் குளோரைடு நீரில் கரைந்துள்ளபோது

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 73 25-08-2020 14:57:14

நீரின் பரப்பு இழுவிசையை அதிகரிக்கிறது. ஆனால் குறைவாகக் கரையும் பினாயில் அல்லது சோப்புக் கரைசலானது நீரில் கலக்கப்படும்போது நீரின் பரப்பு இழுவிசையைக் குறைக்கிறது.

3. **மின்னோட்டம் செலுத்தவது** பரப்பு இழுவிசையை பாதிக்கும். ஒரு திரவமானது ஒரு திரவத்தின் வழியே மின்னோட்டத்தை செலுத்தும்போது பரப்பு இழுவிசை குறைகிறது. மின்னூட்டப்படும்போது வெளிப்புற விசை திரவப்பரப்பின் மீது செயல்பட்டு திரவ மேற்பரப்பானது அதிகரிக்கப்பட்டு பரப்பு இழுவிசையின் சுருங்கும் தன்மைக்கு எதிராகச் செயல்படும். எனவே பரப்பு இழுவிசை குறையும்.

4. **வெப்பநிலையானது** நீர்மத்தின் பரப்பு இழுவிசையை மாற்றுவதில் முக்கிய பங்காற்றுகிறது. வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது பரப்பு இழுவிசை நேர்ப்போக்கில் குறைகிறது. ஒரு சிறிய வெப்பநிலை நெடுக்கத்திற்கு t °C இல் பரப்பு இழுவிசையானது $T_t = T_0(1-\alpha t)$ இங்கு T_0 என்பது 0°C வெப்பநிலையில் பரப்பு இழுவிசை மற்றும் α என்பது பரப்பு இழுவிசை வெப்பநிலை எண். மாறுநிலை வெப்பநிலையில் பரப்பு இழுவிசை சுழி. ஏனெனில் திரவத்திற்கும் வாயுவுக்கும் உள்ள இடைப்பகுதி மறைகிறது. உதாரணமாக நீரின் மாறுநிலை வெப்பநிலை 374°C. எனவே, அந்த வெப்பநிலையில் நீரின் பரப்பு இழுவிசை சுழியாகும். வாண்டர்வால் என்பவர் பரப்பு இழுவிசைக்கும் மாறுநிலை வெப்பநிலைக்கும் உள்ள முக்கிய தொடர்பை பரிந்துரைத்தார்.

$$T_t = T_0\left(1-\frac{t}{t_c}\right)^{\frac{3}{2}}$$

பொதுமைப்படுத்த

$$T_t = T_0\left(1-\frac{t}{t_c}\right)^{n}$$

இது மிகச்சரியான மதிப்பைக் கொடுக்கிறது. இங்கு வெவ்வேறு திரவங்களுக்கு n மாறுபடுகிறது. t மற்றும் t_c என்பவை தனிவெப்பநிலையில் (கெல்வின் அளவில்) முறையே வெப்பநிலை மற்றும் மாறுநிலை வெப்பநிலையைக் குறிக்கிறது.

7.5.3 பரப்பு ஆற்றலும் பரப்பு இழுவிசையும்

பரப்பு ஆற்றல்

ஒரு கொள்கலனிலுள்ள மாதிரி திரவம் ஒன்றைக் கருதுக. திரவத்தின் உட்பகுதியில் உள்ள மூலக்கூறானது அனைத்து திசைகளிலும் உள்ள மூலக்கூறுகளால் இழுக்கப்படும். திரவ மேற்பரப்பில் உள்ள மூலக்கூறானது அதற்கு கீழே உள்ள பிற மூலக்கூறுகளால் மட்டுமே இழுக்கப்படுவதால் நிகர கீழ் நோக்கிய விசையைப் பெறும். இதன் விளைவாக திரவத்தின் மேற்பரப்பு முழுவதும் உள்நோக்கி இழுக்கப்படும். எனவே திரவ மேற்பரப்பானது சிறும மேற்பரப்பைப் பெற முயலும். மேற்பரப்பினை அதிகரிப்பதற்காக உட்பகுதியில் இருந்து சில மூலக்கூறுகள் மேற்பரப்பிற்கு கொண்டுவரப்படுகின்றன. இதன் காரணமாக, கவர்ச்சி விசைக்கு எதிராக வேலை செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறாக திரவ மேற்பரப்பில் உள்ள மூலக்கூறுகள் மற்ற மூலக்கூறுகளைவிட அதிக நிலையாற்றலைப் பெற்றுள்ளன. இது பரப்பு ஆற்றல் எனப்படும். வேறு விதமாகக்கூற, பரப்பு இழுவிசைக்கு எதிராக திரவத்தின் ஓரலகு பரப்பின் மேற்பரப்பை அதிகரிக்கச் செய்யப்படும் வேலை திரவத்தின் பரப்பு ஆற்றல் என அழைக்கப்படுகிறது.

$$\text{பரப்பு ஆற்றல்} = \frac{\text{மேற்பரப்பை அதிகரிக்கச் செய்யப்படும் வேலை}}{\text{மேற்பரப்பின் அதிகரிப்பு}}$$

$$= \frac{W}{\Delta A} \qquad (7.26)$$

இது $J\,m^{-2}$ அல்லது $N\,m^{-1}$ என்ற அலகால் குறிக்கப்படுகிறது.

பரப்பு இழுவிசை

திரவத்தின் ஓரலகு நீளத்தில் செயல்படும் விசை அல்லது ஓரலகு பரப்பிற்கான ஆற்றலே பரப்பு இழுவிசை என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$T = \frac{F}{l} \qquad (7.27)$$

T இன் SI அலகு மற்றும் பரிமாணம் முறையே $N\,m^{-1}$ மற்றும் $M\,T^{-2}$ ஆகும்.

பரப்பு இழுவிசைக்கும் பரப்பு ஆற்றலுக்கும் இடையேயான தொடர்பு

ABCD என்ற செவ்வகச்சட்டம் சோப்புக் கரைசலினுள் உள்ளதாகக் கருதுக (படம் 7.25). AB என்பது நகரக்கூடிய கம்பியாகக் கொள்க. பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக சோப்புப் படலமானது AB –ஐ உள்நோக்கி இழுக்கும். பரப்பு இழுவிசையினால் ஏற்பட்ட விசை F மற்றும் AB இன் நீளம் l எனில்

$$F = (2T)l$$

இங்கு 2 என்ற எண் படலத்தின் இரு பரப்புகளைக் குறிக்கிறது. $A'B'$ என்ற புதிய நிலைக்கு AB என்ற கம்பி Δx தொலைவு நகர்த்தப்படுவதாகக் கொள்க. பரப்பு அதிகரிப்பால் பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக உள்நோக்கிய விசைக்கு எதிராக வேலை செய்யப்பட வேண்டும்.

செய்யப்பட்ட வேலை = விசை x தொலைவு

$$= (2T\, l)\,(\Delta x)$$

படலத்தின் பரப்பில் அதிகரிப்பு

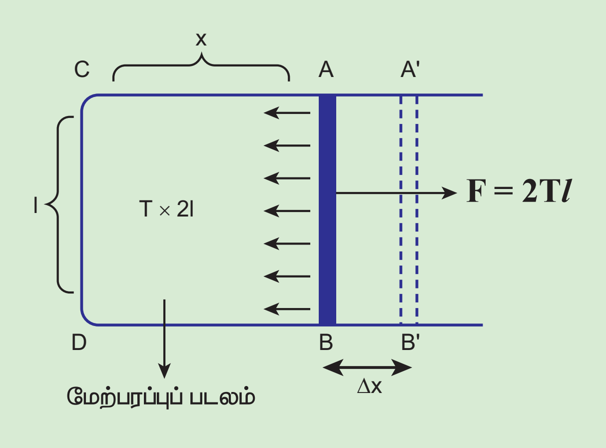
$$\Delta A = (2l)\,(\Delta x) = 2l\,\Delta x$$

ஆகையால்,

$$\text{பரப்பு ஆற்றல்} = \frac{\text{செய்யப்பட்ட வேலை}}{\text{மேற்பரப்பின் அதிகரிப்பு}}$$

$$= \frac{2Tl\,\Delta x}{2l\,\Delta x} = T \qquad (7.28)$$

எனவே, ஓரலகுப் பரப்பிற்கான பரப்பு ஆற்றலானது எண்ணளவில் பரப்பு இழுவிசைக்குச் சமமாகும்.



படம் 7.25 ABCD என்ற செவ்வகச்சட்டத்தில் கிடைத்தள சோப்புப் படலம்

குறிப்பு

திரவத்துளியானது ஒரே ஒரு மேற்பரப்பை மட்டுமே கொண்டிருக்கும் என்பதை நினைவில் கொள்க. எனவே r ஆரமுள்ள கோள வடிவ திரவத்துளியின் மேற்பரப்பு $4\pi r^2$ ஆகும். ஆனால் குமிழியானது மேற்பரப்புகளைக் கொண்டுள்ளதால் கோள வடிவ குமிழியில் மொத்த மேற்பரப்பு $2 \times 4\pi r^2$ க்குச் சமமாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 7.10

ஒரு சோப்புக்குமிழியின் படலத்தின் பரப்பை $50\ \text{cm}^2$ லிருந்து $100\ \text{cm}^2$ க்கு அதிகரிக்க செய்யப்பட்ட வேலை $2.4\times10^{-4}\,J$ எனில் சோப்புக் கரைசலின் பரப்பு இழுவிசையைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

சோப்புக் குமிழியானது இரு மேற்பரப்புகளைக் கொண்டிருப்பதால் மேற்பரப்பில் ஏற்பட்ட அதிகரிப்பு

$$\Delta A = A_2 - A_1$$

$$= 2(100\text{-}50) \times 10^{-4} m^2 = 100 \times 10^{-4} m^2$$

எனவே செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = T \times \Delta A \Rightarrow T = \frac{W}{\Delta A}$$

$$= \frac{2.4\times10^{-4}\,J}{100\times10^{-4}\,m^2} = 2.4\times10^{-2}\,N\,m^{-1}$$

7.5.4 சேர்கோணம் (Angle of contact)

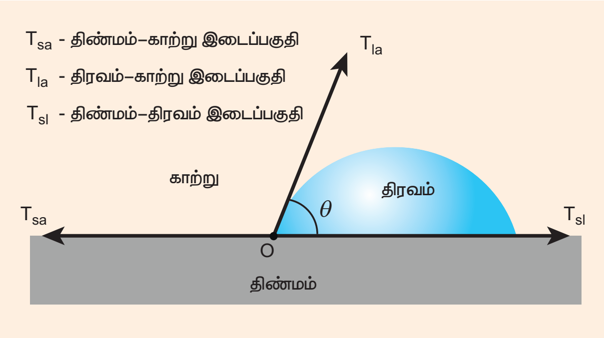
நீர்மத்தின் மேற்பரப்பு ஒரு திண்மப்பொருளை தொட்டுக் கொண்டிருந்தால் தொடு புள்ளியில் நீர்மத்தின் பரப்பு சற்று வளைந்திருக்கும். திரவத்தின் மேற்பரப்பு வளைந்திருக்கும் போதெல்லாம் இரு ஊடகங்களுக்கு (திட–திரவ இடைப்பகுதி) இடைப்பட்ட கோணமானது உருவாகிறது. உதாரணமாக ஒரு கண்ணாடிக் குழாய் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு அதன் பக்கங்கள் நேர்குத்தாக இருக்குமாறு நீரினுள் வைக்கப்பட்டால் நீர், கண்ணாடிக்குழாயினுள் மேல்நோக்கி இழுக்கப்படுவதைக் காணலாம். இதேபோல் நீருக்குப் பதிலாக, கண்ணாடிக் குழாயை பாதரசத்தில் வைத்தால் மேற்பரப்பு வளைந்திருக்கும். ஆனால் இப்போது வளைவானது படம் 7.29 இல் காட்டியுள்ளவாறு அமிழ்ந்து இருக்கும்.

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 75 25-08-2020 14:57:16

தொடும் புள்ளியில் திரவ மேற்பரப்பிற்கு வரையப்பட்ட தொடுகோட்டிற்கும் திடப்பொருளின் பரப்பிற்கும் இடைப்பட்ட கோணமானது சேர்கோணம் θ எனப்படும்.

இம்மதிப்பானது ஒவ்வொரு திட மற்றும் திரவ சோடிகளின் இடைப்பகுதியைப் பொறுத்து மாறுபடுகிறது. ஒரு திரவமானது திடப்பொருளின் மேல் படர்வதும் அல்லது துளிகளாக உருவாவதும் இம்மதிப்பைப் பொருத்தே அமைகிறது.

தொடும்புள்ளி O – வைப் பொறுத்து திரவ – வாயு, திட – வாயு மற்றும் திட – திரவ இடைப்பகுதிகளைக் கருதுவோம். இடைப்பகுதிகளின் பரப்பு இழுவிசைகள் படம் 7.26 இல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளவாறு முறையே T_{la}, T_{sa} மற்றும் T_{sl} ஆகும்.



படம் 7.26 ஒரு திரவத்தின் சேர்கோணம்

நீர்மமானது சமநிலையைப் பொறுத்து நிலையாக இருப்பின் இம்மூன்று இடைப்பகுதிகளுக்கு இடையே உள்ள பரப்பு இழுவிசைகளும் சமநிலையிலேயே இருக்கும். எனவே,

$$T_{sa} = T_{la}\cos\theta + T_{sl} \Rightarrow \cos\theta = \frac{T_{sa} - T_{sl}}{T_{la}} \quad (7.29)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து மூவகையான நேர்வுகள் கீழே விவாதிக்கப்பட்டுள்ளன.

i. $T_{sa} > T_{sl}$ மற்றும் $T_{sa} - T_{sl} > 0$ எனில் (நீர் – பிளாஸ்டிக் இடைப்பகுதி), சேர்கோணம் θ ஆனது குறுங்கோணம் (θ மதிப்பு 90° ஐ விடக்குறைவு) மற்றும் cosθ நேர்க்குறி மதிப்புடையது.

ii. $T_{sa} < T_{sl}$ மற்றும் $T_{sa} - T_{sl} < 0$ எனில் (நீர் – இலை இடைப்பகுதி), சேர்கோணம் விரிகோணமாகும். (θ மதிப்பு 180° ஐ விடக்குறைவு) மற்றும் cosθ எதிர்க்குறி மதிப்புடையது.

iii. $T_{sa} > T_{la} + T_{sl}$ எனில் அங்கே சமநிலை இல்லாமல் நீர்மமானது திடப்பொருளின் மேல் பரவும்.

எனவே திட – திரவ இடைப்பகுதிகளுக்கு இடையே உள்ள சேர்கோணமானது நம் அன்றாட வாழ்வில் முக்கியப் பயன்பாடுகளைக் கொண்டுள்ளது. எடுத்துக்காட்டாக, சோப்பும், சலவைத்தூளும் ஈரமாக்கும் காரணிகள் . அவை ஒரு நீர்மக்கரைசலில் சேர்க்கப்பட்டால் அவை சேர்கோணத்தை குறைக்க முயலும். அதனால் துணிகளில் நன்றாக ஊடுருவி அழுக்கை அகற்றும். மற்றொரு வகையில் நீர் புகா வர்ணங்கள் கட்டிடத்தின் வெளிப்புறம் பூசப்படுகின்றன. அவை மழை பெய்யும்போது நீருக்கும் வர்ணம் பூசப்பட்ட பரப்பிற்கும் இடையே உள்ள சேர்கோணத்தை அதிகரிக்கும்.

7.5.5 திரவத்துளி, சோப்புக்குமிழி மற்றும் காற்றுக் குமிழிக்கு உள்ளே மிகை அழுத்தம்

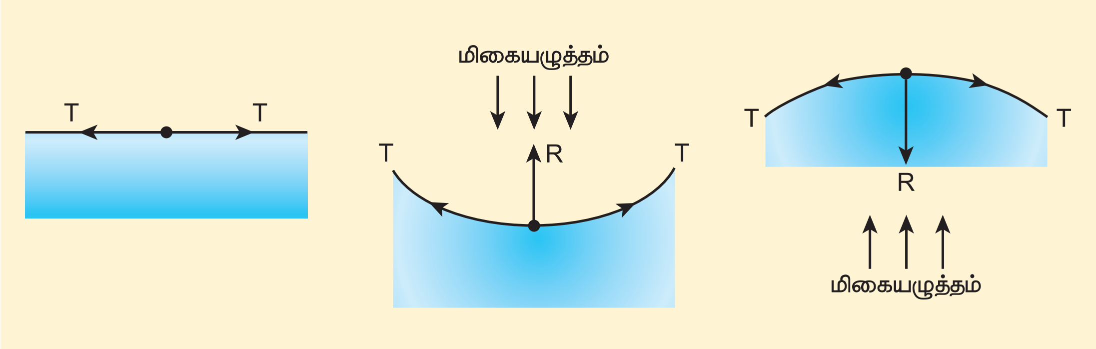
இதற்கு முன்னர் விவாதித்தவாறு, திரவத்தின் மேற்பரப்பு ஒரு திண்மத்தைத் தொடும்போது வளைவாக இருக்கிறது. திரவ – காற்று அல்லது திரவ – வாயு இடைப்பகுதியின் தன்மையைப் பொறுத்து இடைப்பகுதியில் பரப்பு இழுவிசையின் எண்மதிப்பு மாறுபடுகிறது. மாறாக, பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக மேற்கண்ட இடைப்பகுதிகள் ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளன. குறிப்பிட்ட பருமனுக்கு மேற்பரப்பானது மிகக் குறைந்த பரப்புடன் சிறும ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கும். இந்த காரணத்தால் திரவத்துளியானது கோள வடிவைப் பெறுகிறது. (சிறிய ஆரத்திற்கு)

ஒரு நீர்மத்தின் மேற்பரப்பு வளைந்திருந்தால், திரவத்தின் உள் மற்றும் வெளிப்புற மேற்பரப்புகளிடையே அழுத்த வேறுபாடு இருக்கும்(படம் 7.27).

i. நீர்மத்தின் மேற்பரப்பு சமதளமாக இருப்பின், பரப்பு இழுவிசையால் உருவாகும் விசைகள் (*T*, *T*) நீர்ம மேற்பரப்பின் தொடுகோட்டின் வழியே எதிரெதிராகச் செயல்படும். எனவே மூலக்கூறின் மீதான தொகுபயன் விசை சுழியாகும். சமதள நீர்மப்பரப்பில் திரவப்பக்கத்தின் அழுத்தமானது வாயுப்பக்கத்தின் அழுத்தத்திற்கு சமமாகும்.

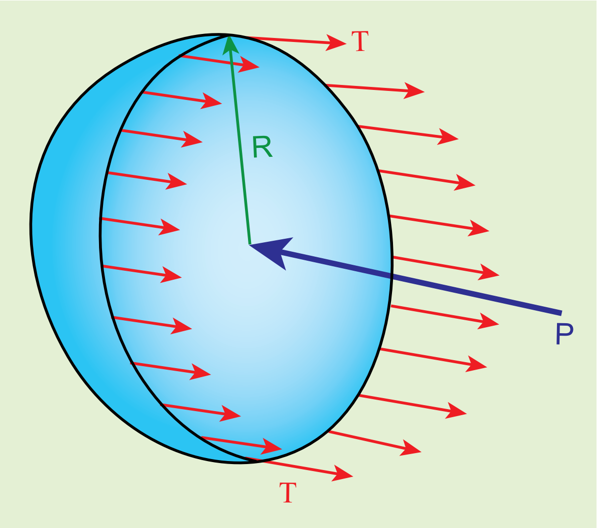
ii. நீர்மத்தின் மேற்பரப்பு வளைந்து காணப்பட்டால் நீர்ம மேற்பரப்பிலுள்ள ஒவ்வொரு மூலக்கூறும் மேற்பரப்பின் தொடுகோட்டின் வழியே பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 76 25-08-2020 14:57:16



படம் 7.27 திரவ மேற்பரப்பில் மிகை அழுத்தம்

(F_T, F_T) என்ற விசைகளை உணரும். விசைகளை இரு செவ்வகக் கூறுகளாகப் பிரிக்க, கிடைத்தளக்கூறுகள் ஒன்றை ஒன்று சமன் செய்யப்பட்டு, செங்குத்துக் கூறுகள் கூட்டப்படுகின்றன. எனவே பரப்பிற்கு செங்குத்தாகச் செயல்படும் தொகுபயன் விசையானது நீர்மத்தின் வளைந்த பரப்பின்மீது செயல்படுகிறது. இதேப்போல் ஒரு குவிந்த மேற்பரப்பின் மீது செயல்படும் தொகுபயன் விசையானது வளைவு மையத்தை நோக்கி உள்நோக்கியும், ஒரு குழிந்த மேற்பரப்பின் மீது செயல்படும் தொகுபயன் விசையானது வளைவு மையத்தை நோக்கி வெளிநோக்கியும் செயல்படும். எனவே ஒரு நீர்மத்தின் வளைந்த மேற்பரப்பு சமநிலையில் இருக்க, குழிந்த பக்கத்தின் விசையானது குவிந்த பக்கத்தின் விசையை விட அதிகமாக இருக்கும்.



படம் 7.28 (அ) காற்றுக்குமிழி

குமிழி மற்றும் நீர்மத்துளியினுள் மிகையழுத்தம்:

சிறுகுமிழிகளும் நீர்மத்துகள்களும் பரப்பு இழுவிசைகளின் காரணமாக கோளகவடிவைப் பெறுகின்றன. நீர்மத் துளி அல்லது குமிழி ஆகியவற்றில் உள் அழுத்தம் வெளி அழுத்தத்தை விட அதிகமாக இருப்பதினால் குமிழி அல்லது நீர்மத்துளியானது உடைவதில்லை.

1. **நீர்மத்திலுள்ள காற்றுக் குமிழியினுள் மிகையழுத்தம்**

படம் 7.28 (அ) இல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளவாறு R ஆரம் கொண்ட காற்றுக் குமிழி ஒன்று T என்ற பரப்பு இழுவிசையைக் கொண்டுள்ள நீர்மத்தினுள் இருப்பதாகக் கருதுக. P_1 மற்றும் P_2 என்பன முறையே குமிழியின் வெளிப்புற மற்றும் உட்புற அழுத்தமாகும். இப்போது குமிழியினுள் மிகையழுத்தம் $\Delta P = P_2 - P_1$ ஆகும்.

காற்றுக்குமிழியினுள் மிகையழுத்தத்தைக் கணக்கிட, அதன் மீது செயல்படும் விசைகளைக் கருதுவோம். அரைக்கோள வடிவ குமிழியில் விசைகளைக் கருதும்போது நமக்குக் கிடைப்பது,

i. $2\pi R$ நீளமுள்ள விளிம்பைச் சுற்றி வலப்புறமாக பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக செயல்படும் விசையானது $F_T = 2\pi RT$

ii. πR^2 குறுக்குவெட்டுப் பரப்பில் வலப்புறமாக செயல்படும் வெளிப்புற அழுத்தமான P_1 ஆல் உருவான விசை $F_{P_1} = P_1 \pi R^2$

iii. P_2 எனும் உட்புற அழுத்தத்தினால் ஏற்படும் இடப்புறமாக செயல்படும் விசை $F_{P_2} = P_2 \pi R^2$

இவ்விசைகளின் செயல்பாட்டால் காற்றுக் குமிழி சமநிலையில் இருப்பதால்

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 77 25-08-2020 14:57:17

$$F_{P_2} = F_T + F_{P_1}$$

$$P_2 \pi R^2 = 2\pi RT + P_1 \pi R^2$$

$$\Rightarrow (P_2 - P_1)\pi R^2 = 2\pi RT$$

மிகையழுத்தம் $\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{2T}{R}$ (7.30)

2. சோப்புக் குமிழியினுள் மிகையழுத்தம்

படம் 7.28 (ஆ) இல் உள்ளவாறு R ஆரமும் T பரப்பு இழுவிசையும் கொண்ட சோப்புக் குமிழி ஒன்றைக் கருதுக. சோப்புக் குமிழிக்கு காற்றுடன் தொடும் இருபரப்புகள், குமிழியின் உட்புறம் ஒன்றும், வெளிப்புறம் மற்றொன்றும் உள்ளன. எனவே பரப்பு இழுவிசையால் ஏற்படும் விசை $2 \times 2\pi RT$. சோப்புக் குமிழியின் மீது செயல்படும் பல்வேறு விசைகளாவன,

i. பரப்பு இழுவிசையினால் வலப்புறமாக செயல்படும் விசை $F_T = 4\pi RT$

ii. வெளிப்புற அழுத்தத்தினால் வலப்புறமாக செயல்படும் விசை $F_{P_1} = P_1 \pi R^2$

iii. உட்புற அழுத்தத்தினால் இடப்புறமாக செயல்படும் விசை $F_{P_2} = P_2 \pi R^2$

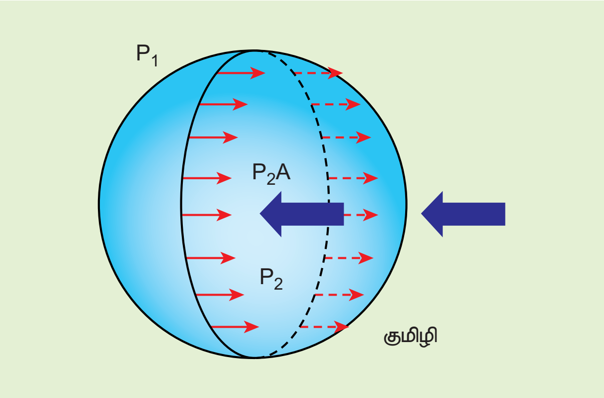
குமிழியானது சமநிலையில் உள்ளதால்

$$F_{P_2} = F_T + F_{P_1}$$

$$P_2 \pi R^2 = 4\pi RT + P_1 \pi R^2$$

$$\Rightarrow (P_2 - P_1)\pi R^2 = 4\pi RT$$

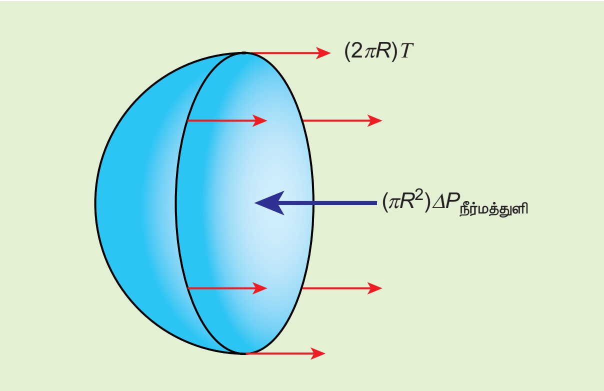
மிகையழுத்தம் $\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{4T}{R}$ (7.31)



படம் 7.28 (ஆ)சோப்புக்குமிழி

3. நீர்மத்துளியினுள் மிகையழுத்தம்

படம் 7.28 (இ) இல் உள்ளவாறு R ஆரமும் T பரப்பு இழுவிசையும் கொண்ட நீர்மத்துளி ஒன்றினைக் கருதுக.



படம் 7.28 (இ) நீர்மத்துளி

நீர்மத்துளியின் மேல் செயல்படும் பல்வேறு விசைகளாவன

i. பரப்பு இழுவிசையினால் வலப்புறமாக செயல்படும் விசை $F_T = 2\pi RT$

ii. வெளிப்புற அழுத்தத்தினால் வலப்புறமாக செயல்படும் விசை $F_{P_1} = P_1 \pi R^2$

iii. உட்புற அழுத்தத்தினால் இடப்புறமாக செயல்படும் விசை $F_{P_2} = P_2 \pi R^2$

நீர்மத்துளி சமநிலையில் உள்ளதால்

$$F_{P_2} = F_T + F_{P_1}$$

$$P_2 \pi R^2 = 2\pi RT + P_1 \pi R^2$$

$$\Rightarrow (P_2 - P_1)\pi R^2 = 2\pi RT$$

மிகையழுத்தம்

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{2T}{R} \quad (7.32)$$

எடுத்துக்காட்டு 7.11

ஒப்படர்த்தி 0.8 கொண்ட 4 mm உயரமுள்ள எண்ணெய் தம்பத்தினால் 2.0 cm ஆரமுள்ள சோப்புக் குமிழியின் மிகையழுத்தம் சமப்படுத்தப்பட்டால், சோப்புக்குமிழியின் பரப்பு இழுவிசையைக் காண்க.

தீர்வு

சோப்புக் குமிழியினுள் மிகையழுத்தம்

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{4T}{R}$$

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 78 25-08-2020 14:57:19

> **உங்களுக்குத் தெரியுமா?**
>
> நீர்மத்துளியின் ஆரம் சிறியதாக இருந்தால் நீர்மத்துளியினுள் மிகையழுத்தம் அதிகமாக இருக்கும். உட்புறமுள்ள இம்மிகையழுத்தத்தின் காரணமாகவே சிறு பனித்துளிகளானது திண்மங்கள் போல உறுதியாக உள்ளன.
>
> பனிச்சறுக்கு விளையாடும் ஒருவர், பனிக்கட்டியின் மேல் சறுக்கிச் செல்லும்போது, கூரான உலோக சறுக்குமர முனைகளால் ஏற்படும் அழுத்தத்தினால் பனிக்கட்டியானது சிறிது உருகும். ஆனால் பனித்துளிகள் உறுதியான பந்து தாங்கிகளைப் போல் செயல்பட்டு அவர் மென்மையாக சறுக்கிச் செல்வதற்கு உதவுகின்றன.

ஆனால் $\Delta P = P_2 - P_1 = \rho gh \Rightarrow \rho gh = \dfrac{4T}{R}$

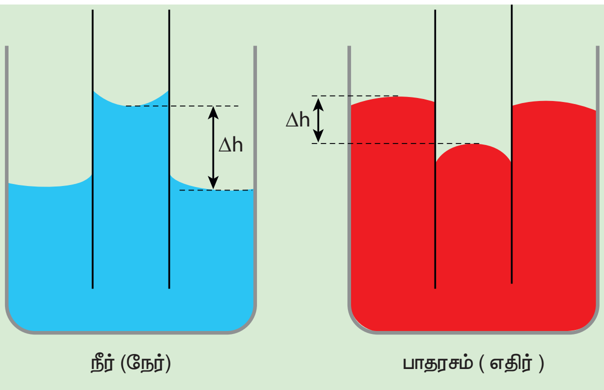
$\Rightarrow$ பரப்பு இழுவிசை,

$$T = \frac{\rho ghR}{4} = \frac{(800)(9.8)(4\times10^{-3})(2\times10^{-2})}{4} =$$

பரப்பு இழுவிசை $T = 15.68 \times 10^{-2}\, N\, m^{-1}$

7.5.6 நுண்புழை நுழைவு (Capillarity)

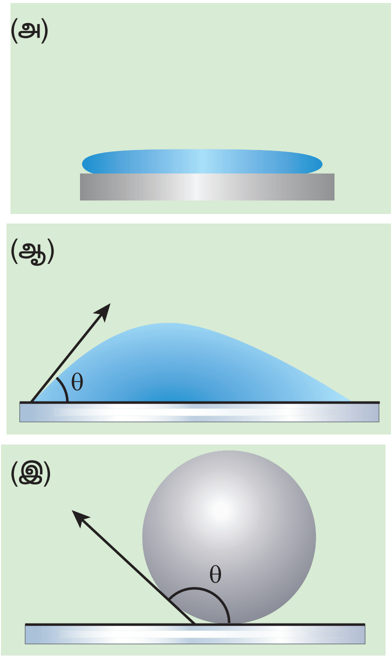
லத்தீன் மொழியில் கேப்பிள்ளா (capilla) என்பதன் அர்த்தம் முடி என்பதாகும். குழாய்கள் முடியளவு மெல்லியதாக இருந்தால் திரவம் மேலேறுவது அதிகமாக இருக்கும். மிகச்சிறிய விட்டம் கொண்ட குழாய் 'நுண்புழைக்குழாய்' எனப்படும். இருபுறமும் திறந்த கண்ணாடி நுண்புழைக்குழாய் ஒன்றை நீரில் நேர்க்குத்தாக அமிழ்த்தும்போது நீரானது குழாயினுள் மேல்நோக்கி ஏறுகிறது. குழாயில் நீரின் மட்டம் வெளியில் உள்ள மட்டத்தைவிட அதிகமாக இருக்கும். நுண்புழைக்குழாயை பாதரசத்தில் அமிழ்த்தினால் பாதரசமும் குழாயினுள் கீழ்நோக்கி இறங்கும், அதாவது குழாயில் பாதரசத்தின் மட்டம் வெளியிலுள்ள மட்டத்தைவிட குறைவாக இருக்கும். (படம் 7.29 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது). நீர்மமும் திடப்பொருளும் சந்திக்கும் இடத்தில் சேர்கோணம் ஆனது 90° ஐ விட குறைவாக இருந்தால் நுண்புழை ஏற்றம் ஏற்படும். மாறாக, நீர்மமும், திடப்பொருளும் சந்திக்குமிடத்தில் சேர்கோணமானது 90° ஐ விட அதிகமாக இருந்தால் நுண்புழை இறக்கம் உண்டாகும். ஒரு நேர்குத்தான குழாயில் நீர்மம் மேலேறுவது அல்லது கீழிறங்குவது நுண்புழை நுழைவு அல்லது நுண்புழைச் செயல்பாடு எனப்படும். நுண்புழைக்குழாயின் விட்டத்தைப் பொறுத்து நீர்மம் மாறுபட்ட உயரங்களுக்கு மேலேறும் அல்லது கீழிறங்கும்.



படம் 7.29 நுண்புழையேற்றம் மற்றும் இறக்கம்

அட்டவணை 7.4 நுண்புழையேற்றம் மற்றும் இறக்கம்

சேர்கோணம்	வலிமை		நனையும் அளவு	பிறைத்தளம்	நுண்புழைக்குழாயில் நீர்ம உயர்வு அல்லது தாழ்வு
	ஓரினக் கவர்ச்சி விசை	வேறினக் கவர்ச்சி விசை			
θ=0 (A)	வலிமை குன்றியது	வலிமை மிக்கது	முழுவதுமாக நனையும்	சமதளம்	உயரவுமில்லை, கீழிறங்கவுமில்லை
θ<90 (B)	வலிமை குன்றியது	வலிமை மிக்கது	அதிகம்	குழிந்து	நீர்மம் மேலேறும்
θ>90 (C)	வலிமை மிக்கது	வலிமை குன்றியது	குறைவு	குவிந்து	நீர்மம் கீழிறங்கும்



K9RF7I

படம் 7.30 (அ) நீரானது வெள்ளியின் மேற்பரப்பின் மீது (ஆ) கண்ணாடித் தட்டின் மீது நீர் (இ) கண்ணாடியின் மீது பாதரசம்

நுண்புழை நுழைவின் செயல்முறைப் பயன்பாடுகள்:

- நுண்புழையேற்றத்தின் காரணமாக மண் விளக்கிலுள்ள எண்ணெயானது திரியில் மேலே ஏறுகிறது. இதேபோல் தாவரத்தில் இலைகளுக்கும் கிளைகளுக்கும் வேரிலிருந்து உயிர்சாறு (sap) மேலேறுகிறது.
- உறிஞ்சு தாளானது மையை உறிஞ்சுகிறது.
- கண்களிலிருந்து கண்ணீர் தொடர்ந்து வடிய நுண்புழைச் செயல்பாடு தேவையானதாகும்.
- கோடைக்காலங்களில் பருத்தி ஆடைகள் விரும்பி அணியப்படுகின்றன. ஏனெனில் பருத்தி ஆடைகளிலுள்ள நுண்ணிய துவாரங்கள் வியர்வைக்கு நுண்புழைக் குழாய்களாக செயல்படுகின்றன.

7.5.7 நுண்புழையேற்ற முறையில் பரப்பு இழுவிசையைக் காணல்

திரவமும், காற்றும் சந்திக்குமிடத்தில் உள்ள வளைந்த பரப்பின் மீது ஏற்படும் அழுத்த வேறுபாடே திரவமானது நுண்புழைக்குழாயில் மேலேறுவதற்குக் காரணமாக அமைகிறது (ஈர்ப்பின் விளைவைப் புறக்கணிக்க). மிக நுண்ணிய குழாய்களில் நுண்புழையேற்றமானது அதிகமாக உள்ளது. இந்நிகழ்வானது பரப்பு இழுவிசையின் வெளிப்பாடாகும். நுண்புழையேற்றத்திற்கும் (h) பரப்பு இழுவிசைக்கும் (T) உள்ள தொடர்பைப் பெற நுண்புழைக்குழாய் ஒன்று கொள்கலனிலுள்ள நீரில் அமிழ்த்தி வைத்திருப்பதாகக் கருதுக. நுண்புழைக்குழாயில் நீரானது பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக h உயரத்திற்கு மேலேறுகிறது. (படம் 7.31)

பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக ஏற்படும் விசை F_T ஆனது தொடும்புள்ளியில் தொடுகோட்டின் வழியே கீழ்நோக்கியும், அதன் எதிர்விசை மேல்நோக்கியும் செயல்படுகின்றன. பரப்பு இழுவிசை T ஆனது இரு கூறுகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது.

(i) கிடைத்தளக்கூறு $T\sin\theta$ மற்றும்

(ii) செங்குத்துக்கூறு $T\cos\theta$ பிறைத்தளத்தின் சுற்றளவு முழுவதும் மேல்நோக்கி செயல்படுகிறது.

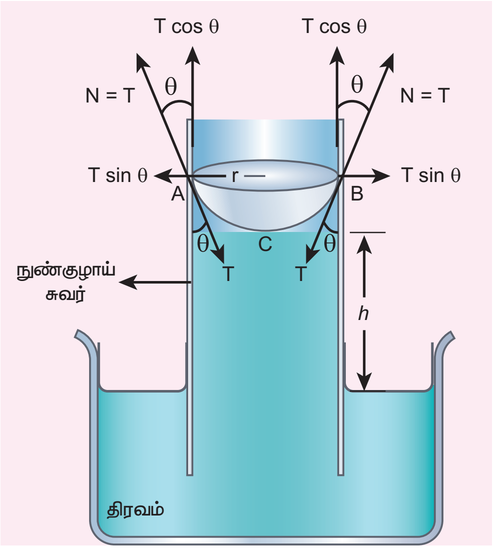
மொத்த மேல்நோக்கிய விசை

$$= (T\cos\theta)(2\pi r) = 2\pi r T\cos\theta$$

இங்கு θ என்பது சேர்கோணம், r என்பது குழாயின் ஆரமாகும். ρ என்பது நீரின் அடர்த்தி மற்றும் h என்பது குழாயில் நீர் மேலேறும் உயரம் எனில்

(குழாயில் நீர்மத் தம்பத்தின் கனஅளவு V) = (r ஆரமும் h உயரமும் உடைய நீர்மத் தம்பத்தின் கன அளவு)

+ (r ஆரமும் h உயரமும் உடைய நீர்மத் தம்பத்தின் கனஅளவு – r ஆரமுடைய அரைக்கோளத்தின் கனஅளவு)



படம் 7.31 பரப்பு இழுவிசையினால் நுண்புழையேற்றம்

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 80 25-08-2020 14:57:20

$$V=\pi r^2 h+\left(\pi r^2\times r-\frac{2}{3}\pi r^3\right)\Rightarrow V=\pi r^2 h+\frac{1}{3}\pi r^3$$

மேல்நோக்கிய விசையானது நீரின் மேற்பரப்பிற்கு மேலே குழாயில் ஏறியுள்ள நீர்மத்தம்பத்தின் எடையைச் சமன் செய்கிறது.

எனவே,

$$2\pi r T\cos\theta=\pi r^2\left(h+\frac{1}{3}r\right)\rho g\Rightarrow T=\frac{r\left(h+\frac{1}{3}r\right)\rho g}{2\cos\theta}$$

நுண்புழைக் குழாயானது மிக நுண்ணியதாக r ஆரம் கொண்டிருப்பின் (மிகக் குறைவான ஆரம்) உயரம் h உடன் ஒப்பிட $\frac{r}{3}$ ஆனது புறக்கணிக்கத்தக்கது. எனவே

$$T=\frac{r\rho g h}{2\cos\theta}\qquad(7.33)$$

h உயரத்திற்கு மேலேறும்போது

$$h=\frac{2T\cos\theta}{r\rho g}\Rightarrow h\propto\frac{1}{r}\qquad(7.34)$$

நுண்புழை ஏற்றமானது (h) குழாயின் ஆரத்திற்கு (r) எதிர்த்தகவில் உள்ளது என்பதை இது குறிக்கிறது. குழாயின் ஆரம் குறைய நுண்புழையேற்றம் அதிகமாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 7.12

நுண்புழைக் குழாய் ஒன்றில் நீர் 2.0 cm உயரத்திற்கு மேலேறுகிறது. இக்குழாயின் ஆரத்தைப்போல் மூன்றில் ஒரு பகுதி ஆரமுடைய மற்றொரு நுண்புழைக் குழாயில் நீர் எந்த அளவிற்கு மேலேறும்?

தீர்வு

சமன்பாடு 7.34 இல் இருந்து $h\propto\frac{1}{r}\Rightarrow hr=$ மாறிலி

r_1 மற்றும் r_2 ஆரமுடைய இரு நுண்புழைக் குழாய்கள் திரவத்தில் அமிழ்ந்துள்ளபோது நுண்புழையேற்ற உயரமானது முறையே h_1 மற்றும் h_2 எனில்,

$$h_1 r_1=h_2 r_2=\text{மாறிலி}$$

$$\Rightarrow h_2=\frac{h_1 r_1}{r_2}=\frac{\left(2\times10^{-2}m\right)\times r}{\frac{r}{3}}\Rightarrow h_2=6\times10^{-2}m$$

எடுத்துக்காட்டு 7.13

சோடாச் சுண்ணாம்பு கண்ணாடிக்கும் பாதரசத்திற்கும் இடையே சேர்கோணம் 140° ஒரு கிண்ணத்திலுள்ள பாதரசத்தில் 2 mm ஆரமுடைய இதே கண்ணாடியால் ஆன நுண்புழைக்குழாய் அமிழ்த்தி வைக்கப்பட்டுள்ளது. திரவத்தின் வெளிப்புற மேற்பரப்பைப் பொறுத்து குழாயில் பாதரசத்தின் மட்டம் எவ்வளவு குறையும்?

பாதரசத்தின் பரப்பு இழுவிசை $T=0.456\ N\,m^{-1}$

பாதரசத்தின் அடர்த்தி $\rho=13.6\times10^3\ kg\,m^{-3}$

தீர்வு

நுண்புழை இறக்கம்

$$h=\frac{2T\cos\theta}{r\rho g}=\frac{2\times(0.465\,N\,m^{-1})(\cos140^0)}{(2\times10^{-3}m)(13.6\times10^3)(9.8\,m\,s^{-2})}$$

$$\Rightarrow h=-6.89\times10^{-4}\ m$$

கண்ணாடிக் குழாயில் பாதரச மட்டம் கீழிறங்குகிறது என்பதை எதிர்க்குறி காட்டுகிறது.

7.5.8 பரப்பு இழுவிசையின் பயன்பாடுகள்

- கொசுக்கள் நீரின் மேற்பரப்பில் முட்டைகளை இடுகின்றன. நீரின் பரப்பு இழுவிசையைக் குறைக்க சிறிது எண்ணெய் ஊற்றப்படுகிறது. இது நீரின் மேற்பரப்பிலுள்ள மீட்சிப்படலத்தை உடைத்து விடுவதால் கொசு முட்டைகள் நீரினுள் மூழ்கச்செய்து அழிக்கப்படுகின்றன.
- வேதிப் பொறியாளர்கள், நீர்மத்துளிகள் வடிவமைக்கப்பட்ட வடிவத்தில் அமைந்து பரப்பில் ஒரே சீராக ஒட்டிக்கொள்ளுமாறு அதன் பரப்பு இழுவிசையை நுட்பமான அளவுக்கு சரி செய்யவேண்டும். இது தானியங்கி வாகனங்கள் மற்றும் அலங்காரப் பொருள்களுக்கு வர்ணம் பூசப் பயன்படுகிறது.
- துணிகளைத் துவைக்கும்போது வெந்நீரில் சலவைத்தூளை சேர்ப்பதால் நீரின் பரப்பு இழுவிசை குறைக்கப்பட்டு அழுக்குத்துகள்கள் எளிதில் நீக்கப்படுகின்றன.
- நீர் ஒட்டாத துணிகள் தயாரிக்கும்போது நீர் ஒட்டாத பொருளானது (மெழுகு) துணியுடன் சேர்க்கப்படுகிறது. இது சேர்கோணத்தை அதிகரிக்கிறது.

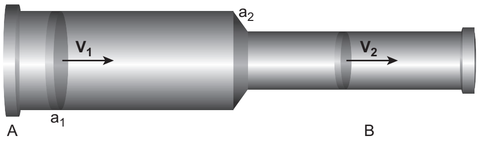
UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 81 25-08-2020 14:57:22

7.6 பெர்னௌலியின் தேற்றம்

7.6.1 தொடர்மாறிலிச் சமன்பாடு

ஒரு குழாயின் வழியே செல்லும் நீர்ம நிறையின் வீதத்தை அறிய நீர்மம் பாய்வது சீராக இருப்பதாகக் கருதவேண்டும். நீர்மம் பாய்வது சீராக இருக்க வேண்டுமெனில் பாயும் நீர்மத்தின் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் திசைவேகமானது நேரத்தைப் பொறுத்து மாறிலியாக அமைய வேண்டும். இந்த நிபந்தனையில் நீர்மத்தின் ஓட்டமானது வரிச்சீர் ஓட்டமாக அமையும்.

சீரற்ற குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு a_1 மற்றும் a_2 அதாவது $a_1 > a_2$. கொண்ட AB என்ற குழாயைக் கருதுக. பாகுநிலையற்ற அமுக்க இயலாத நீர்மம் சீராக v_1 மற்றும் v_2 என்ற திசைவேகத்தில் முறையே a_1 மற்றும் a_2 பரப்புகள் வழியே படம் 7.32 இல் உள்ளவாறு பாய்ந்து செல்கிறது.



படம் 7.32 சீரற்ற குறுக்குவெட்டுப் பரப்புடைய ஒரு குழாயின் வழியே செல்லும் பாய்மத்தின் வரிச்சீர் ஓட்டம்.

Δt என்ற கால அளவில் A என்ற பகுதியின் வழியே செல்லும் நீர்மத்தின் நிறை m_1 எனில்

$m_1 = (a_1 v_1 \Delta t)\, \rho$

Δt என்ற கால அளவில் B என்ற பகுதியின் வழியே செல்லும் நீர்மத்தின் நிறை m_2 எனில்,

$m_2 = (a_2 v_2 \Delta t)\, \rho$

அமுக்க இயலாத நீர்மத்தில் நிறை மாறாது $m_1 = . m_2$

$$a_1 v_1 \,\Delta t\, \rho = a_2 v_2 \Delta t\, \rho$$

$$a_1 v_1 = a_2 v_2 \Rightarrow a\ v = \text{மாறிலி} \qquad (7.35)$$

இதுவே தொடர்மாறிலிச் சமன்பாடு எனப்படும். இது, பாயும் பாய்மங்களின் நிறையானது மாறாமல் இருப்பதைக் காட்டுகிறது. பொதுவாக av = மாறிலி, இதன் பொருள் பருமப்பாயம் அல்லது பாயும் வீதம் குழாய் முழுவதும் மாறிலி என்பதாகும்.மாறாக குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு குறைவாக இருப்பின் பாய்மத்தின் திசைவேகம் அதிகமாக இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 7.14

ஒரு சாதாரண மனிதனுக்கு பெருநாடி வழியாக இரத்தம் செல்லும் வேகம் $0.33\ ms^{-1}$. (ஆரம் $r = 0.8\ cm$) பெருநாடியில் இருந்து $0.4\ cm$ ஆரம் கொண்ட 30 எண்ணிக்கையில் உள்ள பெரும் தமனிகளுக்கு இரத்தம் செல்கிறது. தமனிகளின் வழியே செல்லும் இரத்தத்தின் வேகத்தைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

$$a_1 v_1 = 30\ a_2\ v_2 \Rightarrow \pi r_1^2 v_1 = 30\ \pi r_2^2 v_2$$

$$v_2 = \frac{1}{30}\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 v_1$$

$$\Rightarrow v_2 = \frac{1}{30} \times \left(\frac{0.8\times10^{-2}\,\text{m}}{0.4\times10^{-2}\,\text{m}}\right)^2 \times (0.33\,\text{ms}^{-1})$$

$$v_2 = 0.044\ m\, s^{-1}$$

7.6.2 நீர்மங்களின் அழுத்த, இயக்க மற்றும் நிலை ஆற்றல்

சீராகப் பாயும் நீர்மத்திற்கு மூவகையான ஆற்றல்கள் உண்டு. அவை 1) இயக்க ஆற்றல் 2) நிலை ஆற்றல் மற்றும் 3) அழுத்த ஆற்றல் ஆகும்.

1. **இயக்க ஆற்றல் :** m நிறையும் v திசைவேகமும் கொண்ட நீர்மத்தின் இயக்க ஆற்றலானது $KE = \frac{1}{2} mv^2$

   ஓரலகு நிறைக்கான இயக்க ஆற்றல் =

$$\frac{KE}{m} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{m} = \frac{1}{2}v^2$$

KA1B96

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 82 25-08-2020 14:57:23

இதேபோல், ஓரலகு பருமனுக்கான இயக்க ஆற்றல்

$$= \frac{KE}{\text{பருமன்}} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{V} = \frac{1}{2}\left(\frac{m}{V}\right)v^2 = \frac{1}{2}\rho v^2$$

2. **நிலை ஆற்றல்:** தரைமட்டத்திலிருந்து h உயரத்திலுள்ள m நிறை கொண்ட நீர்மத்தின் நிலையாற்றல்

$$PE = mgh$$

ஓரலகு நிறைக்கான நிலையாற்றல்

$$\frac{PE}{m} = \frac{mgh}{m} = gh$$

இதேபோல் ஓரலகு பருமனுக்கான நிலையாற்றல்

$$= \frac{PE}{\text{பருமன்}} = \frac{mgh}{V} = \left(\frac{m}{V}\right)gh = \rho gh$$

3. **அழுத்த ஆற்றல்** நீர்மத்தின்மீது அழுத்தத்தைச் செலுத்துவதால்

அழுத்தம் = $\frac{\text{விசை}}{\text{பரப்பு}}$ $\Rightarrow$ விசை=அழுத்தம் x பரப்பு

$$F \times d = (P\,A) \times d = P\,(A \times d)$$

$$\Rightarrow F \times d = \mathrm{W} = \mathrm{P\,V} = \text{அழுத்த ஆற்றல்}$$

எனவே அழுத்த ஆற்றல் $E_P = PV$

ஓரலகு நிறைக்கான அழுத்த ஆற்றல்

$$= \frac{E_P}{m} = \frac{\mathrm{PV}}{m} = \frac{\mathrm{P}}{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{V}}} = \frac{\mathrm{P}}{\rho}$$

இதேபோல் ஓரலகு பருமனுக்கான அழுத்த ஆற்றல்

$$= \frac{E_P}{\text{பருமன்}} = \frac{PV}{V} = P$$

7.6.3. பெர்னௌலியின் தேற்றமும் அதன் பயன்பாடுகளும்

1738 ஆம் ஆண்டு சுவிஸ் நாட்டு அறிவியல் அறிஞர் டேனியல் பெர்னௌலி என்பவர் வெவ்வேறு குறுக்குவெட்டுப் பரப்புள்ள குழாய்கள் வழியே செல்லும் நீர்மத்தின் வரிச்சீர் ஓட்டத்திற்கான தொடர்பை வகுத்தார். ஆற்றல் மாறா விதியின் அடிப்படையில் அவர் நீர்மத்தின் வரிச்சீர் ஓட்டத்திற்கான தொடர்பைத் தருவித்தார்.

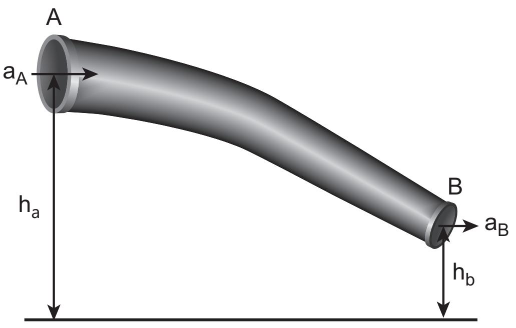
பெர்னௌலியின் தேற்றம்

பெர்னௌலியின் தேற்றத்தின்படி வரிச்சீர் ஓட்டத்தில் உள்ள அமுக்க இயலாத, பாகுநிலையற்ற, ஓரலகு நிறையுள்ள நீர்மத்தின் அழுத்த ஆற்றல், இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலையாற்றல் ஆகியவற்றின் கூட்டுத்தொகை எப்போதும் மாறிலியாகும். கணிதமுறைப்படி

$$\frac{P}{\rho} + \frac{1}{2}v^2 + \mathrm{gh} = \text{மாறிலி} \qquad (7.36)$$

இதுவே பெர்ளெலியின் சமன்பாடாகும்.

நிரூபித்தல் :



படம் 7.33 AB என்ற குழாயின் வழியே பாயும் நீர்மம்

படம் 7.33 இல் உள்ளவாறு AB என்ற குழாயின் வழியாக நீர்மம் பாய்வதாகக் கொள்வோம். இங்கு V என்பது முனை A வழியாக t காலத்தில் நுழையும் நீர்மத்தின் பருமன் எனில், முனை B வழியாக அதே காலத்தில் வெளியேறும் நீர்மத்தின் பருமனும் V ஆகும். a_A, v_A மற்றும் P_A என்பவை A ல் முறையே குழாயின் குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு, நீர்ம திசைவேகம் மற்றும் நீர்ம அழுத்தம் எனக் கொள்க.

A இல் உள்ள நீர்மம் செயல்படுத்தும் விசை

$$F_A = P_A a_A$$

t கால அளவில் நீர்மம் கடந்த தொலைவு

$$d = v_A\, t$$

எனவே செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = F_A d = P_A a_A v_A\, t$$

ஆனால் $a_A v_A t = a_A d = V$, A இல் நுழையும் நீர்மத்தின் பருமனாகும். எனவே செய்யப்பட்ட வேலையானது A இல் அழுத்த ஆற்றலாக இருக்கும்.

$$W = F_A d = P_A V$$

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 83 25-08-2020 14:57:25

A இல் ஓரலகு பருமனுக்கான அழுத்த ஆற்றல்

$$A = \frac{\text{அழுத்த ஆற்றல்}}{\text{பருமன்}} = \frac{P_A V}{V} = P_A$$

A இல் ஓரலகு நிறைக்கான அழுத்த ஆற்றல் =

$$A = \frac{\text{அழுத்த ஆற்றல்}}{\text{நிறை}} = \frac{P_A V}{m} = \frac{P_A}{\frac{m}{V}} = \frac{P_A}{\rho}$$

இங்கு m என்பது கொடுக்கப்பட்ட நேரத்தில் A இல் நுழையும் நீர்மத்தின் நிறை. எனவே A இல் நீர்மத்தின் அழுத்த ஆற்றல்

$$E_{PA} = P_A V = P_A V \times \left(\frac{m}{m}\right) = m\frac{P_A}{\rho}$$

A இல் நீர்மத்தின் நிலையாற்றல்

$$PE_A = mg\,h_A,$$

A இல் நீர்ம ஓட்டத்தின் காரணமாக நீர்மத்தின் இயக்க ஆற்றல்

$$KE_A = \frac{1}{2} m\, v_A^2$$

எனவே A இல் நீர்ம ஓட்டத்தினால் மொத்த ஆற்றல்

$$E_A = E_{PA} + KE_A + PE_A$$

$$E_A = m\frac{P_A}{\rho} + \frac{1}{2} m v_A^2 + mg\,h_A$$

இதேபோல் a_B, v_B, மற்றும் P_B என்பவை முறையே B இல் குழாயின் குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு, நீர்ம திசைவேகம் மற்றும் நீர்ம அழுத்தம் என்க.

B இல் மொத்த ஆற்றல்

$$E_B = m\frac{P_B}{\rho} + \frac{1}{2} m v_B^2 + mg\,h_B$$

ஆற்றல் மாறா விதியிலிருந்து

$$E_A = E_B$$

$$m\frac{P_A}{\rho} + \frac{1}{2} m v_A^2 + mg h_A = m\frac{P_B}{\rho} + \frac{1}{2} m v_B^2 + mg h_B$$

$$\frac{P_A}{\rho} + \frac{1}{2} v_A^2 + g h_A = \frac{P_B}{\rho} + \frac{1}{2} v_B^2 + g h_B = \text{மாறிலி}$$

மேலே உள்ள சமன்பாட்டை இவ்வாறும் எழுதலாம்.

$$\frac{P}{\rho g} + \frac{1}{2}\frac{v^2}{g} + h = \text{மாறிலி}$$

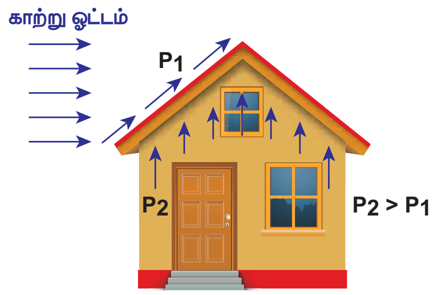
மேலே உள்ள சமன்பாடானது ஆற்றல் மாறா விதியின் விளைவாகும். உராய்வினால் ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படாதவரை இச்சமன்பாடு மெய்யானதாகும். ஆனால் இங்கு, நீர்மத்தின் ஏடுகள் வெவ்வேறு திசைவேகங்களில் செல்வதால் அவற்றிற்கிடையே ஏற்படும் உராய்வு விசையினால் ஆற்றல் இழப்பு உருவாகிறது. இத்தகைய ஆற்றல் இழப்பானது பொதுவாக வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. எனவே பெர்னௌலி தொடர்பானது, சுழி பாகுநிலையுள்ள அல்லது பாகுநிலையற்ற நீர்மங்களுக்கு மட்டுமே பொருந்தும். குறிப்பாக நீர்மமானது கிடைத்தளக்குழாய் வழியே வெளியேறினால்

$$h = 0 \Rightarrow \frac{P}{\rho g} + \frac{1}{2}\frac{v^2}{g} = \text{மாறிலி.}$$

பெர்னௌலி தேற்றத்தின் பயன்பாடுகள்

(அ) சூறைக்காற்றில் கூரைகள் தூக்கி எறியப்படுதல்

முற்காலங்களில் வீடுகள் அல்லது குடிசைகளின் மேற்கூரைகள் படம் 7.34 இல் உள்ளவாறு சாய்வாக வடிவமைக்கப்பட்டன. இங்கு முக்கியமான அறிவியல் காரணம் பெர்னௌலியின் தத்துவத்தின்படி அமைவதால் வீடுகள் சூறைக்காற்று அல்லது புயலில் இருந்து பாதுகாக்கப்படுகின்றன.



படம் 7.34 குடிசைகள் அல்லது வீடுகளின் மேற்கூரைகள்

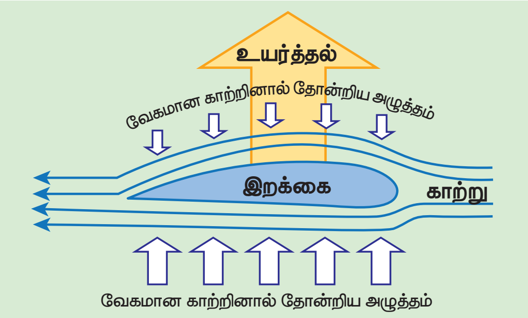
புயல்காற்று வீசும்போது மற்ற பகுதிகளுக்கு சேதம் ஏற்படாவண்ணம் குடிசைகளின் கூரைகள் தூக்கி எறியப்படும். பெர்னௌலியின் தேற்றப்படி அதிவேகமாக வீசும் காற்றானது கூரைக்குமேலே P_1 என்ற குறைந்த அழுத்தத்தை ஏற்படுத்துகிறது. கூரைக்கு கீழேயுள்ள P_2 என்ற அழுத்தம் அதிகமாகும். எனவே இந்த அழுத்த வேறுபாடு $(P_2 - P_1)$ மேல்நோக்கிய உந்து விசையை உருவாக்கி கூரை மேலெழும்பி காற்றுடன் சேர்ந்து தூக்கி எறியப்படுகிறது.

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 84 25-08-2020 14:57:27

(ஆ) விமான இறக்கை உயர்த்தல் (Aerofoil lift)

வானூர்தியின் இறக்கைகளானது, மேல்பகுதி கீழ்பகுதியைவிட அதிகமாக வளைந்தும், முன்பகுதியின் முனை பின்பகுதி முனையைவிட அகலமாகவும் இருக்குமாறு வடிவமைக்கப்–பட்டுள்ளன. வானூர்தி இயங்கும்போது இறக்கையின் கீழுள்ள காற்றைவிட இறக்கையின் மேல்பகுதியில் உள்ள காற்று படம் 7.35 இல் உள்ளவாறு வேகமாக நகருகிறது.

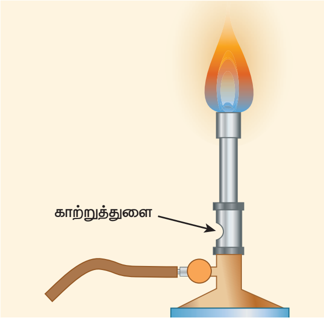
பெர்னௌலியின் தத்துவப்படி இறக்கையின் கீழ்பகுதியில் உள்ள அழுத்தமானது, மேல்பகுதியைவிட அதிகமாக இருப்பதால் சக்தி வாய்ந்த உயர்த்தல் எனப்படும் மேல்நோக்கிய உந்துவிசை செயல்பட்டு அது வானூர்தியை மேல்நோக்கி உயரச் செய்கிறது.



படம் 7.35 விமான இறக்கை உயர்த்தல்

(இ) புன்சன் சுடரடுப்பு

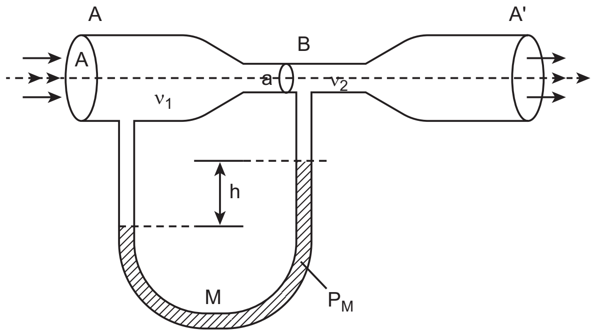
புன்சன் சுடரடுப்பில் எரிவாயு நுண்துளையின் வழியாக அதிக திசைவேகத்துடன் வெளிவருகிறது. இதனால் குழாயில் உள்ள அழுத்தம் குறைகிறது. எனவே வெளிக்காற்றானது வேகமாக அடுப்பினுள் காற்றுத் திறப்பின் வழியே நுழைந்து எரிவாயுவுடன் கலந்து படம் 7.36 இல் உள்ளவாறு நீல நிறச் சுடரைத் தருகிறது.



படம் 7.36 புன்சன் சுடரடுப்பு

(ஈ) வென்சுரிமானி (Venturimeter)

இக்கருவியானது, ஒரு குழாயின் வழியே செல்லும் அமுக்க இயலாத நீர்மம் பாயும் வீதத்தை (அல்லது பாயும் வேகம்) அளவிட உதவுகிறது. இது பெர்னௌலியின் தேற்றத்தின் அடிப்படையில் செயல்படுகிறது. இது A மற்றும் A' என்ற இரு அகன்ற குழாய்களைக் கொண்டுள்ளது (குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு A).அவை B என்ற குறுகலான (குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு a) குழாய் மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. U வடிவ அழுத்தமானியானது இவ்விரு அகன்ற மற்றும் குறுகலான குழாய்களுக்கிடையே படம் 7.37 இல் உள்ளவாறு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அழுத்தமானியில் உள்ள திரவத்தின் அடர்த்தி 'ρ_m'.



படம் 7.37 வென்சுரிமானியின் விளக்கப்படம்

A இல் உள்ள அகலமான பகுதியிலுள்ள பாய்மத்தின் அழுத்தம் P_1 என்க. 'ρ' அடர்த்தியுடன் 'v_1' திசைவேகத்தில் பாய்மம் குழாயினுள்ளே பாய்வதால் குறுகலான பகுதியில் அதன் வேகம் 'v_2'. என அதிகரிக்கிறது எனக் கருதுக. பெர்னௌலியின் சமன்பாட்டின் படி இந்த வேக அதிகரிப்பானது B இல் உள்ள குறுகிய பகுதியில் பாய்மத்தின் அழுத்தமான P_2 வைக் குறைக்கிறது. எனவே A க்கும், B க்கும் இடையே உள்ள அழுத்த வேறுபாடானது $(\Delta P = P_1 - P_2)$ அழுத்தமானியில் உள்ள திரவத்தின் உயர வேறுபாட்டால் அளவிடப்படுகிறது.

தொடர்மாறிலிச் சமன்பாட்டின்படி

$$Av_1 = a\,v_2$$

அதாவது

$$v_2 = \frac{A}{a}\,v_1.$$

பெர்னௌலியின் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த

$$P_1 + \rho\frac{v_1^2}{2} = P_2 + \rho\frac{v_2^2}{2} = P_2 + \rho\frac{1}{2}\left(\frac{A}{a}v_1\right)^2$$

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 85 25-08-2020 14:57:29

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து அழுத்த வேறுபாடானது

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \rho \frac{v_1^2}{2}\frac{(A^2 - a^2)}{a^2}$$

எனவே அகன்ற குழாயின் A முனையில் திரவ ஓட்டத்தின் வேகம்

$$v_1^2 = \frac{2(\Delta P)a^2}{\rho(A^2 - a^2)} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2(\Delta P)a^2}{\rho(A^2 - a^2)}}$$

மற்றும் ஒரு வினாடியில் A ன் வழியாகப் பாய்ந்து செல்லும் திரவத்தின் பருமன்,

$$V = Av_1 = A\sqrt{\frac{2(\Delta P)a^2}{\rho(A^2 - a^2)}} = aA\sqrt{\frac{2(\Delta P)}{\rho(A^2 - a^2)}}$$

(உ) பிற பயன்பாடுகள்

பெர்னௌலியின் தேற்றமானது, முக்கியமாக தானியங்கி வாகனங்களில் கார்புரேட்டர், வடிகட்டி பம்புகள், தெளிப்பான்கள் ஆகியவற்றை வடிவமைக்கப் பயன்படுகிறது. உதாரணமாக கார்புரேட்டரில் குழாய்முனை (nozzle) எனப்படும். நுண்ணிய துளையின் வழியாக காற்றானது மிக வேகமாக உள்ளே வருகிறது. இந்நேர்வில் நுண்ணிய கழுத்துப்பகுதியில் அழுத்தம் குறைக்கப்பட்டு, பெட்ரோல் அல்லது எரிபொருள் உள்ளிழுக்கப்பட்டவுடன் கலனில் பற்றவைப்புக்கு சரியான அளவில் காற்றும் எரிபொருளும் கலக்கப்படுகிறது.

செயல்பாடு

ஒரு சாடியானது தெர்மோகோல் பந்துகளால் நிரப்பப்படுகிறது. ஒரு வளையக்கூடிய குழாயானது சாடியிலுள்ள பந்துகளினுள் மூழ்குமாறு வைக்கப்படுகிறது. திறந்துள்ள வெளி முனையை சுழற்றினால், தெர்மோகோல் பந்துகள் சுற்றிலும் தெளிக்கப்படுவதைக் காணலாம். இதுவே ஒரு தெளிப்பானின் தத்துவமாகும்.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

ஒரு சிலந்தி வலை நாம் எண்ணுவதை விட மிகவும் வலுவானதாகும். சிலந்தி வலையின் ஒரு தனி நூலானது அதன் நிறையைவிட பல ஆயிரம் மடங்கு நிறை கொண்ட பறக்கும் பூச்சிகளைத் தடுக்க இயலும். சிலந்தி வலையின் யங்குணகம் தோராயமாக $4.5 \times 10^9\, N m^{-2}$. இந்த மதிப்பை மரக்கட்டையின் யங் குணக மதிப்புடன் ஒப்பிடுக.

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 86 25-08-2020 14:57:30

பாடச்சுருக்கம்

- ஒருபொருளின் அணுக்களுக்கு இடையே உள்ள விசை அணுவிடை விசை மற்றும் பொருளின் மூலக்கூறுகளுக்கு இடையே உள்ள விசை மூலக்கூறிடை விசை ஆகும்.
- ஹூக் விதி :மீட்சி எல்லைக்குள் தகைவானது திரிபுக்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது.
- ஓரலகு பரப்பில் செயல்படும் விசை தகைவு ஆகும். ஒரு பொருளின் குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு A மற்றும் செலுத்தப்பட்ட விசை F எனில் தகைவின் எண் மதிப்பு F/A. இழுவிசை அல்லது அமுக்கத்தகைவு இரண்டையும் ஒரே வார்த்தையில் நீட்சித்தகைவு எனக்கூறலாம்.
- ஒரு உருளையின் நீள மாறுபாட்டிற்கும் அதன் தொடக்க நீளத்திற்கும் இடையே உள்ள தகவு $\Delta L/L$ ஆனது நீட்சித்திரிபு எனப்படும்.
- மீட்சி எல்லைக்குள் நீட்சித் தகைவுக்கும் நீட்சித்திரிபுக்கும் இடையே உள்ள விகிதம் கம்பிப் பொருளின் யங்குணகம் எனப்படும்.
- மீட்சி எல்லைக்குள் பருமத்தகைவிற்கும் பருமத்திரிபுக்கும் இடையே உள்ள விகிதம் பருமக்குணகம் எனப்படும்.
- மீட்சி எல்லைக்குள் சறுக்குப்பெயர்ச்சித் தகைவிற்கும் சறுக்குப்பெயர்ச்சித் திரிபுக்கும் இடையே உள்ள விகிதம் விறைப்புக் குணகம் எனப்படும்.
- பாய்ஸன் விகிதம் = பக்கவாட்டுத்திரிபு / நீளவாட்டுத்திரிபு
- ஓரலகு பருமனில் கம்பியில் சேமிக்கப்பட்ட மீட்சி நிலை ஆற்றல் $U = \frac{1}{2} \times$ தகைவு x திரிபு $= \frac{1}{2} \times Y \times$ (திரிபு). இங்கு Y என்பது பொருளின் யங்குணகம் ஆகும்.
- A என்ற மேற்பரப்பில் செயல்படும் செங்குத்து விசை F எனில் அழுத்தமானது ஓரலகு பரப்பில் செயல்படும் விசை என வரையறுக்கப்படுகிறது.
- நீர்மப்பரப்பிலிருந்து h ஆழத்தில் மொத்த அழுத்தமானது $P = P_a + \rho gh$, இங்கு P_a என்பது காற்றழுத்தம், மற்றும் அதன் மதிப்பு 1.013×10^5 Pa ஆகும்.
- பாஸ்கல் விதிப்படி ஓய்வில் உள்ள பாய்மத்தில் ஒரே உயரத்தில் உள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளிலும் அழுத்தம் சமமாகும்.
- மிதப்பு விதியின்படி ஒரு பொருளின் மூழ்கிய பகுதி வெளியேற்றும் திரவத்தின் எடை பொருளின் எடைக்கு சமமாகவோ அல்லது அதிகமாகவோ இருந்தால், பொருளானது அத்திரவத்தில் மிதக்கும்.
- ஒரு நீர்மத்தின் பாகியல் எண் என்பது நீர்மத்தின் ஓரலகு பரப்பில் நீர்ம இயக்கத் திசைக்கு செங்குத்துதிசையில்ஓரலகுதிசைவேகச்சரிவைக்கொண்டுள்ளநீர்மத்தின்தொடுவரைத்திசையில் செயல்படும் பாகியல் விசை ஆகும்.
- ஒரு நீர்ம ஓட்டமானது ஒரு புள்ளியைக் கடந்து செல்லும் ஒவ்வொரு நீர்மத்துகளும் ஒரே பாதையில் அதற்கு முன் கடந்த துகளின் வேகத்திலேயே கடந்தால் அந்த ஓட்டம் வரிச்சீர் ஓட்டம் எனப்படும்.
- பாய்ம ஓட்டத்தில் திசைவேகமானது மாறுநிலைத் திசைவேகத்தைத் தாண்டினால் ஓட்டமானது சுழற்சி ஓட்டமாக மாறுகிறது.
- ஒரு உருளை வடிவ குழாயின் வழியே பாய்ம ஓட்டம் வரிச்சீரா அல்லது சுழற்சி ஓட்டமா என முடிவு செய்வதால் ரெனால்டு எண் முக்கியத்துவம் பெறுகிறது.

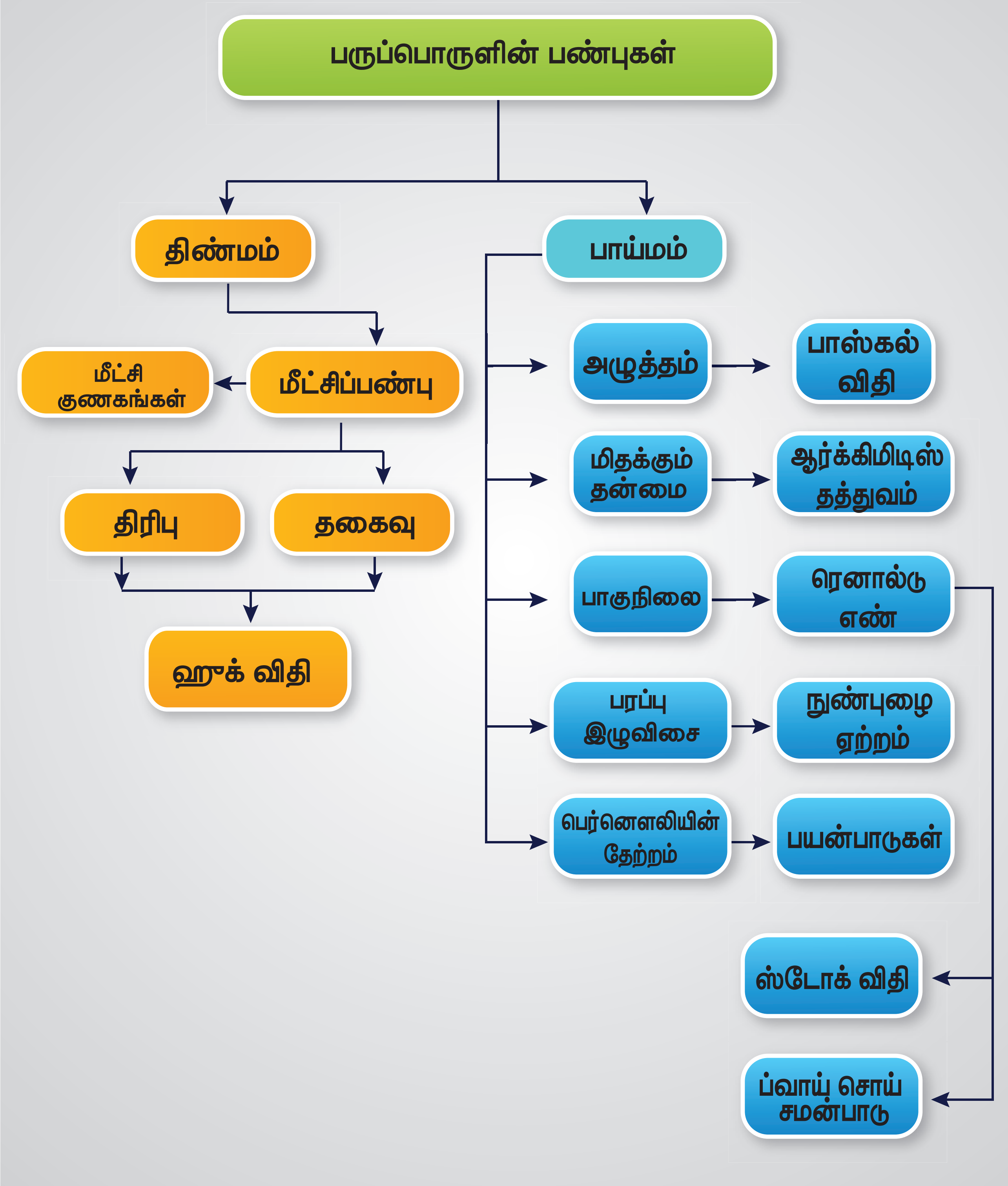
UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 87 25-08-2020 14:57:30

பாடச்சுருக்கம்

- ஸ்டோக் சமன்பாடு $F= 6\pi\eta av$. இங்கு a ஆரமுள்ள கோளத்தின்மீது செயல்படும் பாகியல் விசை F மற்றும் v ஆனது கோளத்தின் முற்றுத்திசைவேகம் ஆகும்.
- ஒரு நீர்மத்தின் பரப்பு இழுவிசையானது நீர்மப் பரப்பில் வரையப்பட்ட ஓரலகு நீளமுள்ள கற்பனைக் கோட்டின் வழியே கோட்டிற்கு செங்குத்தாக, பரப்பிற்கு இணையாகச் செயல்படும் இழுவிசை என வரையறுக்கப்படுகிறது.
- திரவம் மற்றும் திண்மப்பொருள் திரவத்தினுள்ளே சந்திக்கும் புள்ளியில் வரையப்பட்ட தொடுகோடுகளுக்கு இடையே உள்ள கோணம் திடம் மற்றம் திரவ இணையுன் சேர்கோணம் எனப்படும்.
- கொடுக்கப்பட்ட ஒரு புள்ளியில் கடந்து செல்லும் ஒவ்வொரு பாய்மத்துகளின் திசைவேகமும் காலத்தைப் பொறுத்து மாறாமல் இருப்பின் பாய்ம ஓட்டம் சீரான ஓட்டம் எனலாம்.
- $a_1 v_1 = a_2 v_2$ என்ற சமன்பாடு ஒரு குழாயின் வழியே செல்லும் பாய்மத்திற்கான தொடர்மாறிலிச் சமன்பாடானது. பாய்ம ஓட்டத்தில் பாய்மத்தின் நிறை மாறாமல் உள்ளதன் காரணமாக அமைகிறது. அதன்படி, ஒரு வரிச்சீர் ஓட்டத்தில் உள்ள அமுக்க இயலாத, பாகுநிலையற்ற பாய்மத்தின் ஓரலகு நிறைக்கான அழுத்த ஆற்றல், இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிறை ஆற்றல் ஆகியவற்றின் கூட்டுத்தொகை மாறிலியாகும். அதாவது $P/\rho + v^2/2 + gh =$மாறிலி.

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 88 25-08-2020 14:57:30

கருத்து வரைபடம்



UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 89 25-08-2020 14:57:30

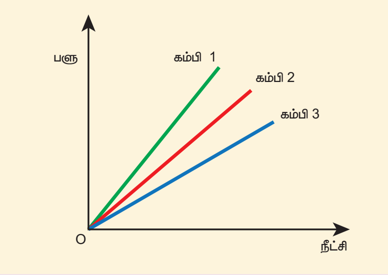
பயிற்சி வினாக்கள்

I. சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக.

1. x மற்றும் y என்ற இரு கம்பிகளைக் கருதுக. x கம்பியின் ஆரமானது y கம்பியின் ஆரத்தைப்போல 3 மடங்கு உள்ளது. அவை சமமான பளுவால் நீட்டப்பட்டால் y – இன் மீதான தகைவு
   (a) x– இன் தகைவுக்கு சமம்
   (b) x – இன் தகைவைப்போல் 3 மடங்கு
   (c) x–இன் தகைவைப்போல் 9 மடங்கு
   (d) x – இன் தகைவில் பாதி

2. ஒரு கம்பியானது அதன் தொடக்க நீளத்தைப்போல இரு மடங்கு நீட்டப்பட்டால் கம்பியில் ஏற்பட்ட திரிபு
   (a) 1 (b) 2
   (c) 3 (d) 4

3. ஒரே பொருளால் ஆன மூன்று கம்பிகளின் பளு –நீட்சி வரைபடம் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. கீழ்க்கண்டவற்றுள் தடிமனான கம்பி எது?



   (a) கம்பி 1
   (b) கம்பி 2
   (c) கம்பி 3
   (d) அனைத்தும் ஒரே தடிமன் கொண்டவை

4. கொடுக்கப்பட்ட ஒரு பொருளுக்கு விறைப்புக் குணகமானது யங் குணகத்தில் $\left(\frac{1}{3}\right)$ பங்கு உள்ளது. அதன் பாய்ஸான் விகிதம்
   (a) 0 (b) 0.25
   (c) 0.3 (d) 0.5

5. 2 cm ஆரமுள்ள ஒரு சிறிய கோளம் பாகியல் தன்மை கொண்ட திரவத்தில் விழுகிறது. பாகியல் விசையால் வெப்பம் உருவாகிறது. கோளம் அதன் முற்றுத் திசைவேகத்தை அடையும்போது வெப்பம் உருவாகும் வீதம் எதற்கு நேர்த்தகவில் அமையும்?

   (NEET மாதிரி 2018)

   (a) 2^2 (b) 2^3
   (c) 2^4 (d) 2^5

6. ஒரே பருமனைக்கொண்ட இரு கம்பிகள் ஒரே பொருளால் ஆனது. முதல் மற்றும் இரண்டாம் கம்பிகளின் குறுக்குவெட்டுப்பரப்புகள் முறையே A மற்றும் 2A ஆகும். F என்ற விசை செயல்பட்டு முதல் கம்பியின் நீளம் Δl அதிகரிக்கப்பட்டால் இரண்டாவது கம்பியை அதே அளவு நீட்ட தேவைப்படும் விசை யாது?

   (NEET மாதிரி 2018)

   (a) 2F (b) 4F
   (c) 8F (d) 16F

7. வெப்பநிலை உயரும்போது திரவம் மற்றும் வாயுவின் பாகுநிலை முறையே
   (a) அதிகரிக்கும் மற்றும் அதிகரிக்கும்
   (b) அதிகரிக்கும் மற்றும் குறையும்
   (c) குறையும் மற்றும் அதிகரிக்கும்
   (d) குறையும் மற்றும் குறையும்.

8. ஒரு முழு திண்மப் பொருளின் யங்குணகம்
   (a) 0 (b) 1
   (c) 0.5 (d) முடிவிலி

KAA7AT

9. கீழ்க்கண்டவற்றுள் எது ஸ்கேலர் அல்ல?

(a) பாகுநிலை

(b) பரப்பு இழுவிசை

(c) அழுத்தம்

(d) தகைவு

10. கம்பியின் வெப்பநிலை உயர்த்தப்பட்டால், அதன் யங்குணகம்

(a) மாறாது

(b) குறையும்

(c) அதிக அளவு உயரும்

(d) மிகக்குறைவான அளவு உயரும்

11. மாறா பருமன் V கொண்ட தாமிரம் l நீளமுள்ள கம்பியாக நீட்டப்படுகிறது. இந்த கம்பி F என்ற மாறா விசைக்கு உட்படுத்தப்பட்டால் உருவான நீட்சி Δl. Y ஆனது யங்குணகத்தைக் குறித்தால் பின்வரும் வரைபடங்களில் எது நேர்க்கோடாகும்?

(NEET 2014 மாதிரி)

(a) Δl எதிராக V

(b) Δl எதிராக Y

(c) Δl எதிராக F

(d) Δl எதிராக $\frac{1}{l}$

12. ஒரு திரவத்தின் R ஆரமுள்ள குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கையிலான கோளகத்துளிகள் ஒன்று சேர்ந்து R ஆரமும் V பருமனம் கொண்ட ஒரே திரவத்துளியாக மாறுகிறது. திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசை T எனில்

(a) ஆற்றல் = $4\,V\,T\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R}\right)$ வெளியிடப்பட்டது

(b) ஆற்றல் = $3\,V\,T\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{R}\right)$ உட்கவரப்பட்டது

(c) ஆற்றல் = $3\,V\,T\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R}\right)$ வெளியிடப்பட்டது

(d) ஆற்றல் வெளிப்படவும் இல்லை உட்கவரப்படவும் இல்லை

13. கீழ்க்கண்ட நான்கு கம்பிகளும் ஒரே பொருளால் ஆனவை. ஒரே இழுவிசை செலுத்தப்பட்டால் இவற்றுள் எது அதிக நீட்சியைப் பெறும்?

(a) நீளம் = 200 cm , விட்டம் = 0.5 mm

(b) நீளம் = 200 cm , விட்டம் = 1 mm

(c) நீளம் = 200 cm , விட்டம் = 2 mm

(d) நீளம் = 200 cm , விட்டம் = 3 mm

14. ஒரு பரப்பை ஒரு திரவத்தால் ஈரமாக்கும் அளவு முதன்மையாக சார்ந்துள்ளது

(a) பாகுநிலை

(b) பரப்பு இழுவிசை

(c) அடர்த்தி

(d) பரப்புக்கும் திரவத்திற்கும் இடையே உள்ள சேர்கோணம்

15. மாறுபட்ட குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு கொண்ட ஒரு கிடைமட்டக்குழாயில், நீரானது 20 cm குழாயின் விட்டமுள்ள ஒரு புள்ளியில் $1\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ திசைவேகத்தில்செல்கிறது. $1.5\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ திசைவேகத்தில் செல்லும் புள்ளியில் குழாயின் விட்டமானது.

(a) 8 (b) 16

(c) 24 (d) 32

விடைகள்:

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

II. குறுவினாக்கள்

1. தகைவு மற்றும் திரிபு – வரையறு
2. மீட்சிப்பண்பின் ஹுக் விதியைக் கூறுக
3. பாய்ஸன் விகிதத்தை வரையறு
4. மூலக்கூறுகளிடை விசைகளின் மூலம் மீட்சிப்பண்பை விவரி
5. எஃகு அல்லது இரப்பர், இவற்றில் எது அதிக மீட்சிப்பண்புள்ளது? ஏன்?

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 91 25-08-2020 14:57:32

6. ஒரு சுருள்வில் தராசு நீண்ட காலமாகப் பயன்படுத்திய பிறகு தவறான அளவீடுகளைக் காட்டுகிறது. ஏன்?
7. மீட்சிப்பண்பின் மீது வெப்பநிலையின் விளைவு யாது?
8. நீட்டப்பட்ட கம்பியின் மீட்சி நிலை ஆற்றலுக்கான கோவையை எழுதுக.
9. பாய்மங்களில் பாஸ்கல் விதியைக்கூறுக.
10. ஆர்க்கிமிடிஸ் தத்துவத்தைக்கூறுக.
11. மேல்நோக்கிய உந்து விசை அல்லது மிதக்கும் தன்மை என்றால் என்ன?
12. மிதத்தல் விதியைக் கூறுக.
13. ஒரு நீர்மத்தின் பாகியல் எண் – வரையறு.
14. வரிச்சீர் ஓட்டம் மற்றும் சுழற்சி ஓட்டம் – வேறுபடுத்துக.
15. ரெனால்டு எண் என்றால் என்ன? அதன் முக்கியத்துவம் யாது?
16. முற்றுத்திசைவேகம் – வரையறு.
17. ஸ்டோக் விசைக்கான சமன்பாட்டை எழுதுக. அதில் உள்ள குறியீடுகளை விளக்குக.
18. பெர்னௌலியின் தேற்றத்தைக் கூறுக.
19. ஒரு நீர்மம் பெற்றுள்ள ஆற்றல்கள் யாவை? அவற்றின் சமன்பாடுகளை எழுதுக.
20. இரு வரிச்சீர் ஓட்டங்கள் ஒரே இடத்தில் குறுக்கிட இயலாது. ஏன்?
21. நீர்மம் ஒன்றின் பரப்பு இழுவிசையை வரையறு. அதன் SI அலகு மற்றும் பரிமாணத்தைக் கூறுக.
22. பரப்பு இழுவிசையானது பரப்பு ஆற்றலுக்கு எவ்வாறு தொடர்புடையது?
23. திண்மம் மற்றும் திரவ சோடி ஒன்றின் சேர்கோணம் வரையறு.
24. ஓரின மற்றும் வேறினக் கவர்ச்சி விசைகளை வேறுபடுத்துக.
25. நீர்மத்தின் பரப்பு இழுவிசையைப் பாதிக்கும் காரணிகள் யாவை?
26. ஒரு சோப்புக் குமிழியினுள் காற்று ஊதப்பட்டால் அதனுள்ளே உள்ள அழுத்தம் என்னவாகும்?
27. நுண்புழை நுழைவு அல்லது நுண்புழைச் செயல்பாடு என்றால் என்ன?
28. நீரின் பரப்பில் வைக்கப்படும் எண்ணெய் துளியானது பரவுகிறது ஆனால் எண்ணெயில் வைக்கப்படும் நீர்த்துளி கோள வடிவில் சுருக்குகிறது. ஏன்?
29. வென்சுரிமானியின் தத்துவம் மற்றும் பயன்பாட்டைக் கூறுக.

III. நெடுவினாக்கள்

1. ஹூக் விதியைக் கூறுக. ஒரு சோதனை உதவியுடன் அதனை சரிபார்க்கவும்.
2. மீட்சிக்குணகத்தின் வகைகளை விளக்குக.
3. கம்பி ஒன்றில் ஓரலகு பருமனில் சேமிக்கப்பட்ட மீட்சி ஆற்றலுக்கான கோவையைத் தருவி.
4. நீர்மப் பரப்பிற்குக் கீழே h ஆழத்தில் உள்ள மொத்த அழுத்தத்திற்கான சமன்பாட்டைத் தருவி.
5. பாய்மங்களில் பாஸ்கல் விதியைக் கூறி அதனை நிரூபி.
6. ஆர்க்கிமிடிஸ் தத்துவத்தைக் கூறி அதனை நிரூபி.
7. ஸ்டோக் விதியைப் பயன்படுத்தி அதிக பாகுநிலை கொண்ட திரவத்தில் இயங்கும் கோளத்தின் முற்றுத்திசைவேகத்திற்கான சமன்பாட்டைத் தருவி.
8. ஒரு குழாயின் வழியே வரிச்சீர் ஓட்டத்தில் ஒரு வினாடியில் பாயும் திரவத்தின் பருமனுக்கான பாய்ஸன் சமன்பாட்டைத் தருவி.
9. 1. திரவத்துளி 2. திரவக்குமிழி 3. காற்றுக்குமிழி ஆகியவற்றின் உள்ளே மிகையழுத்தத்திற்கான கோவையைத் தருவி.
10. நுண்புழை நுழைவு என்றால் என்ன? நுண்புழையேற்ற முறையில் நீர்மம் ஒன்றின் பரப்பு இழுவிசைக்கான கோவையைத் தருவி.
11. நிறை மாறா நிலையின் அடிப்படையில் பாய்மம் ஒன்றின் ஓட்டத்திற்கான தொடர் மாறிலிச் சமன்பாட்டைத் தருவி.
12. அமுக்க இயலாத, பாகுநிலையற்ற பாய்மம் ஒன்று வரிச்சீர் ஓட்டத்தில் செல்வதற்கான பெர்னௌலியின் தேற்றத்தைக்கூறி அதனை நிரூபி.

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 92 25-08-2020 14:57:32

13. வென்சுரிமானியின் அமைப்பு மற்றும் செயல்பாட்டை விவரி. குழாயின் அகலமான நுழைவுப்பகுதியில் ஒரு வினாடியில் பாயும் நீர்மத்தின் பருமனுக்கான கோவையைத் தருவி.

IV. பயிற்சிக்கணக்குகள்

1. $d mm$ விட்டம் கொண்ட ஒரு நுண்புழைக்குழாய் நீரானது $30 mm$ உயரத்திற்கு மேலேறுமாறு நீரினுள் அமிழ்த்தப்பட்டுள்ளது. புதிய நுண்குழாயின் ஆரம் முந்தைய மதிப்பில் $\left(\frac{2}{3}\right)$ பங்காக இருந்தால் புதிய நுண்குழாயில் நீர் மேலேறும் உயரத்தைக் கணக்கிடுக.

   (விடை 45 mm)

2. 1.5 m நீளமும், 4 cm விட்டமும் கொண்ட ஒரு உருளை ஒரு முனையில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. 4×10^5 N தொடுவரை விசை மறுமுனையில் செலுத்தப்படுகிறது. உருளையின் விறைப்புக்குணகம் 6×10^{10} N m^{-2} எனில் உருளை முறுக்கப்பட்ட கோணத்தைக் கணக்கிடுக.

   (விடை 45.60)

3. 2 cm ஆரம் கொண்ட சோப்புக்குமிழி A ஆனது மற்றொரு 4 cm ஆரமுள்ள B என்ற சோப்புக்குமிழியினுள் உருவாகிறது. சிறிய சோப்புக் குமிழிக்கு உள்ளேயும், பெரிய சோப்புகுமிழிக்கு வெளியேயும் உள்ள அழுத்த வேறுபாட்டைக் கொண்டுள்ள தனி ஒரு சோப்புகுமிழியின் ஆரமானது A மற்றும் B ஆகிய இரு சோப்புக் குமிழிகளின் ஆரத்தைவிட குறைவாக இருக்கும் என்பதை நிரூபி.

4. x kg நிறையுள்ள ஒரு வெள்ளிக்கட்டி (Ag) கம்பியில் தொங்கவிடப்பட்டு 0.72 ஒப்படர்த்தி கொண்ட திரவத்தில் மூழ்கியுள்ளது. Ag – இன் ஒப்படர்த்தி 10 மற்றும் கம்பியில் இழுவிசை 37.12 N எனில் வெள்ளிக்கட்டியின் நிறையைக் கணக்கிடுக.

   (விடை $x = 4$ kg)

5. ஒரு மூடிய குழாயுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள அழுத்தமானி 5×10^5 N m^{-2} என்ற அளவீட்டைக் காட்டுகிறது. குழாயின் திறப்பானை திறந்தால் அழுத்தமானியில் 4.5×10^5 Nm^{-2} என்ற அளவீடு உள்ளது. குழாயில் பாயும் நீரின் வேகத்தைக் கணக்கிடுக.

   (விடை 10 ms^{-1})

V. கருத்துரு வினாக்கள்

1. ஒரு சர்க்கரைக் கட்டியின் ஒரு முனை காப்பியில் வைக்கப்பட்டால் சர்க்கரைக் கட்டியினுள் காப்பி மேலேறுகிறது. ஏன்?
2. எண்ணெய் கொள்கலனை (tin) காலி செய்ய இரு துளைகள் ஏன் இடப்படுகிறது?
3. மழுங்கிய கத்தியை ஒப்பிட கூரான கத்தியால் காய்கறிகளை எளிதாக நறுக்கலாம். ஏன்?
4. விமானத்தில் செல்லும் பயணிகள் மேலேறும்போது தங்கள் பேனாவில் உள்ள மையை கொட்டிவிடுமாறு ஏன் அறிவுறுத்தப்படுகிறார்கள்?
5. மென் பானங்களைக் குடிப்பதற்கு நாம் உறிஞ்சு குழாயைப் (straw) பயன்படுத்துகிறோம் ஏன்?

மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

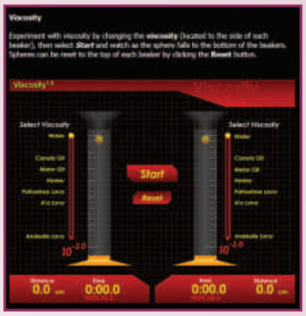
1. Serway and Jewett, Physics for scientist and Engineers with modern physics, Brook/Coole publishers, Eighth edition
2. Paul Tipler and Gene Mosca, Physics for scientist and engineers with modern physics, Sixth edition, W.H.Freeman and Company
3. H.C.Verma, Concepts of physics volume 1 and Volume 2, Bharati Bhawan Publishers

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 93 25-08-2020 14:57:32

இணையச் செயல்பாடு

பருப்பொருளின் பண்புகள்

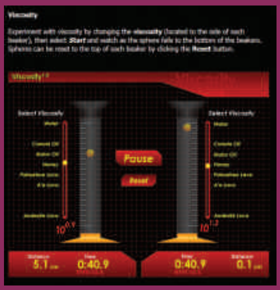
பொருள்களின் பாகுத்தன்மை
பற்றி அறிந்து கொள்வோமா !



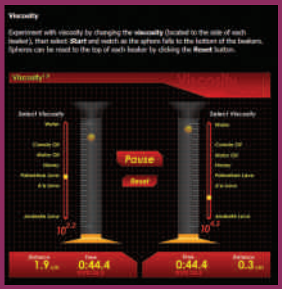
படிகள்

- கீழ்க்காணும் உரலி / விரைவுக் குறியீட்டைப் பயன்படுத்தி 'Viscosity' என்ற இணையப் பக்கத்திற்குச் செல்க.
- செயல்பாட்டு பக்கத்தில் 'Select Viscosity' என்ற அளவியில் (meter) உள்ள பந்தினை நகர்த்தி தேவையான பாகு தன்மையைத் தெரிவு செய்யவும்.
- 'Start' பொத்தானைத் தெரிவு செய்தவுடன் முகவையில் (Beaker) உள்ள பந்தானது தேர்வுசெய்யப்பட்ட பாகு தன்மைக்கு ஏற்ப மேலிருந்து கீழாக நகரும். அப்போது தூரம் மற்றும் காலத்தில் ஏற்படும் மாற்றங்களைக் காண்க.
- ஒவ்வொரு முகவையிலும் உள்ள கோளங்களை மீட்டமைக்க, 'Reset' என்பதைத் தெரிவு செய்யவும்.

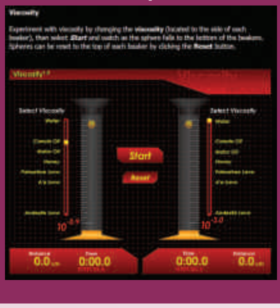
படி 1



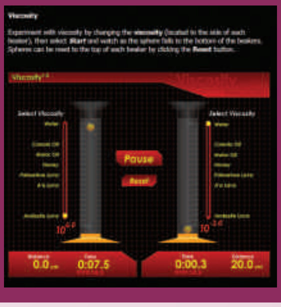
படி 2



படி 3



படி 4



உரலி:

http://www.geo.cornell.edu/hawaii/220/PRI/viscosity.html

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

B126_11_PHY_TM

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 94 25-08-2020 14:57:34

அலகு

8

வெப்பமும் வெப்ப இயக்கவியலும் (HEAT AND THERMODYNAMICS)

நானறிந்த வகையில் , பிரபஞ்ச உள்ளடக்கத்தை கொண்டிருக்கும் ஒரே இயற்பியல் கோட்பாடு வெப்ப இயக்கவியல் கோட்பாடே ஆகும். இதை ஒரு போதும், யாராலும் தூக்கி எறிந்து விட முடியாது. – ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன்

கற்றலின் நோக்கங்கள்:

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- வெப்பம், வேலை மற்றும் வெப்பநிலை இவற்றின் பொருள்
- நல்லியல்பு வாயு விதிகள்
- தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் பற்றிய கருத்து
- திட, திரவ மற்றும் வாயுக்களின் வெப்ப விரிவு பற்றிய கருத்து
- பொருள்களின் பல்வேறு நிலைகள்
- நியூட்டனின் குளிர்வு விதி
- ஸ்டெஃபான் விதி மற்றும் வியன் விதி
- வெப்ப இயக்கச் சமநிலையின் பொருள்
- அக ஆற்றலின் பொருள்
- வெப்ப இயக்கவியலின் சுழிவிதி மற்றும் முதல் விதி
- பல்வேறு வெப்ப இயக்க நிகழ்வுகள்
- பல்வேறு வெப்ப இயக்க நிகழ்வுகளில் செய்யப்பட்ட வேலை
- வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதி
- கார்னோ இயந்திரம் மற்றும் குளிர்சாதனப்பெட்டியின் செயல்பாடு

KAJ3CG

8.1 வெப்பம் மற்றும் வெப்பநிலை:

8.1.1 அறிமுகம்:

வெப்பநிலை மற்றும் வெப்பம் இவ்விரண்டும், அன்றாட வாழ்வில் மிக முக்கியப் பங்காற்றுகின்றன. அனைத்து உயிரினங்களும் சரிவர செயல்படுவதற்கு அவற்றின் உடல் வெப்பநிலையை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவில் பராமரித்தல் அவசியமாகும். உண்மையில் உயிரினங்கள் வாழ்வதற்குத் தேவையான வெப்பநிலையை சூரியனே தருகிறது. இயற்கையைப் புரிந்து கொள்வதற்கு மிகவும் அடிப்படையானது வெப்பநிலை மற்றும் வெப்பத்தைப் பற்றிய புரிதலாகும். வெப்பநிலை, வெப்பம் போன்றவற்றை விளக்கும் இயற்பியலின் ஒரு பிரிவே வெப்ப இயக்கவியல். இந்த அலகில் வழங்கப்பட்டுள்ள கருத்துக்கள் வெப்பம், குளிர்ச்சி மற்றும் வெப்பநிலையை வெப்பத்திலிருந்து வேறுபடுத்திப் பார்ப்பதற்கு துணைபுரியும். வெப்ப இயக்கவியலில் உள்ள வெப்பம் மற்றும் வெப்பநிலை இவ்விரண்டும் ஒன்றுடன் ஒன்று நெருங்கியத் தொடர்புடைய வெவ்வேறு இயற்பியல் அளவுகளாகும்.

8.1.2 வெப்பத்தின் உட்கருத்து

குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளின் மீது, அதிக வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளை வைக்கும்போது, அதிக வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலையுள்ள பொருளுக்கு தன்னிச்சையாக ஆற்றல் பரிமாற்றம்

ஏற்படும். இவ்வாற்றலுக்கு வெப்ப ஆற்றல் அல்லது வெப்பம் என்றுபெயர். இவ்வாற்றல் பரிமாற்ற நிகழ்வே வெப்பப்படுத்துதல் என்று அழைக்கப்படும். இந்த வெப்பப்பரிமாற்றத்தினால் சில நேரங்களில் பொருளின் வெப்பநிலை உயரும் அல்லது மாற்றம் ஏற்படாமல் அதே வெப்பநிலையிலேயே நீடிக்கும்.

குறிப்பு

வெப்பம் என்பது ஆற்றல் அளவு என்ற தவறான புரிதல் சில நேரங்களில் ஏற்படுவதுண்டு. "இது மிகவும் வெப்பமான தண்ணீர்"; "இது வெப்பம் குறைந்த தண்ணீர்" போன்றவை பொருளற்ற வாக்கியங்களாகும். ஏனெனில், வெப்பம் என்பது ஒரு அளவு அல்ல; அது உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலை உள்ள பொருளுக்கு பாயும் பரிமாற்ற ஆற்றலாகும். வெப்பப்படுத்தும் நிகழ்வு முடிவுற்றப் பின்னர் வெப்பம் என்ற வார்த்தையை நாம் பயன்படுத்தக்கூடாது. வெப்பம் என்பது பரிமாற்றமடையும் ஆற்றலை குறிக்குமேயன்றி பொருளில் சேமித்துவைக்கப்பட்டுள்ள ஆற்றலைக் குறிக்காது.

எடுத்துக்காட்டு 8.1

a. இந்த ஏரியில் அதிக மழை உள்ளது.
b. குவளையில் உள்ள சூடான தேநீரில் அதிக வெப்பம் உள்ளது.

இவ்விரண்டு கூற்றுகளில் உள்ள தவறு என்ன?

தீர்வு

a. மழைபொழியும் போது, மேகங்களிலிருந்து ஏரி தண்ணீரைப் பெறுகிறது. மழை பொழிவது நின்றவுடன் ஏரி முன்பு இருந்ததை விட அதிகத் தண்ணீரைப் பெற்றிருக்கும். இங்கு மழை என்பது மேகங்களிலிருந்து தண்ணீரைப் பெறும் ஒரு செயலாகும். மழை பொழிவது ஒரு அளவு அல்ல. மாறாக மழை மேகங்கள் தண்ணீராக மாற்றமடைந்து ஏரிக்கு செல்வதைக் குறிக்கும். எனவே ஏரியில் அதிக மழை உள்ளது என்று கூறுவது தவறாகும். மாறாக ஏரியில் அதிகத் தண்ணீர் உள்ளது என்று கூறுவதே பொருத்தமானதாகும்.

b. குவளையில் உள்ள தேநீர் வெப்பப்படுத்துவதால் அடுப்பிலிருந்து வெப்பத்தைப் பெறுகிறது. தேநீரை இறக்கி வைத்தவுடன் அது முன்பிருந்ததைவிட அதிக அக ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கும். வெப்பம் என்பது உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து, குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளுக்கு ஆற்றல் செல்வதைக் குறிக்கிறது. வெப்பம் ஓர் அளவு அல்ல. எனவே குவளையில் உள்ள தேநீரில் அதிக வெப்பம் உள்ளது என்று கூறுவதை விட குவளையில் உள்ள தேநீர் அதிக சூடாக உள்ளது என்பதே பொருத்தமானதாகும்.

8.1.3 வேலையின் உட்கருத்து:

உங்களின் இரண்டு உள்ளங்கைகளையும் ஒன்றுடன் ஒன்று தேய்க்கும்போது, அவற்றின் வெப்பநிலை உயர்வதை காணலாம். உங்கள் உள்ளங்கைகளின்மீது ஒரு வேலை செய்யப்படுகிறது. அந்த செய்யப்பட்ட வேலையால்தான் வெப்பநிலை உயர்ந்துள்ளது.தற்போது உங்கள் உள்ளங்கைகளை கன்னத்தின் மீது வைக்கும்போது, கன்னத்தின் வெப்பநிலை உயர்வதைக் காணலாம். ஏனென்றால் உள்ளங்கைகளில்வெப்பநிலை கன்னத்தின் வெப்பநிலையை விட அதிகம். அதனால் வெப்பம் உள்ளங்கையிலிருந்து கன்னத்திற்கு பாய்கிறது. மேலே கூறப்பட்ட எடுத்துக்காட்டிலிருந்து நாம் அறிவது என்னவென்றால் உள்ளங்கைகளின் வெப்பநிலை உயர்ந்தது செய்யப்பட்ட வேலையினால். கன்னத்தின் வெப்பநிலை உயர்ந்தது உள்ளங்கைகளிலிருந்து, கன்னத்திற்கு வெப்பம் பரிமாற்றப்பட்டதால். தான் இவை படம் (8.1) இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

அமைப்பு ஒன்றின்மீது வேலை செய்யப்படும்போது சில நேரங்களில், அமைப்பின் வெப்பநிலை உயரும்.

படம் 8.1 வேலை மற்றும் வெப்பத்திற்கிடையேயான வேறுபாடு

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 96 25-08-2020 14:59:15

அல்லது சில நேரங்களில் அதே நிலையில் நீடிக்கும். வெப்பத்தைப் போன்றே வேலையும் ஒரு அளவு அல்ல. அது ஆற்றலை பரிமாற்றும் ஒரு செயலாகும். எனவே இந்தப்பொருள் அதிக வேலையைப் பெற்றுள்ளது அல்லது குறைந்த வேலையைப் பெற்றுள்ளது போன்ற வாக்கியங்களைப் பயன்படுத்தக்கூடாது.

அமைப்பு, சூழலின் மீது ஒரு வேலையைச் செய்து அச்சூழலுக்கு ஆற்றலை மாற்றம் செய்யும் அல்லது சூழல், அமைப்பின் மீது ஒரு வேலையை செய்து, அந்த அமைப்பிற்கு ஆற்றலை மாற்றம் செய்யும். எனவே ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு வேலை மூலமாக ஆற்றலை மாற்றுவதற்கு அவ்விரண்டு பொருள்களும் வெவ்வேறு வெப்பநிலையில் இருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை.

8.1.4 வெப்பநிலையின் உட்கருத்து

வெப்பநிலைஎன்பதுபொருளொன்றின்சூடுத்தன்மை அல்லது குளிர்த்தன்மையைக் குறிப்பதாகும். சூடாக உள்ள பொருளொன்றின் வெப்பநிலை உயர்ந்த மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும். இரண்டு பொருள்கள் வெப்பத் தொடர்பில் உள்ளபோது அவைகளுக்கிடையே பாயும் வெப்பத்தின் திசையை வெப்பநிலை தீர்மானிக்கிறது.

வெப்பநிலையின் SI அலகு கெல்வின் (K).

குறிப்பு: வெப்ப இயக்கவியல் அலகிலும், வாயுக்களின் இயக்கவியற் கொள்கை அலகிலும், நாம் எந்த கணக்கீடு செய்யும்போதும், வெப்பநிலையை கெல்வின் அலகில் மட்டுமே பயன்படுத்த வேண்டும்

நடைமுறையில் செல்சியஸ் (°C) மற்றும் ஃபாரன்ஹீட் (°F) என்ற அளவுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

வெப்பநிலைமானியைக் கொண்டு (Thermometer) பொருளின் வெப்பநிலையை அளந்தறியலாம்.

அட்டவணை 8.1 இல் ஒரு வெப்பநிலை அளவிடும் முறையிலிருந்து மற்றொரு வெப்பநிலை அளவிடும் முறைக்கு மாற்றுவதற்கான கணக்கீட்டு முறைகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

8.2 பருப்பொருளின் வெப்பப்பண்புகள்:

8.2.1 பாயில் விதி, சார்லஸ் விதி மற்றும் நல்லியல்பு வாயு விதி:

பருமன் V கொண்ட கொள்கலனில் குறைந்த அழுத்தத்தில் (அடர்த்தி) உள்ள வாயு ஒன்றினைக் கொண்டு நிகழ்த்தப்பட்ட சோதனையிலிருந்து பின்வரும் முடிவுகள் கிடைக்கின்றன.

- மாறா வெப்பநிலையிலுள்ள வாயு ஒன்றின் அழுத்தம், அதன் பருமனுக்கு எதிர்விகிதத்திலிருக்கும் $\left(P \propto \frac{1}{V}\right)$. இதனை இராபர்ட் பாயில் (Robert Boyle) என்பவர் (1627-1691) கண்டறிந்தார். எனவே இவ்விதி பாயில்விதி என அழைக்கப்படுகிறது.

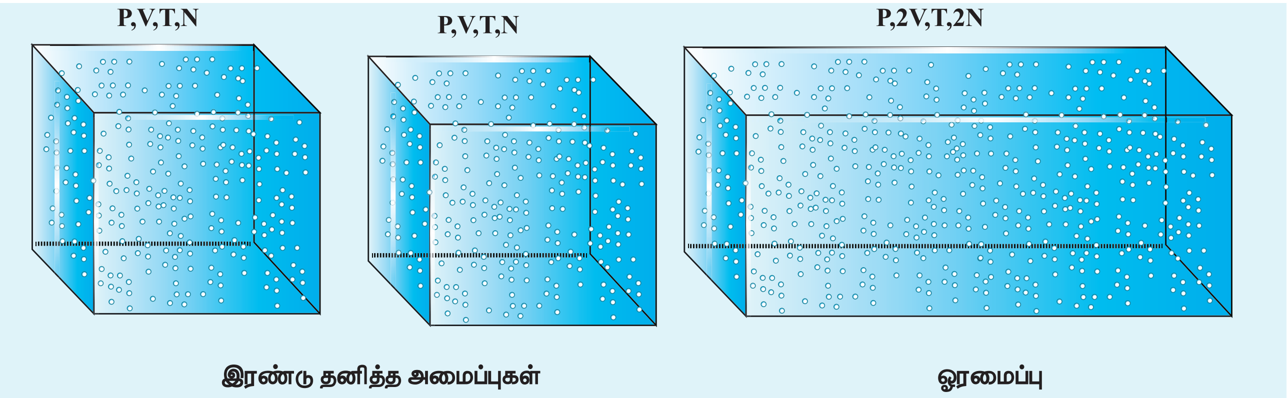
அட்டவணை 8.1 வெப்பநிலையை ஒரு அளவிடும் முறையிலிருந்து மற்றொரு அளவிடும் முறைக்கு மாற்றுவதற்கான வழிமுறை

அளவிடும் முறை	கெல்வின் முறைக்கு	கெல்வின் முறையிலிருந்து மற்ற முறைக்கு
செல்சியஸ்	K=°C + 273.15	°C = K – 273.15
பாரன்ஹீட்	K=(°F + 459.67)÷1.8	°F=(K × 1.8)-459.67

அளவிடும் முறை	பாரன்ஹீட் முறைக்கு	பாரன்ஹீட் முறையிலிருந்து மற்ற முறைக்கு
செல்சியஸ்	°F=(1.8 × °C) + 32	°C = (°F – 32)÷1.8

அளவிடும் முறை	செல்சியஸ் முறைக்கு	கெல்வின் முறையிலிருந்து மற்ற முறைக்கு
பாரன்ஹீட்	°C= (°F – 32)÷1.8	°F = (1.8 × °C) + 32

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 97 25-08-2020 14:59:15



படம் 8.2 நல்லியல்பு வாயு விதி

- மாறா அழுத்தத்திலுள்ள வாயு ஒன்றின் பருமன், அதன் வெப்பநிலைக்கு (கெல்வின்) நேர்த்தகவிலிருக்கும். $V \propto T$ இதனை ஜாக்ஸ் சார்லஸ் (Jacques Charles) (1743-1823) என்பவர் கண்டறிந்தார். எனவே இவ்விதி சார்லஸ்விதி என்று அழைக்கப்படுகிறது.

- இவ்விரண்டு விதிகளையும் ஒன்றிணைக்கும்போது பின்வரும் சமன்பாடு கிடைக்கும். $PV = CT$ இங்கு C என்பது நேர்க்குறி கொண்ட மாறிலியாகும். இந்த நேர்க்குறி மாறிலி C கொள்கலனிலுள்ள துகள்களின் எண்ணிக்கைக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும் என்பதை பின்வரும் விவாதத்தின் மூலம் அறியலாம். ஒத்த பருமன் V, அழுத்தம் P மற்றும் வெப்பநிலை T, கொண்ட ஒரே வகையான வாயுவால் இவ்விரண்டு கொள்கலன்களும் நிரப்பப்பட்டுள்ளன என்க. இரண்டு கொள்கலனிலும் உள்ள வாயு மேலே குறிப்பிட்டுள்ள $PV = CT$ என்ற சமன்பாட்டின்படி செயல்படும். இவ்விரண்டு தனித்தனியான கொள்கலனையும் படம் 8.2 இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒரே அமைப்பாகக் கருதினால் அவ்வாயுவின் அழுத்தம் மற்றும் வெப்பநிலை ஒரே மதிப்பினைப் பெறும் ஆனால் பருமனும் மற்றும் வெப்பநிலை துகள்களின் எண்ணிக்கையும் இரண்டு மடங்காகும்.

ஆகவே வாயுவின் பருமன் 2V மற்றும் துகள்களின் எண்ணிக்கை 2C. எனவே நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாடு $\frac{P(2V)}{T} = 2C$. இச்சமன்பாடு நமக்கு உணர்த்துவது என்னவென்றால் நேர்க்குறி மாறிலி C கண்டிப்பாக வாயுவிலுள்ள துகள்களின் எண்ணிக்கையை சார்ந்திருக்கும் என்பதாகும்.

மேலும் இதன் பரிமாணம் $\left[\frac{PV}{T}\right] = JK^{-1}$ இந்த நேர்க்குறி மாறிலி C ஐ துகள்களின் எண்ணிக்கை (N) யின் k மடங்கு என எழுதலாம். இங்கு k என்பது பொது மாறிலியான போல்ட்ஸ்மென் மாறிலியாகும். $(1.381 \times 10^{-23}\ JK^{-1})$

பொதுவாக ஒரு நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$PV = NkT \qquad (8.1)$$

சமன்பாடு (8.1) ஐ மோல்களின் அடிப்படையிலும் எழுதலாம்.

வாயு ஒன்று μ மோல்கள் கொண்ட துகள்களைப் பெற்றிருந்தால், அவ்வாயுவிலுள்ள மொத்தத்துகள்களின் எண்ணிக்கையை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$N = \mu N_A \qquad (8.2)$$

இங்கு N_A என்பது அவகாட்ரோ எண் $(6.023 \times 10^{23} mol^{-1})$ ஆகும். சமன்பாடு (8.2) இல் உள்ள N இன் மதிப்பை (8.1) இல் பிரதியிடும்போது $PV = \mu N_A kT$ எனக்கிடைக்கும். இங்கு $N_A k = R$ என்பது பொது வாயுமாறிலி என அழைக்கப்படும். இதன் மதிப்பு 8.314 J /mol. K.

எனவே μ மோல் கொண்ட நல்லியல்பு வாயு ஒன்றின் வாயுச் சமன்பாட்டை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$PV = \mu RT \qquad (8.3)$$

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 98 25-08-2020 14:59:17

இச்சமன்பாட்டிற்கு நல்லியல்பு வாயுவின் நிலைச்சமன்பாடு [equation of state] என்று பெயர். இச்சமன்பாடு சமநிலையிலுள்ள வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு ஒன்றின் அழுத்தம், பருமன் மற்றும் வெப்பநிலையை ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்புபடுத்துகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 8.2

8 km தொலைவிலிருந்து மிதிவண்டியின் மூலம் பள்ளிக்கு வரும் மாணவியின், மிதிவண்டியின் சக்கரத்தின் காற்றழுத்தம் 27°C இல் 240 kPa. அம்மாணவி பள்ளியை அடைந்தவுடன் சக்கரத்தின் வெப்பநிலை 39°C எனில் சக்கரத்தின் காற்றழுத்தத்தின் மதிப்பினைக் காண்க.

தீர்வு:

சக்கரத்தில் உள்ள காற்றினை நல்லியல்பு வாயுவாகக் கருதினால், வாயு மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையும் சக்கரத்தின் பருமனும் இங்கு மாறிலியாகும். எனவே 27°C வெப்பநிலையிலுள்ள வாயு மூலக்கூறுகள் $P_1V_1 = NkT_1$ இலட்சிய வாயுச் சமன்பாட்டையும், 39°C வெப்பநிலையிலுள்ள வாயு மூலக்கூறுகள் $P_2V_2 = NkT_2$ என்ற இலட்சிய வாயுச் சமன்பாட்டையும் நிறைவு செய்யும்.

இங்கு T_1 மற்றும் T_2 என்பது கெல்வின் வெப்பநிலை ஆகும். நாம் அறிந்தபடி

$$V_1 = V_2 = V$$

$$\frac{P_1V}{P_2V} = \frac{NkT_1}{NkT_2}$$

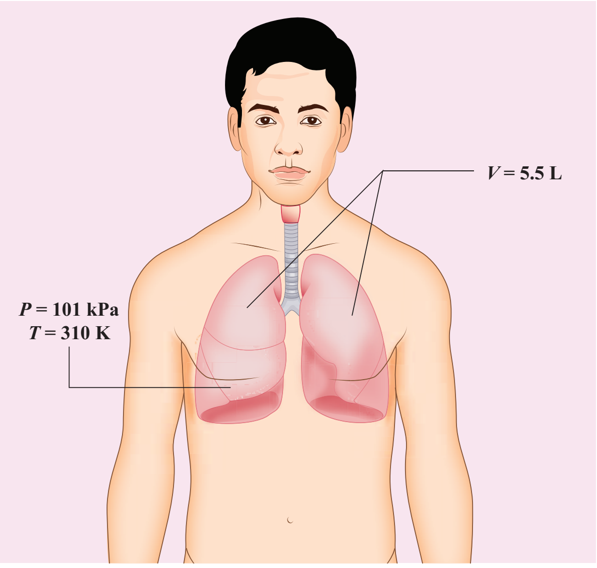
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{T_2}{T_1}P_1$$

$$P_2 = \frac{312K}{300K} \times 240 \times 10^3\,Pa = 249.6kPa$$

எடுத்துக்காட்டு 8.3

37°C உடல் வெப்பநிலையுடைய மனிதரொருவர் சுவாசிக்கும்போது, அவரின் நுரையீரலில் 5.5 லிட்டர் காற்று 1 வளி மண்டல அழுத்தத்தில் (1 atm = 101 kPa) உள்ளே செல்கிறது. மனிதரின் நுரையீரலில் உள்ள ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுக. (குறிப்பு: காற்றில் 21% ஆக்ஸிஜன் உள்ளது.)



தீர்வு:

நுரையீரலில் உள்ள காற்றை ஓர் நல்லியல்பு வாயுவாகக் கருதி, நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி வாயு மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடலாம்.

$$PV = NkT$$

இங்கு வாயுவின் பருமன் லிட்டரில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு லிட்டர் என்பது 10 cm பக்க அளவு கொண்ட கனசதுரக் கொள் கலனின் பருமனுக்குச் சமம் எனவே,

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 99 25-08-2020 14:59:20

$$1\text{லிட்டர்} = 10cm \times 10cm \times 10cm = 10^{-3}\ m^3$$

$$N = \frac{PV}{kT} = \frac{1.01\times10^5\,Pa\times5.5\times10^{-3}m^3}{1.38\times10^{-23}JK^{-1}\times310K}$$

$$N = 1.29\times10^{23} \text{ மூலக்கூறுகள்}$$

கணக்கிடப்பட்ட N மதிப்பில் 21% மட்டுமே ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளாகும். எனவே மொத்த ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை

$$= 1.29 \times 10^{23} \times \frac{21}{100}$$

ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை

$= 2.7 \times 10^{22}$ மூலக்கூறுகள்

எடுத்துக்காட்டு 8.4

ஒரு மோல் அளவுள்ள ஏதேனும் ஒரு வாயுவின் பருமனை படித்தர வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தத்தில் (STP) காண்க. மேலும் அதே மூலக்கூறுகளின் பருமனை அறைவெப்பநிலை (300 K) மற்றும் ஒரு வளி மண்டல அழுத்தத்தில் (1 atm) கணக்கிடுக.

தீர்வு

படித்தர வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தத்தில், வெப்பநிலை ($T = 273K$ அல்லது $0°C$) மற்றும் அழுத்தம் ($P = 1$ atm அல்லது 101.3 kPa)

நல்லியல்பு வாயுச்சமன்பாட்டை இங்கு பயன்படுத்தும்போது $V = \frac{\mu RT}{P}$.

இங்கு $\mu = 1\ mol$ மற்றும் $R = 8.314$ J/mol.K. இம்மதிப்புகளை சமன்பாட்டில் பிரதியிடும்போது

$$V = \frac{(1mol)(8.314\frac{J}{mol}K)(273K)}{1.013\times10^5\,Nm^{-2}}$$

$$= 22.4 \times 10^{-3}\ m^3$$

நாம் அறிந்தபடி 1 லிட்டர் (L) = $10^{-3}\ m^3$.

இதிலிருந்து 1 மோல் அளவுள்ள எந்த ஒரு நல்லியல்பு வாயுவின் பருமன் 22.4 லிட்டர் என நாம் அறிந்து கொள்ளலாம்.

அறை வெப்பநிலையில் ஒரு மோல் அளவுள்ள வாயுவின் பருமனைக்கான 22.4 லிட்டரை $\frac{300K}{273K}$ ஆல் பெருக்க வேண்டும். அவ்வாறு கணக்கிடும்போது, வாயுவின் பருமன் 24.6 லிட்டர் எனக்கிடைக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 8.5

உனது வகுப்பறையில் உள்ள காற்றின் நிறையை இயல்பு வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தத்தில் (NTP) கணக்கிடுக. இங்கு இயல்பு வெப்பநிலை என்பது அறை வெப்பநிலையையும், இயல்பு அழுத்தம் என்பது ஒரு வளி மண்டல அழுத்தத்தைக் (1 atm) குறிக்கும்.

தீர்வு

வகுப்பறை ஒன்றின் சராசரி அளவு முறையே 6 m நீளம், 5 m அகலம் மற்றும் 4 m உயரமாகும். எனவே அறையின் பருமன் $V = 6 \times 5 \times 4 = 120\ m^3$ ஆகும். இப்பருமனில் உள்ள மோல்களின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிட வேண்டும்.

அறை வெப்பநிலையிலுள்ள (300K) ஒரு மோல் வாயுவின் பருமன் 24.6 லிட்டர். எனவே,

மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை

$$\mu = \frac{120m^3}{24.6\times10^{-3}m^3} \approx 4878\ mol.$$

காற்றில் 21% ஆக்ஸிஜன், 78% நைட்ரஜன் மற்றும் 1% ஆர்கான், ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் மற்றும் செனான் போன்ற வாயுக்களின் கலவை உள்ளது. காற்றின் மூலக்கூறு நிறை 29 g mol^{-1} எனவே அறையில் உள்ள காற்றின் மொத்த நிறை $m = 4878 \times 29 \times 10^{-3} = 141.4\ kg$ ஆகும்.

8.2.2 வெப்ப ஏற்புத்திறன் மற்றும் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (Heat capacity and specific heat capacity)

27°C வெப்பநிலையிலுள்ள நீர் மற்றும் எண்ணெ இவ்விரண்டையும் சம அளவில் எடுத்துக்கொண்டு

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 100 25-08-2020 14:59:23

50°C வெப்பநிலையை அடையும் வரை இவ்விரண்டையும் வெப்பப்படுத்தவும். 50°C வெப்பநிலையை அடைவதற்கான நேரத்தைத் தனித்தனியே கண்டறியவும். இவ்விரண்டு நேரங்களும் நிச்சயம் ஒன்றாக இருக்காது. எண்ணையுடன் ஒப்பிடும்போது நீர் அதிக நேரத்தை எடுத்துக்கொள்ளும். இதிலிருந்து 50°C வெப்பநிலையை அடைய எண்ணையைவிட நீருக்கு அதிக வெப்பம் தேவை என்பதை நாம் அறியலாம். இப்போது இரண்டு மடங்கு நீரினை எடுத்துக்கொண்டு அதன் வெப்பநிலை 50°C அடையும்வரை வெப்பப்படுத்தி அதற்கான நேரத்தை கண்டறியும்போது, அது ஏற்கனவே கண்டறியப்பட்ட நேரத்தைப்போன்று இருமடங்காக இருப்பதையும் நாம் அறியலாம்.

கொடுக்கப்பட்ட பொருளின் வெப்பநிலை, T யிலிருந்து T + ΔT ஆக உயர்த்த தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவே "வெப்ப ஏற்புத்திறன்" என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$\text{வெப்ப ஏற்புத்திறன் } S = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

ஒரு கிலோகிராம் நிறையுடைய பொருளின் வெப்பநிலையை ஒரு கெல்வின் அல்லது 1°C உயர்த்த தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவே, தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$\Delta Q = m\, s\Delta T$$

$$\text{எனவே, } s = \frac{1}{m}\left(\frac{\Delta Q}{\Delta T}\right)$$

இங்கு s என்பது பொருளின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனாகும். இதன் மதிப்பு பொருளின் தன்மையைச் சார்ந்ததேயன்றி அளவை சார்ந்தல்ல.

ΔQ = வெப்பத்தின் அளவு

ΔT= வெப்பநிலை மாற்றம்

m = பொருளின் நிறை

தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனின் SI அலகு $J\,kg^{-1}\,K^{-1}$ ஆகும்.

வெப்ப ஏற்புத்திறன், தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் இரண்டும்நேர்க்குறி கொண்ட அளவுகள் ஆகும்.

அட்டவணை (8.2) இல் இருந்து நீரின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் பெரும மதிப்பைப் பெற்றுள்ளதை

அட்டவணை 8.2 சில பொதுவான பொருள்களின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (20°C வெப்பநிலை மற்றும் 1 atm அழுத்தத்தில்)

பொருள்	தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் ($Jkg^{-1}K^{-1}$)
காற்று	1005
ஈயம்	130
தாமிரம்	390
இரும்பு (எஃகு)	450
கண்ணாடி	840
அலுமினியம்	900
மனித உடல்	3470
நீர்	4186

குறிப்பு

வெப்ப ஏற்புத்திறன் அல்லது தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் என்பது பொருள்களில் பொதிந்துள்ள வெப்பத்தின் அளவைக் குறிப்பவை அல்ல. ஏனெனில் வெப்பம் என்பது உயர் வெப்ப நிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலை உள்ள பொருளுக்கு பாயும் ஒரு பரிமாற்ற ஆற்றலாகும். எனவே வெப்ப ஏற்புத்திறன் என்பதைவிட அக ஆற்றல் ஏற்புத்திறன் என்பதே சரியான பதமாகும் ஆனால் நெடுங்காலமாக இவ்வார்த்தைகள் வழக்கத்தில் உள்ளதால் அவற்றை அப்படியே நாம் பயன்படுத்துகிறோம்.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

ஒரே நிறையுடைய இரண்டு வெவ்வேறு பொருள்களை ஒரே வீதத்தில் வெப்பப்படுத்தும்போது, குறைந்த தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனுடைய பொருளின் வெப்பநிலை வேகமாக அதிகரிக்கும். இதேபோன்று அவற்றை குளிர்விக்கும்போதும், குறைந்த தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனுடைய பொருள் வேகமாக குளிர்வடையும்

அறியலாம். இதன் காரணமாகத்தான் மின் உற்பத்தி நிலையங்கள் மற்றும் அணுக்கரு

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 101 25-08-2020 14:59:24

உலைகளிலும் நீரினை குளிரூட்டியாக (Coolant) பயன்படுத்துகிறோம்.

வாயுக்களின் பண்புகளைப்பற்றி படிக்கும்போது, மோலார் (மூலக்கூறு) தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (molar specific heat capacity) நடைமுறையில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மோலார் (மூலக்கூறு) தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனை பின்வருமாறு வரையறை செய்யலாம். ஒரு மோல் அளவுள்ள வாயுவின் பொருளின் வெப்பநிலையை 1K அல்லது 1°C உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்ப ஆற்றலின் அளவே மோலார் (மூலக்கூறு) தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் எனப்படும். இதனைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$C = \frac{1}{\mu}\left(\frac{\Delta Q}{\Delta T}\right)$$

இங்கு C என்பது பொருளின் மோலார் (மூலக்கூறு) தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனைக் குறிக்கிறது. மேலும் μ என்பது பொருளில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் மோல் எண்ணிக்கையைக் குறிக்கும்.

மோலார் (மூலக்கூறு) தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனின் அலகு $J\ mol^{-1}\ K^{-1}$ ஆகும். இதுவும் ஒரு நேர்க்குறி கொண்ட அளவாகும்.

8.2.3 திட, திரவ மற்றும் வாயுக்களின் வெப்ப விரிவு

வெப்பநிலை மாற்றத்தினால் பொருள்களின் வடிவம், பரப்பு மற்றும் பருமனில் ஏற்படும் மாற்றமே வெப்ப விரிவு எனப்படும்.

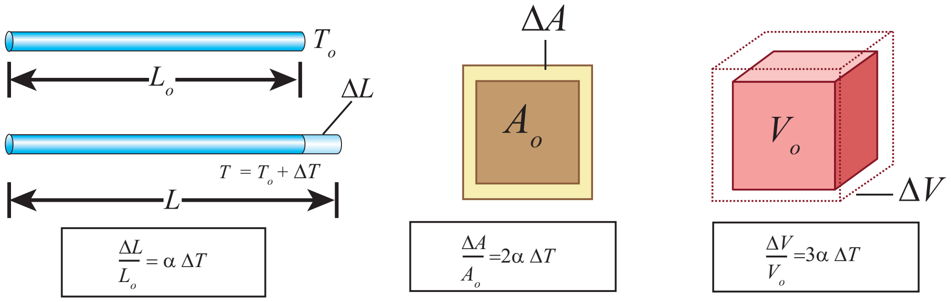
பொருள்களின் மூன்று நிலைகளும் (திட, திரவ மற்றும் வாயு) வெப்பப்படுத்தும்போது விரிவடையும். திடப்பொருளொன்றை வெப்பப்படுத்தும்போது அதன் அணுக்கள் அவற்றின் சமநிலைப் புள்ளியைப் பொருத்து வேகமாக அதிர்வடைகின்றன. மற்ற பொருள்களுடன் ஒப்பிடும்போது திடப்பொருள்களின் அளவில் ஏற்படும் மாற்றம் குறைவானதாகும். இரயில் வண்டிகளின் இருப்புப்பாதைகளில் சில இடங்களில் சிறிய இடைவெளி விடப்பட்டிருக்கும். ஏனெனில் கோடை காலங்களில் இருப்புப்பாதை விரிவடையும். அவ்வாறு வெப்பநிலை மாற்றங்களின்போது எளிதாக விரிவடையவும், சுருங்கவும் ஏற்ற வகையில் பாலங்களிலும், இருப்புப்பாதைகளிலும் விரிவடையும் இணைப்புகள் படம் (8.3) இல் உள்ளவாறு காணப்படும்.

திரவங்களின் மூலக்கூறிடை விசை, திடப்பொருள்களின் மூலக்கூறிடை விசையை விடக் குறைவாக இருக்கும். எனவே அவை திடப்பொருள்களைவிட அதிகமாக விரிவடையும். இந்தப் பண்பின் அடிப்படையில்தான் பாதரச வெப்பநிலைமானி செயல்படுகிறது.

வாயு மூலக்கூறுகளைப் பொருத்தவரை அவற்றின் மூலக்கூறிடைவிசை கிட்டத்தட்ட புறக்கணிக்கும் அளவிலேயே இருக்கும். எனவே அவை திடப்பொருள்களைவிட மிக அதிகமாக விரிவடையும். எடுத்துக்காட்டாக சூடான காற்று அடைக்கப்பட்டுள்ள பலூன்களில் உள்ள காற்று மூலக்கூறுகளை வெப்பப்படுத்தும்போது அவை விரிவடைந்து அதிக இடத்தை அடைத்துக்கொள்ளும்.

படம் 8.3 பாலங்களில் காணப்படும் விரிவடையும் இணைப்புகள்

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 102 25-08-2020 14:59:24



படம் 8.4 வெப்ப விரிவாக்கம்

வெப்பநிலை உயர்வால் பொருள்களின் பரிமாணத்தில் ஏற்படும் அதிகரிப்பே வெப்பவிரிவு எனப்படும்.

நீளத்தில் ஏற்படும் விரிவு நீள் விரிவு (linear expansion) என அழைக்கப்படும். இதேபோன்று பரப்பில் ஏற்படும் விரிவு பரப்பு விரிவு (Area expansion) எனவும், பருமனில் ஏற்படும் விரிவு பரும விரிவு (Volume expansion) எனவும் அழைக்கப்படும். படம் 8.4 ல் இவ்விரிவுகள் காட்டப்பட்டுள்ளது.

நீள் விரிவு

திடப்பொருள்களில், ΔT என்ற சிறு வெப்பநிலை மாற்றத்தால் நீளத்தில் ஏற்படும் சிறு மாற்றம் $\left(\frac{\Delta L}{L_0}\right)$, யானது ΔT க்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha_L \Delta T$$

எனவே, $\alpha_L = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T}$

இங்கு, α_L = நீள் விரிவுக்குணகம்.

ΔL = நீளத்தில் ஏற்படும் மாற்றம்

L_0 = தொடக்க நீளம்

ΔT = வெப்பநிலையில் ஏற்பட்ட மாற்றம்.

எடுத்துக்காட்டு 8.6

பிரான்ஸ் நாட்டிலுள்ள இரும்பால் செய்யப்பட்ட ஈபிள் கோபுரத்தின் உயரம் கிட்டத்தட்ட 300 m ஆகும். பிரான்ஸ் நாட்டின் குளிர்காலத்தின் வெப்பநிலை 2°C மற்றும் கோடைக்காலத்தின் சராசரி வெப்பநிலை 25°C. இவ்விரண்டு பருவ நிலைகளுக்கிடையே ஈபிள் கோபுரத்தின் உயரத்தில் ஏற்படும் மாற்றத்தைக் கணக்கிடுக. இரும்பின் நீள் விரிவுக் குணகம் $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ per °C

தீர்வு:

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha_L \Delta T$$

$$\Delta L = \alpha_L L_0 \Delta T$$

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

- இறுக்கமாக மூடப்பட்டுள்ள கண்ணாடிக்குவளையின் மூடியை எளிதாகத்திறக்க, அதனை சூடான தண்ணீரில் அருகே சிறிது நேரம் வைத்திருக்க வேண்டும், பின்னர் அதனை எளிதாகத் திறக்கலாம். ஏனெனில் கண்ணாடிக் குவளையின் மூடியின் வெப்ப விரிவு கண்ணாடியைவிட அதிகமாக இருப்பதாகும்.
- வேகவைக்கப்பட்ட சூடான முட்டையை குளிர்ந்த தண்ணீரில் போட்டு அதன் ஓட்டினை உரித்தால் அது முட்டையிலிருந்து எளிதாக பிரிந்து வரும். ஏனெனில் முட்டை மற்றும் ஓடு ஒவ்வொன்றும் வெவ்வேறு வெப்பவிரிவைப் பெற்றிருப்பதாகும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 103 25-08-2020 14:59:25

$\Delta L = 10 \times 10^{-6} \times 300 \times 23 = 0.069$ m=69 mm

பரப்பு விரிவு

ΔT என்ற சிறிய வெப்பநிலை மாற்றத்தால் பொருளின் பரப்பில் ஏற்படும் பரப்புத்திரிபு $\left(\frac{\Delta A}{A_0}\right)$, ஆனது ΔT க்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். இதனைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$\frac{\Delta A}{A_0} = \alpha_A \Delta T$$

எனவே, $\alpha_A = \dfrac{\Delta A}{A_0 \Delta T}$

இங்கு, α_A = பரப்பு விரிவுக் குணகம்.

ΔA = பரப்பில் ஏற்படும் மாற்றம்

A_0 = தொடக்கப் பரப்பு

ΔT = வெப்பநிலையில் ஏற்பட்ட மாற்றம்

பரும விரிவு

ΔT என்ற சிறிய வெப்பநிலை மாற்றத்தினால், பொருளின் பருமனில் ஏற்படும் பருமத்திரிபு $\left(\frac{\Delta V}{V_0}\right)$, ஆனது ΔT க்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \alpha_V \Delta T$$

எனவே, $\alpha_V = \dfrac{\Delta V}{V_0 \Delta T}$

இங்கு, α_V = பரும விரிவுக் குணகம்.

ΔV = பருமனில் ஏற்படும் மாற்றம்

V_0 = தொடக்கப்பருமன்

ΔT = வெப்பநிலையில் ஏற்பட்ட மாற்றம்

திடப்பொருள்களின் நீள் விரிவு, பரப்பு மற்றும் பரும விரிவுக் குணகங்களின் அலகு $^\circ C^{-1}$ அல்லது K^{-1}

குறிப்பு

கொடுக்கப்பட்ட பொருளுக்கு

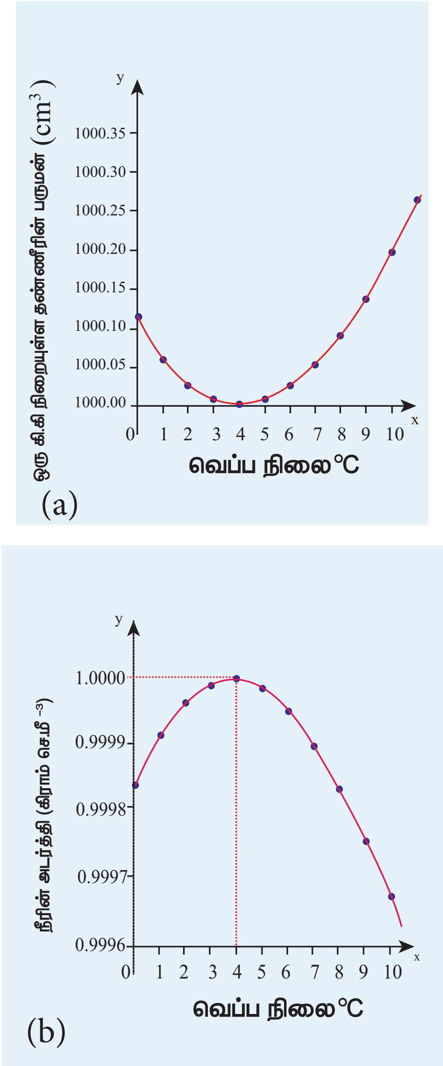
$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha_L \Delta T$ (நீள் விரிவு)

$\frac{\Delta A}{A_0} \approx 2\alpha_L \Delta T$ (பரப்பு விரிவு $\approx 2 \times$ நீள் விரிவு)

$\frac{\Delta V}{V_0} \approx 3\alpha_L \Delta T$ (பரும விரிவு = $3 \times$ நீள் விரிவு)

8.2.4 நீரின் முரண்பட்ட விரிவு (ANOMALOUS EXPANSION OF WATER)

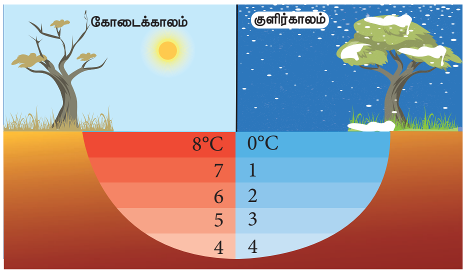
சாதாரண வெப்பநிலைகளில் திரவங்களை வெப்பப்படுத்தும்போது விரிவடையும் மற்றும் குளிர்விக்கும்போது சுருங்கும். ஆனால் நீர் இதற்கு முரணான ஒரு பண்பைப் பெற்றுள்ளது. $0^\circ C$ முதல் $4^\circ C$ வரை வெப்பப்படுத்தும்போது தண்ணீர் சுருங்குகிறது. தண்ணீரை அறை வெப்பநிலையிலிருந்து குளிர்விக்கும்போது $4^\circ C$ வெப்பநிலையை அடையும்வரை அதன் பருமன் குறையும். $4^\circ C$ வெப்பநிலைக்குக் கீழே அதனைக் குளிர்விக்கும்போது அதன் பருமன் அதிகரிக்கும். மேலும் அதன் அடர்த்தி குறையும். அதாவது $4^\circ C$ வெப்பநிலையில் நீர் பெரும அடர்த்தியைப் பெறும். நீரின் இந்தத்தன்மையே நீரின் முரண்பட்ட விரிவு என அழைக்கப்படுகிறது. இது படம் (8.5) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.5 நீரின் முரண்பட்ட விரிவு

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 104 25-08-2020 14:59:27

குளிர் நாடுகளில், குளிர்காலத்தின்போது ஏரிகளின் மேற்பரப்பு வெப்பநிலை அதன் அடிப்புற வெப்பநிலையை விட குறைந்து காணப்படும் இது படம் (8.6) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஏனெனில் திட நீரின் (பனிக்கட்டி) அடர்த்தி சாதாரண நீரின் அடர்த்தியைவிடக் குறைவு, 4°C வெப்பநிலைக்கும் கீழே உறைந்த நீர் (பனிக்கட்டி) சாதாரண நீரின் மேலே மிதந்து ஏரிகளின் மேற்பரப்பிற்கு வரும். இதற்குக்காரணம் நீரின் முரண்பட்ட விரிவாகும். ஏரிகள் மற்றும் குளங்களின் மேற்பரப்பு உறைந்து பனிக்கட்டிகளால் மூடப்பட்டிருப்பினும், அடியில் உள்ள நீர் உறையாமல் இருந்து நீர்வாழ் உயிரினங்களைக் காக்கும்.



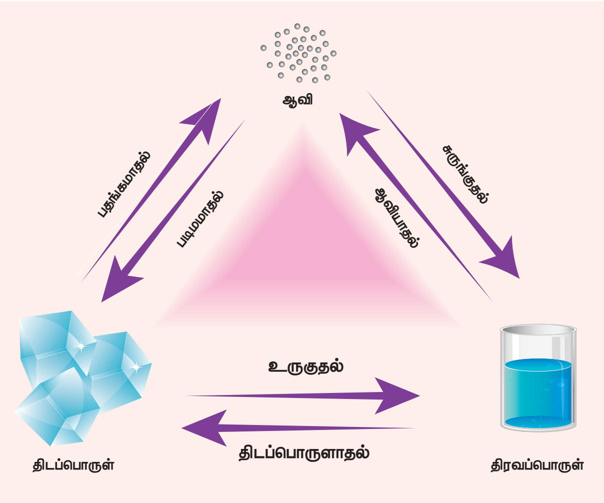
படம் 8.6 ஏரிகளில் நீரின் முரண்பட்ட விரிவு

8.2.5 நிலை மாற்றம்

பொதுவாக அனைத்துப் பொருள்களும் திட, திரவ மற்றும் வாயு என்ற மூன்று நிலைகளில் காணப்படும். வெப்பப்படுத்தும்போது அல்லது குளிர்விக்கும்போது பொருள்கள் ஒரு நிலையிலிருந்து மற்றொரு நிலைக்கு மாற்றமடையும்.

எடுத்துக்காட்டு:

1. உருகுதல் (திட நிலையிலிருந்து திரவ நிலைக்கு)
2. ஆவியாதல் (திரவ நிலையிலிருந்து வாயு நிலைக்கு)
3. பதங்கமாதல் (திட நிலையிலிருந்து நேரடியாக வாயு நிலைக்கு)
4. உறைதல் (திரவ நிலையிலிருந்து திட நிலைக்கு)
5. சுருங்குதல் (வாயு நிலையிலிருந்து திரவ நிலைக்கு)



படம் 8.7 பொருள்களின் நிலை மாற்றம்

உள்ளுறை வெப்ப ஏற்புத்திறன் (LATENT HEAT CAPACITY)

பாத்திரம் ஒன்றிலுள்ள நீரினை வெப்பப்படுத்தும்போது அதன் கொதிநிலையான 100 °C வெப்பநிலையை அடையும்வரை, அதன் வெப்பநிலை உயரும். அதன்பின்பு மொத்த நீரும் ஆவியாகும் வரை அதன் வெப்பநிலை மாறாமல் நிலையாக இருக்கும். இந்த நிகழ்வின் போது வெப்பம் தொடர்ச்சியாக நீருக்கு பாய்கிறது. இருப்பினும் அதன் வெப்பநிலை, கொதிநிலையைவிட அதிகரிக்காமல் அதே நிலையில் நீடிக்கிறது இதுவே உள்ளுறை வெப்ப ஏற்புத்திறனின் இயல்பாகும்.

ஓரலகு நிறையுடைய பொருளின் நிலையை மாற்றுவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் ஆற்றலின் அளவே, பொருளின் உள்ளுறை வெப்ப ஏற்புத்திறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$Q = m \times L$$

எனவே, $$L = \frac{Q}{m}$$

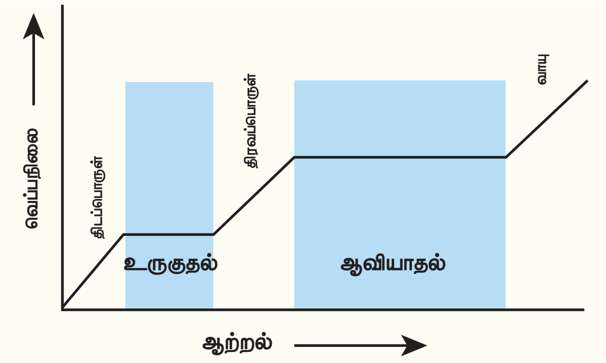
இங்கு, L = பொருளின் உள்ளுறை வெப்ப ஏற்புத்திறன்

Q = வெப்பத்தின் அளவு

m = பொருளின் நிறை

உள்ளுறை வெப்ப ஏற்புத்திறனின் SI அலகு $J\,kg^{-1}$ ஆகும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 105 25-08-2020 14:59:27



படம் 8.8 நீரின் வெப்ப ஆற்றலுக்கும் வெப்பநிலைக்கும் உள்ள தொடர்பு

குறிப்பு நிலைமாற்றத்தின்போது வெப்பத்தைக் கொடுக்கவோ அல்லது நீக்கவோ நேர்ந்தாலும், அதன் வெப்பநிலை மாறாமல் தொடர்ந்து அதே நிலையில் நீடிக்கும்.

- திட – திரவ நிலை மாற்றத்திற்கான உள்ளுறை வெப்பம், உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் (Latent heat of fusion) (L_f) என அழைக்கப்படும்.
- திரவ – வாயு நிலை மாற்றத்திற்கான உள்ளுறை வெப்பம், ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் (Latent heat of vaporisation) (L_v) என அழைக்கப்படும்.
- திட–வாயு நிலை மாற்றத்திற்கான உள்ளுறை வெப்பம், பதங்கமாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் (Latent heat of sublimation) (L_s) என அழைக்கப்படும்.

முப்புள்ளி (Triple point)

கொடுக்கப்பட்ட பொருளொன்றின் மூன்று நிலைகளும் (திட, திரவ மற்றும் வாயு) வெப்ப இயக்கச் சமநிலையில் உள்ளபோது, அப்பொருளின் வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தமே பொருளின் முப்புள்ளி என அழைக்கப்படுகிறது.

நீரின் முப்புள்ளி 273.1 K மற்றும் பகுதி ஆவி அழுத்தம் (Partial vapour pressure) 611.657 பாஸ்கலாகும்.

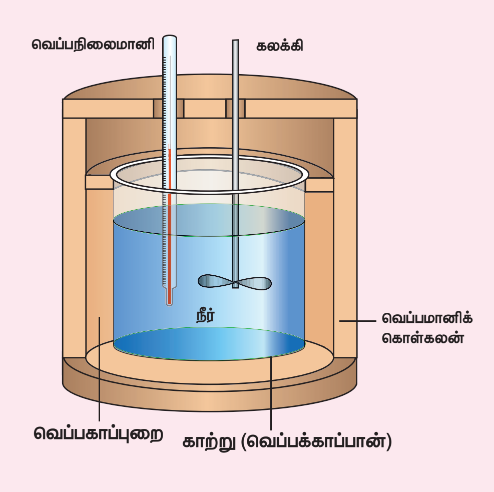
8.2.6. வெப்ப அளவீட்டியல்:

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு ஒன்றினை வெப்பப்படுத்தும்போது, அவ்வமைப்பிலிருந்து வெளிப்படும் வெப்பத்தை அல்லது அவ்வமைப்பினால் உட்கவரப்படும் வெப்பத்தை அளக்கும் ஒரு செயலே வெப்ப அளவீட்டியல் என அழைக்கப்படும். உயர் வெப்ப நிலையிலுள்ள பொருளொன்றை குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளொன்றுடன் சேர்த்துவைக்கும்போது, உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருள் இழந்த வெப்பம், குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருள் ஏற்றுக்கொண்ட வெப்பத்திற்கு சமமாகும். சூழலுக்கும் எவ்விதமான வெப்பமும் கடத்தப்படாது. இதனைக் கணித முறையில் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$Q_{\text{ஏற்பு}} = -Q_{\text{இழப்பு}}$$

$$Q_{\text{ஏற்பு}} + Q_{\text{இழப்பு}} = 0$$

ஏற்கப்பட்ட வெப்பம் அல்லது இழந்த வெப்பத்தை வெப்பமானியைக் (calorimeter) கொண்டு அளக்கலாம். பொதுவாக வெப்பமானி என்பது படம் (8.9) இல் காட்டியுள்ளவாறு நீர் நிரப்பப்பட்ட வெப்ப காப்பீடு செய்யப்பட்ட கொள்கலனாகும்.

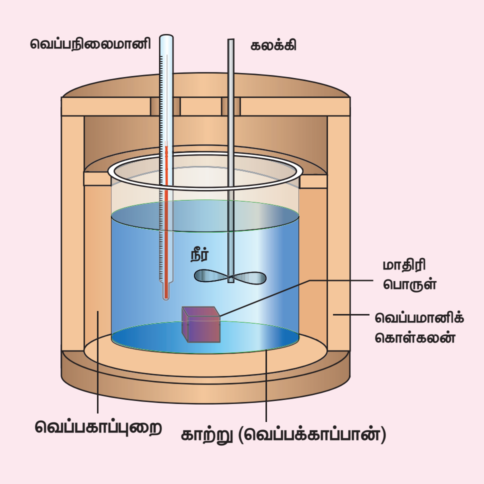


படம் 8.9 வெப்பமானி (Calorimeter)

உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள (T_1) மாதிரி பொருள் ஒன்றினை, அறை வெப்பநிலையில் (T_2) வெப்பமானியில் உள்ள நீரில் மூழ்கவைக்க வேண்டும். சிறிது நேரத்திற்குப்பின்னர் நீர் மற்றும் வெப்பமானி இரண்டும் T_f என்ற இறுதி வெப்பநிலையை அடையும். வெப்பமானி காப்பிடப்பட்டுள்ளதால், உயர் வெப்பநிலை மாதிரி பொருள் இழந்த வெப்பமும், குறைந்த வெப்பநிலை

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 106 25-08-2020 14:59:28

நீர் ஏற்றுக்கொண்ட வெப்பமும் சமமாகும். இது படம் 8.10 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.10 மாதிரிப்பொருளுடன் உள்ள வெப்பமானி

$$Q_{\text{ஏற்பு}} = -Q_{\text{இழப்பு}}$$

குறியீட்டு மரபை இங்கு கவனிக்க வேண்டும். வெப்ப இழப்பு எதிர்க்குறியிலும், வெப்ப ஏற்பு நேர்க்குறியிலும் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன.

தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் வரையறையிலிருந்து

$$Q_{\text{ஏற்பு}} = m_2 s_2 (T_f - T_2)$$

$$Q_{\text{இழப்பு}} = m_1 s_1 (T_f - T_1)$$

இங்கு s_2 மற்றும் s_1 என்பவை முறையே நீர் மற்றும் மாதிரிப் பொருளின் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்களாகும்.

எனவே,

$$m_2 s_2 (T_f - T_2) = -m_1 s_1 (T_f - T_1)$$

$$m_2 s_2 T_f - m_2 s_2 T_2 = -m_1 s_1 T_f + m_1 s_1 T_1$$

$$m_2 s_2 T_f + m_1 s_1 T_f = m_2 s_2 T_2 + m_1 s_1 T_1$$

இறுதி வெப்பநிலை $T_f = \dfrac{m_1 s_1 T_1 + m_2 s_2 T_2}{m_1 s_1 + m_2 s_2}$

எடுத்துக்காட்டு 8.7

50°C வெப்பநிலையிலுள்ள 5 L நீர், 30°C வெப்பநிலையிலுள்ள 4L நீருடன் கலக்கப்படுகிறது. நீரின் இறுதி வெப்பநிலை என்ன? இங்கு நீரின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் $4184 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ என்க.

தீர்வு:

பின்வரும் சமன்பாட்டை நாம் பயன்படுத்தலாம்

$$T_f = \frac{m_1 s_1 T_1 + m_2 s_2 T_2}{m_1 s_1 + m_2 s_2}$$

$m_1 = 5L = 5\text{kg}$ மற்றும் $m_2 = 4L = 4\text{kg}$, $s_1 = s_2$

மேலும் $T_1 = 50°C = 323K$ மற்றும் $T_2 = 30°C = 303 K$. எனவே

$$T_f = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2} = \frac{5 \times 323 + 4 \times 303}{5 + 4} = 314.11 \text{ K.}$$

$$T_f = 314.11 \text{ K} - 273\text{K} \approx 41°C.$$

50°C மற்றும் 30°C வெப்பநிலைகளில் உள்ள சம அளவு நீரினை $(m_1 = m_2)$ ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்கும்போது, இறுதி வெப்ப நிலை இவ்விரண்டு வெப்பநிலைகளின் சராசரியாகும்.

$$T_f = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{323 + 303}{2} = 313\text{K} = 40°C$$

ஒரே வெப்பநிலையில் (30°C) உள்ள இரண்டு நீர் மாதிரிகளை ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்கும்போது அவற்றின் இறுதி வெப்பநிலையும் 30°C ஆகும். இதிலிருந்து நாம் அறிந்து கொள்வது என்னவென்றால் இவ்விரண்டு நீர் மாதிரிகளும் வெப்பச்சமநிலையில் உள்ளன. எனவே இரண்டிற்கும் நடுவே எவ்விதமான வெப்பப்பரிமாற்றமும் நடைபெறவில்லை என்பதாகும்.

குறிப்பு

வாயுக்கள் அல்லது திரவங்களை ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்கும்போது அக்கலவையின் இறுதிச்சமநிலை வெப்பநிலை அப்பொருள்களின் நிறைகள், தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்கள் மற்றும் வெப்பநிலைகளைச் சார்ந்திருக்கும் என்பதை இங்கு நினைவில் கொள்ள வேண்டும். மேலும் சமஅளவுள்ள ஒரே பொருள்களை ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்கும்போது மட்டுமே இறுதிவெப்ப நிலையானது தனித்தனி வெப்பநிலைகளின் சராசரி மதிப்பிற்கு சமமாகும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 107 25-08-2020 14:59:30

8.2.7 வெப்ப மாற்றம் (HEAT TRANSFER)

நாம் அறிந்தபடி வெப்பம் என்பது ஒருவகை பரிமாற்ற ஆற்றலாகும். அவ்வாற்றல் வெப்பநிலை வேறுபாட்டின் காரணமாக ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு மாற்றப்படும். வெப்ப மாற்றம் மூன்று வழிகளில் நடைபெறும் அவை வெப்பக்கடத்தல், வெப்பச் சலனம் மற்றும் வெப்பக்கதிர்வீச்சு ஆகும்.

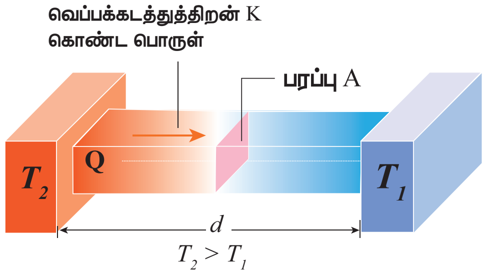
வெப்பக்கடத்தல் (Conduction)

வெப்பநிலை வேறுபாட்டின் காரணமாக பொருள்களுக்கிடையே நேரடியாக வெப்பமாற்றம் ஏற்படும் நிகழ்ச்சிக்கு வெப்பக்கடத்தல் என்றுபெயர். இரண்டு பொருள்களை ஒன்றுடன் ஒன்று தொட்டுக்கொண்டிருக்குமாறு வைக்கும்போது, உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து, குறைந்த வெப்பநிலை உள்ள பொருளுக்கு வெப்பம் மாற்றப்படுகிறது. வெப்பத்தை எளிதாகத் தன்வழியே கடந்துபோக அனுமதிக்கும் பொருள்களுக்கு வெப்பக்கடத்திகள் என்றுபெயர்.

வெப்பக் கடத்துத்திறன் (THERMAL CONDUCTIVITY)

வெப்பத்தைக் கடத்தும் திறனுக்கு வெப்பக்கடத்துத்திறன் என்று பெயர்

மாறாநிலை நிபந்தனையில் ஓரலகு வெப்பநிலை வேறுபாட்டில், ஓரலகு தடிமன் கொண்ட பொருளின் வழியே ஓரலகு பரப்பிற்குச் செங்குத்தாக உள்ள திசையில் கடத்தப்படும் வெப்பத்தின் அளவே, பொருளின் வெப்பக்கடத்துத்திறன் என அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 8.11 வெப்பக்கடத்தலினால் ஏற்படும் மாறாநிலை வெப்ப ஓட்டம்

மாறாநிலையில், வெப்பக்கடத்து வீதம் Q, வெப்பநிலை வேறுபாடு ΔT மற்றும் குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு A ஆகியவற்றுக்கு நேர்த்தகவிலும், கடத்தியின் நீளத்திற்கு (L) எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும். வெப்பம் கடத்தும் வீதத்தை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$\frac{Q}{t} = \frac{KA\Delta T}{L}$$

இங்கு, K என்பது வெப்பக்கடத்தல் எண் ஆகும். (இதனை கெல்வின் வெப்பநிலை K எனத் தவறாகப் புரிந்துகொள்ளக்கூடாது)

வெப்பக்கடத்துத்திறனின் SI அலகு $J\,s^{-1}\,m^{-1}\,K^{-1}$ அல்லது $W\,m^{-1}\,K^{-1}$.

குறிப்பு

மாறாநிலை: (Steady state)

எந்த நிலையில், அனைத்து இடங்களிலும் வெப்பநிலை ஒரு மாறா மதிப்பினை அடைகிறதோ மற்றும் எந்த இடத்திலிருந்தும் எவ்விதமான வெப்பமும் பரிமாற்றப்படாமல் உள்ளதோ அந்நிலையே மாறா நிலை என அழைக்கப்படுகிறது.

அட்டவணை 8.3 சில பொதுவான பொருள்களின் வெப்பக்கடத்துத்திறன் ($W\,m^{-1}\,K^{-1}$) இல் 1 atm

பொருள்	வெப்பக்கடத்துத்திறன்	பொருள்	வெப்பக்கடத்துத்திறன்
வைரம்	2300	மனிதனின் திசு	0.2
வெள்ளி	420	மரக்கட்டை	0.17
தாமிரம்	380	ஹீலியம்	0.152
அலுமினியம்	200	மென்மையான இரப்பர்	0.042
எஃகு	40	தண்ணீர்	0.56
பனிக்கட்டி	2	காற்று	0.023
கண்ணாடி	0.84		
செங்கல்	0.84		

வெப்பக்கடத்துத்திறன் பொருளின் தன்மையைச் சார்ந்தது. எடுத்துக்காட்டாக வெள்ளி மற்றும் அலுமினியம் உயர்ந்த வெப்பக்கடத்துத்திறனைப் பெற்றுள்ளதால் அவை சமையல் பாத்திரங்கள் செய்யப் பயன்படுகின்றன.

வெப்பச்சலனம் (CONVECTION)

திரவங்கள் மற்றும் வாயுக்கள் போன்ற பாய்மங்களில் உள்ள மூலக்கூறுகள் உண்மையான நகர்வினால் வெப்ப ஆற்றல் மாற்றப்படும் நிகழ்வு வெப்பச்சலனம் என அழைக்கப்படுகிறது. இந்த வெப்பச்சலனத்தில் மூலக்கூறுகள் எவ்வித கட்டுபாடின்றி ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு நகர்கின்றன. இந்நிகழ்வு இயற்கையாகவோ அல்லது புறவிசை காரணமாகவோ ஏற்படலாம்.

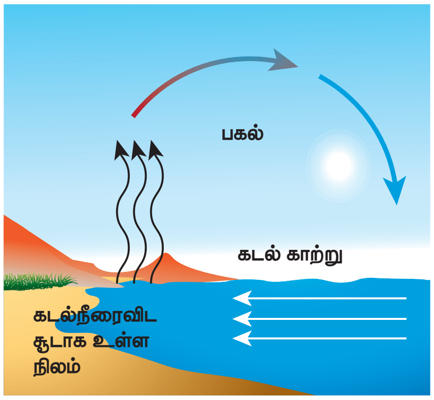
சமையல் பாத்திரத்தில் கொதிக்கும் தண்ணீர் வெப்பச்சலனத்திற்கு ஒரு சிறந்த உதாரணமாகும். பாத்திரத்தின் அடியில் உள்ள தண்ணீர் அதிக வெப்பத்தைப்பெற்று அதன் காரணமாக விரிவடைந்து அடர்த்தி குறையும். இந்த குறைந்த அடர்த்தியின் காரணமாக மூலக்கூறுகள் மேற்பரப்பை நோக்கிச் செல்லும். அதே நேரத்தில் மேற்பரப்பிலுள்ள மூலக்கூறுகள் குறைந்த வெப்ப ஆற்றலைப்பெறுவதால் அவற்றின் அடர்த்தி அதிகமாக இருக்கும். எனவே அவை பாத்திரத்தின் அடிப்பக்கத்திற்கு வரும். இந்நிகழ்வு தொடர்ந்து நடைபெறும். இவ்வாறு மூலக்கூறுகள் மேலும், கீழும் நகர்வதை வெப்பச்சலன ஓட்டம் (convection current) என்று அழைக்கின்றோம். அறை ஒன்றினை வெதுவெதுப்பாக வைக்க நாம் அறைச்சூடேற்றியைப் பயன்படுத்துகிறோம். சூடேற்றிக்கு அருகே உள்ள காற்று மூலக்கூறுகள் வெப்பமடைந்து விரிவடையும் அதனால் அவற்றின் அடர்த்தி குறைந்து அறையின் மேற்பகுதிக்குச் செல்லும். அதே நேரத்தில் அடர்த்தி அதிகமுள்ள குளிர்ந்த காற்று அடிப்பகுதிக்கு வரும். இவ்வாறு ஏற்படும் காற்று மூலக்கூறுகளின் தொடர் சுழற்சியே, வெப்பச்சலன ஓட்டம் என அழைக்கப்படுகிறது.

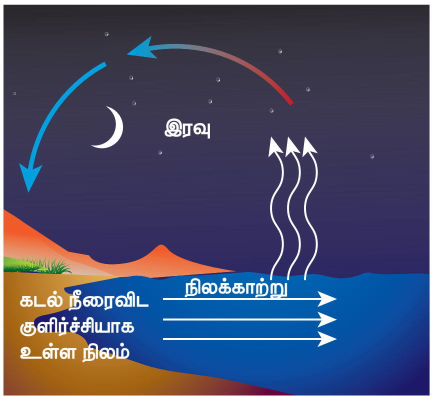
வெப்பக்கதிர்வீச்சு:

சூடாக உள்ள சமைக்கும் அடுப்பு ஒன்றின் அருகே நமது கைகளை நீட்டினால் வெப்பத்தை உணரலாம். இங்கு சூடாக உள்ள அப்பொருளைத் தொடாமலேயே நாம் வெப்பத்தை உணர்கிறோம். ஏனெனில் இங்கு சூடாக உள்ள சமைக்கும் அடுப்பிலிருந்து வெப்பமானது வெப்பக்கதிர்வீச்சு மூலம் நமது

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

பகல் நேரங்களில், சூரியக்கதிர்கள் கடல் நீரைவிட வேகமாக நிலத்தை சூடேற்றும் இதற்குக்காரணம் நிலத்தின் குறைவான தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் ஆகும். இதன் விளைவாக நிலப்பரப்பில் உள்ள காற்று விரிவடைந்து அதன் அடர்த்தி குறைந்து மேலே சென்றுவிடும். அதே நேரத்தில் கடற்பரப்பிலுள்ள குளிர்ந்த காற்று நிலத்தை நோக்கி வீசும் இதனையே கடல்காற்று (sea breeze) என்று அழைக்கின்றோம். இரவு நேரங்களில் கடற்பரப்பை விட, நிலப்பரப்பு வேகமாக குளிர்ச்சி அடையும் (நிலப்பரப்பின் குறைந்த தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்). இதன் விளைவாக கடற்பரப்பிலுள்ள காற்று விரிவடைந்து அதன் அடர்த்தி குறைந்து மேலே சென்றுவிடும். அதே நேரத்தில் நிலப்பரப்பிலுள்ள அடர்த்தி அதிகமான குளிர்ந்தகாற்று கடலை நோக்கி வீசும். இதனையே நிலக்காற்று (Land breeze) என்று அழைக்கின்றோம்.





UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 109 25-08-2020 14:59:31

கைகளுக்கு வருகிறது. சூரியனிலிருந்தும் வெப்ப ஆற்றலை நாம் இதே முறையில்தான் பெறுகிறோம். இக்கதிர்வீச்சு வெற்றிடத்தின் வழியே பயணித்து புவியை அடைகிறது. எந்த விதமான ஊடகத்தின் உதவியும் இன்றி ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு ஆற்றலை மாற்றுவது கதிர்வீச்சின் ஒரு சிறப்புப் பண்பாகும். ஆனால் வெப்பக்கடத்தல் மற்றும் வெப்பச்சலனம் இவ்விரண்டிலும் வெப்ப ஆற்றலை மாற்றம் செய்வதற்கு ஊடகம் அவசியம் என்பதை கவனிக்கவும்.

வெப்பக்கதிர்வீச்சு என்பது

ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு மின்காந்த அலைகளினால் வெப்பம் பரவும் நிகழ்வு ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டு:

1. சூரியனிலிருந்து வரும் சூரியக் கதிர்வீச்சு ஆற்றல்.
2. அறை சூடேற்றியிலிருந்து வரும் வெப்பக்கதிர்வீச்சு.

குறிப்பு

பொதுவாக வெப்பநிலை பருப் பொருள்களுடன் மட்டுமே (திட, திரவ மற்றும் வாயு) தொடர்புடையது என்ற பொதுக்கருத்து உள்ளது. ஆனால் வெப்பக்கதிர்வீச்சும் ஒரு வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பாகும். இதற்கு நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட வெப்பநிலையும், அழுத்தமும் உண்டு. சூரியனிலிருந்து வரும் கட்புலனாகும் கதிர்வீச்சின் வெப்பநிலை 5700 K. இதனை புவி கிட்டத்தட்ட 300K வெப்பநிலையுள்ள அகச்சிவப்பு கதிர்வீச்சால் வெளிக்கு (space) மீண்டும் உமிழ்கிறது.

8.2.8 நியூட்டனின் குளிர்வு விதி:

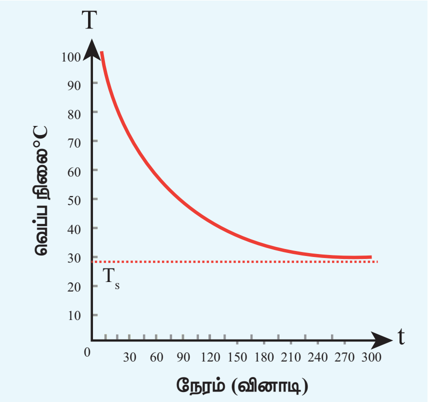
நியூட்டனின் குளிர்வு விதியின்படி பொருளொன்றின் வெப்ப இழப்பு வீதம், அப்பொருளுக்கும் சூழலுக்கும் உள்ள வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$\frac{dQ}{dt} \propto -(T - T_s) \qquad (8.4)$$

நேரத்தை பொருத்து வெப்பம் தொடர்ந்து குறைந்து கொண்டே செல்வதை எதிர்க்குறி காட்டுகிறது.

இங்கு, T = பொருளின் வெப்பநிலை

T_s = சூழலின் வெப்பநிலை



படம் 8.12 நேரத்தைப்பொருத்து சூடாக உள்ள நீர் குளிர்வதைக்காட்டும் வரைபடம்

படம் 8.12 இல் காட்டப்பட்டுள்ள வரைபடத்திலிருந்து தொடக்கத்தில் குளிர்வு வீதம் அதிகமாகவும் பின்னர் வெப்பநிலை குறையக்குறைய குறைவாகவும் உள்ளதை தெளிவாக உணரலாம்.

m நிறையும், s தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனும் உள்ள பொருளொன்றைக் கருது. அதன்வெப்பநிலை T என்க. சூழலின் வெப்பநிலையை T_s என்க. dt என்ற சிறிய நேர இடைவெளியில் ஏற்பட்ட வெப்பநிலைக்குறைவு dT எனில் வெப்ப இழப்பின் அளவு

$$dQ = msdT \qquad (8.5)$$

சமன்பாடு (8.5) இன் இருபுறமும் dt ஆல் வகுக்க

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{msdT}{dt} \qquad (8.6)$$

நியூட்டனின் குளிர்வு விதியிலிருந்து

$$\frac{dQ}{dt} \propto -(T - T_s)$$

$$\frac{dQ}{dt} = -a\,(T - T_s) \qquad (8.7)$$

இங்கு a என்பது நேர்க்குறி மாறிலி.

சமன்பாடுகள் (8.6) மற்றும் (8.7) இல் இருந்து

$$-a\,(T - T_s) = ms\frac{dT}{dt}$$

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 110 25-08-2020 14:59:33

$$\frac{dT}{T-T_s} = -\frac{a}{ms}dt \qquad (8.8)$$

சமன்பாடு (8.8) இன் இருபுறமும் தொகைப்படுத்துக.

$$\int \frac{dT}{T-T_s} = -\int \frac{a}{ms}dt$$

$$\ln(T - T_s) = -\frac{a}{ms}t + b_1$$

இங்கு b_1 ஒரு மாறிலியாகும். இரண்டு பக்கமும் அடுக்குக் குறியீடு எடுத்தால் நமக்கு கிடைப்பது

$$T = T_s + b_2\, e^{-\frac{a}{ms}t} \qquad (8.9)$$

இங்கு $b_2 = e^{b_1}$ = ஒரு மாறிலி

எடுத்துக்காட்டு 8.8

27°C வெப்பநிலை உள்ள அறை ஒன்றில் உள்ள சூடான நீர் 92°C லிருந்து 84°C வெப்பநிலைக்கு குளிர 3 நிமிடங்களை எடுத்துக்கொள்கிறது. அதே நீர் 65°C லிருந்து 60°C வெப்பநிலைக்குக் குறைய எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தைக் கணக்கிடுக.

3 நிமிடங்களில் சூடான நீரின் வெப்பநிலை 8°C குறைந்துள்ளது. 92°C மற்றும் 84°C இன் சராசரி வெப்பநிலை 88°C. இது அறை வெப்பநிலையைவிட 61°C அதிகமாக உள்ளது. சமன்பாடு (8.8) ஐப் பயன்படுத்தினால்

$$\frac{dT}{T-T_s} = -\frac{a}{ms}dt \text{ அல்லது} = \frac{dT}{dt} = -\frac{a}{ms}(T-T_s)$$

$$\frac{8^oC}{3\,\text{min}} = -\frac{a}{ms}(61^oC)$$

இதேபோன்று 65°C மற்றும் 60°C இன் சராசரி வெப்பநிலை 62.5°C ஆகும். இது அறை வெப்பநிலையைவிட 35.5°C அதிகமாக உள்ளது.

$$\frac{5^oC}{dt} = -\frac{a}{ms}(35.5^oC)$$

இவ்விரண்டு சமன்பாடுகளையும் வகுக்கும்போது

$$\frac{\frac{8^oC}{3\,\text{min}}}{\frac{5^oC}{dt}} = \frac{-\frac{a}{ms}(61^oC)}{-\frac{a}{ms}(35.5^oC)}$$

$$\frac{8\times dt}{3\times 5} = \frac{61}{35.5}$$

$$dt = \frac{61\times 15}{35.5\times 8} = \frac{915}{284} = 3.22 \text{ நிமிடம்}$$

8.3 வெப்ப மாற்றத்தின் விதிகள் (LAWS OF HEAT TRANSFER):

8.3.1 வெப்பப்பரிமாற்றத்திற்கான பிரிவொஸ்ட் கொள்கை (Prevost theory of heat exchange)

0 K வெப்பநிலையைத்தவிர அனைத்து வெப்பநிலைகளிலும் எல்லாப் பொருள்களும் வெப்பக்கதிர்வீச்சை உமிழ்கின்றன, இதேபோன்று சூழலில் இருந்து வெப்பக்கதிர்வீச்சை உட்கவர்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக நீங்கள் யாராவது ஒருவரைத் தொடும்போது அவர் உங்கள் விரல்கள் வெப்பமாக அல்லது குளிர்ச்சியாக உள்ளதை உணர்வார்.

உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளொன்று, சூழலிருந்து பெறும் வெப்பத்தைவிட அதிக வெப்பத்தை சூழலுக்கு கதிர்வீச்சின் மூலம் கொடுக்கும். இதேபோன்று குறைந்த வெப்ப நிலையிலுள்ள பொருளொன்று இழக்கும் வெப்பத்தைவிட அதிக வெப்பத்தை சூழலிருந்து பெற்றுக்கொள்ளும்.

பிரிவொஸ்ட் வெப்பச்சமநிலைக் கருத்தை கதிர்வீச்சுக்குப் பயன்படுத்தினார். அதன்படி அனைத்துப் பொருள்களும் வெப்பக்கதிர்வீச்சை வெளிப்படுத்துகின்றன. ஆனால் குளிர்ச்சியாக உள்ள பொருளைவிட, உயர் வெப்பநிலைப் பொருள்கள் அதிக வெப்பக்கதிர்வீச்சை வெளியிடும். ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் இரண்டு பொருள்களின் வெப்பப்பரிமாற்று வீதமும் சமமாகும் இந்நிலையில் இவ்விரண்டு பொருள்களும் வெப்பச் சமநிலையில் உள்ளன எனக் கூறலாம்.

சுழிகெல்வின் வெப்பநிலையில் மட்டுமே பொருள்கள் வெப்ப உமிழ்வை நிறுத்துகின்றன. எனவே பிரிவொஸ்டின் கொள்கையின்படி சூழலின் தன்மை எத்தகையதாக இருந்தாலும், அனைத்தும் பொருள்களும் சுழிகெல்வின் வெப்பநிலைக்கு மேல் உள்ள அனைத்து வெப்பநிலைகளிலும் வெப்பக்கதிர்வீச்சை உமிழும்.

8.3.2 ஸ்டெஃபான் போல்ட்ஸ்மென் விதி (Stefan Boltzmann law)

ஸ்டெஃபான் போல்ட்ஸ்மென் விதியின்படி, கருப்பொருளின் ஓரலகு பரப்பினால் ஓரலகு நேரத்தில்

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 111 25-08-2020 14:59:35

கதிர்வீசப்படும் வெப்ப ஆற்றலின் மொத்த அளவு, அக்கருப்பொருளின் கெல்வின் வெப்பநிலையின் நான்குமடி மதிப்புக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

$$E \propto T^4 \text{ or } E = \sigma T^4 \quad (8.10)$$

இங்கு, σ என்பது ஸ்டெஃபான் மாறிலி. இதன் மதிப்பு 5.67×10^{-8} W m^{-2} k^{-4}

குறிப்பு முழுமையான கரும்பொருளாக இல்லாத பொருள்களுக்கு

$$E = e\sigma T^4 \quad (8.11)$$

இங்கு 'e' என்பது பரப்பின் உமிழ்திறன் ஆகும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலை மற்றும் அலைநீளத்தில் பொருளின் பரப்பினால் கதிர்வீசப்படும் ஆற்றலுக்கு, அதே வெப்பநிலை மற்றும் அலைநீளத்தில் முழுக்கரும்பொருளினால் கதிர்வீசப்படும் ஆற்றலுக்கும் உள்ள தகவே உமிழ்திறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

8.3.3 வியனின் இடப்பெயர்ச்சி விதி (WIEN'S DISPLACEMENT LAW):

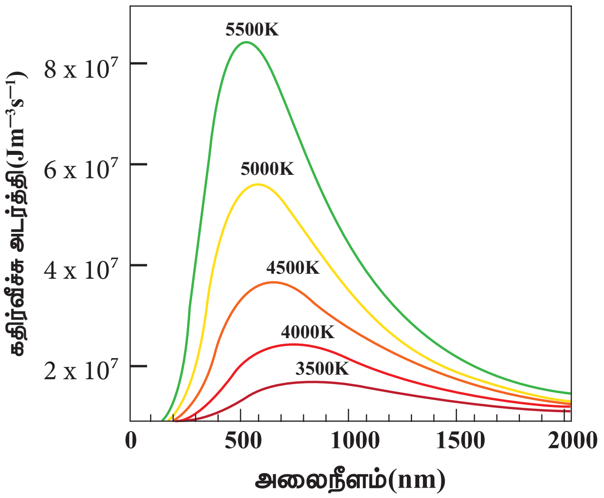
உலகிலுள்ள அனைத்துப் பொருள்களும் கதிர்வீச்சை உமிழ்கின்றன. அக்கதிர்வீச்சுகளின் அலைநீளங்கள் பொருள்களின் கெல்வின் வெப்பநிலையைச் சார்ந்திருக்கும். உமிழப்படும் கதிர்வீச்சுகள் வெவ்வேறு அலைநீளங்களைப் பெற்றிருக்கும். மேலும் அவ்வலைநீளங்களின் செறிவும் (intensity) வெவ்வேறானவை.

வியனின் விதிப்படி, ஒரு கரும்பொருள் கதிர்வீச்சினால் உமிழப்படும் பெருமச்செறிவு கொண்ட அலைநீளம் (λ_m) அக்கரும்பொருளின் கெல்வின் வெப்பநிலைக்கு (T) எதிர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$\lambda_m \propto \frac{1}{T} \; (or) \; \lambda_m = \frac{b}{T} \quad (8.12)$$

இங்கு, b என்பது வியன் மாறிலி. இதன்மதிப்பு 2.898×10^{-3} m K

இதிலிருந்து நாம் அறிந்து கொள்வது என்னவென்றால் பொருளின் கெல்வின் வெப்பநிலை உயரும்போது பெருமச்செறிவு அலைநீளம் (λ_m) மின்காந்த நிறமாலையின் குறைந்த அலைநீளத்தை (பெரும அதிர்வெண்) நோக்கி இடப்பெயர்ச்சி அடையும். இது படம் (8.13) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.13 வரைபட வடிவில் வியன் இடப்பெயர்ச்சி விதி

மேற்கண்ட வரைபடத்திலிருந்து பெருமச் செறிவு அலைநீளம் λ_m கெல்வின் வெப்பநிலைக்கு எதிர்விகிதத்தில் இருப்பதை அறியலாம். இவ்வளைகோட்டிற்கு கரும்பொருள் கதிர்வீச்சு வளைகோடு என்று பெயர்.

வியன் விதியும் நமது பார்வையும்:

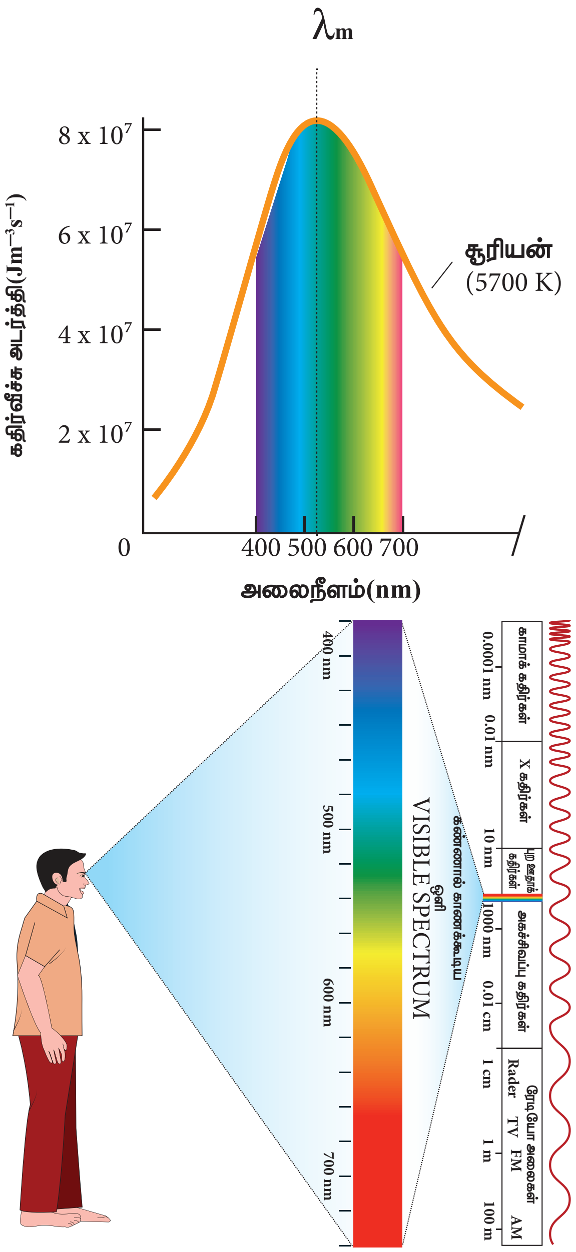
நமது கண்களால் மின்காந்த நிறமாலையில் உள்ள கண்ணுறு பகுதியை மட்டும் (400 nm முதல் 700 nm வரை) பார்க்கமுடிவதன் காரணம் என்ன?

சூரியனை கிட்டத்தட்ட ஒரு கரும்பொருளாகக் கருதலாம். 0 K வெப்பநிலைக்கு மேல் உள்ள எந்த ஒரு பொருளும் கதிர்வீச்சை உமிழும். எனவே சூரியனும் கதிர்வீச்சை உமிழும். மேலும் அதன் பரப்பு வெப்பநிலை கிட்டத்தட்ட 5700 K. இம்மதிப்பை சமன்பாடு (8.12) இல் பிரதியிடும்போது,

$$\lambda_m = \frac{b}{T} = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{5700} \approx 508\, nm$$

இதுவே பெருமச்செறிவிற்கான அலைநீளம் ஆகும். சூரியனின் பரப்பு வெப்பநிலை தோராயமாக 5700 K

என உள்ளதால் அதற்கான கதிர்வீச்சு நிறமாலை நெடுக்கம் 400 nm முதல் 700 nm வரை காணப்படும். இதுவே மின்காந்த நிறமாலையின் கண்ணுரு பகுதியாகும். இதுபடம் 8.14 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.14 வியன் விதியும் நமது பார்வையும்

மனித இனம் இந்தக் கதிர்வீச்சை உட்கவர்ந்துதான் பரிணாம வளர்ச்சி அடைந்தது. எனவே மனிதக்கண்கள் சூரிய நிறமாலையில் உள்ள கண்ணுரு பகுதியை மட்டுமே உணர முடியும். அகச்சிவப்பு பகுதியையோ அல்லது X கதிர் நிறமாலையையோ உணர முடியாது.

நமக்கு அருகில் உள்ள சிரியஸ் (Sirius) (வெப்பநிலை 9940K) என்ற விண்மீன் அருகில் உள்ள கோளில் மனித இனம் தோன்றி இருந்தால் அவர்களின் கண்கள் மின்காந்த நிறமாலையில் உள்ள புற ஊதாக்கதிர்களை உணர முடியும். இதனை சமன்பாடு (8.12) ஐப் பயன்படுத்தி அறிந்து கொள்ளலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 8.9

A என்ற கரும்பொருள் ஒன்றின் கதிர்வீச்சுத்திறன் E_A. மேலும் இது λ_A என்ற அலைநீளத்திற்கு பெரும ஆற்றல் கதிர்வீசப்படுகிறது. B என்ற மற்றொரு கரும்பொருளின் கதிர்வீச்சுத்திறன் $E_B = N\ E_A$; $\frac{1}{2}\lambda_A$ என்ற அலைநீளத்திற்கு B கரும்பொருளில் இருந்து கதிர் வீசப்படுகிறது எனில் N இன் மதிப்பைக் காண்க?

வியனின் இடப்பெயர்ச்சி விதியிலிருந்து

$\lambda_{max}\ T$ = மாறிலி ; இது A மற்றும் B என்ற இரண்டு கரும்பொருள்களுக்குப் பொருந்தும்.

$$\lambda_A T_A = \lambda_B T_B.$$

இங்கு $\lambda_B = \frac{1}{2}\lambda_A$

$\lambda_A T_A = \lambda_B T_B$. இங்கு $\lambda_B = \frac{1}{2}\lambda_A$

$$\frac{T_B}{T_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{\lambda_A}{\left(\frac{1}{2}\right)\lambda_A} = 2$$

$$T_B = 2T_A$$

ஸ்டெஃபான் – போல்ஸ்ட்மென் விதியிலிருந்து

$$\frac{E_B}{E_A} = \left(\frac{T_B}{T_A}\right)^4 = (2)^4 = 16 = N$$

கரும்பொருள் B, கரும்பொருள் A வை விட குறைந்த அலைநீளத்தையே உமிழும். எனவே கரும்பொருள் A வை விட அதிக ஆற்றல் கொண்ட கதிர்வீச்சை கரும்பொருள் B உமிழும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 113 25-08-2020 14:59:38

8.4 வெப்ப இயக்கவியல்:

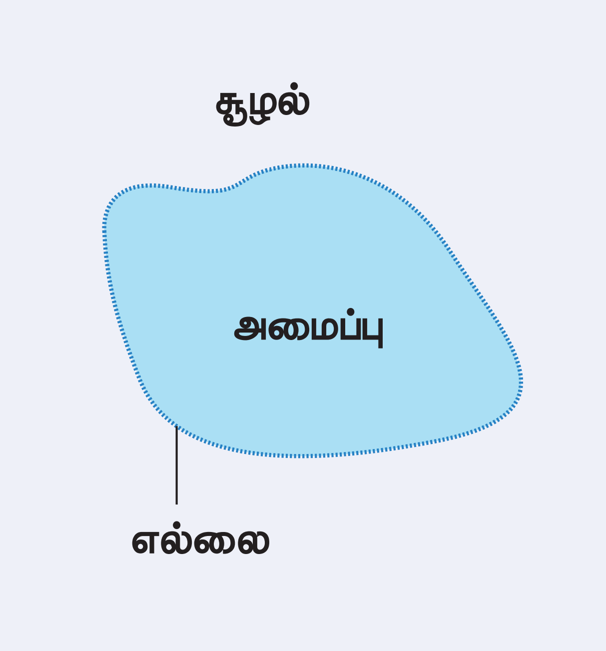
8.4.1. அறிமுகம்:

நாம் முந்தைய பிரிவுகளில் வெப்பம், வெப்பநிலை மற்றும் பொருள்களின் வெப்பப்பண்புகளைப் பற்றி பயின்றோம். வெப்ப இயக்கவியல் என்பது இயற்பியலின் ஒரு பிரிவாகும். இப்பிரிவு வேலையை வெப்பமாகவும் மற்றும் வெப்பத்தை வேலையாகவும் மாற்றுவதில் உள்ள விதிகளை விவரிக்கிறது. வெப்ப இயக்கவியலின் விதிகள் பாயில், சார்லஸ், பெர்னூலி, ஜூல், கிளாசியஸ், கெல்வின், கார்னோ மற்றும் ஹெல்ம்ஹோல்ட்ஸ் போன்ற அறிவியல் அறிஞர்களின் மூன்று நூற்றாண்டு கால ஆய்வுகளின் அடிப்படையில் முறைப்படுத்தப்பட்டதாகும்.

அன்றாட வாழ்வில் நம்மைச்சுற்றி நடைபெறும் அனைத்து நிகழ்வுகளும் ஏன் நமது உடலியக்க நிகழ்வுகள் கூட வெப்ப இயக்கவியல் விதிகளுக்கு உட்பட்டு நடைபெறுகின்றது எனக்கூறினால் அது மிகையாகாது. எனவே வெப்ப இயக்கவியல் என்பது இயற்பியலின் ஓர் இன்றியமையாத பிரிவாகும்.

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு (Thermodynamic system) என்பது இப்பிரபஞ்சத்தில் வரையறுக்கப்பட்ட



படம் 8.15 வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு

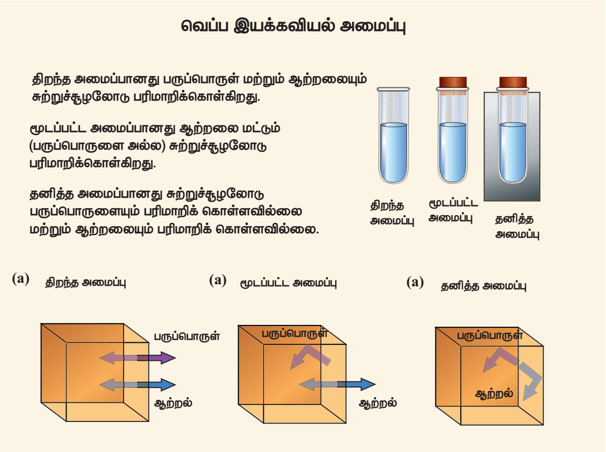
ஒரு பகுதியாகும். மேலும் அழுத்தம் (P), பருமன் (V), மற்றும் வெப்பநிலை (T) போன்ற முக்கிய அளவுருக்களால் வரையறுக்கப்பட்ட பெரும எண்ணிக்கையிலடங்கிய துகள்களின் (அணுக்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகள்) தொகுப்பே வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பாகும். மீதமுள்ள இப்பிரபஞ்சத்தின் பகுதியே சூழல் (surrounding) எனப்படும். இவ்விரண்டும் ஓர் எல்லையால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. இது படம் 8.15 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

எடுத்துக்காட்டுகள்:

ஓர் வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு என்பது, திட, திரவ, வாயு மற்றும் கதிர்வீச்சு போன்ற எந்த வடிவிலும் இருக்கலாம்.

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு	சூழல்
வாளியில் உள்ள தண்ணீர்	திறந்தவெளி
அறை ஒன்றினுள் உள்ள காற்று மூலக்கூறுகள்	அறைக்கு வெளியில் உள்ள காற்று
மனித உடல்	திறந்தவெளி
கடலில் உள்ள மீன்	கடல் நீர்

படம் 8.16 இல் காட்டியுள்ளவாறு வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பினை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.



படம் 8.16 வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் வெவ்வேறு வகைகள்

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 114 25-08-2020 14:59:38

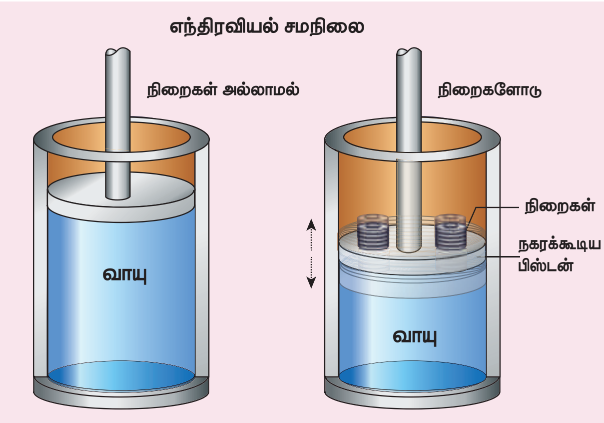
8.4.2. வெப்பச்சமநிலை(Thermal equilibrium)

அறை ஒன்றில் ஒரு கோப்பையில் சூடான தேநீர் வைக்கப்பட்டால், தேநீரிலிருந்து வெப்பம் சூழலுக்குக் கடத்தப்படும். சிறிது நேரத்திற்கு பின்பு சூடான தேநீர் சூழலின் வெப்பநிலைக்கு சமமான வெப்பநிலையை அடையும். இதன் பின்பு தேநீரிலிருந்து சூழலுக்கோ அல்லது சூழலிலிருந்து தேநீருக்கோ வெப்பப் பரிமாற்றம் ஏற்படாது. தேநீரும் சூழலும் வெப்பச்சமநிலையை அடைந்து விட்டதை இது காட்டுகிறது.

இரு அமைப்புகள் ஒன்றுக்கொன்று வெப்பச்சமநிலையில் உள்ளது எனில் அவ்விரண்டு அமைப்புகளும் ஒரே வெப்பநிலையில் இருக்கவேண்டும். மேலும் அது நேரத்தைப் பொருத்து மாறாமல் இருக்க வேண்டும்.

எந்திரவியல் சமநிலை (Mechanical equilibrium)

படம் 8.17 இல் காட்டியுள்ளவாறு பிஸ்டனுடன் உள்ள வாயு அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ள கொள்கலன் ஒன்றைக் கருதுக. அப்பிஸ்டனின் மீது நிறை ஒன்றை வைக்கும்போது கீழ்நோக்கிய புவியீர்ப்பு விசையின் காரணமாக பிஸ்டன் கீழ்நோக்கி நகர்ந்து சில ஏற்ற இறக்கத்திற்குப்பின்பு நிற்கும். பிஸ்டன் ஒரு புதிய இடத்தை அடையும். வாயுவின் மேல் நோக்கிய விசை, கீழ்நோக்கிய புவியீர்ப்பு விசையை சமன் செய்யும். இந்நிலையில் இவ்வமைப்பை எந்திரவியல் சமநிலையில் உள்ளது எனக்கூறலாம். அமைப்பு ஒன்று எந்திரவியல் சமநிலையில் உள்ளது எனில், எவ்விதமான சமன்செய்யப்படாத விசையும் வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் மீது செயல்படக்கூடாது.



படம் 8.17 எந்திரவியல் சமநிலை

வேதிச்சமநிலை (Chemical equilibrium)

ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்பிலுள்ள இரண்டு வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்புகளுக்கிடையே எவ்வித தொகுபயன் வேதிவினையும் நடைபெறவில்லை எனில் அவ்விரு அமைப்புகளும் வேதிச்சமநிலையில் உள்ளது எனலாம்.

வெப்ப இயக்கவியல் சமநிலை (Thermodynamic equilibrium)

இரண்டு அமைப்புகள் வெப்ப இயக்கவியல் சமநிலையில் உள்ளன எனில், அவ்விரண்டு அமைப்புகளும் ஒன்றுக்கொன்று வெப்ப, எந்திரவியல் மற்றும் வேதிச் சமநிலையில் இருக்க வேண்டும். வெப்ப இயக்கவியல் சமநிலையில் மீப்பெரு (Macroscopic) மாறிகளான அழுத்தம், பருமன் மற்றும் வெப்பநிலை ஆகியவை ஒரு நிலையான மதிப்பினைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். மேலும் அவை காலத்தைப் பொருத்து மாறாமல் இருக்க வேண்டும்.

8.4.3. வெப்ப இயக்கவியல் நிலை மாறிகள் (Thermodynamic state variables)

இயந்திரவியலில் திசைவேகம், உந்தம் மற்றும் முடுக்கம் போன்றவை இயங்கும் பொருளொன்றின் நிலையை விளக்கப்பயன்படுகின்றன. (தொகுதி 1 இல் இவற்றைப் பற்றி புரிந்துகொண்டிருப்பீர்கள்) வெப்ப இயக்கவியலில், வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு ஒன்றின் நிலையை விவரிக்கும் மாறிகளின் தொகுப்பிற்கு வெப்ப இயக்கவியல் மாறிகள் என்று பெயர்.

எடுத்துக்காட்டுகள்: அழுத்தம், வெப்பநிலை, பருமன், அக ஆற்றல் போன்றவை.

இந்த மாறிகளின் மதிப்பு வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் சமநிலையை முழுவதுமாக விவரிக்கின்றன. வெப்பம் மற்றும் வேலை இவை வெப்ப இயக்கவியல் நிலை மாறிகள் அல்ல மாறாக இவை செயல்மாறிகள் ஆகும். (Process variables). வெப்ப இயக்கவியல் மாறிகள் இரண்டு வகைப்படும் அவை: அளவுச் சார்புள்ள மாறி (Extensive variable) மற்றும் அளவுச் சார்பற்ற மாறி (Intensive variable).

அளவுச் சார்புள்ள மாறி, வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் அளவு அல்லது நிறையைச் சார்ந்திருக்கும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 115 25-08-2020 14:59:39

எடுத்துக்காட்டு: பருமன், மொத்த நிறை, என்ட்ரோபி (entropy), அக ஆற்றல், வெப்ப ஏற்புத்திறன் போன்றவை.

அளவுச் சார்பற்ற மாறி வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் அளவு அல்லது நிறையைச் சார்ந்திருக்காது.

எடுத்துக்காட்டு: வெப்பநிலை, அழுத்தம், தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன், அடர்த்தி போன்றவை

நிலைச் சமன்பாடு (Equation of state):

நிலை மாறிகளை ஒரு குறிப்பிட்ட முறையில் தொடர்புபடுத்தும் சமன்பாடு, நிலைச்சமன்பாடு என்று அழைக்கப்படுகிறது. இந்நிலைச்சமன்பாடு வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பொன்றின் சமநிலையில் நிலை மாறிகளுக்கு இடையே உள்ள தொடர்பை முழுவதுமாக விவரிக்கிறது. வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு சமநிலையில் இல்லையெனில், இந்நிலைச் சமன்பாடு அமைப்பின் நிலையை விவரிக்காது. வெப்ப இயக்கச்சமநிலையில் உள்ள நல்லியல்பு வாயு (ideal gas) ஒன்று PV = NkT என்ற நிலைச் சமன்பாட்டினால் குறிப்பிடப்படுகிறது. இங்கு நான்கு பேரளவு மாறிகளும் (P,V,T மற்றும் N) நிலைச்சமன்பாட்டினால் ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்புபடுத்தப்பட்டுள்ளன. இச்சமன்பாட்டிலுள்ள ஏதேனும் ஒரு மாறியை மட்டும் மாற்ற இயலாது. எடுத்துக்காட்டாக வாயு நிரம்பியுள்ள கொள்கலனின் பிஸ்டனை அழுத்தும்போது, வாயுவின் பருமன் குறையும். ஆனால் அதன் அழுத்தம் அதிகரிக்கும் அல்லது வாயுவை வெப்பப்படுத்தும்போது அதன் வெப்பநிலை உயரும். வாயுவின் அழுத்தம் மற்றும் பருமனும் உயரலாம்.

நிலைச்சமன்பாட்டிற்கான மற்றொரு எடுத்துக்காட்டு வான்டர்வால்ஸ் சமன்பாடு ஆகும். வெப்ப இயக்கச் சமநிலையில் உள்ள இயல்புவாயுக்கள் (Real gases) இச்சமன்பாட்டிற்கு உட்படும்.

அறை ஒன்றிலுள்ள காற்று மூலக்கூறுகள் வான்டர்வால்ஸ் நிலைச்சமன்பாட்டிற்கு முழுவதுமாக கட்டுப்படுகின்றன. இருப்பினும் அறைவெப்பநிலையில் குறைந்த அடர்த்தியுள்ள காற்று மூலக்கூறுகளை நாம் தோராயமாக நல்லியல்பு வாயுவாகக் (Ideal gas) கருதுகிறோம்.

8.5 வெப்ப இயக்கவியலின் சுழி விதி (ZEROTH LAW OF THERMODYNAMICS)

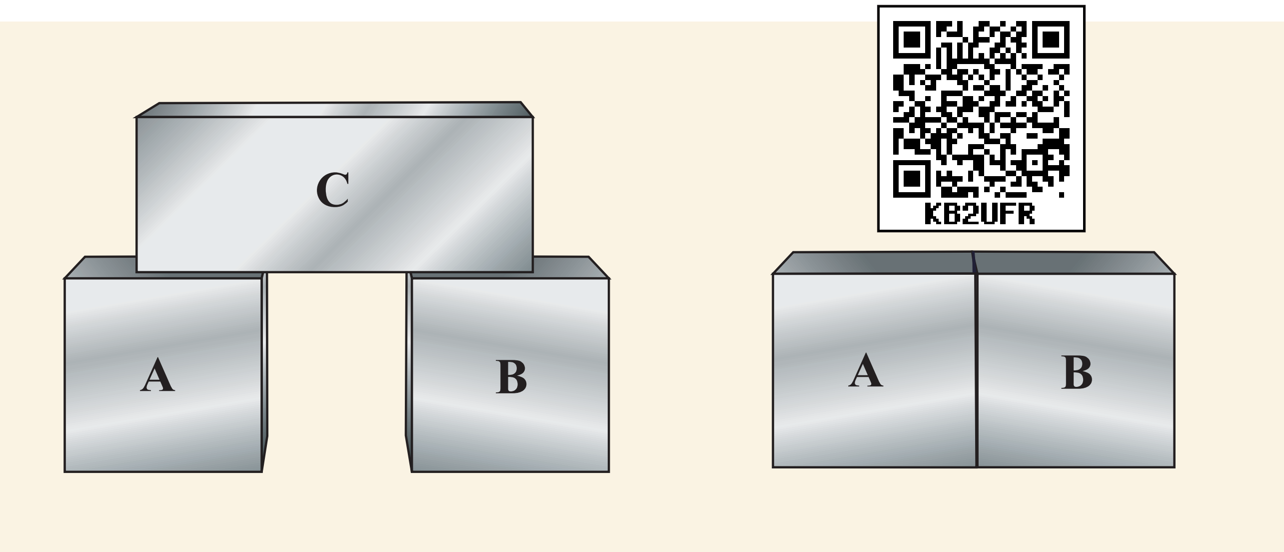
வெப்ப இயக்கவியலின் சுழி விதியின்படி, *A மற்றும் B, என்ற இரண்டு அமைப்புகள் C, என்ற மூன்றாவது அமைப்புடன் வெப்பச்சமநிலையில் இருப்பின், A மற்றும் B என்ற இரண்டு அமைப்புகளும் ஒன்றுக்கொன்று வெப்பச்சமநிலையில் இருக்கும்.*

தொடக்கத்தில் வெவ்வேறு வெப்பநிலையில் உள்ள A, B மற்றும் C என்ற மூன்று அமைப்புகளைக்கருதுக. படம்8.18(a)வில்காட்டியுள்ளவாறுAமற்றும்Bஇரண்டு அமைப்புகளும் ஒன்றுடன் ஒன்று எவ்விதமான வெப்பத்தொடர்பையும் பெற்றிருக்கவில்லை. ஆனால், அவை ஒவ்வொன்றும் C என்ற மூன்றாவது அமைப்புடன் தனித்தனியே வெப்பத்தொடர்பில் உள்ளன. சிறிது நேரத்திற்குப்பிறகு A மற்றும் B என்ற இரண்டு அமைப்புகளும் தனித்தனியே C யுடன் வெப்பச்சமநிலையில் இருக்கும்.

இப்போது A மற்றும் B என்ற இரண்டு அமைப்புகளையும் வெப்பத் தொடர்பில் வைக்கும் நிலையினை படம் 8.18(b) இல் உள்ளவாறு காட்டலாம். இப்போது A மற்றும் B அமைப்புகளுக்கிடையே எவ்விதமான நேரடி வெப்பப் பரிமாற்றமும் இல்லை. ஏனெனில் A மற்றும் B இவ்விரண்டு வெப்பச்சமநிலையை அடைந்திருப்பதை இது காட்டுகிறது. இம்மூன்று அமைப்புகளும் ஒருமுறை வெப்பச்சமநிலையை அடைந்தபின்பு அவற்றிற்கிடையே எவ்விதமான வெப்பப் பரிமாற்றமும் இருக்காது ஏனெனில் அம்மூன்றும் ஒரே வெப்பநிலையில் இருக்கும். இதனை கணிதமொழியில் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம். $T_A = T_C$ மற்றும் $T_B = T_C$ எனில், $T_A = T_B$ ஆகும். இங்கு T_A, T_B மற்றும் T_C என்பவை A , B மற்றும் C என்ற மூன்று அமைப்புகளின் வெப்பநிலைகளாகும்.

அமைப்புகள் ஒன்றுடன் ஒன்று வெப்பச்சமநிலையில் உள்ளனவா இல்லையா என்பதைக்காட்டும் ஒரு பண்பே வெப்பநிலையாகும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 116 25-08-2020 14:59:39



படம் 8.18 (a) A மற்றும் B என்ற இரண்டு அமைப்புகள் தனித்தனியே C என்ற மூன்றாவது அமைப்புடன் வெப்பத் தொடர்பிலுள்ளன. (b) A மற்றும் B அமைப்பு இரண்டும் வெப்பத்தொடர்பில் இருப்பின் அவையிரண்டும் ஒன்றுடன் ஒன்று வெப்பச்சமநிலையில் இருக்கும்.

வெப்ப இயக்கவியலின் சுழி விதியானது வெப்பநிலையைக் கண்டறியப்பயன்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக வெப்பநிலைமானி ஒன்றை நாக்கின் அடியில் வைத்துக்கொள்ளும்போது வெப்பநிலைமானி உடலுடன் வெப்பச்சமநிலையை அடையும். இந்நிபந்தனையின்படி வெப்பநிலைமானியின் வெப்பநிலை உடல் வெப்பநிலைக்குச் சமமாக இருக்கும் இதன் அடிப்படையில்தான் நமது உடலின் வெப்பநிலை கண்டறியப்படுகிறது.

செயல்பாடு

பொருளொன்றைத் தொட்டுப்பார்க்கும்போது அப்பொருள் எவ்வளவு சூடாக அல்லது குளிர்ச்சியாக இருப்பதை அறிய வெப்பநிலை துணைபுரிகிறது. நம் உணர்வு உறுப்புகளைப் பயன்படுத்தி பொருளின் வெப்பநிலையைக் கண்டறிய முடியுமா?

நமது வெறும் கால்களில் ஒன்றை தரைவிரிப்பின் மீதும் மற்றொரு காலை வழுவழுப்பான ஓடுகள் பதிக்கப்பட்ட தரையின் (Tiled floor) மீதும் வைக்கும்போது, வழுவழுப்பான தரையில் வைத்துள்ள கால், தரைவிரிப்பின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ள காலை விட அதிகக் குளிர்ச்சியை உணரும். ஆனால் இங்கு தரை மற்றும் தரைவிரிப்பு இரண்டும் ஒரே அறைவெப்பநிலையில் இருப்பதை கவனிக்க வேண்டும். இதற்குக் காரணம் தரைவிரிப்பை விட வழுவழுப்பான தரைக்கும் நம் காலுக்குமிடையே மிக வேகமாக வெப்பப்பரிமாற்றம் ஏற்பட்டதேயாகும். நமது காலின் தோல் பொருளின் உண்மையான வெப்பநிலையை கணிக்கவில்லை மாறாக எவ்வளவு வேகமாக வெப்பப்பரிமாற்றம் ஏற்பட்டது என்பதையே கணிக்கிறது. வெப்பநிலைமானி ஒன்றை தரை மற்றும் தரைவிரிப்பின்மீது வைத்து பார்க்கும்போது இரண்டும் ஒரே வெப்பநிலையில் உள்ளதை அறியலாம்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 117 25-08-2020 14:59:39

8.6

அக ஆற்றல் (U) (INTERNAL ENERGY (U))

வெப்ப இயக்க அமைப்பு ஒன்றின் அக ஆற்றல் என்பது அமைப்பின் நிறைமையத்தைப்பொருத்து அமைப்பிலுள்ள அனைத்து மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலை ஆற்றல்களின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும்.

இடப்பெயர்வு இயக்கம், சுழற்சி இயக்கம் மற்றும் அதிர்வியக்கம் ஆகியவற்றை உள்ளடக்கிய மூலக்கூறு இயக்கத்தினால் ஏற்படும் ஆற்றல், அக இயக்க ஆற்றல் (E_K) எனப்படும்.

மூலக்கூறுகளுக்கிடையே ஏற்படும் கவர்ச்சி மற்றும் விலக்கு விசையால் ஏற்படும் ஆற்றல், அக நிலையாற்றல் (E_p) எனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு: பிணைப்பாற்றல் (Bond energy)

எனவே அக ஆற்றலானது பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

$$U = E_K + E_P$$

- நல்லியல்பு வாயுமூலக்கூறுகளுக்கிடையே எவ்விதமான இடைவினையும் இல்லை என்று கருதுவதால் அவற்றின் அக ஆற்றல் முழுவதும் அக இயக்க ஆற்றல் வடிவிலேயே இருக்கும். இது வெப்பநிலை, துகள்களின் எண்ணிக்கை ஆகியவற்றைச் சார்ந்திருக்கும். ஆனால் இது பருமனைச் சார்ந்ததல்ல. ஆனால் வான்டர் வால்ஸ் வாயுக்கள் போன்ற இயல்பு வாயுக்களுக்கு இது பொருந்தாது.
- அக ஆற்றல் ஒரு நிலைமாறி ஆகும். இது வெப்ப இயக்க அமைப்பின் இறுதிநிலை மற்றும் தொடக்கநிலை இவற்றை மட்டுமே சார்ந்திருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக தண்ணீரின் வெப்பநிலை 30°Cஇல் இருந்து 40°C ஆக வெப்பப்படுத்துவதன் மூலமாகவோ அல்லது கலக்குவதன் மூலமாகவோ உயர்த்தப்படுகிறது. அதன் இறுதி அக ஆற்றலானது, தண்ணீர் எவ்வாறு 40°C வெப்பநிலையை அடைந்தது என்ற வழிமுறையை சார்ந்திருக்காமல் அதன் இறுதி வெப்பநிலையைமட்டுமே சார்ந்திருக்கும்.

குறிப்பு

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் அக ஆற்றலானது அமைப்பிலுள்ள ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் ஒழுங்கற்ற இயக்கத்தினால் ஏற்படும் இயக்க ஆற்றலையும், அவற்றின் வேதியியல் அமைப்பினால் ஏற்படும் நிலையாற்றல் இவற்றை மட்டுமே சார்ந்திருக்கும் என்பதை நன்கு புரிந்து கொள்ள வேண்டும். அமைப்பு முழுவதற்குமான மொத்த இயக்க ஆற்றல் அல்லது அமைப்பின் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் போன்றவை அமைப்பின் அக ஆற்றலின் ஒரு பகுதி என்று தவறாகக் கருதக்கூடாது.

குறிப்பு

(a) ஒரே வெப்பநிலை மற்றும் அக ஆற்றலுடைய இரண்டு வாயு நிரப்பப்பட்ட கொள்கலன்களைக் கருதுக. அவற்றில் ஒன்று தரையிலும், மற்றொன்று இயக்கத்திலுள்ள இரயில் வண்டியிலும் வைக்கப்படுகிறது. இரயில் வண்டியில் உள்ள வாயுக்கொள்கலன் இரயிலின் வேகத்தில் இயங்கினாலும் அதன் உள்ளே உள்ள வாயு மூலக்கூறுகளின் அக ஆற்றலில் எவ்வித உயர்வும் ஏற்படவில்லை.

(b) ஒரே வெப்பநிலை மற்றும் அக ஆற்றலுடைய இரண்டு வாயு நிரப்பப்பட்ட கொள்கலன்களைக் கருதுக. அவற்றில் ஒன்று தரையிலும், மற்றொன்று h உயரத்திலும் வைக்கப்படுகின்றது. h உயரத்திலுள்ள வாயுக் கொள்கலனின் ஈர்ப்புநிலை ஆற்றல் அதிகமெனினும் இந்த அதிகரிப்பு, வாயுவின் அக ஆற்றலில் எவ்வித மாற்றத்தையும் ஏற்படுத்தாது.

எடுத்துக்காட்டு 8.10

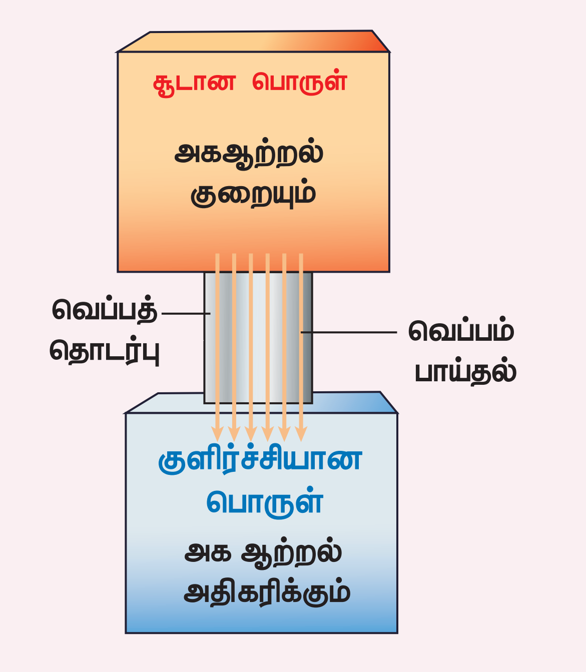
ஒரு வாளி முழுவதும் உள்ள சாதாரண நீருடன், ஒரு குவளை சுடுநீரை கலக்கும்போது வெப்பம் எத்திசையில் பரவும்?

உனது விடைக்கு உரிய விளக்கம் தருக.

வாளியில் உள்ள சாதாரண நீரைக்காட்டிலும், குவளையில் உள்ள சூடான நீரின் வெப்பநிலை அதிகம் இருப்பினும் குவளையில் உள்ள சுடுநீரின் அக ஆற்றலைவிட வாளி நீரின் அக ஆற்றல் அதிகம். ஏனெனில் அக ஆற்றல் ஓர் அளவுச் சார்புள்ள வெப்ப இயக்கவியல் மாறி ஆகும். அது அமைப்பின் அளவு அல்லது நிறையைச் சார்ந்ததாகும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 118 25-08-2020 14:59:40

வாளி நீரின் அக ஆற்றல் அதிகம் எனினும், குவளையில் உள்ள சுடுநீரில் இருந்து வெப்பம் வாளி நீருக்கு பாயும். இதற்குக்காரணம் வெப்பம் எப்போதும் உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து தாழ் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளுக்குப் பாயும். மேலும் இது அமைப்பின் அக ஆற்றலைச் சார்ந்ததல்ல. பொருளுக்கு வெப்பம் மாற்றப்பட்ட உடன் அவ்வெப்பம் பொருளின் அக ஆற்றலாக மாறிவிடும். எனவே பொருள் வெப்பத்தை பெற்றுள்ளது என்பதைவிட "பொருள் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு அக ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளது" என்று கூறுவதே சரியான முறையாகும். அமைப்பு ஒன்றின் அக ஆற்றலை அதிகரிப்பதற்கு ஒரு சிறந்த வழிமுறை வெப்பப்படுத்துவது ஆகும். இது பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



குறிப்பு இங்கு மிக முக்கியமாக கவனத்தில் கொள்ள வேண்டியது வெப்பம் எப்போதும் அக ஆற்றலை அதிகரிக்க வேண்டும் என்ற அவசியம் இல்லை. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் (Isothermal process), நல்லியல்பு வாயுவின் உள்ளே வெப்பம் பாய்ந்தாலும் அதன் அக ஆற்றலில் எவ்வித உயர்வும் ஏற்படாது என்பதை நாம் பின்னால் கற்க உள்ளோம்.

8.6.1 ஜூலின் வெப்ப இயந்திரவியல் சமானம் (JOULE'S MECHANICAL EQUIVALENT OF HEAT)

பொருளொன்றின் வெப்பநிலையை அதனை வெப்பப்படுத்துவதன் மூலம் உயர்த்தலாம் அல்லது அப்பொருளின்மீது வேலை செய்வதன் மூலம் உயர்த்தலாம். பதினெட்டாம் நூற்றாண்டில் ஜேம்ஸ் ஜூல் என்ற அறிவியல் அறிஞர் இயந்திர ஆற்றலை அக ஆற்றலாகவும், அக ஆற்றலை இயந்திர ஆற்றலாகவும் மாற்ற முடியும் என்று நிரூபித்தார். அவரின் ஆய்வின் படம் 8.19 இல் காட்டியுள்ளவாறு இரண்டு நிறைகள் கயிறு ஒன்றின் வழியே துடுப்பு சக்கரத்துடன்(Paddle wheel)இணைக்கப்பட்டுள்ளன. புவியீர்ப்பு விசையால் இரண்டு நிறைகளும் h தூரத்திற்கு கீழேவரும்போது 2 mgh அளவு நிலை ஆற்றலை இரண்டு நிறைகளும் இழக்கின்றன. நிறைகள் கீழே வரும்போது நீரினுள் உள்ள துடுப்பு சக்கரம் சுற்றும். எனவே துடுப்பு சக்கரத்திற்கும் நீருக்கும் இடையே ஓர் உராய்வு விசைத்தோன்றும். இது நீரின் வெப்பநிலையை உயர்த்தும். இங்கு ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் (Gravitational potential energy) நீரின் அக ஆற்றலாக மாற்றமடைவதை இது உணர்த்துகிறது. புவியீர்ப்புவிசையால் செய்யப்பட்ட வேலையினால் நீரின் வெப்பநிலை உயர்ந்துள்ளது. உண்மையில் வெப்பத்தை கொடுப்பதால் ஏற்படும் அதே விளைவை இயந்திரத்தைக் கொண்டு செய்யப்படும் வேலையினால் ஏற்படுத்த முடியும் என்று ஜூல் நிரூபித்துள்ளார். 1 கிராம் நிறையுடைய நீரின் வெப்பநிலையை 1°C உயர்த்த 4.186 J ஆற்றல் தேவைப்படும் என்று ஜூல் கண்டறிந்தார். பழங்காலங்களில் வெப்பமானது கலோரி (Calorie) என்ற அலகினால் அளக்கப்பட்டது.

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

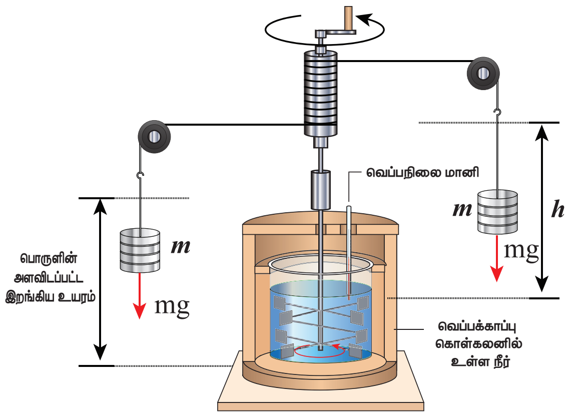
இதற்கு ஜூலின் வெப்ப இயந்திரவியல் சமானம் என்று பெயர்.

குறிப்பு ஜேம்ஸ் ஜூலின் காலத்திற்கு முன்பு, வெப்பம் என்பது கலோரிக் (Caloric) என்ற பாய்ந்தோடும் ஓர் திரவம் என்று மக்கள் கருதினார்கள். அத்திரவம் உயர் வெப்பநிலையில்

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 119 25-08-2020 14:59:41

உள்ள பொருளிலிருந்து, குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளுக்கு பாயும் எனவும் கருதினார்கள். கலோரிக் திரவக் கருத்தின்படி உயர் வெப்பநிலைப்பொருளில் அதிக கலோரிக் திரவமும், குளிர்ச்சியான பொருளில் குறைந்த கலோரிக் திரவமும் உள்ளன. ஏனெனில் வெப்பம் என்பது ஓர் அளவு என்று அவர்கள் கருதியதேயாகும். ஆனால் தற்காலத்தில் நாம் வெப்பம் என்பது ஓர் அளவு அல்ல அது பரிமாற்றிக் கொள்ளப்படும் ஓர் பரிமாற்ற ஆற்றல் என்று புரிந்து கொண்டிருக்கிறோம். எனவே "வெப்ப இயந்திரவியல் சமானம்" என்பது ஓர் தவறான பிரயோகமாகும். ஏனெனில் இயந்திர ஆற்றல் என்பது ஓர் அளவாகும். எந்த ஒரு பொருளும் அதிகமாகவோ அல்லது குறைவாகவோ இயந்திர ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கலாம். ஆனால் வெப்பத்திற்கு இது பொருந்தாது. ஏனெனில் வெப்பம் என்பது ஓர் அளவு அல்ல. இருந்தபோதிலும் இந்தப் பிரயோகம் தொன்று தொட்டே நடைமுறையில் இருந்துவருவதால் அது தற்போதும் பின்பற்றப்படுகிறது.]

இதன் சரியானப் பிரயோகம் "ஜூலின் அகஆற்றல் – இயந்திரவியல் ஆற்றல் சமானம்" என்பதேயாகும். அடிப்படையில் ஜூல் இயந்திர ஆற்றலையே அக ஆற்றலாக மாற்றியுள்ளார். ஜூலின் துடுப்பு சக்கர ஆய்வில் நிறைகளின் ஈர்ப்புநிலை ஆற்றல், துடுப்பு சக்கரத்தின் சுழல் இயக்க ஆற்றலாக மாற்றமடைந்து, பின்னர் நீரின் அக ஆற்றலாக மாற்றமடைகிறது.



படம்.8.19 ஜூலின் வெப்ப இயந்திரவியல் சமானத்தை கண்டறியும் ஆய்வு

எடுத்துக்காட்டு 8.11

மாணவர் ஒருவர் காலைச் சிற்றுண்டியாக 200 உணவு கலோரி (food calorie) ஆற்றலுடைய உணவை உண்கிறார். அவர் அவ்வாற்றலை கிணற்றிலிருந்து தண்ணீரை இறைத்து பள்ளியில் உள்ள மரங்களுக்கு ஊற்றுவதன் மூலம் செலவழிக்கலாம் எனக் கருதுகிறார். அவ்வாறு செலவழிக்க வேண்டுமென்றால் எத்தனை மரங்களுக்கு அவர் தண்ணீர் ஊற்ற முடியும்? இங்கு கிணற்றின் ஆழம் 25 m, குடத்தின் கொள்ளளவு 25 L, ஒவ்வொரு மரத்திற்கும் ஒரு குடம் நீர் ஊற்ற வேண்டும் என்க. (நடக்கும்போது செலவழிக்கப்படும் ஆற்றலையும், குடத்தின் நிறையையும் புறக்கணிக்கவும்) $g = 10\ ms^{-2}$ எனக் கருதுக.

தீர்வு:

கிணற்றிலிருந்து 25 L தண்ணீரை இறைப்பதற்கு அவரின் அக ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி புவியீர்ப்பு விசைக்கு எதிராக வேலை செய்ய வேண்டும்

தண்ணீரின் நிறை $= 25\ L = 25\ kg \ \ (1L = 1kg)$

25 kg நிறையுடைய தண்ணீரை இறைக்க செய்ய வேண்டிய வேலை = தண்ணீரால் பெறப்படும் ஈர்ப்புநிலை ஆற்றல்

$$W = mgh = 25 \times 10 \times 25 = 6250\ J$$

காலைச் சிற்றுண்டியால் பெறப்பட்ட ஆற்றல் = 200 உணவு கலோரி =200 kcal.

$$1\ kcal = 10^3 \times 4.186\ J$$

$$= 200 \times 10^3 \times 4.186\ J = 8.37 \times 10^5\ J$$

இவ்வாற்றலைக் கொண்டு மாணவர் 'n' குடங்கள் நீரை கிணற்றிலிருந்து இறைக்கிறார் எனக் கருதுக

மாணவரால் செலவழிக்கப்படும் மொத்த ஆற்றல் $= 8.37 \times 10^5\ J = nmgh$

எனவே

$$n = \frac{8.37 \times 10^5\ J}{6250\ J} \approx 134.$$

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 120 25-08-2020 14:59:42

இங்கு n என்பது தண்ணீர் ஊற்றப்பட வேண்டிய மரங்களின் எண்ணிக்கையை கூட குறிக்கிறது.

காலைச் சிற்றுண்டி மட்டும் உண்டு விட்டு 134 குடம் நீரை இறைக்க முடியுமா? நிச்சயம் முடியாது. உண்மையில் மனித உடல் உணவுஆற்றல் முழுவதையும் வேலையாக மாற்றாது. ஏனெனில் தோராயமாக மனித உடலின் பயனுறுதிறன் 20% ஆகும். அதாவது 200 உணவு கலோரியில் 20% மட்டுமே வேலையாக மாற்றமடையும். எனவே 134 குடங்களில் 20% என்பது 26 குடங்கள் மட்டுமே. எனவே அம்மாணவர் உண்ட சிற்றுண்டிக்கு இணையாக செய்ய முடிந்த வேலையின் அளவு 26 குடங்கள் நீரை இறைப்பதே ஆகும்.

மீதமுள்ள ஆற்றல் இரத்த ஓட்டத்திற்கும் மற்ற உடலின் மற்ற உறுப்புகளின் இயக்கத்திற்கும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மேலும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு உணவு ஆற்றல் வீணாக இழக்கப்படும் என்பதை நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

நமது உடலின் பயனுறுதிறன் ஏன் 100% இல்லை? இதற்கான விடையை நீங்கள் பிரிவு 8.9 இல் அறிந்து கொள்வீர்கள்.

8.6.2. வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி

ஆற்றல் மாறாவிதியின் கூற்றே வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி ஆகும். நியூட்டனின் இயக்கவியலில் ஆற்றல் மாறாத்தன்மை பெரிய பொருள்களின் இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலை ஆற்றலை உள்ளடக்கியுள்ளது. ஆனால் வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி வெப்பத்தையும் உள்ளடக்கியுள்ளது. இவ்விதியின்படி அமைப்பின் அக ஆற்றல் மாறுபாடானது (ΔU), அமைப்பிற்குக் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்திற்கும் (Q) சூழலின்மீது அவ்வமைப்பு செய்த வேலைக்கும் (W) உள்ள வேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும். கணிதமொழியில் இதனைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

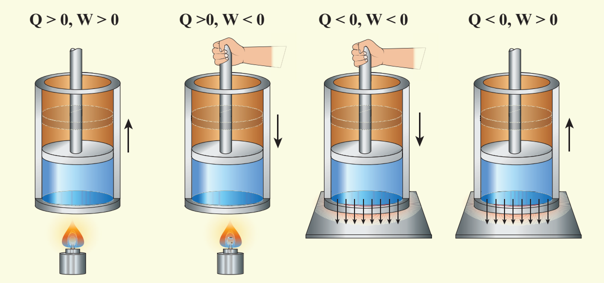
$$\Delta U = Q - W \quad (8.13)$$

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் அக ஆற்றலை, வெப்பப்படுத்தியோ அல்லது வேலை செய்தோ மாற்ற இயலும். இதனை கீழே உள்ள அட்டவணையில் காணலாம்.

அமைப்பின் உள்ளே வெப்பம் பாய்தல்	அக ஆற்றல் அதிகரிக்கும்
அமைப்பிலிருந்து வெப்பம் வெளியேறுதல்	அக ஆற்றல் குறையும்
அமைப்பின்மீது வேலை செய்யப்படும் போது	அக ஆற்றல் அதிகரிக்கும்
அமைப்பினால் வேலை செய்யப்படும்போது	அக ஆற்றல் குறையும்

மேலே உள்ள அட்டவணையின் அடிப்படையில், வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதியை பயன்படுத்துவதற்கான குறியீட்டு மரபினை அறிமுகப்படுத்தலாம். இது கீழே உள்ள அட்டவணை மற்றும் படம் 8.20 இல் குறிப்பிட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ளது.

வெப்ப இயக்கவியல் முதல் விதியைப் பயன்படுத்துவதற்கான குறியீட்டு மரபு	
அமைப்பு வெப்பத்தைப் பெறும்போது	Q நேர்க்குறி
அமைப்பு வெப்பத்தை இழக்கும்போது	Q எதிர்க்குறி
அமைப்பின்மீது வேலை செய்யப்படும்போது	W எதிர்க்குறி
அமைப்பு வேலை செய்யும் போது	W நேர்க்குறி



படம் 8.20 வெப்பம் மற்றும் வேலைக்கான குறியீட்டு மரபு

பொதுவாக வாயுக்களைக் கொண்டே, வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதி விளக்கப்படுகிறது. ஆனால் இவ்விதி எல்லாவற்றிற்கும் பொதுவானது. மேலும் திரவங்கள் மற்றும் திடப்பொருள்களுக்கும் இவ்விதியைப் பயன்படுத்த முடியும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 121 25-08-2020 14:59:43

குறிப்பு சில புத்தகங்களில் $\Delta U = Q + W$ என வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதி குறிப்பிட்டிருக்கும். இங்கு அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை எதிர்க்குறியாகவும், அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை நேர்க்குறியாகவும் கருதப்படும். இவை இரண்டுமே சரியான குறியீட்டு மரபுகள்தான். இவற்றில் ஏதேனும் ஒரு குறியீட்டு மரபினை நாம் பின்பற்றலாம்

எடுத்துக்காட்டு 8.12

மனிதரொருவர் 2 kg நிறையுடைய நீரினை துடுப்பு சக்கரத்தைக் கொண்டு கலக்குவதன்மூலம் 30 kJ வேலையைச் செய்கிறார். ஏறத்தாழ 5 k cal வெப்பம் நீரிலிருந்து வெளிப்பட்டு கொள்கலனின் பரப்பு வழியே வெப்பக்கடத்தல் மற்றும் வெப்பக் கதிர்வீச்சின் மூலம் சூழலுக்குக் கடத்தப்படுகிறது எனில் அமைப்பின் அக ஆற்றல் மாறுபாட்டைக் காண்க.

தீர்வு

அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை(நீரினைக் கலக்குவதன் மூலம் மனிதரால் செய்யப்பட்ட வேலை) W = –30 kJ = –30,000J

அமைப்பிலிருந்து வெப்பம் வெளிப்படுகிறது, Q = –5 kcal = –5 × 4184 J =–20920 J

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியைப் பயன்படுத்தும்போது

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = -20{,}920\, J - (-30{,}000)\, J$$

$$\Delta U = -20{,}920\, J + 30{,}000\, J = 9080\, J$$

இங்கு, அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைவிட வெப்ப இழப்பு குறைவாக உள்ளது. எனவே அக ஆற்றல் மாறுபாடு நேர்க்குறியாகும். இது அமைப்பின் அக ஆற்றல் அதிகரித்ததைக் காட்டுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 8.13:

மெல்லோட்டப் பயிற்சியை (Jogging) தினமும் செய்வது உடல்நலத்தை பேணிக்காக்கும் என்பது நாமறிந்ததே. நீங்கள் மெல்லோட்டப் பயிற்சியில் ஈடுபடும்போது 500 kJ வேலை உங்களால் செய்யப்படுகிறது. மேலும் உங்கள் உடலிலிருந்து 230 kJ வெப்பம் வெளியேறுகிறது எனில், உங்கள் உடலில் ஏற்படும் அக ஆற்றல் மாறுபாட்டைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை (நமது உடலை அமைப்பு என்று கருதுக)

$$W = +500\, kJ$$

அமைப்பிலிருந்து (நமது உடல்) வெளியேற்றப்பட்ட வெப்பம் $Q = -230\, kJ$

உடலில் ஏற்படும் அக ஆற்றல் மாறுபாடு

$$= \Delta U = -230\, kJ - 500\, kJ = -730\, kJ.$$

எதிர்க்குறியானது நமது உடலின் அக ஆற்றல் குறைந்தது என்பதைக் காட்டுகிறது.

8.6.3 மீமெது நிகழ்வு (Quasi–static process)

V பருமன் , P அழுத்தம் மற்றும் T வெப்பநிலையில் உள்ள நல்லியல்பு வாயு அமைப்பினைக் கருதுக. நல்லியல்பு வாயு அடைக்கப்பட்ட உருளையின் பிஸ்டன் வெளிநோக்கி நகர்த்தும்போது நல்லியல்பு வாயுவின் பருமனில் மாற்றம் ஏற்படும். இதன் விளைவாக வெப்பநிலையிலும் அழுத்தத்திலும் மாற்றம் ஏற்படும். ஏனெனில், இம்மூன்று மாறிகளும் (P,T மற்றும் V) PV=NkT என்ற நிலைச்சமன்பாட்டினால் தொடர்புபடுத்தப்பட்டுள்ளன. நிறை ஒன்றினை பிஸ்டனின் மீது வைக்கும்போது, அது பிஸ்டனை திடீரென கீழ்நோக்கி அழுத்தும். இந்நிலையில் பிஸ்டனுக்கு மிக அருகே உள்ள பகுதியின் அழுத்தம், அமைப்பின் மற்ற பகுதிகளில் உள்ள அழுத்தத்தைவிட அதிகமாக இருக்கும். இது

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 122 25-08-2020 14:59:43

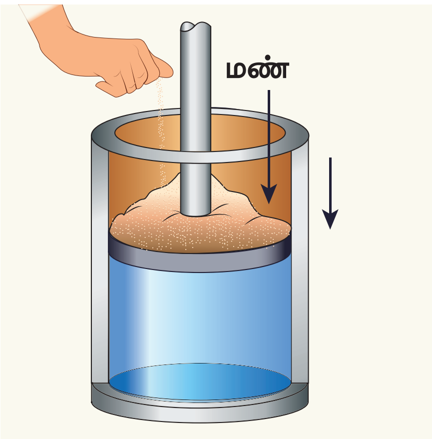
வாயுவின் சமநிலையற்றத்தன்மையைக் (non–equilibrium) காட்டுகிறது. வாயு சமநிலையை மீண்டும் அடையும்வரை அவ்வாயுவின் அழுத்தம், வெப்பநிலை அல்லது அக ஆற்றலைக் கண்டறிய இயலாது. ஆனால் பிஸ்டனை மிக மெதுவாக அழுத்தும்போது ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் அமைப்பு, சூழலுடன் சமநிலையில் இருக்கும். இந்நிலையில் நாம் நிலைச் சமன்பாட்டைக் கொண்டு அமைப்பின் அக ஆற்றல், அழுத்தம் அல்லது வெப்பநிலையைக் கணக்கிட இயலும். இவ்வகையான நிகழ்விற்கு மீமெது நிகழ்வு என்று பெயர்.

மீமெது நிகழ்வு என்பது மிகமிக மெதுவாக நடைபெறும் ஓர் நிகழ்வாகும். இந்நிகழ்வு முடியும்வரை அமைப்பு, சூழலுடன் வெப்பச்சமநிலை, இயந்திரச் சமநிலை மற்றும் வேதிச்சமநிலையில் இருக்கும்படி தன்னுடைய மாறிகளான (P,V,T) ஆகியவற்றின் மதிப்புகளை மிக மெதுவாக மாற்றிக்கொள்ளும். வரையறுக்க இயலாத அளவு மெதுவாக ஏற்படும் இம்மாற்றத்தினால் அமைப்பு எப்போதும் சமநிலைத்தன்மையை ஒட்டியே காணப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு 8.14:

மீமெது நிகழ்விற்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டுத் தருக.

பருமன் V, அழுத்தம் P மற்றும் வெப்பநிலை T உடைய வாயு ஒன்று கொள்கலனில் அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ளது என்க. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு பிஸ்டன் மீது ஒவ்வொரு மண்துகளாகப் போடும்போது பிஸ்டன் உள்நோக்கி மிக மெதுவாக நகரும். இந்நிகழ்வினை கிட்டத்தட்ட மீமெது நிகழ்வாகக் கருதலாம்.



(ஒவ்வொரு மண்துகளாகப் பிஸ்டனின் மீது போடும்போது ஏற்படும் மீமெது நிகழ்வு)

8.6.4 பருமனில் மாற்றம் ஏற்படும்போது செய்யப்பட்ட வேலை:

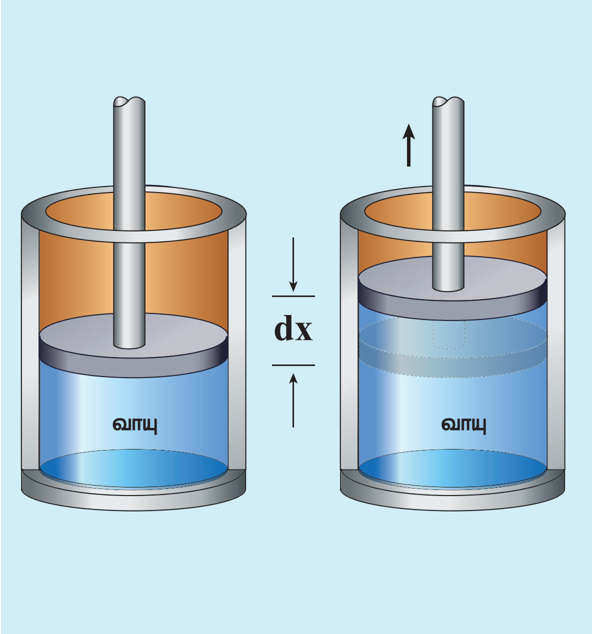
நகரும் பிஸ்டனைக் கொண்ட வாயு நிரப்பப்பட்ட உருளை ஒன்றைக் கருதுக. படம் 8.21 இல் காட்டியுள்ளவாறு மீமெது நிகழ்வில் உள்ளவாறு வாயு விரிவடைந்து பிஸ்டனை dx தொலைவு மெதுவாகத் தள்ளுகிறது.

இங்கு மீமெது நிகழ்வின் அடிப்படையில் வாயு விரிவடைகிறது. எனவே ஒவ்வொரு கணத்திலும் அழுத்தம், வெப்பநிலை மற்றும் அக ஆற்றல் ஆகியவை ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பினைப் பெற்றிருக்கும்.

வாயுவால் பிஸ்டன் மீது செய்யப்பட்ட சிறிய வேலை

$$dW = Fdx \qquad (8.14)$$

வாயுவால் பிஸ்டனின் மீது செலுத்தப்பட்ட விசை $F = PA$. இங்கு A என்பது பிஸ்டனின் பரப்பையும், P என்பது வாயு பிஸ்டனின் மீது செலுத்தும் அழுத்தத்தையும் குறிக்கிறது.



படம் 8.21 வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை

சமன்பாடு (8.14) ஐ பின்வருமாறு மாற்றியமைக்கலாம்

$$dW = PA\,dx \qquad (8.15)$$

ஆனால், $Adx = dV$ = வாயுவின் விரிவினால் ஏற்பட்ட பருமன் மாறுபாடு

எனவே வாயு விரிவடைந்ததால் செய்யப்பட்ட சிறிய வேலை

$$dW = PdV \qquad (8.16)$$

இங்கு dV நேர்க்குறி என்பதை கவனிக்க வேண்டும். ஏனெனில் பருமன் அதிகரிக்கிறது.

பொதுவாக வாயுவின் பருமன் V_i லிருந்து V_f வரை அதிகரிப்பதால் செய்யப்பட்ட வேலையை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

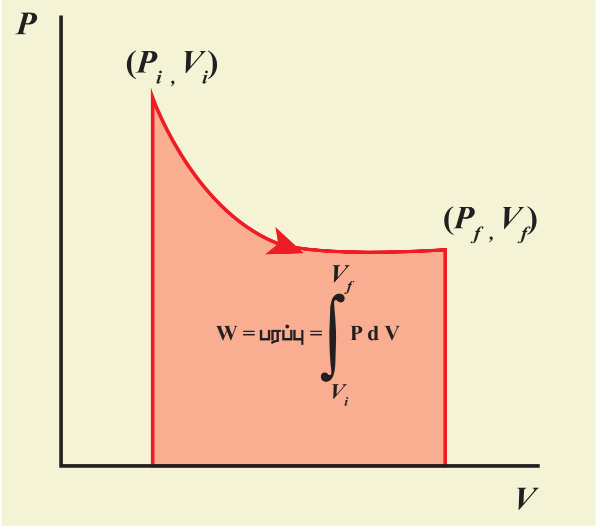
$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV \qquad (8.17)$$

அமைப்பின்மீது வேலை செய்யப்பட்டிருப்பின் $(V_i > V_f)$ W எதிர்க்குறி மதிப்பைப் பெறும்.

சமன்பாடு (8.17) இல் அழுத்தம் P, தொகைக் குறியீட்டிற்கு உள்ளே உள்ளதைக் கவனிக்க வேண்டும். அமைப்பு வேலை செய்யும்போது அழுத்தம் மாறிலியாக இருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை என்பதை இது உணர்த்துகிறது. தொகையீட்டு மதிப்பினைக் காண நிலைச் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி அழுத்தத்தை பருமன் மற்றும் வெப்பநிலையின் சார்பாகக் குறிப்பிட வேண்டும்.

8.6.5 PV வரைபடம்

அழுத்தம் P மற்றும் பருமன் V இவைகளுக்கு இடையே வரையப்படும் ஓர் வரைபடமே PV வரைபடமாகும். வாயு விரிவடையும்போது அவ்வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலையை PV வரைபடத்தைக் கொண்டு கணக்கிடலாம் அல்லது வாயு அமுக்கப்படும்போது அவ்வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைக் கணக்கிடலாம். அலகு 2 இல் நாம் கற்றபடி வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு சிறும எல்லையிலிருந்து பெரும எல்லைவரை உள்ள சார்பின் தொகையீட்டு மதிப்பைத் தரும். இதேபோன்று PV வரைபடத்தின் கீழே உள்ள பரப்பு வாயு விரிவடையும்போது அல்லது அமுக்கப்படும்போது செய்யப்பட்ட வேலையைக் கொடுக்கும். இது படம் (8.22) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.22 வாயு விரிவடையும்போது வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை

PV வரைபடத்தின் வடிவம் வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வின் தன்மையைச் சார்ந்தது.

எடுத்துக்காட்டு 8.15

நிலையான வளிமண்டல அழுத்தத்தில் உள்ள வாயுவின் பருமன் $1\,m^3$ லிருந்து $2\,m^3$ ஆக விரிவடைகிறது எனில், பின்வருவனவற்றைக் காண்க.

a. வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை

b. இவ்வேலைக்கான PV வரைபடம்.

தீர்வு:

a. அழுத்தம் $P = 1$ atm $= 101$ kPa, $V_f = 2\,m^3$ மற்றும் $V_i = 1\,m^3$

சமன்பாடு (8.17) இல் இருந்து

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV = P\int_{V_i}^{V_f} dV$$

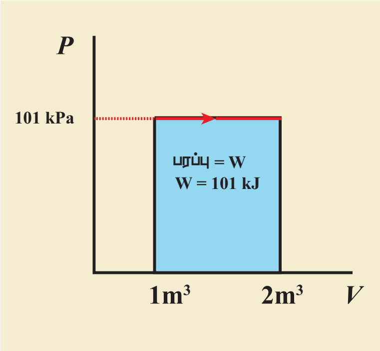
இங்கு P என்பது ஓர் மாறிலியாகும். எனவே இது தொகையீட்டிற்கு வெளியே உள்ளது.

$$W = P(V_f - V_i) = 101 \times 10^3 \times (2-1) = 101\ kJ$$

b. அழுத்தம் மாறிலியாக உள்ளதால் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு PV வரைபடம் ஓர் நேர்க்கோடாக இருக்கும். அந்த

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 124 25-08-2020 14:59:45

நேர்க்கோட்டுக்கு கீழே உள்ள பரப்பு செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் சமமாகும்.



படத்தில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள அம்புக்குறியீட்டை கவனிக்க வேண்டும். ஒரே வேளை அமைப்பின் மீது வேலை செய்யப்பட்டிருந்தால் பருமன் குறையும். எதிர்த்திசையில் அம்புக்குறி காணப்படும்.

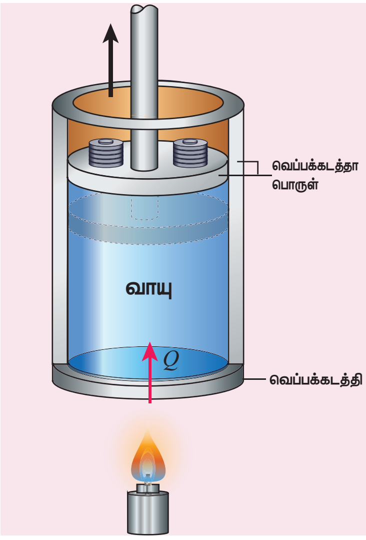
8.7 வாயுவின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்

கொடுக்கப்பட்ட அமைப்பின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் அவ்வமைப்பின் கட்டமைப்பு மற்றும் மூலக்கூறுகளின் தன்மையைக் கண்டறிவதில் முக்கியப் பங்காற்றுகின்றது. திடப்பொருள் மற்றும் திரவங்களுக்கு மாறாக வாயுக்கள் இரண்டு தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்களைப் பெற்றுள்ளன. அவை, அழுத்தம் மாறாத் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (s_p) மற்றும் பருமன் மாறாத் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (s_v).

8.7.1 தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்

அழுத்தம் மாறாத் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (s_p)

அழுத்தம் மாறா நிலையில் 1 kg நிறையுடைய பொருளின் வெப்பநிலையை 1 K அல்லது 1°C உயர்த்தத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவு அழுத்தம் மாறாத்தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் என அழைக்கப்படும். அமைப்பினை வெப்பப்படுத்தும்போது வாயுவிற்கு வெப்பம் அளிக்கப்படுகிறது. படம் 8.23 இல் காட்டியுள்ளவாறு மாறா அழுத்தத்தில் வாயு விரிவடைகிறது.

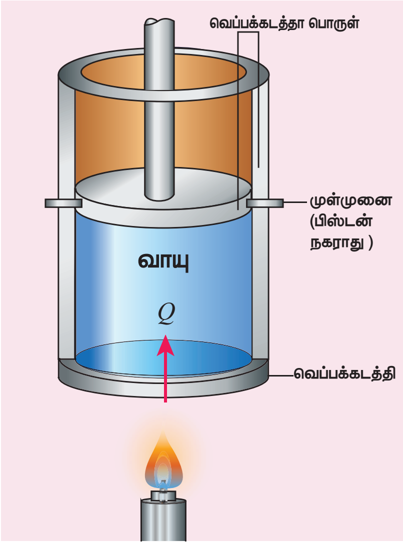


படம் 8.23 அழுத்தம் மாறாத்தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்

இந்நிகழ்வில் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தின் ஒரு பகுதி வேலை செய்ய (விரிவடைய) பயன்படுகிறது. மேலும் மீதம் உள்ள பகுதி வாயுவின் அக ஆற்றலை அதிகரிப்பதற்குப் பயன்படுகிறது.

பருமன் மாறாத் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (s_v)

பருமன் மாறாநிலையில் 1kg நிறையுடைய பொருளின் வெப்பநிலையை 1 K அல்லது 1°C உயர்த்தத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவு, பருமன் மாறா தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் என்று அழைக்கப்படும். வாயுவின் பருமன் மாறாத நிலையில் கொடுக்கப்படும் வெப்பம் அமைப்பின் அக ஆற்றல் அதிகரிப்பதற்கு மட்டுமே பயன்படுகிறது. படம் 8.24 இல் காட்டியுள்ளவாறு எவ்வித வேலையும் செய்யப்படாது.



படம் 8.24 பருமன் மாறாத் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்

மாறா அழுத்தத்தில் வாயுவின் வெப்பநிலையை உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தை விட, மாறா பருமனில் உள்ள வாயுவின் வெப்பநிலையை உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பம் குறைவானது. வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் s_p எப்போதும் s_v ஐ விட அதிகமாகும்.

மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்கள்

சில நேரங்களில் மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்களைக் (C_p, C_v). கணக்கிடுவது, நமக்கு மிகவும் பயனுள்ளதாக அமையும்.

மாறாப்பருமனில் 1 மோல் அளவுள்ள பொருளின் வெப்பநிலையை 1K அல்லது 1°C உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவே, பருமன் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (C_v) ஆகும். மாறா அழுத்தத்தில் வெப்பநிலையை உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவு அழுத்தம் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (C_p).

மாறாப்பருமனில் μ மோல் அளவுள்ள வாயுவிற்குக் கொடுக்கப்படும் வெப்பத்தை Q என்றும், அதனால் ஏற்படும் வெப்பநிலை வேறுபாட்டை ΔT எனவும் கொண்டால்

$$Q = \mu C_v \Delta T. \qquad (8.18)$$

என எழுதலாம்.

இம் மாறாபரும நிகழ்விற்கு வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியைப் பயன்படுத்தினால் ($W = 0$, ஏனெனில் $dV = 0$),

$$Q = \Delta U - 0 \qquad (8.19)$$

எனக் கிடைக்கும்.

(8.18) மற்றும் (8.19) இவற்றை ஒப்பிடும்போது

$$\Delta U = \mu C_v \Delta T \text{ அல்லது } C_v = \frac{1}{\mu}\frac{\Delta U}{\Delta T}$$

ΔT யின் எல்லை சுழியினை அடையும்போது ($\Delta T \to 0$), நாம்

$$C_v = \frac{1}{\mu}\frac{dU}{dT} \qquad (8.20)$$

என எழுதலாம்.

இங்கு வெப்பநிலை மற்றும் அக ஆற்றல் இரண்டுமே நிலை மாறிகள். எனவே, மேற்கண்ட சமன்பாடு அனைத்து நிகழ்வுகளுக்கும் பொருத்தமானதாகும்.

8.7.2. மேயர் தொடர்பு (Meyer's Relation):

μ மோல் அளவுடைய நல்லியல்பு வாயு கொள்கலன் ஒன்றில் அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. அவ்வாயுவின் பருமன் V, அழுத்தம் P மற்றும் வெப்பநிலை T என்க. மாறாப்பருமனில் வாயுவின் வெப்பநிலை dT அளவு உயர்த்தப்படுகிறது. இங்கு வாயுவால் எவ்வித வேலையும் செய்யப்படவில்லை. எனவே அமைப்பிற்குக் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பம் அக ஆற்றலை மட்டுமே அதிகரிக்கும். அக ஆற்றலில் ஏற்பட்ட மாற்றத்தை dU என்க.

C_v என்பது பருமன் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் எனில் சமன்பாடு (8.20) ஐ பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$dU = \mu C_v dT \qquad (8.21)$$

மாறா அழுத்தத்தில் வாயுவை வெப்பப்படுத்தும்போது, அவ்வாயுவின் வெப்பநிலை உயர்வு dT எனவும், அமைப்பிற்குக் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவு 'Q' எனவும், இந்நிகழ்வினால் பருமனில் ஏற்பட்ட மாற்றம் 'dV' எனவும் கொண்டால்

$$Q = \mu C_p dT \qquad (8.22)$$

இந்நிகழ்வினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = PdV \qquad (8.23)$$

ஆனால், வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதிப்படி

$$Q = dU + W \qquad (8.24)$$

சமன்பாடுகள் (8.21), (8.22) மற்றும் (8.23) இம்மூன்றையும் (8.24) இல் பிரதியிடும்போது,

$$\mu C_p dT = \mu C_v dT + PdV \qquad (8.25)$$

எனக் கிடைக்கும்.

μ மோல் நல்லியல்பு வாயுவிற்கு நிலைச்சமன்பாட்டை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$PV = \mu RT \Rightarrow PdV + VdP = \mu RdT \qquad (8.26)$$

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 126 25-08-2020 14:59:45

இங்கு அழுத்தம் மாறாது, எனவே $dP = 0$,

$PdV = \mu RdT$

$$\therefore C_p dT = C_v dT + RdT$$

$$\therefore C_P = C_v + R \quad (or) \quad C_p - C_v = R \qquad (8.27)$$

இத்தொடர்பிற்கு மேயர் தொடர்பு என்று பெயர்.

மாறா அழுத்தத்தில் நல்லியல்பு வாயுவின் மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன், பருமன் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் மற்றும் R ஆகியவற்றின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும் என்பதை இத்தொடர்பு நமக்குக் காட்டுகிறது.

மேலும் இத்தொடர்பிலிருந்து, அழுத்தம் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (C_p), பருமன் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனைவிட (C_v) எப்போதும் அதிகம் என்பதை நாம் புரிந்து கொள்ளலாம்.

8.8 வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வுகள் (THERMODYNAMIC PROCESSES):

8.8.1 வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு (Isothermal process):

இந்நிகழ்வில் வெப்பநிலை ஓர் மாறா மதிப்பினைப் பெற்றிருக்கும். ஆனால் வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் அழுத்தமும், பருமனும் மாற்றமடையும்.

நாமறிந்தபடி நல்லியல்பு வாயுச்சமன்பாடு

$$PV = \mu RT$$

இந்நிகழ்வில் T ஓர் மாறிலி. எனவே வெப்பநிலை மாறா நிகழ்விற்கான நிலைச்சமன்பாடு

$$PV = \text{மாறிலி} \qquad (8.28)$$

இந்த சமன்பாடு நமக்கு உணர்த்துவது

வாயு ஒரு சமநிலை நிலையிலிருந்து (P_1, V_1) மற்றொரு சமநிலை நிலைக்குச் (P_2, V_2) செல்லும் போது பின்வரும் தொடர்பு பொருந்தும் என்பதே.

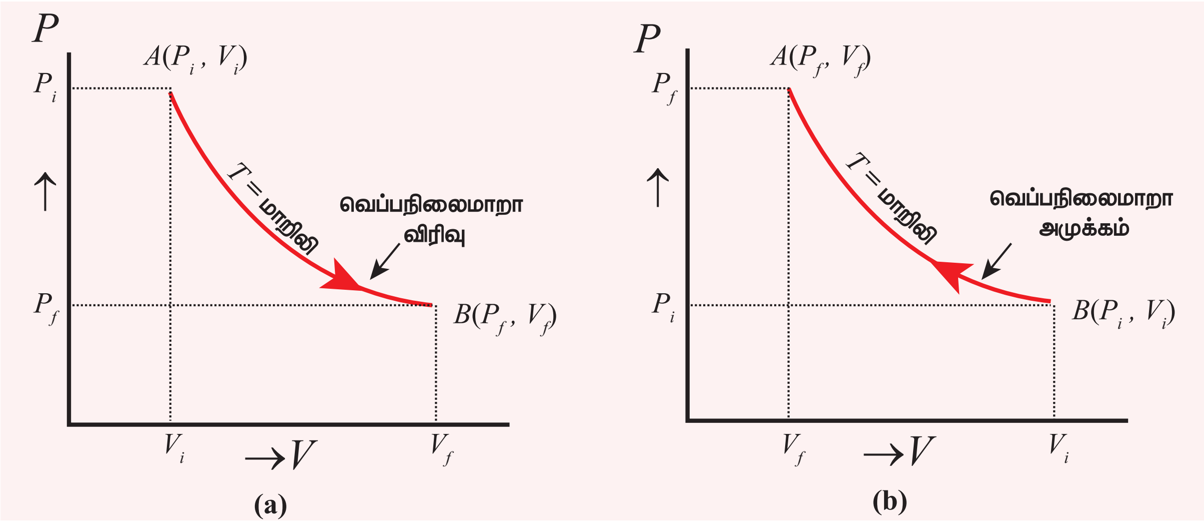
$$P_1V_1 = P_2V_2 \qquad (8.29)$$

இங்கு PV = மாறிலி. எனவே P, ஆனது V யுடன் எதிர் விகிதத்தொடர்பைப் பெற்றுள்ளது. அதாவது ($P \propto \frac{1}{V}$). இதிலிருந்து PV வரைபடம் ஓர் அதிபரவளையம் (hyperbola) என அறியலாம்.

மாறா வெப்பநிலையில் வரையப்படும் அழுத்தம் – பருமன் வரைபடத்தை வெப்பநிலை மாறா வரைபடம் (isotherm) என்றே அழைக்கலாம்.

மீமெது வெப்பநிலை மாறா விரிவு மற்றும் மீமெது வெப்பநிலை மாறா அமுக்கம் இவற்றிற்கான PV வரைபடங்கள் படம் 8.25 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

நாம் அறிந்தபடி நல்லியல்பு வாயு ஒன்றின் அக ஆற்றல் அவ்வாயுவின் வெப்பநிலையை மட்டுமே சார்ந்துள்ளது.



படம் 8.25 (a) வெப்பநிலை மாறா மீமெது விரிவு (b) வெப்பநிலை மாறா மீமெது அமுக்கம்

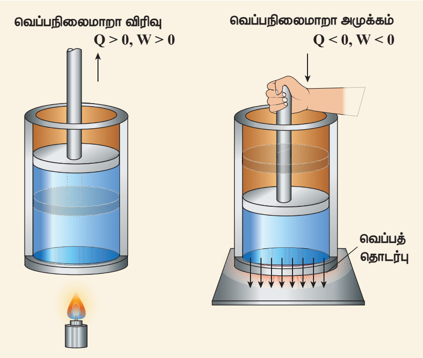
UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 127 25-08-2020 14:59:46

எனவே, ஒரு வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் அக ஆற்றலும் ஓர் மாறிலியாகும் ஏனெனில் வெப்பநிலை இங்கு மாறாமல் உள்ளது. எனவே, dU அல்லது $\Delta U = 0$.

வெப்பநிலை மாறா நிகழ்விற்கான வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

$$Q = W \quad (8.30)$$

சமன்பாடு (8.30) இல் இருந்து வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் வாயுவிற்குக் கொடுக்கப்படும் வெப்பம் புறவேலைக்கு மட்டுமே பயன்படுகிறது என்பதை நமக்கு உணர்த்துகிறது. அமைப்பு ஒன்றினுள் வெப்பம் பாயும்போது அவ்வமைப்பின் வெப்பநிலை எப்போதும் உயரும் என்ற தவறான புரிதல் உள்ளது. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் இது உண்மையல்ல. வெப்பநிலை மாறா அமுக்கம் ஏற்படும்போது உருளையின் உள்ளே பிஸ்டன் தள்ளப்படுகிறது இது அக ஆற்றலை அதிகரிக்கும். ஆனால் இந்த அக ஆற்றல் அதிகரிப்பு வெப்பத்தொடர்பினால் அமைப்பிற்கு வெளியே சென்று விடுகிறது. இது படம் 8.26 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



KBBQHE

படம் 8.26 வெப்பநிலை மாறா விரிவு மற்றும் வெப்ப நிலை மாறா அமுக்கம்

எடுத்துக்காட்டுகள்:

1. தண்ணீரை வெப்பப்படுத்தும் போது, அதன் கொதிநிலையில் தண்ணீருக்கு எவ்வளவு வெப்பத்தை அளித்தாலும் தண்ணீர் முழுவதுமாக நீராவியாக மாறும்வரை அதன் வெப்பநிலை உயருவதில்லை. இதேபோன்று உறைநிலையில் உள்ள பனிக்கட்டி உருகி தண்ணீராக மாறும் போதும் பனிக்கட்டிக்கு வெப்பத்தைக் கொடுத்தாலும் அதன் வெப்பநிலை உயருவதில்லை.
2. நமது உடலின் அனைத்து வளர்சிதை மாற்றங்களும் ஒரு மாறா வெப்பநிலையிலேயே (37°C) நடைபெறுகின்றன.

வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை:

நல்லியல்பு வாயு ஒன்றினைக் கருதுக. மாறா வெப்பநிலையில், மீமெது நிகழ்வில் (P_i, V_i) என்ற தொடக்க நிலையிலிருந்து (P_f, V_f) என்ற இறுதிநிலைக்கு அதனை விரிவடைய அனுமதிக்கவும். இந்நிகழ்வில் வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலையை நாம் பின்வருமாறு கணக்கிடலாம்.

சமன்பாடு (8.17) இல் இருந்து வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை,

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV \quad 8.31)$$

இந்நிகழ்வு மீமெது நிகழ்வாக உள்ளதால் ஒவ்வொரு நிலையிலும் வாயுவானது சூழலுடன் சமநிலையில் இருக்கும். இங்கு வாயு நல்லியல்பு வாயுவாகவும் ஒவ்வொரு நிலையிலும் சூழலுடன் சமநிலையில் உள்ளதாலும் நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டை இங்கு நாம் பயன்படுத்தி அழுத்தத்தை பருமன் மற்றும் வெப்பநிலையின் சார்பாக எழுதலாம்.

$$P = \frac{\mu RT}{V} \quad (8.32)$$

சமன்பாடு (8.32) ஐ சமன்பாடு (8.31) இல் பிரதியிடும்போது

$$W = \int_{V_i}^{V_f} \frac{\mu RT}{V} \, dV$$

$$W = \mu RT \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V} \quad (8.33)$$

சமன்பாடு (8.33) இல் T தொகையீட்டிற்கு வெளியே வைத்திருக்கக்காரணம் வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு முழுமைக்கும் இது மாறிலியாகும்.

சமன்பாடு (8.33) ஐ தொகைப்படுத்தும்போது

$$W = \mu RT \, ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) \quad (8.34)$$

இங்கு ஏற்பட்ட பருமன் விரிவு ஓர் வெப்பநிலை மாறா விரிவாகும்

மேலும் $\frac{V_f}{V_i} > 1$, என்பதால் $ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) > 0$ ஆகும்.

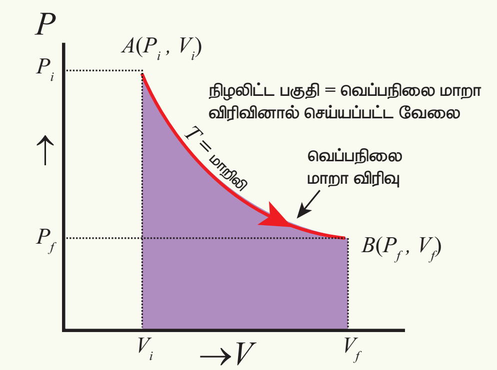
UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 128 25-08-2020 14:59:48

எனவே, வெப்பநிலை மாறா விரிவில் வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை நேர்க்குறி ஆகும்.

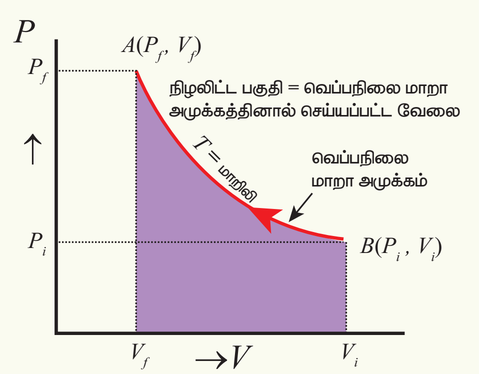
சமன்பாடு (8.34) வெப்பநிலை மாறா அமுக்கத்திற்கும் பொருந்தும். ஆனால் வெப்பநிலை மாறா அமுக்கத்தில் $\frac{V_f}{V_i} < 1$ எனவே $ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) < 0$

எனவே, வெப்பநிலை மாறா அமுக்கத்தில் வாயுவின்மீது செய்யப்பட்ட வேலை எதிர்க்குறி ஆகும்.

PV வரைபடத்தில், வெப்பநிலைமாறா விரிவின்போது வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை வரைபடத்திற்குக் கீழே உள்ள பரப்பிற்குச் சமம் என்பது படம் 8.27 (a) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



(a)



(b)

படம் 8.27 வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை

இதேபோன்று வெப்பநிலை மாறா அமுக்கத்தில் PV வரைபடத்திற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு வாயுவின்மீது செய்யப்பட்ட வேலைக்குச்சமமாகும். இது எதிர்குறியில் குறிப்பிடப்படும். இது படம் 8.27 (b)இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

குறிப்பு வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலையைக் கணக்கிடும்போது, நிகழ்வு ஒரு மீமெது நிகழ்வு என நாம் கருதினோம். இது ஒரு மீமெது நிகழ்வாக இல்லையெனில் நிலைச் சமன்பாடு $P = \frac{\mu RT}{V}$ யை சமன்பாடு (8.31) இல் பிரதியிட இயலாது. ஏனெனில் நல்லியல்பு வாயு விதி சமநிலையற்ற நிகழ்வுகளுக்குப் பொருந்தாது. ஆனால் சமன்பாடு (8.34) மீமெதுவாக நிகழாத வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வுகளுக்கும் பொருந்தும். ஏனெனில் அழுத்தம் மற்றும் பருமன் போன்ற நிலைமாறிகள் நல்லியல்பு வாயுவின் தொடக்கமற்றும் இறுதிநிலைகளை மட்டுமே சார்ந்திருக்கும், இறுதிநிலையை அடைந்த வழிமுறையை சார்ந்திருக்காது. சமன்பாடு (8.31) ஐ தொகைப்படுத்துவதற்கு மட்டுமே நாம் மீமெது நிகழ்வாக கருதினோம்.

எடுத்துக்காட்டு 8.16

300 K வெப்பநிலையிலுள்ள 0.5 மோல் வாயு ஒன்று தொடக்கப்பருமன் 2 L இல் இருந்து இறுதிப்பருமன் 6 Lக்கு வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் விரிவடைகிறது எனில், பின்வருவனவற்றைக் காண்க.

a. வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை?

b. வாயுவிற்குக் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவு?

c. வாயுவின் இறுதி அழுத்தம்?

(வாயுமாறிலி, R = 8.31 J mol^{-1} K^{-1})

தீர்வு

a. நாம் அறிந்தபடி வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை ஓர் வெப்பநிலை மாறா விரிவாகும்.

இங்கு $\mu = 0.5$

$$W = 0.5mol \times \frac{8.31J}{mol.K} \times 300\ K \times ln\left(\frac{6L}{2L}\right)$$

$$W = 1.369\ kJ$$

இங்கு வேலை நேர்க்குறியில் உள்ளதைக் கவனிக்க வேண்டும். ஏனெனில் வாயுவால் வேலை செய்யப்பட்டுள்ளது.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 129 25-08-2020 14:59:49

b. வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதிப்படி, வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் அமைபபிற்குக் கொடுக்கப்படும் வெப்பம் வேலை செய்வதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

எனவே, $Q = W = 1.369\ kJ$

இங்கு Q வும் நேர்க்குறியாகும். ஏனெனில் வெப்பம் அமைப்பிற்குள் செல்கிறது.

c. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்விற்கு

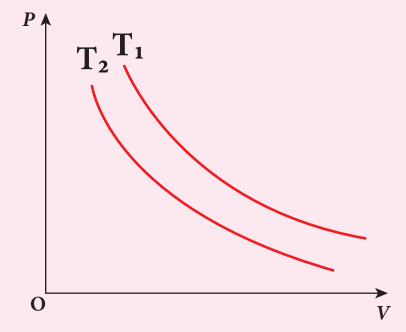
$$P_i V_i = P_f V_f = \mu RT$$

$$P_f = \frac{\mu RT}{V_f} = 0.5\text{mol} \times \frac{8.31J}{mol.\text{K}} \times \frac{300K}{6\times10^{-3}m^3}$$

$=207.75\ k\ Pa$

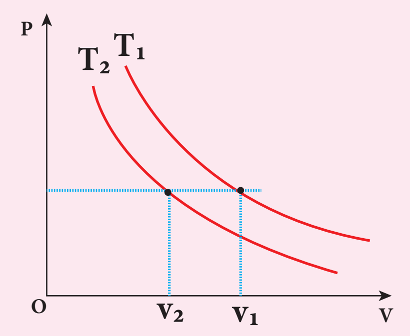
எடுத்துக்காட்டு 8.17:

கீழே காட்டப்பட்டுள்ள PV வரைபடம் வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் நடைபெறும் இரண்டு வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வுகளைக் குறிக்கின்றன. இரண்டு வெப்பநிலைகளில் உயர்ந்த வெப்பநிலை எது என்பதைக் கண்டறிக.



தீர்வு:

உயர் வெப்பநிலை வளைகோட்டைக் காண்பதற்கு படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு x அச்சுக்கு இணையாக கிடைத்தளக் கோட்டினை வரைய வேண்டும். இது மாறா அழுத்ததிற்கான கோடு ஆகும்.



மாறா, அழுத்தக் கோட்டினை வெட்டும் செங்குத்துக் கோடுகளுக்கான பருமன்கள் V_1 மற்றும் V_2 ஆகியவை, ஒரே அழுத்தத்தில் உள்ள பருமன்களைக் குறிக்கின்றன.

மாறா அழுத்தத்தில் அதிக பருமனுள்ள வாயுவில் வெப்பநிலையும் அதிகமாக இருக்கும். படத்திலிருந்து $V_1 > V_2$ எனவே, $T_1 > T_2$ என அறியலாம். பொதுவாக வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வுகளில் வெப்பநிலை குறைவாக உள்ள வளைகோடுகள் ஆதிப்புள்ளிக்கு அருகே அமையும்.

8.8.2. வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு (Adiabatic Process)

இந்நிகழ்வில் எவ்விதமான வெப்பமும் அமைப்பிற்கு உள்ளேயோ அல்லது அமைப்பிலிருந்து வெளியேவோ செல்லாது (Q=0). ஆனால் வாயு தன்னுடைய அக ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி விரிவடையும் அல்லது வெளிப்புற வேலையினால் வாயு அமுக்கமடையும். எனவே வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் அமைப்பின் அழுத்தம், பருமன் மற்றும் வெப்பநிலை இவற்றில் மாற்றம் ஏற்படலாம்.

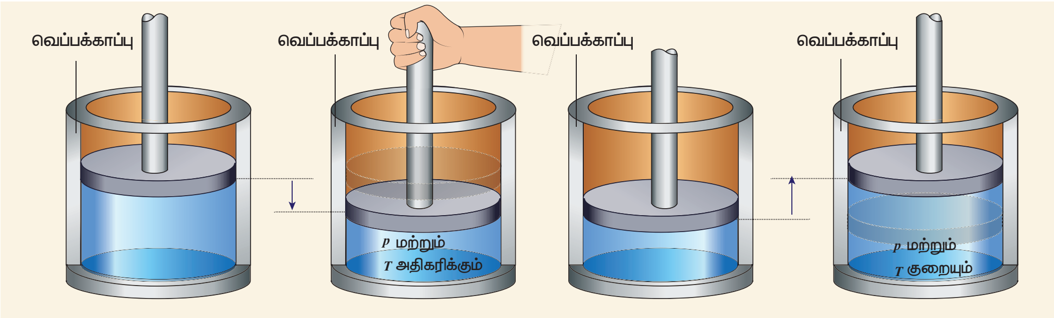
ஒரு வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கு வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி $\Delta U = -W$ என எழுதலாம். இதிலிருந்து நாம் அறிந்துகொள்வது என்னவென்றால் வாயு அதன் அக ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி வேலை செய்யும் அல்லது வாயுவின்மீது வேலை செய்யப்பட்டு அதன் அக ஆற்றல் அதிகரிக்கும்.

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வினை பின்வரும் முறைகளைப் பயன்படுத்தி நிகழ்த்த இயலும்.

i. அமைப்பு வெப்ப ஆற்றலை சூழலுக்குக் கடத்தாதவாறும் அல்லது சூழலிலிருந்து எவ்விதமான வெப்ப ஆற்றலும் அமைப்பிற்குள் செல்லாதவாறும் அமைப்பினை வெப்பக்காப்பு (Thermally insulating) செய்ய வேண்டும்.

   எடுத்துக்காட்டாக, வெப்பக்காப்பு செய்யப்பட்ட உருளையில் உள்ள வாயு வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் அமுக்கப்படுகிறது அல்லது வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் விரிவடைகிறது. இது படம் 8.28 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 130 25-08-2020 14:59:50



(a) வெப்ப பரிமாற்றமில்லா அழுக்கம் (P மற்றும் T அதிகரிக்கும்) (b) வெப்ப பரிமாற்றமில்லா விரிவு (P மற்றும் T குறையும்)

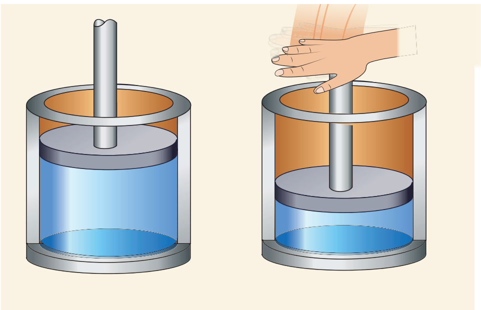
படம் 8.28 வெப்ப பரிமாற்றமில்லா அழுக்கம் மற்றும் விரிவு

ii. எவ்வித வெப்பக்காப்பும் அற்ற நிலையில் சூழலுக்கு வெப்பத்தைக் கடத்த இயலாதவாறு மிகக்குறுகிய நேரத்தில் மிக வேகமாக நிகழ்வு ஏற்பட்டால் அதுவும் ஒரு வெப்பபரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு.

படங்கள் 8.29 (a) மற்றும் (b) இவற்றை விளக்குகின்றன.

எடுத்துக்காட்டுகள்

படம் 8.29 (a) டயர் வெடிக்கும்போது சூழலுக்கு வெப்பத்தைக் கடத்த நேரமின்றி டயருக்கு உள்ளே உள்ள காற்று மிக வேகமாக விரிவடையும்



படம் 8.29 (b) எவ்விதமான வெப்பக்காப்பும் அற்றநிலையிலும் வாயுவை மிக வேகமாக அழுக்கவோ அல்லது விரிவடையவோ செய்யும்போது, வாயுவால் சூழலுக்கு வெப்பத்தைக் கடத்த இயலாது.

படம் 8.29 (c) புவிப்பரப்பிலிருந்து சூடான காற்று மேலே சென்று வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா நிலையில் விரிவடையும். இதன் விளைவாக நீராவி குளிர்ந்து அழுக்கப்பட்டு நீர்த்துளியாக மாற்றமடைந்து பின்னர் மழை மேகமாக மாறுகிறது.

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான நிலைச் சமன்பாடு

$$PV^{\gamma} = \text{மாறிலி} \qquad (8.35)$$

இங்கு γ என்பது வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அடுக்குக்குறி ஆகும் ($\gamma = C_p/C_v$). இது வாயுவின் இயல்பைப் பொருத்ததாகும்.

சமன்பாடு (8.35) இல் இருந்து நாம் அறிவது என்னவென்றால், வாயு ஒரு சமநிலை நிலையிலிருந்து (P_i, V_i) மற்றொரு சமநிலை நிலைக்கு (P_f, V_f) வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் செல்லும்போது அவ்வாயு பின்வரும் நிபந்தனைக்கு உட்படும்.

$$P_i V_i^{\gamma} = P_f V_f^{\gamma} \qquad (8.36)$$

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 131 25-08-2020 14:59:51

வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா விரிவு மற்றும் அழுக்க நிகழ்விற்கான PV வரைபடத்தையும் வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா வளைகோடு (adiabat) என்றே அழைக்கலாம். இது படம் 8.30 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

படம் (8.25) இல் காட்டப்பட்டுள்ள வெப்பநிலை மாறா நிகழ்விற்கான PV வரைபடம் மற்றும் படம் (8.30) இல் காட்டப்பட்டுள்ள வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான PV வரைபடம் கிட்டத்தட்ட ஒரே மாதிரியாக உள்ளன. ஆனால் வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான வளைகோடு, வெப்பநிலை மாறா நிகழ்விற்கான வளைகோட்டைவிட சற்றே செங்குத்தாக காணப்படும்.

T மற்றும் V ஐப் பொருத்து சமன்பாடு (8.35) ஐ நாம் சற்றே மாற்றியமைக்கலாம். நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டிலிருந்து அழுத்தம் $P=\frac{\mu RT}{V}$.

இதனை சமன்பாடு (8.35) இல் பிரதியிட, நமக்கு கிடைப்பது $\frac{\mu RT}{V}V^{\gamma}=$ மாறிலி (அல்லது)

$\frac{T}{V}V^{\gamma}=\frac{\text{மாறிலி}}{\mu R}$ எனக் கிடைக்கும்

இங்கு μR என்பதும் ஒரு மாறிலி. எனவே இதனைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$TV^{\gamma-1}=\text{மாறிலி} \qquad (8.37)$$

வாயு ஒன்று தொடக்கச் சம நிலையிலிருந்து (T_i, V_i) இறுதி சம நிலைக்கு (T_f, V_f) வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் செல்லும்போது அது பின்வரும் சமன்பாட்டை நிறைவு செய்யும்.

$$T_iV_i^{\gamma-1}=T_fV_f^{\gamma-1} \qquad (8.38)$$

என்பதை சமன்பாடு (8.38) நமக்கு உணர்த்துகிறது.

வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான நிலைச் சமன்பாட்டை T மற்றும் P யினைப் பொருத்தும் எழுதலாம்

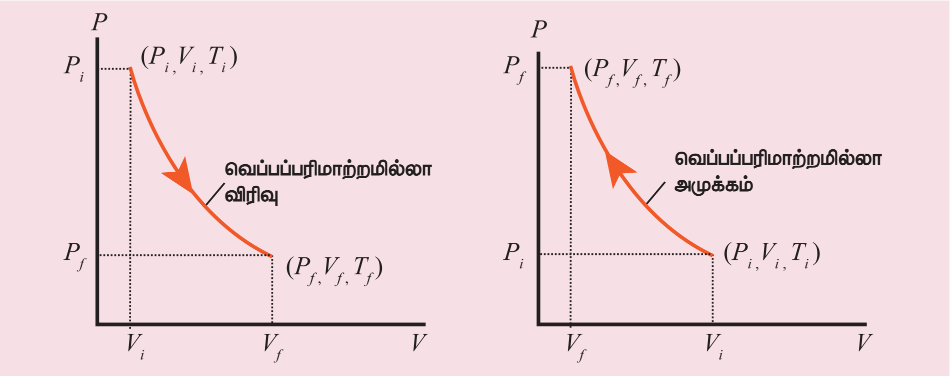
$$T^{\gamma}P^{1-\gamma}=\text{மாறிலி} \qquad (8.39)$$

(சமன்பாடு (8.39) ற்கான நிரூபணத்தை நீங்களே முயற்சிக்கலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 8.18:

கைகளினால் அழுத்தப்படும் பம்பினைப் பயன்படுத்தி மிதிவண்டிச் சக்கரத்திற்கு காற்றடிப்பதை நாம் அனைவரும் அறிந்திருப்போம்.

பம்பின் உள்ளே உள்ள V பருமனுடைய காற்றை, வளிமண்டல அழுத்தத்திலுள்ள மற்றும் 27°C அறை வெப்பநிலையில் உள்ள வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு என்று கருதுக. மிதிவண்டி சக்கரத்தில் காற்றைச் செலுத்தும் முனை மூடப்பட்டுள்ளது என்று கருதுக. காற்றானது அதன் தொடக்கப்பருமனிலிருந்து நான்கில் ஒரு பங்கு இறுதிப்பருமனுக்கு அழுத்தப்படுகிறது என்றால் அதன் இறுதி வெப்பநிலை என்ன? (சக்கரத்தின் காற்று செலுத்தும் முனை மூடப்பட்டுள்ளதால் காற்று



படம் 8.30 வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா விரிவு மற்றும் வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா அழுக்கத்திற்கான PV வரைபடங்கள்

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 132 25-08-2020 14:59:51

சக்கரத்தினுள் செல்ல முடியாது. எனவே இங்கு காற்றடிக்கும் நிகழ்வினை வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அமுக்கமாகக் கருதலாம். காற்றுக்கு (γ=1.4)

தீர்வு:

காற்றடிக்கும் நிகழ்வு வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அமுக்கமாக கருதப்படுகிறது. பருமன் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே வெப்பநிலையைக் கணக்கிட வேண்டும். இங்கு சமன்பாடு (8.38) ஐப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

$$T_i V_i^{\gamma-1} = T_f V_f^{\gamma-1}.$$

$$T_i = 300\ K \quad (273+27°C = 300\ K)$$

$$V_i = V \ \& V_f = \frac{V}{4}$$

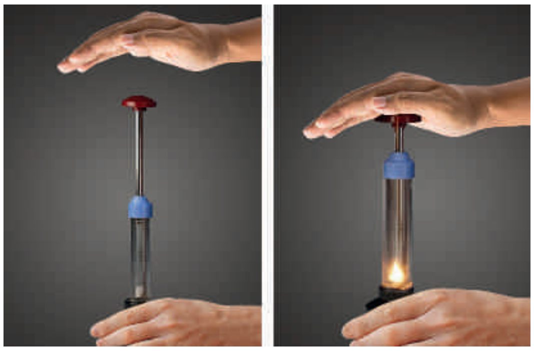
$$T_f = T_i \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma-1} = 300\ K \times 4^{1.4-1} = 300K \times 1.741$$

$T2 \approx 522\ K$ அல்லது 249^0C

இந்த இறுதி வெப்பநிலை நீரின் கொதிநிலையை விட அதிகம். எனவே மிதிவண்டியில் சக்கரத்திற்கு கைப்பம்பினைப் பயன்படுத்தி காற்றடிக்கும் போது காற்று நிரப்பும் முனையைத் தொடுவது ஆபத்தானதாகும்.

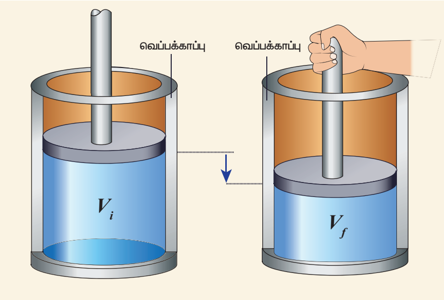
உங்களுக்குத் தெரியுமா?

பிஸ்டனை மிக வேகமாக அழுத்தும்போது உருவாகும் வெப்பத்தினைக் குறுகிய நேரத்தில் சூழலுக்குக் கடத்த இயலாது. எனவே வாயுவின் வெப்பநிலை விரைவாக உயரும். இது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இத்தத்துவம் டீசல் இயந்திரங்களில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. காற்று–பெட்ரோல் கலவையை வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் மிக வேகமாக அமுக்கும்போது அக்கலவையின் வெப்பநிலை தீப்பற்றும் அளவுக்கு மிக வேகமாக உயரும்.



வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை

முழுமையாக வெப்பக்காப்புச் செய்யப்பட்ட சுவர், அடிப்பரப்பு கொண்ட உருளையினுள் உள்ள μ மோல் நல்லியல்பு வாயுவைக் கருதுக. A குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு கொண்ட உராய்வற்ற வெப்பக்காப்புப் பெற்ற பிஸ்டன் படம் (8.31)இல் காட்டியுள்ளவாறு உருளையில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.31 வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை

வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா முறையில் அமைப்பு (P_i,V_i,T_i) என்ற தொடக்க நிலையிலிருந்து (P_f,V_f,T_f) என்ற இறுதிநிலையை அடையும்போது செய்யப்பட்ட வேலை W என்க.

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV \qquad (8.40)$$

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா இந்நிகழ்வு ஒரு மீமெது நிகழ்வு எனக்கருதுக, ஒவ்வொரு நிலையிலும் நல்லியல்பு வாயு விதி இங்கு பொருந்தும்.

இந்நிபந்தனையின் அடிப்படையில், வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வின் நிலைச் சமன்பாடு PV^{γ} = மாறிலி (அல்லது) $P = \frac{\text{மாறிலி}}{V^{\gamma}}$

இதனை சமன்பாடு (8.40) இல் பிரதியிடும்போது

$$\therefore W_{adia} = \int_{V_i}^{V_f} \frac{\text{மாறிலி}}{V^{\gamma}} dV$$

$$= \text{மாறிலி} \int_{V_i}^{Vf} V^{-\gamma} dV$$

$$= \text{மாறிலி} \left[\frac{V^{-\gamma+1}}{-\gamma+1}\right]_{V_i}^{V_f}$$

$$= \frac{\text{மாறிலி}}{1-\gamma}\left[\frac{1}{V_f^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_i^{\gamma-1}}\right]$$

$$= \frac{1}{1-\gamma}\left[\frac{\text{மாறிலி}}{V_f^{\gamma-1}} - \frac{\text{மாறிலி}}{V_i^{\gamma-1}}\right]$$

$$= \frac{\text{மாறிலி}}{1-\gamma}\left[\frac{1}{V_f^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_i^{\gamma-1}}\right]$$

மேலும் $P_f V_f^{\gamma} = P_i V_i^{\gamma} =$ மாறிலி, எனவே

$$\therefore W_{adia} = \frac{1}{1-\gamma}\left[\frac{P_f V_f^{\gamma}}{V_f^{\gamma-1}} - \frac{P_i V_i^{\gamma}}{V_i^{\gamma-1}}\right]$$

$$W_{adia} = \frac{1}{1-\gamma}[P_f V_f - P_i V_i] \qquad (8.41)$$

நல்லியல்பு வாயு விதியிலிருந்து,

$$P_f V_f = \mu R T_f \text{ மற்றும் } P_i V_i = \mu R T_i$$

இதனைச் சமன்பாடு (8.41) இல் பிரதியிடும்போது

$$\therefore W_{adia} = \frac{\mu R}{\gamma - 1}[T_i - T_f] \qquad (8.42)$$

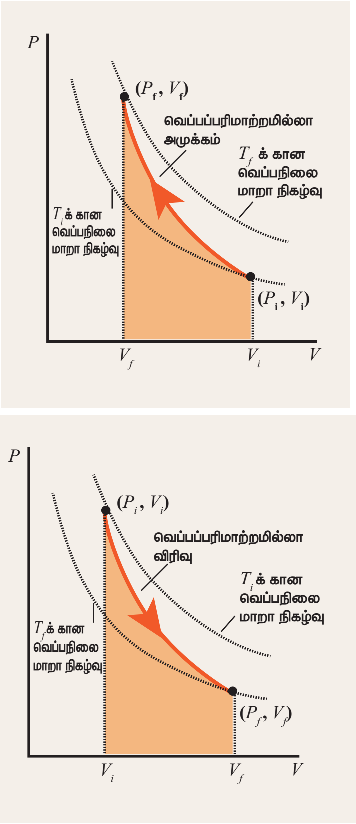
வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா விரிவில், வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை, W_{adia} ஒரு நேர்க்குறி மதிப்பாகும். இங்கு $T_i > T_f$, எனவே வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா விரிவில் வாயு குளிர்ச்சியடையும்.

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அழுக்கத்தில், வாயுவின் மீது வேலை செய்யப்படும் அதாவது W_{adia} ஒரு எதிர்க்குறி மதிப்பாகும். இங்கு $T_i < T_f$, எனவே வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அழுக்கத்தில் வாயுவின் வெப்பநிலை உயரும்.

குறிப்பு

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு ஓர் மீமெது நிகழ்வாகக் கருதி சமன்பாடு (8.41) மற்றும் (8.42) ஆகிய இரண்டு சமன்பாடுகளை நாம் வருவித்தோம். இந்நிகழ்வு மீமெது நிகழ்வாக இல்லையென்றாலும் இவ்விரண்டு சமன்பாடுகளும் பொருத்தமான சமன்பாடுகளேயாகும். ஏனெனில் நிலைமாறிகள் P, V மற்றும் T ஆகியவை தொடக்க மற்றும் இறுதி நிலைகளை மட்டுமே சார்ந்தவை. அவை இறுதிநிலையை அடைந்த வழிமுறையைச் சார்ந்ததல்ல. தொகையிடலுக்காக மட்டுமே நாம் மீமெது நிகழ்வு என்று கருதினோம்.

படம் (8.32) இல் காட்டப்பட்டுள்ள வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் PV வரைபடத்திற்கு கீழே உள்ள பரப்பு, இந்நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலையைக் கொடுக்கும்.



படம் 8.32 வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலைக்கான PV வரைபடம்

வெப்பநிலை மாறா வளைகோடு மற்றும் வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா வளைகோடு இவற்றிற்கிடையேயான வேறுபாட்டை புரிந்து கொள்ளவே T_i மற்றும் T_f வெப்பநிலைகளுக்கான வெப்பநிலை மாறா வளைகோட்டுடன், சேர்த்து வெப்பப்பரிமாற்ற மற்ற வளைகோடும் படம் (8.32) இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான வளைகோடு, வெப்பநிலை மாறா வளைகோட்டை விட செங்குத்தாக இருக்கும். ஏனெனில் எப்போதும் $\gamma > 1$ ஆகும்.

8.8.3 அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு (Isobaric process)

இது மாறாத அழுத்தத்தில் ஏற்படும் ஒரு வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வாகும். இந்நிகழ்வில் அழுத்தம் மாறிலியாக இருந்தாலும், வெப்பநிலை, பருமன் மற்றும் அக ஆற்றல் போன்றவை மாறிலிகள் அல்ல.

நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டிலிருந்து

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 134 25-08-2020 14:59:53

$$V=\left(\frac{\mu R}{P}\right)T \qquad (8.43)$$

Here $\frac{\mu R}{P}$ = மாறிலி

அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில், கெல்வின் வெப்பநிலை பருமனுக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$V \propto T \quad \text{(அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு)} \qquad (8.44)$$

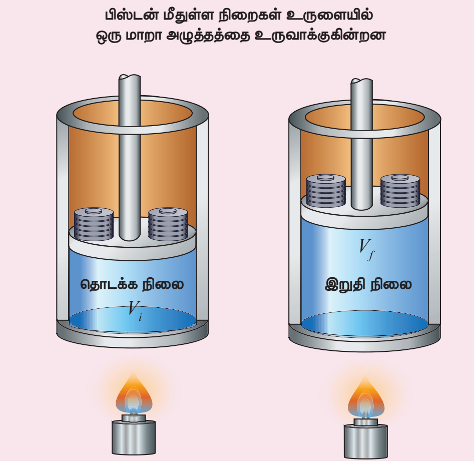
அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் V–T வரைபடம் ஆதிப்புள்ளி வழியேச்செல்லும் ஓர் நேர்க்கோடாக அமையும் என்பதை மேற்கண்ட சமன்பாடு உணர்த்துகிறது.

வாயு ஒன்று (V_i, T_i) என்ற நிலையிலிருந்து (V_f, T_f) என்ற நிலைக்கு மாறா அழுத்தத்தில் செல்லும்போது பின்வரும் சமன்பாட்டை நிறைவு செய்யும்.

$$\frac{T_f}{V_f}=\frac{T_i}{V_i} \qquad (8.45)$$

அழுத்தம் மாறா நிகழ்விற்கான எடுத்துக்காட்டுகள்

வாயுவை வெப்பப்படுத்தும்போது வாயு வெப்பமடைந்து பின்னர் அது பிஸ்டனைத் தள்ளுகிறது. எனவே வாயுவானது வளிமண்டல அழுத்தம் மற்றும் புவியீர்ப்பு விசை இவற்றின் கூடுதலுக்குச் சமமான ஓர் விசையை பிஸ்டனின்மீது செலுத்துகிறது எனில் இந்நிகழ்வு ஓர் அழுத்தம்மாறா நிகழ்வாகும். இது படம் 8.33 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.33 அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு

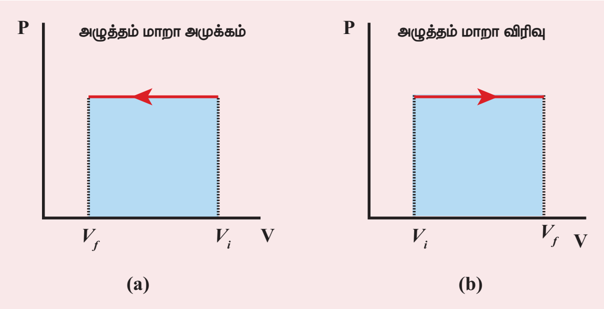
நமது வீட்டு சமையல் அறையில் நடைபெறும் பெரும்பாலான சமையல் நிகழ்வுகள் அழுத்தம் மாறா நிகழ்வுகள் ஆகும். திறந்த பாத்திரத்தில் உணவினை சமைக்கும்போது உணவிற்கு மேலே உள்ள அழுத்தம் எப்போதும் வளிமண்டல அழுத்தத்திற்குச் சமமாகும். இது படம் (8.34) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

படம் 8.34 அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு

படம் 8.35 இல் காட்டியுள்ளவாறு அழுத்தம் மாறா நிகழ்விற்கான PV வரைபடம் பரும அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் ஓர் கிடைத்தளக் கோடாகும்.

பருமன் குறையும் அழுத்தம் மாறா நிகழ்வினை படம் 8.35 (a) காட்டுகிறது.

பருமன் அதிகரிக்கும் அழுத்தம் மாறா நிகழ்வினை படம் 8.35 (b) காட்டுகிறது.



படம் 8.35 அழுத்தம் மாறா நிகழ்விற்கான PV வரைபடங்கள்

அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை

வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W=\int_{V_i}^{V_f} P\,dV \qquad (8.46)$$

$$W=P\int_{V_i}^{V_f} dV \qquad (8.47)$$

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 135 25-08-2020 14:59:55

அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில், அழுத்தம் ஓர் மாறிலியாகும். எனவே P தொகையீட்டிற்கு வெளியே உள்ளது

$$W = P[V_f - V_i] = P\Delta V \qquad (8.48)$$

இங்கு, ΔV என்பது பருமனில் ஏற்பட்ட மாற்றத்தைக் குறிக்கிறது. ΔV எதிர்க்குறியாக இருந்தால், W எதிர்க்குறியாக இருக்கும். இது வாயுவின் மீது வேலை செய்யப்படுகிறது என்பதைக் காட்டுகிறது. ΔV நேர்க்குறியாக இருந்தால், W நேர்க்குறியாகும். இது வாயுவால் வேலை செய்யப்படுகிறது என்பதைக் காட்டுகிறது.

சமன்பாடு (8.48) ஐ நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி மாற்றி அமைக்கலாம்.

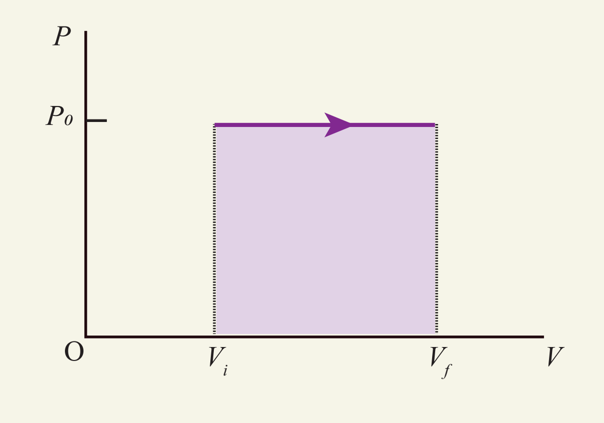
$$PV = \mu RT \text{ அல்லது } V = \frac{\mu RT}{P}$$

இதனைச் சமன்பாடு (8.48) இல் பிரதியிடும்போது

$$W = \mu RT_f\left(1 - \frac{T_i}{T_f}\right) \qquad (8.49)$$

எனக் கிடைக்கும்.

PV வரைபடத்தில், அழுத்தம் மாறா வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு, அழுத்தம் மாறா நிகழ்வினால் செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் சமமாகும். படம் 8.36 இல் காட்டப்பட்டுள்ள நிழலிடப்பட்ட பகுதி வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் சமமாகும்.



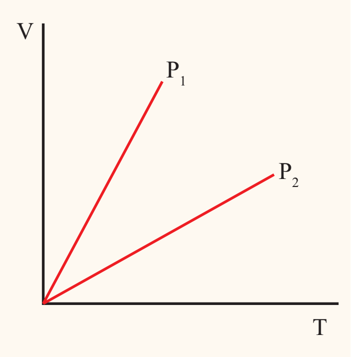
படம் 8.36 அழுத்தம் மாறா நிகழ்வினால் செய்யப்பட்ட வேலை

அழுத்தம் மாறா நிகழ்விற்கான வெப்ப இயக்கவியல் முதல் விதியை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\Delta U = Q - P\Delta V \qquad (8.50)$$

எடுத்துக்காட்டு 8.19

இரண்டு வெவ்வேறு அழுத்தங்களில் நடைபெறும் அழுத்தம் மாறா நிகழ்வுகளுக்கான V–T வரைபடம் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது. இவற்றுள் எந்நிகழ்வு உயர் அழுத்தத்தில் நடைபெறும் என்று கண்டறிக



தீர்வு

நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டிலிருந்து,

$$V = \left(\frac{\mu R}{P}\right)T$$

V–T வரைபடம் ஆதிப்புள்ளி வழியேச் செல்லும் ஓர் நேர்க்கோடாகும்.

$$\text{அதன் சாய்வு} = \frac{\mu R}{P}$$

V–T வரைபடத்தின் சாய்வு, அழுத்தத்திற்கு எதிர்விகிதத் தொடர்புடையது ஆகும். சாய்வு பெருமமாக இருப்பின், அழுத்தம் குறைவானதாகும்.

இங்கு P_1 இன் சாய்வு P_2 வை விட அதிகம். எனவே $P_2 > P_1$.

T யினை x அச்சிலும் V யினை y அச்சிலும் வைத்து இவ்வரைபடத்தை வரைந்திருந்தால், $P_2 > P_1$ ஆக இருக்குமா? சிந்தித்து உனது விடையைக் கூறுக

எடுத்துக்காட்டு 8.20

27°C வெப்பநிலையில் உள்ள 1 மோல் நல்லியல்பு வாயு 1 MPa அழுத்தத்தில் உருளை ஒன்றினுள் அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் பருமன் இருமடங்காகும் வரை அதனை விரிவடைய அனுமதித்து பின்னர் கீழ்க்கண்டவற்றைக் கணக்கிடுக.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 136 25-08-2020 14:59:56

(a) (i) இப்பரும விரிவு வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் நடந்தால், வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை என்ன?

(ii) இப்பரும விரிவு அழுத்தம் மாறா முறையில் நடந்தால், வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை என்ன?

(iii) இப்பரும விரிவு வெப்பநிலை மாறா முறையில் நடந்தால், வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை என்ன?

(b) மேற்கண்ட மூன்று நிகழ்வுகளிலும், எந்நிகழ்வில் வாயுவால் அதிக வேலை செய்யப்படுகிறது மற்றும் எந்நிகழ்வில் வாயுவால் குறைந்த வேலை செய்யப்படுகிறது என்று காண்க.

(c) இம்மூன்று நிகழ்வுகளுக்கான PV வரைபடத்தை வரையவும்

(d) இம்மூன்று நிகழ்வுகளில் எந்நிகழ்வில் வெப்பம் வாயுவுக்கு அதிக வெப்பம் அளிக்கப்பட்டிருக்கும் மற்றும் எந்நிகழ்வில் வாயுவுக்கு குறைவாக வெப்பம் அளிக்கப்பட்டிருக்கும்?

$\gamma = \frac{5}{3}$ மற்றும் R = 8.3 J mol^{-1}K^{-1}

தீர்வு:

(a) (i) வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W_{adia} = \frac{\mu R}{\gamma - 1}[T_i - T_f]$$

இறுதி வெப்பநிலை T_f ஐக் கண்டறிய வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிலைச்சமன்பாடு

$$T_f V_f^{\gamma-1} = T_i V_i^{\gamma-1}$$

ஐப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

$$T_f = T_i\left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma-1} = 300\times\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 0.63 \times 300\ K = 189.8\ K$$

$$W = 1 \times 8.3 \times \frac{3}{2}\ (300 - 189.8) = 1.37\ kJ$$

(ii) அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = P\Delta V = P(V_f - V_i)$$

மேலும் $V_f = 2V_i$ எனவே, $W = 2PV_i$

V_i ஐ க் கணக்கிட, நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டை தொடக்கநிலைக்கும் பயன்படுத்த வேண்டும்

$$P_i V_i = RT_i$$

$$V_i = \frac{RT_i}{P_i} = 8.3 \times \frac{300}{1} \times 10^{-6} = 24.9\times10^{-4} m^3$$

அழுத்தம் மாறா நிகழ்வின் போது செய்யப்பட்ட வேலை $W = 2 \times 10^6 \times 24.9 \times 10^{-4} = 4.9\ kJ$

(iii) வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை

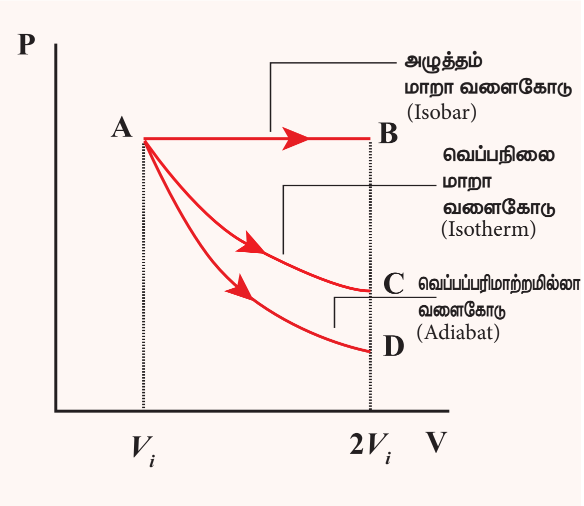
$$W = \mu RT\ ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் தொடக்க அறை வெப்பநிலை ஒரு மாறிலியாகும்.

எனவே $W = 1 \times 8.3 \times 300 \times ln(2) = 1.7\ kJ$

(b) இம்மூன்று நிகழ்வுகளையும் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்போது அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை, பெருமமதிப்பையும், வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை சிறுமமதிப்பையும் பெற்றுள்ளன.

(c) இம்மூன்று நிகழ்வுகளுக்கான PV வரைபடம் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது.



AB வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை

AC வளை கோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை

AD வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை

PV வரைபடத்தில் AB வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு மற்ற வளைகோடுகளின் பரப்பைவிட அதிகம். எனவே அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை பெருமமதிப்பையும் வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை சிறும மதிப்பையும் பெற்றுள்ளன.

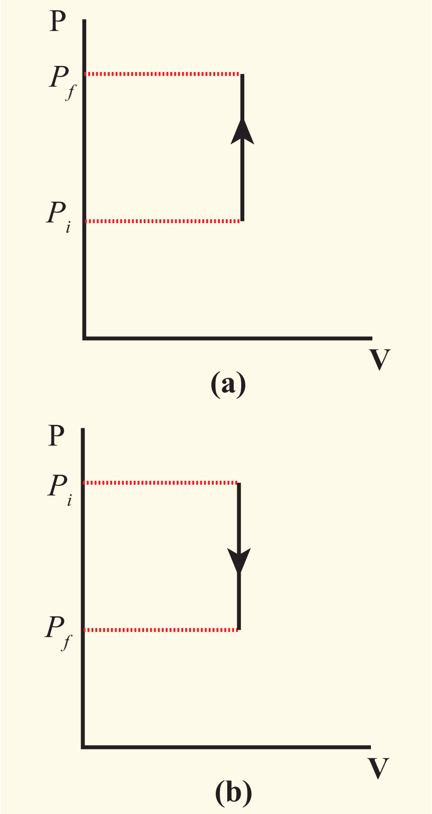
UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 137 25-08-2020 14:59:58

(d) வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் அமைப்பிற்கு எவ்விதமான வெப்பமும் செல்லவில்லை அதேபோன்று அமைப்பிலிருந்து எவ்விதமான வெப்பமும் வெளியேறவும் இல்லை. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வுடன் ஒப்பிடும்போது அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை அதிகம் எனவே வெப்பமும் அதிகம்.

8.8.4 பருமன் மாறா நிகழ்வு (Isochoric process)

அமைப்பின் பருமனை மாறா மதிப்பாகக் கொண்டு செய்யப்படும் வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வு பருமன் மாறா நிகழ்வு என்று அழைக்கப்படும். இந்நிகழ்வில் அழுத்தம், வெப்பநிலை மற்றும் அக ஆற்றல் ஆகியவை தொடர்ந்து மாற்றமடையும்.

பருமன் மாறா நிகழ்விற்கான அழுத்தம் – பருமன் வரைபடம், அழுத்த அச்சுக்கு இணையாக வரையப்படும் ஒரு இணைக் கோடாகும். இது படம் 8.37 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.37 பருமன் மாறா நிகழ்வு (a) அழுத்தம் அதிகரிக்கும் நிலையில் (b) அழுத்தம் குறையும் நிலையில்

பருமன் மாறா நிகழ்விற்கான நிலைச் சமன்பாட்டை பின்வருமாறு எழுதலாம்

$$P = \left(\frac{\mu R}{V}\right) T \qquad (8.51)$$

இங்கு $\left(\frac{\mu R}{V}\right)$ = மாறிலி

இதிலிருந்து அழுத்தம், வெப்பநிலைக்கு (கெல்வின்) நேர்த்தகவில் இருக்கும் என நாம் அறியலாம். பருமன் மாறா நிகழ்விற்கான P–T வரைபடம் ஆதிப்புள்ளி வழியேச் செல்லும் ஓர் நேர்க்கோடாகும். (P_i, T_i) என்ற தொடக்கப்புள்ளியிலிருந்து வாயு (P_f, T_f) என்ற இறுதிப்புள்ளிக்கு மாறாப்பருமனில் செல்லும்போது அமைப்பு பின்வரும் சமன்பாட்டை நிறைவு செய்கிறது.

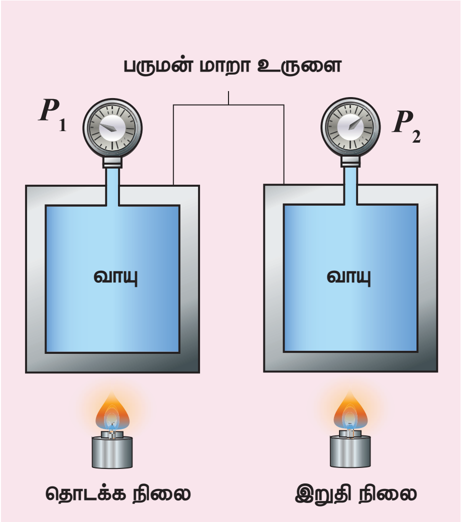
$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f} \qquad (8.52)$$

பருமன் மாறா நிகழ்வில், $\Delta V = 0$ எனவே $W = 0$, வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதியானது

$$\Delta U = Q \qquad (8.53)$$

என்று எழுதப்படுகிறது.

இதிலிருந்து நாம் அறிவது என்னவென்றால் அமைப்பிற்குக் கொடுக்கப்படும் வெப்பம் அக ஆற்றலை மட்டுமே அதிகரிக்கும். இதன் விளைவாக வெப்பநிலை உயரும் மேலும் அழுத்தமும் அதிகரிக்கும். இது படம் 8.38 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.38 பருமன் மாறா நிகழ்வு

அமைப்பு ஒன்று மாறா பருமனில் தனது வெப்பத்தை வெப்பம் கடத்தும் சுவரின் மூலமாக சூழலுக்குக்

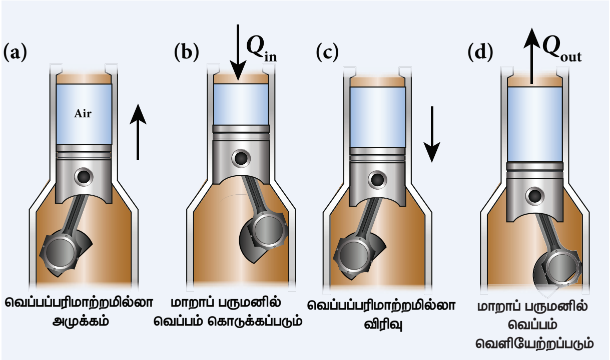
UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 138 25-08-2020 14:59:59

கொடுக்கிறது எனில், அமைப்பின் அக ஆற்றல் குறையும். இதன் பயனாக வெப்பநிலை குறையும். மேலும் அழுத்தமும் குறையும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

1. கீழே உள்ள படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு மூடப்பட்ட பாத்திரத்தில் உணவு சமைக்கப்படும்போது பாத்திரத்தின் மூடி நீராவியானல் சிறிது மேல் நோக்கித்தள்ளப்படும். இதற்குகாரணம் பாத்திரத்தை மூடியைக்கொண்டு மூடிய பின்பு பருமன் ஒரு மாறா மதிப்பினைப்பெறும் வெப்பம் தொடர்ந்து அளிக்கப்படும்போது அழுத்தம் அதிகரிக்கும் இதனால் நீராவி மேல் நோக்கிச் சென்று மூடியை மேல்நோக்கித் தள்ள முயற்சிக்கும்.

2. மோட்டார் சைக்கிள், கார் போன்ற தானியங்கி வாகனங்களில் உள்ள பெட்ரோல் இயந்திரம் நான்கு நிகழ்வுகளை மேற்கொள்ளும். முதலில் படம் (a)ல் காட்டியுள்ளவாறு பிஸ்டன் வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வின் மூலம் ஒரு குறிப்பிட்ட பருமனுக்கும் சுருங்கும். இரண்டாவதாக படம் (b) இல் காட்டியுள்ளவாறு (காற்று + எரிபொருள்) கலவையின் பருமனை மாறிலியாக வைத்துக்கொண்டு வெப்பம் கொடுக்கப்படுகிறது. இதன் விளைவாக வெப்பநிலையும் அழுத்தமும் அதிகரிக்கும். இது ஒரு பருமன் மாறா நிகழ்வாகும். மூன்றாவது நிகழ்வில் படம் (c) இல் காட்டியுள்ளவாறு வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா விரிவு ஏற்படுகிறது. நான்காவது நிகழ்வில் படம் (d) இல் காட்டியுள்ளவாறு பிஸ்டனை இயக்காமல் பருமன் மாறா நிகழ்வு மீண்டும் ஏற்பட்டு வெப்பம் வெளியேற்றப்படுகிறது.



பல்வேறுவெப்பஇயக்கவியல்நிகழ்வுகளின்சுருக்கம் அட்டவணை (8.4) இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

எடுத்துக்காட்டு 8.21

500 g நீர், 30°C வெப்பநிலையிலிருந்து 60°C வெப்பநிலைக்கு வெப்பப்படுத்தப்படுகிறது எனில் நீரின் அக ஆற்றல் மாறுபாட்டைக் கணக்கிடுக. (இங்கு நீரின் விரிவினை புறக்கணிக்கவும் மேலும் நீரின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் $4184 \text{ J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$)

தீர்வு

நீரின் வெப்பநிலையை 30℃ இல் இருந்து 60℃ க்கு உயர்த்தும்போது ஏற்படும் நீரின் விரிவை புறக்கனிக்கிறோம். எனவே இந்நிகழ்வினை ஓர் பருமன் மாறா நிகழ்வாகக் கருதலாம். பருமன் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்படும் வேலை சுழியாகும். மேலும் அளிக்கப்படும் வெப்பமானது அக ஆற்றலை அதிகரிப்பதற்கு மட்டுமே பயன்படுத்தப்படும்.

$$\Delta U = Q = ms_v \Delta T$$

நீரின் நிறை = 500 g = 0.5 kg

வெப்பநிலை மாற்றம் = 30 K

வெப்பம் Q = $0.5 \times 4184 \times 30 = 62.76\ kJ$

8.8.5 சுழற்சி நிகழ்வு (Cyclic Process)

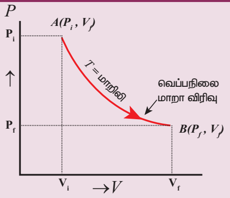
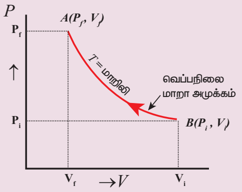
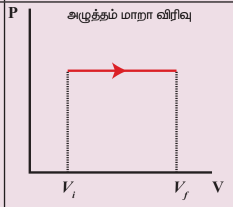
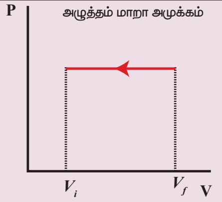
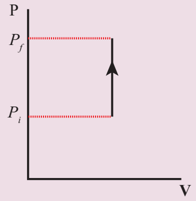
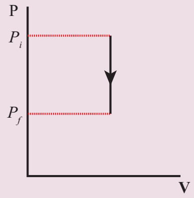
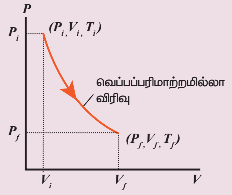
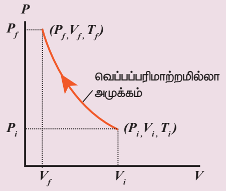
இவ்வகை வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வில், வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு ஒரு நிலையிலிருந்து தொடர்ச்சியாக மாற்றமடைந்து இறுதியில் தனது தொடக்க நிலையை மீண்டும் அடையும். அமைப்பு தனது தொடக்க நிலையையே மீண்டும் அடைவதால்

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 139 25-08-2020 14:59:59

அட்டவணை 8.4 பல்வேறு வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வுகளின் சுருக்கம்

வ.எண்	நிகழ்வு		வெப்பம் Q	வெப்பநிலை மற்றும் அகஆற்றல்	அழுத்தம்
1	வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு	விரிவு	$Q > 0$	மாறிலி	குறைகிறது
		அமுக்கம்	$Q < 0$	மாறிலி	அதிகரிக்கிறது
2	அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு	விரிவு	$Q > 0$	அதிகரிக்கிறது	மாறிலி
		அமுக்கம்	$Q < 0$	குறைகிறது	மாறிலி
3	பருமன் மாறா நிகழ்வு		$Q > 0$	அதிகரிக்கிறது	அதிகரிக்கிறது
			$Q < 0$	குறைகிறது	குறைகிறது
4	வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு	விரிவு	$Q = 0$	குறைகிறது	குறைகிறது
		அமுக்கம்	$Q = 0$	அதிகரிக்கிறது	அதிகரிக்கிறது

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 140 25-08-2020 15:00:01

	பருமன்	நிலைச் சமன்பாடு	செய்யப்பட்ட வேலை (நல்லியல்பு வாயு)	(PV – வரைபடம்
	அதிகரிக்கிறது	PV = மாறிலி	$W = \mu RT\, ln \left(\frac{V_f}{V_i}\right) > 0$	
	குறைகிறது		$W = \mu RT\, ln \left(\frac{V_f}{V_i}\right) < 0$	
	அதிகரிக்கிறது	$\frac{V}{T}$ = மாறிலி	$W = P[V_f - V_i] = P\Delta V > 0$	
	குறைகிறது		$W = P[V_f - V_i] = P\Delta V < 0$	
	மாறிலி	$\frac{P}{T}$ = மாறிலி	சுழி	
				
	அதிகரிக்கிறது	PV^{γ} = மாறிலி	$W = \frac{\mu R}{\gamma - 1}(T_i - T_f) > 0$	
	குறைகிறது		$W = \frac{\mu R}{\gamma - 1}(T_i - T_f) < 0$	

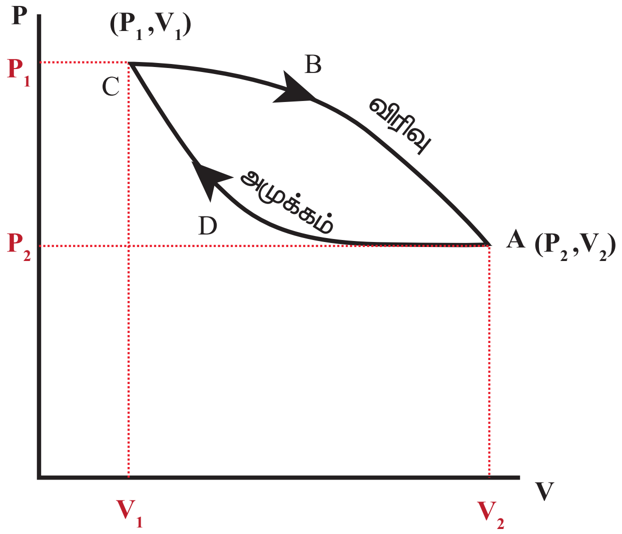
அக ஆற்றலில் ஏற்பட்ட மாறுபாடு சுழியாகும். சுழற்சி நிகழ்வில் அமைப்பிற்குள் வெப்பம் செல்லும், அதே போன்று அமைப்பிலிருந்தும் வெப்பம் வெளியேறும். வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியிலிருந்து, அமைப்பிற்கு மாற்றப்பட்ட தொகுபயன் வெப்பம் வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் சமமாகும்.

$$Q_{net} = Q_{in} - Q_{out} = W \quad \text{(சுழற்சி நிகழ்விற்கு)} \tag{8.54}$$

8.8.6 சுழற்சி நிகழ்விற்கான PV வரைபடம்

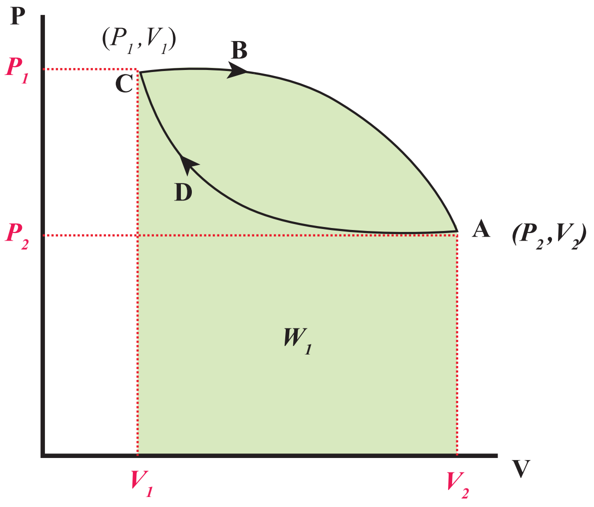
சுழற்சி நிகழ்விற்கான PV வரைபடம் ஒரு மூடப்பட்ட வளைகோடாகும்:

வாயுவானது சுழற்சி நிகழ்வினை மேற்கொள்கிறது எனக்கருதுக. இந்நிகழ்வில் வாயு ஒரு விரிவு மற்றும் ஒரு அழுக்கத்திற்குப் பின்வு தனது தொடக்க நிலையை படம் 8.39 இல் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு அடைகிறது.

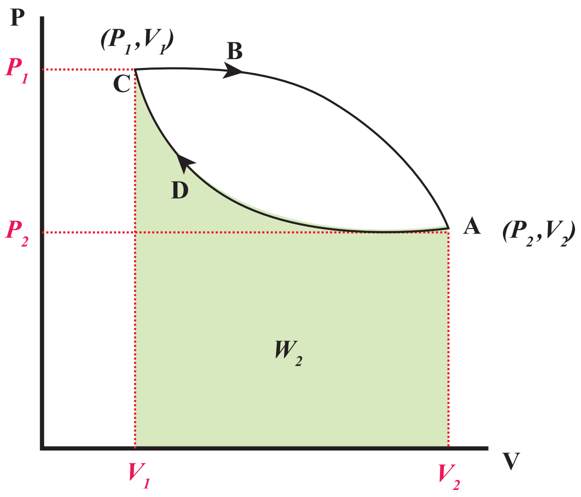


படம் 8.39 சுழற்சி நிகழ்விற்கான PV வரைபடம்

பருமன் V_1 லிருந்து V_2 க்கு வாயு விரிவடையும்போது வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை W_1 என்க. இவ்வேலை படம் 8.40 (a) இல் காட்டப்பட்டுள்ள CBA வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பிற்குச் சமமாகும்.



படம் 8.40 (a) CBA வளைகோட்டிற்கான வேலை

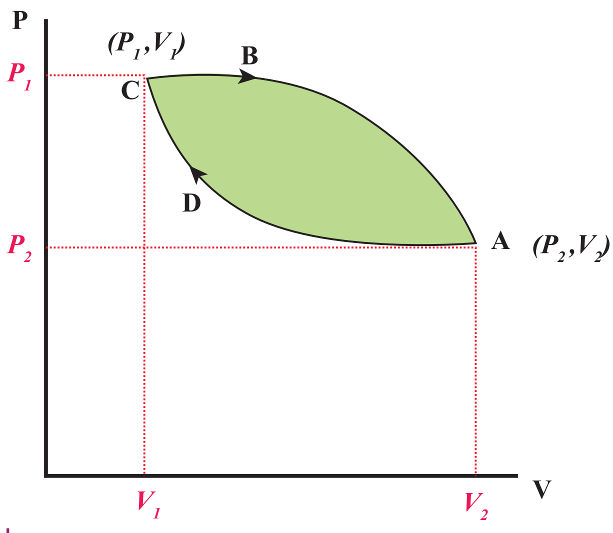


படம் 8.40 (b) ADC வளைகோட்டிற்கான வேலை

பருமன் V_2 விலிருந்து V_1 க்கு வாயு சுருங்கும்போது வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை W_2 என்க. இவ்வேலை படம் 8.40 (b) இல் காட்டியுள்ளவாறு ADC வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பிற்குச் சமமாகும்.

இந்த சுழற்சி நிகழ்வின் மூலம் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை = $W_1 - W_2$ இது படம் 8.41 இல் காட்டப்பட்டுள்ள வளையப்பாதையின் நடுவே உள்ள பச்சை நிறமிடப்பட்ட பரப்பிற்குச் சமமாகும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 142 25-08-2020 15:00:01



படம் 8.41 சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை

எனவே சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை சுழி அல்ல. பொதுவாக தொகுபயன் வேலை நேர்க்குறியில் அல்லது எதிர்க்குறியில் இருக்கும். தொகுபயன் வேலை நேர்க்குறியில் இருப்பின், அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை, அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைவிட அதிகமாக இருக்கும்.

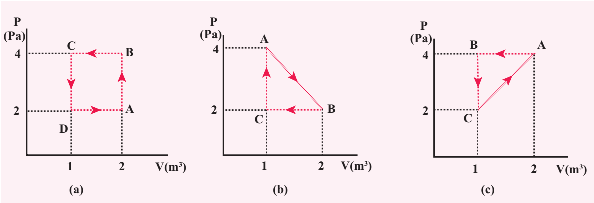
தொகுபயன் வேலை எதிர்க்குறியில் இருந்தால் அமைப்பினால் செய்யப்பட்டால் வேலை, அமைப்பின்மீது செய்யப்பட்ட வேலையைவிடக் குறைவாக இருக்கும்.

குறிப்பு மேலும் சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை நேர்குறியாக இருப்பின் இந்நிகழ்வின் வரைபடம் வலஞ்சுழியாக அமையும். சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை எதிர்க்குறியாக இருப்பின் இந்நிகழ்வின் வரைபடம் இடஞ்சுழியாக அமையும்.

படம் 8.41 இல் உள்ள நிகழ்வு வலஞ்சுழி திசையில் செயல்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 8.22

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் PV வரைபடங்கள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு சுற்று நிகழ்விற்குமான மொத்த வேலையைக் கணக்கிடுக.



தீர்வு

நேர்வு a) மூடப்பட்டப் பாதையின் திசை இடஞ்சுழியாக உள்ளது. இதிலிருந்து, அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை, அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலையைவிட அதிகமாகும். BC வளைகோட்டிற்குக்கீழே உள்ள பரப்பு வாயுவின்மீது செய்யப்பட்ட வேலையைக் கொடுக்கும் (அழுத்தம் மாறா அழுக்கம்). மேலும் DA வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலையைக் கொடுக்கும்.

BC வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = செவ்வகம் B C 1 2 வின் பரப்பு = $1 \times 4 = -4J$

இங்கு எதிர்க்குறி அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைக் குறிக்கிறது

DA வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு $= 1 \times 2 = +2J$

சுற்று நிகழ்வினால் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை = $-4 + 2 = -2$ J

நேர்வு (b): மூடப்பட்ட பாதையின் திசை வலஞ்சுழியாக உள்ளது. எனவே செய்யப்பட்ட வேலையின் தொகுபயன் மதிப்பு நேர்க்குறியாகும். அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை, அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலையை விடக் குறைவானது என்பதை இதிலிருந்து அறியலாம்.

BC வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு வாயுவின்மீது செய்யப்பட்ட வேலையைக் கொடுக்கும் (அழுத்தம் மாறா அழுக்கம்). மேலும் AB வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலையைக் கொடுக்கும்.

AB வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு

= (BC12) செவ்வகத்தின் பரப்பு + (A B C) முக்கோணத்தின் பரப்பு = $(1\times2) + \frac{1}{2}\times1\times2 = +3J$

BC வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = செவ்வகத்தின் பரப்பு = $1\times2 = -2J$

சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை = 1 J இது ஒரு நேர்க்குறி மதிப்பாகும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 143 25-08-2020 15:00:02

நேர்வு (c) மூடப்பட்ட பாதையின் திசை இடஞ்சுழியாக உள்ளது. எனவே தொகுபயன் வேலை எதிர்க்குறியாகும். அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலையைவிட அதிகம் என்று இது காட்டுகிறது. AB வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைக் கொடுக்கும். (அழுத்தம் மாறா அமுக்கம்). மேலும் CA வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலையைக் கொடுக்கும்.

AB வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = செவ்வகத்தின் பரப்பு = 4 $\times$ 1 = −4 J

CA வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = செவ்வகத்தின் பரப்பு + முக்கோணத்தின் பரப்பு =

$$(1\times2) + \frac{1}{2} \times 1\times2 = +3J$$

சுற்றுநிகழ்வினால் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை = −1 J. இது ஒரு எதிர்க்குறி மதிப்பாகும்.

8.8.7 வெப்ப இயக்கவியல் முதல் விதியின் வரம்புகள்:

வெப்பம் மற்றும் வேலை இவை ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றாக மாற்றமடையும் தன்மையை வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி சிறப்பாக விளக்கியுள்ளது. ஆனால் அவை மாற்றமடையும் திசையினை விளக்கவில்லை.

எடுத்துக்காட்டாக,

சூடான பொருளுடன், குளிர்ந்த பொருளொன்றை வெப்பத்தொடர்பில் வைக்கும்போது வெப்பம் எப்போதும் சூடான பொருளிலிருந்து குளிர்ந்த பொருளுக்குப் பாயும். இதற்கு எதிர்த்திசையில் வெப்பம் பாயாது. ஆனால் வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதிப்படி வெப்பம் சூடான பொருளிலிருந்து குளிர்ந்த பொருளுக்கோ அல்லது குளிர்ந்த பொருளிலிருந்து சூடான பொருளுக்கோ பாய முடியும். ஆனால் இயற்கையாகவே வெப்பம் எப்போதும் உயர்வெப்பநிலையிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலைக்குத்தான் பாயும்.

கார்களில் உள்ள பிரேக்குகளை அமுக்கும்போது ஏற்படும் உராய்வினால் கார் நின்று விடுகிறது. உராய்வுக்கு எதிராக செய்யப்படும் வேலை வெப்பமாக மாற்றமடையும். ஆனால் இவ்வெப்பம் காரின் இயக்க ஆற்றலாக மீண்டும் மாற்றமடைவதில்லை. எனவே வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி பெரும்பான்மையான இயற்கை நிகழ்வுகளை விளக்கப்போதுமானதாக இல்லை.

8.8.8 மீள் நிகழ்வு (Reversible process)

வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வு ஒன்று, அது நடைபெற்ற பாதைக்கு எதிர்த்திசையில் செயல்பட்டு, அமைப்பும் சூழலும் தன்னுடைய தொடக்க நிலையை அடைய முடியுமானால் அத்தகைய வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வை மீள் நிகழ்வு என்று அழைக்கலாம்.

எடுத்துக்காட்டு: மீமெது வெப்பநிலை மாறா விரிவு, சுருள்வில்லில் மிக மெதுவாக நடைபெறும் அமுக்கம் மற்றும் விரிவு

மீள் நிகழ்வு நடைபெறுவதற்கான நிபந்தனைகள்:

1. இச்செயல்முறை மிக மிக மெதுவாக நடைபெற வேண்டும்.
2. செயல்முறை நடைபெற்று முடியும்வரை அமைப்பும், சூழலும் தொடர்ந்து எந்திரவியல், வெப்பவியல் மற்றும் வேதியியல் சமநிலையில் இருக்க வேண்டும்.
3. உராய்வு விசை, பாகியல் விசை, மின்தடை போன்ற ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படுத்தும் விசைகள் ஏதும் இருக்கக்கூடாது.

குறிப்பு

அனைத்து மீள் நிகழ்வுகளும் மீமெது நிகழ்வுகள்தான். ஆனால் அனைத்து மீமெது நிகழ்வுகளும் மீள் நிகழ்வுகளாக இருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை. எடுத்துக்காட்டாக, பிஸ்டனை மிக மெதுவாக அழுத்தும்போது உருளையின் சுவருக்கும், பிஸ்டனுக்கும் இடையே உராய்வு விசை இருந்தால் சிறிதளவு ஆற்றல் சூழலுக்கு இழக்கப்படும். இவ்வாற்றலை மீண்டும் பெற இயலாது. எனவே இது மீமெது நிகழ்வாக இருந்தாலும் மீள் நிகழ்வு இல்லை.

மீளா நிகழ்வு (Irreversible process)

இயற்கை நிகழ்வுகள் அனைத்தும் மீளா நிகழ்வுகளாகும். இத்தகைய நிகழ்வுகளை PV வரைபடத்தில் குறிப்பிட இயலாது. ஏனெனில் மீளா நிகழ்வின் ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் அழுத்தம், வெப்பநிலை போன்றவற்றிற்கு குறிப்பிட்ட மதிப்பு இருக்காது.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 144 25-08-2020 15:00:02

வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வு ஒன்றின் ஆற்றல் மாறாத்தன்மைக்கான கூற்றே, வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியாகும். எடுத்துக்காட்டாக, சூடான பொருளொன்றை குளிர்ச்சியான பொருளின் மீது வைக்கும்போது, வெப்ப ஆற்றல் சூடான பொருளிலிருந்து குளிர்ச்சியான பொருளுக்கு பாய்கிறது. ஏன் வெப்பம் குளிர்ச்சியான பொருளிலிருந்து சூடான பொருளுக்கு பாயவில்லை? குளிர்ச்சியான பொருளிலிருந்து சூடான பொருளுக்கு வெப்ப ஆற்றல் பாய்வதையும் வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி அனுமதிக்கிறது. எடுத்துக்காட்டாக 5 J ஆற்றல் சூடான பொருளிலிருந்து குளிர்ச்சியான பொருளுக்கு அல்லது குளிர்ச்சியான பொருளிலிருந்து சூடான பொருளுக்கு பாய்ந்தாலும் தொகுபயன் அமைப்பின் மொத்த அக ஆற்றல் மாறாது. ஆனால் 5 J வெப்பம் குளிர்ச்சியான பொருளிலிருந்து வெப்பமான பொருளுக்கு எப்போதும் பாயாது.

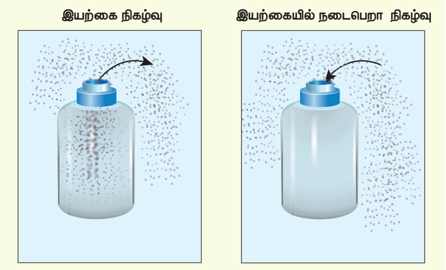
இயற்கையாகவே இது போன்ற நிகழ்வுகள் ஒரு திசையில் மட்டுமே நடைபெறும். எதிர்த்திசையில் நடைபெறுவதில்லை. இந்நிகழ்வுகள் எந்தத்திசையில் நடைபெற்றாலும் அமைப்பின் மொத்த ஆற்றல் மாறாமல் இருக்கும். இருப்பினும் எதிர்த்திசையில் இந்நிகழ்வு நடைபெறாது என்பதை இங்கு கவனிக்க வேண்டும். வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி ஒரு இயற்கை நிகழ்வு எதிர்த்திசையில் ஏன் நடைபெறுவதில்லை என்பதற்கான விளக்கத்தைக் கொடுக்கவில்லை. பதினெட்டாம் நூற்றாண்டின் அறிவியல் மேதைகள் எதிர்த்திசையில் ஒரு நிகழ்வு நடைபெறாததற்கான விளக்கத்தைக் கொடுக்க முனைந்தார்கள். அதன் பயனாக இயற்கையின் ஒரு புதிய விதியினைக் கண்டறிந்தார்கள். அதுதான் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதி. இந்த இரண்டாம் விதியின்படி வெப்பம் எப்போதும் சூடான பொருளிலிருந்து குளிர்ச்சியான பொருளுக்குத் தானாகவே பாயும் இதனை வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியின் கிளாசியஸ் கூற்று என்று அழைப்பார்கள்.

எடுத்துக்காட்டு 8.23

மீளா செயல்முறைக்கான சில எடுத்துக்காட்டுகளைக் கூறுக.

இயற்கையாக நடைபெறும் அனைத்து நிகழ்வுகளும் மீளா நிகழ்வுகள் ஆகும். சில ஆர்வமூட்டும் எடுத்துக்காட்டுகளை இங்கு காண்போம்.

(a) வாயு அடைத்து வைக்கப்பட்ட குடுவையை திறந்தவுடன், குடுவையில் இருந்த வாயு மூலக்கூறுகள் மெதுவாக அறை முழுவதும் பரவுகின்றன. அவை மீண்டும் குடுவைக்கு வருவதில்லை.



(b) பேனா மைத்துளி சொட்டு ஒன்றைத் தண்ணீரில் விடும்போது, மைத்துளி தண்ணீரில் மெதுவாக பரவும். அந்த பரவிய மைத்துளி மீண்டும் ஒன்று சேராது.

(c) சற்றே உயரமான இடத்திலிருந்து விழும் பொருள் தரையை அடைந்த உடன், பொருளின் மொத்த இயக்க ஆற்றல் தரையின் மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றலாக மாற்றமடைகிறது. அதில் ஒரு சிறுபகுதி ஒலி ஆற்றலாக இழக்கப்படுகிறது. தரையின் மூலக்கூறுகளுக்கு மாற்றமடைந்த இயக்க ஆற்றலை மீண்டும் ஒன்றிணைத்து பொருள் தானாகவே மேலே செல்ல இயலாது.

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியின்படி மேலே கூறப்பட்ட அனைத்து நிகழ்ச்சிகளும் எதிர்த்திசையில் நடக்கவும் சாத்தியமுண்டு. ஆனால் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதி இந்நிகழ்ச்சிகளை எதிர்த்திசையில் நடக்க அனுமதிக்காது. இயற்கையின் முக்கிய விதிகளில் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியும் ஒன்றாகும். இவ்விதி இயற்கை நிகழ்வுகள் நடைபெறும் திசையை தீர்மானிக்கிறது.

8.9 வெப்ப இயந்திரம் (HEAT ENGINE)

இந்த நவீன தொழில்நுட்ப உலகில், போக்குவரத்தில் தானியங்கி இயந்திரங்களின் பங்கு முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகும். மோட்டார் சைக்கிள்கள் மற்றும்

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 145 25-08-2020 15:00:03

கார்களில் இயந்திரங்கள் உள்ளன. அவை பெட்ரோல் அல்லது டீசலை உள்ளீடாகப் பெற்றுக்கொண்டு சக்கரங்களை சுழற்றும் வேலையைச் செய்கின்றன. பெரும்பான்மையான இயந்திரங்களின் பயனுறுதிறன் 40% மேல் இல்லை. இயந்திரங்களின் பயனுறு திறனுக்கான அடிப்படை கட்டுப்பாடுகளை வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதிதான் தீர்மானிக்கிறது. எனவே இரண்டாம் விதியினைப் புரிந்து கொள்ள, வெப்ப இயந்திரங்களைப் புரிந்து கொள்வது அவசியமாகும்.

தேக்கி (Reservoir)

மிக அதிகமான வெப்ப ஏற்புத்திறன் கொண்ட வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு என்று இதனை வரையறுக்காலாம். தேக்கியிலிருந்து வெப்பத்தை எடுத்தாலும் அல்லது தேக்கிக்கு வெப்பத்தை அளித்தாலும் தேக்கியின் வெப்பநிலை மாறாது.

எடுத்துக்காட்டு:

ஒரு டம்ளர் சூடான நீரை, ஏரி நீரில் ஊற்றினால் ஏரியின் வெப்பநிலை உயராது. இங்கு இந்த ஏரியினை தேக்கியாகக் கருதலாம்.

ஒரு குவளையில் உள்ள சூடான தேநீர் திறந்த வெளியில் உள்ளபோது அது சூழலுடன் வெப்பச் சமநிலையை அடைகிறது. ஆனால் சூழலின் வெப்பநிலையில் குறிப்பிடத்தக்க எந்த மாற்றமும் ஏற்படவில்லை. எனவே சூழலை இங்கு தேக்கியாகக் கருதலாம்.

வெப்ப இயந்திரத்தை பின்வருமாறு வரையறை செய்யலாம்.

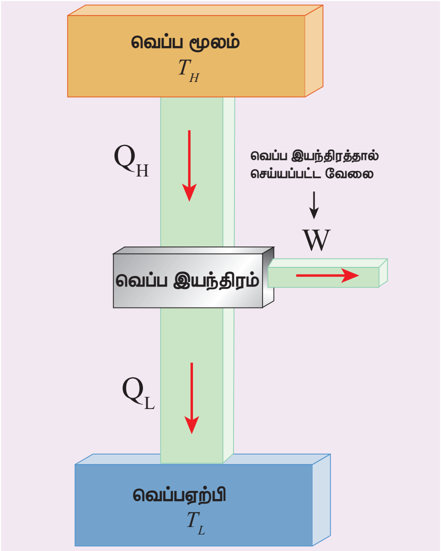
வெப்பத்தை உள்ளீடாகப் பெற்று, சுழற்சி நிகழ்வை மேற்கொள்வதன் மூலம் அவ்வெப்பத்தை வேலையாக மாற்றும் ஒரு கருவியே வெப்ப இயந்திரம் ஆகும். ஒரு வெப்ப இயந்திரத்திற்கு மூன்று பகுதிகள் உள்ளன அவை

(a) வெப்ப மூலம்

(b) செயல்படுபொருள்

(c) வெப்ப ஏற்பி

ஒரு வெப்ப இயந்திரத்தின் திட்ட வரைபடம் படம் 8.42 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.42 வெப்ப இயந்திரம்

1. வெப்ப மூலம் இது இயந்திரத்திற்கு வெப்பத்தை அளிக்கும். இதனை எப்போது உயர் வெப்பநிலையிலேயே T_H வைத்திருக்கவேண்டும்.
2. செயல்படு பொருள்–இது வாயு அல்லது தண்ணீர் போன்ற ஒரு பொருளாகும். இது அளிக்கப்படும் வெப்பத்தை வேலையாக மாற்றும்.

   வெப்ப இயந்திரத்திற்கான ஓர் எளிய உதாரணம் நீராவி இயந்திரமாகும். பழங்காலத்தில் இரயில் வண்டிகளை இயக்க இந்நீராவி இயந்திரம் பயன்பட்டது. இதில் செயல்படு பொருளாக தண்ணீர் பயன்பட்டது. இது எரியும் நிலக்கரியிலிருந்து வெப்பத்தை பெற்று நீரை நீராவியாக மாற்றும். இந்த நீராவி இரயில் வண்டியின் சக்கரத்தைச் சுழற்றி இரயில் வண்டியை இயக்கும்.

3 வெப்ப ஏற்பி வெப்ப இயந்திரம் வேலை செய்தபின் சிறிதளவு வெப்பத்தை (Q_L) வெப்ப ஏற்பிக்கு கொடுக்கும். இதனை எப்போதும் தாழ் வெப்பநிலையிலேயே (T_L) வைத்திருக்க வேண்டும்.

   எடுத்துக்காட்டாக, தானியங்கி இயந்திரங்களில் வெப்ப ஏற்பியாக செயல்படுவது அறைவெப்பநிலையிலுள்ள சுற்றுப்புறச் சூழலாகும். தானியங்கி இயந்திரம் சைலன்ஸர் (புகைபோக்கி) வழியாக வெப்பத்தை சுற்றுபுறத்திற்கு வெளியேற்றும். வெப்ப இயந்திரம் சுழற்சி நிகழ்வில் (cylic process) செயல் படுகிறது. சுழற்சி நிகழ்வு முடிவுற்ற

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 146 25-08-2020 15:00:03

பின்னர் வெப்ப இயந்திரம் தொடக்க நிலைக்கு வரும். வெப்பத்தை வெளியேற்றிய பின்பு வெப்ப இயந்திரம் ஒரு சுற்று முடிந்து அதன் தொடக்க நிலைக்கு வருவதால் வெப்ப இயந்திரத்தின் அக ஆற்றல் மாற்றம் சுழியாகும் ($\Delta U = 0$).

ஒரு சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலைக்கும் (வெளியீடு) ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட வெப்பத்திற்கும் (உள்ளீடு) உள்ள விகிதம் வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் என வரையறை செய்யப்படுகிறது.

செயல்படு பொருளொன்று வெப்ப மூலத்திலிருந்து Q_H அலகு வெப்பத்தைப்பெற்று W அலகு வேலை செய்தபின், அது வெப்ப ஏற்பிக்கு அளித்த வெப்பம் Q_L அலகு என்க.

இது படம் 8.43, இல் திட்ட வரைபடமாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது.

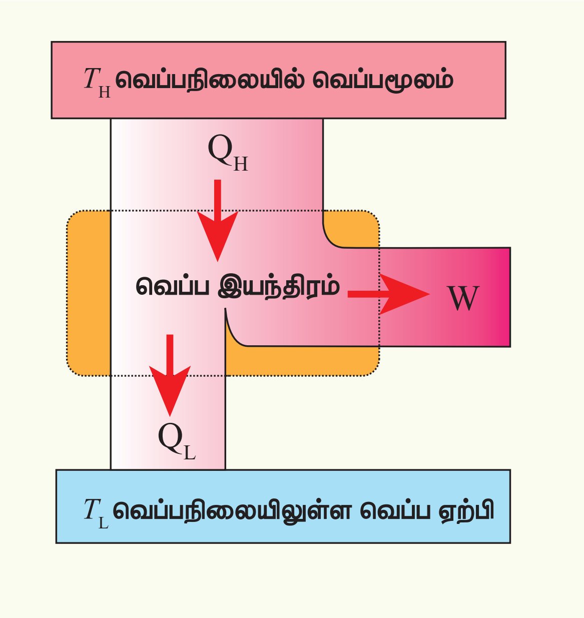


Figure 8.43 வெப்ப இயந்திரம்

உள்ளீடு வெப்பம் = செய்யபட்ட வேலை + வெளியேற்றப்பட்ட வெப்பம்

$$Q_H = W + Q_L$$

$$W = Q_H - Q_L$$

எனவே வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறு திறன்

$$\eta = \frac{\text{வெளியீடு}}{\text{உள்ளீடு}} = \frac{W}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \qquad (8.55)$$

இங்கு Q_H, Q_L மற்றும் W இவை அனைத்தும் நேர்குறியாக உள்ளதை இங்கு கவனிக்கவும். இந்த குறியீட்டு முறையைதான் நாம் இங்கு பின்பற்ற வேண்டும்.

இங்கு $Q_L < Q_H$ என்பதால் பயனுறுதிறன் எப்போதும் 1 ஐவிடக் குறைவாகவே இருக்கும். இதிலிருந்து ஏற்க்கப்பட்ட வெப்பம் முழுமையாக வேலையாக மாற்றமடையவில்லை என்பதை புரிந்து கொள்ளலாம். வெப்பம் முழுமையாக வேலையாக மாறுவதற்கு சில அடிப்படைக் கட்டுப்பாடுகளை வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம்விதி அளிக்கிறது.

வெப்ப இயக்கவியல் இரண்டாம் விதியின் வெப்ப இயந்திரக்கூற்று அல்லது கெல்வின் ஃபிளாங்க் கூற்றை பின்வருமாறு வரையறை செய்யலாம்.

கெல்வின் ஃபிளாங்க் கூற்று

ஒரு சுழற்சி வெப்ப நிகழ்வில் (Cyclic process) ஏற்கப்பட்ட வெப்பம் முழுவதையும் வேலையாக மாற்றும் எந்த ஒரு வெப்ப இயந்திரத்தையும் நாம் வடிவமைக்க இயலாது.

இக்கூற்றிலிருந்து 100% பயனுறுதிறன் கொண்ட எந்தஒரு வெப்ப இயந்திரமும் இப்பிரபஞ்சத்தில் சாத்தியம் இல்லை என்பதை நாம் அறிந்துகொள்ளலாம்.

குறிப்பு

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதியின்படி, வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில், கொடுக்கப்பட்ட வெப்பம் முழுவதும் வேலையாக மாற்றமடைகிறது. $(Q = W)$ எனில் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியின் கூற்றுக்கு முரணாக உள்ளதா? இல்லை.

ஏனெனில் வெப்பநிலை மாறா விரிவு என்பது ஒரு சுழற்சி நிகழ்வு இல்லை (Non –Cyclic prosess). இந்நிகழ்வுகளின் மட்டுமே வெப்பம் முழுமையாக வேலையாக மாற்றமடைகிறது. ஆனால் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம்விதியின் படி சுழற்சி நிகழ்வில் (Cyclic Process) நடைபெறும் நிகழ்வுகளில் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தில்

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 147 25-08-2020 15:00:04

ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு மட்டுமே வேலையாக மாற்றமடைகிறது". ($\eta < 100\%$) எனவே அனைத்து வெப்ப இயந்திரங்களும் சுழற்சி நிகழ்வில் இயங்குவதால் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தை முழுமையாக வேலையாக மாற்றுவதில்லை.

எடுத்துக்காட்டு 8.24

ஒரு வெப்ப இயந்திரம் அதன் சுழற்சி நிகழ்வின் போது 500 J வெப்பத்தை வெப்பமூலத்திலிருந்து பெற்றுக்கொண்டு ஒரு குறிப்பிட்ட வேலையை செய்தபின்னர் 300 J வெப்பத்தை சூழலுக்கு (வெப்ப ஏற்பிக்கு) கொடுக்கிறது. இந்நிபந்தனைகளின்படி அந்த வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறு திறனைக் காண்க.

தீர்வு

வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன்

$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

$$\eta = 1 - \frac{300}{500} = 1 - \frac{3}{5}$$

$$\eta = 1 - 0.6 = 0.4$$

வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 40% இதிலிருந்து வெப்ப இயந்திரம் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தில் 40% மட்டுமே வேலையாக மாற்றியுள்ளது என்பதை அறியலாம்.

8.9.1 கார்னோ இலட்சிய வெப்ப இயந்திரம் (Carnot's Ideal heat engine)

ஒரு வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 100% இல்லை என முந்தய பிரிவில் நாம் பயின்றோம். அவ்வாறு இருக்கும்பட்சத்தில் ஒரு வெப்ப இயந்திரத்தின் அதிகபட்ச பயனுறுதிறன் என்ன? 1824 ஆம் ஆண்டு கார்னோ என்ற பிரெஞ்சு பொறியாளர், வெப்பமூலம் மற்றும் வெப்ப ஏற்பிகளுக்கிடையே சுற்றுசெயல்முறையில் செயல்படும். மீள் நிகழ்வு வெப்ப இயந்திரம் (reversible heat engine) அதிகபட்ச பயனுறுதிறனைப் பெற்றுள்ளது என நிரூபித்தார். இந்த இயந்திரமே கார்னோ இயந்திரம் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

இரண்டு வெப்பநிலைகளுக்கிடையே சுழற்சி நிகழ்வாக, செயல்படும் மீள்நிகழ்வு இயந்திரம் கார்னோ இயந்திரமாகும்.

கார்னோ இயந்திரம் நான்கு முக்கியப்பாகங்களைப் பெற்றுள்ளது. அவை பின்வருமாறு

(i) வெப்ப மூலம்: மாறா உயர்வெப்பநிலையில் உள்ள வெப்பமூலமாகும். இதிலிருந்து வெப்பநிலைமாறாமல் எவ்வளவு வெப்பத்தையும் பெறமுடியும்

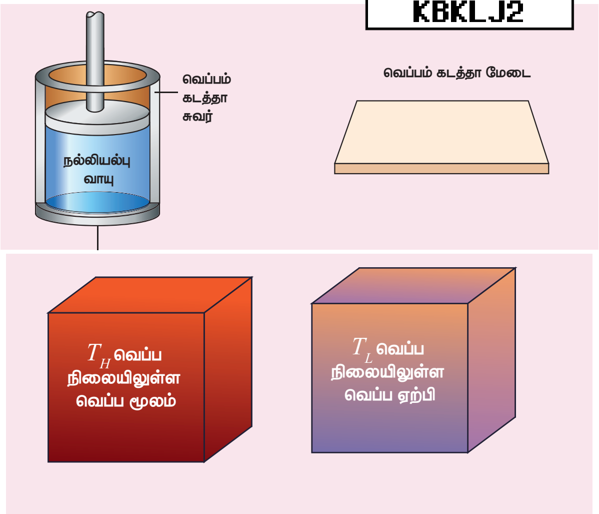
(ii) வெப்பஏற்பி : மாறாத குறைந்த வெப்பநிலையில் உள்ள ஒரு பொருளாகும். இது எவ்வளவு வெப்பத்தையும் ஏற்றுக்கொள்ளும்.

(iii) வெப்பக்காப்பு மேடை: முழுமையான வெப்பக் காப்பு பொருளினால் இம்மேடை செய்யப்பட்டிருக்கும்,இம்மேடை வழியே வெப்பம் கடத்தப்படாது.

(iv) செயல்படும் பொருள்: முழுமையான வெப்பம் கடத்தாத சுவர்களையும் முழுமையான வெப்பம் கடத்தும் அடிப்பாகத்தையும் கொண்டுள்ள உருளையில் அடைத்துவைக்கப்பட்டுள்ள நல்லியல்பு வாயுவாகும். வெப்பக் கடத்தா மற்றும் உராய்வற்ற பிஸ்டன் ஒன்று உருளையுடன் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

இந்நான்கு பாகங்களும் படம் 8.44இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

KBKLJ2



படம் 8.44 கார்னோ இயந்திரம்

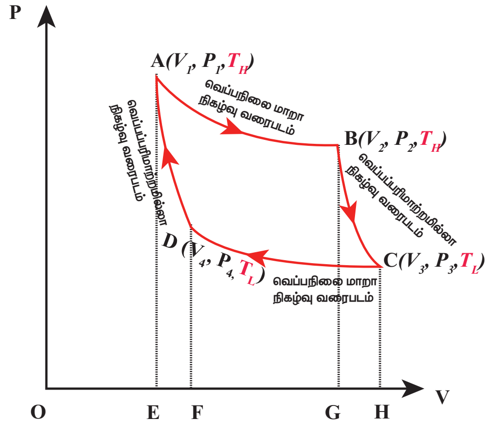
UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 148 25-08-2020 15:00:05

கார்னோ சுற்று:

கார்னோ சுற்றி செயல்படு பொருள் நான்கு தொடர்ச்சியான மீள் நிகழ்வுகளை சுழற்சி முறையில் நிகழ்த்துகிறது.

செயல்படு பொருளின் தொடக்க அழுத்தம் மற்றும் பருமனை P_1, V_1 என்க.

நிகழ்வு $A \rightarrow B$ (P_1, V_1, T_H) **முதல்** (P_2, V_2, T_H) **வரையிலான மீமெது வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு:** உருளை வெப்ப மூலத்தின் மீது வைக்கப்படுகிறது. வெப்பம் வெப்ப மூலத்திலிருந்து உருளையின் அடிப்பரப்பின் வழியே செயல்படு பொருளுக்கு (நல்லியல்பு வாயுக்கு) பாய்கிறது. இது ஒரு வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வாகும். எனவே செயல்படு பொருளில் அக ஆற்றல் எவ்வித மாற்றமும் ஏற்படாது. பெறப்பட்ட வெப்பத்தினால் வாயுவின் பருமன் அதிகரிக்கும். பிஸ்டனை மிக மெதுவாக மேலே வருவதற்கு அனுமதிக்க வேண்டும். (மீமெது நிகழ்வின் அடிப்படையில்) இது படம் 8.47 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வாயுவின் பருமன் V_1 லிருந்து V_2 க்கு அதிகரிக்கும். அதன் அழுத்தம் P_1 லிருந்து P_2 க்கு குறையும் போது வாயுவினால் செய்யப்பட்டவேலை W என்க. இது P–V வரைபடத்தில் AB பாதையாக குறிக்கப்பட்டுள்ளது. படம் (8.45)



படம் 8.45 கார்னோ சுற்றுக்கான PV வரைபடம்

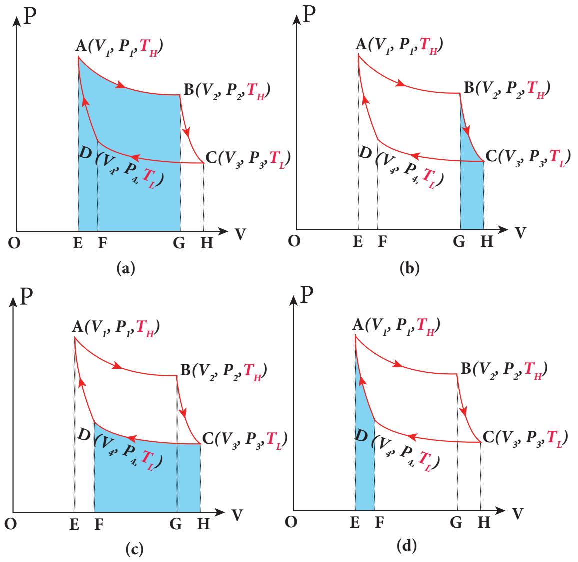
வாயுவினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$\therefore Q_H = W_{A\rightarrow B} = \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

இந்நிகழ்வு மீமெது நிகழ்வாக உள்ளதால் நல்லியல்பு வாயு அதன் இறுதி நிலையை அடையும் வரை வெப்பமூலத்துடன் சமநிலையில் இருக்கும். வெப்பநிலை மாறா விரிவினால் செய்யப்பட்ட வேலை சமன்பாடு (8.34)இல் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.

$$W_{A\rightarrow B} = \mu RT_H ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = \text{AB வளை கோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு} \quad (8.56)$$

இது படம் 8.46 (a) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது

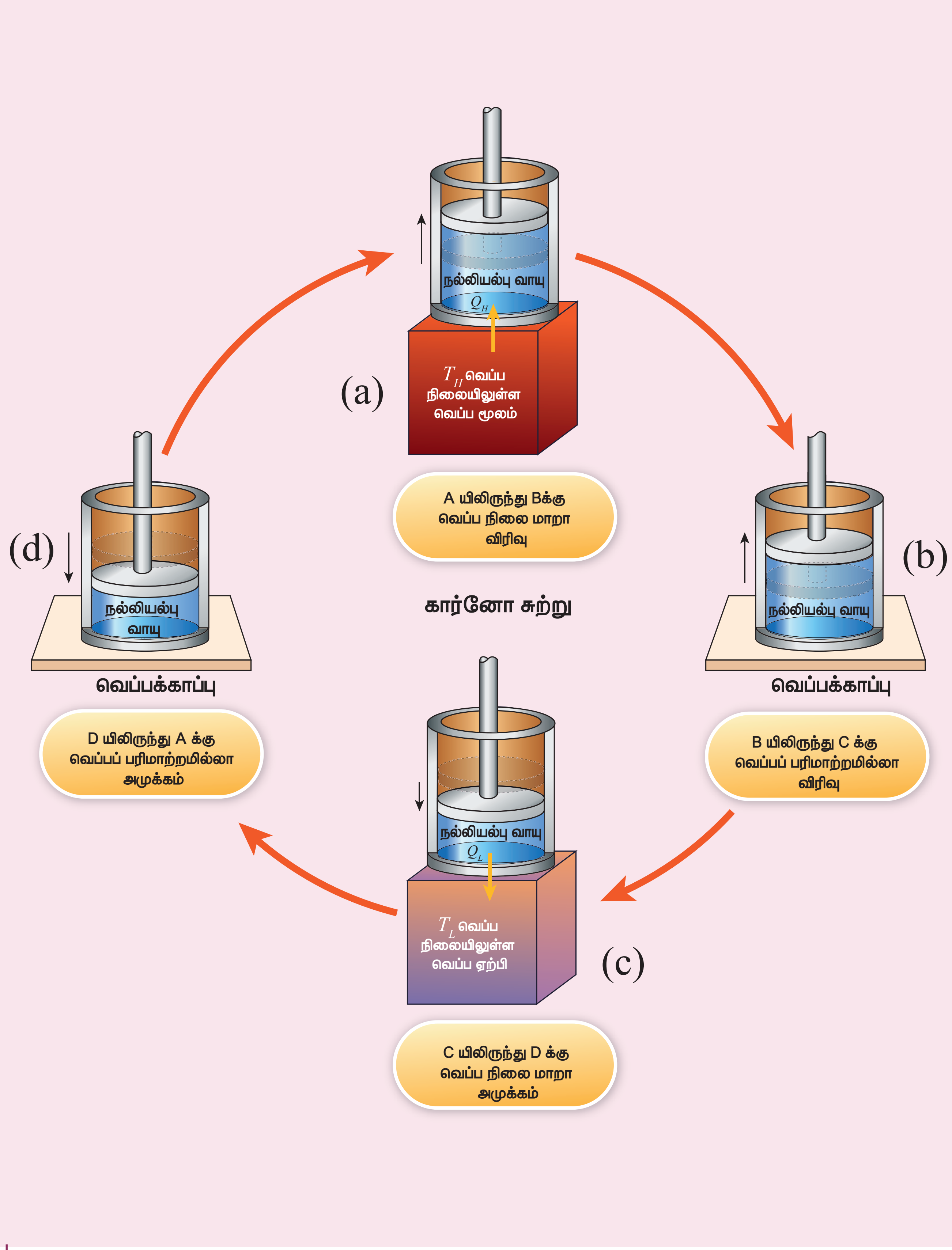


படம் 8.46 கார்னோ சுற்றில் செய்யப்பட்ட வேலை

நிகழ்வு $B \rightarrow C$ (P_2, V_2, T_H) **முதல்** (P_3, V_3, T_L) **வரையிலான மீமெது வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா விரிவு**

உருளை வெப்பக்கடத்தா மேடை மீது வைக்கப்படுகிறது பிஸ்டனை மேல் நோக்கி நகர அனுமதிக்கவேண்டும்.வாயுவெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் விரிவடைவதால் அதன் பருமன் V_2 லிருந்து V_3 க்கு அதிகரிக்கும் அதன் அழுத்தம் P_2 விலிருந்து P_3 க்குக் குறையும். வெப்பநிலை T_L ஆகும். PV வரைபடத்தில் இந்த வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா விரிவு BC வளைகோடாக காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு மீமெது நிகழ்வாக நடைபெற்றதால், நல்லியல்பு வாயு இந்நிகழ்வு முழுவதும் சமநிலையில் இருக்கும். மேலும் இது ஒரு மீள் நிகழ்வு என்பதையும் இது காட்டுகிறது. இது படம் 8.47 (b) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 149 25-08-2020 15:00:06



படம் 8.47 கார்னோ சுற்று

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 150 25-08-2020 15:00:06

சமன்பாடு(8.42)இல்இருந்துவெப்பப்பரிமாற்றமில்லா விரிவினால் வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W_{B\to C} = \int_{V_2}^{V_3} PdV = \frac{\mu R}{\gamma - 1}[T_H - T_L] = BC$$

வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு (8.57)

இது படம் 8.46 (b) யிலும் காட்டப்பட்டுள்ளது.

நிகழ்வு $C \to D$

(P_3, V_3, T_L) முதல் (P_4, V_4, T_L) வரையிலான மீமெது வெப்பநிலை மாறா அழுக்கம். இது படம் 8.47 (c) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

உருளை, வெப்ப ஏற்பியின் மீது வைக்கப்படுகிறது. வாயுவின் அழுத்தம் P_4 மற்றும் அதன் பருமன் V_4 ஐ அடையும் வரை வாயு வெப்பநிலை மாறா அமுக்கத்திற்கு உட்படுகிறது. இது PV வரைபடத்தில் CD வளைகோட்டினால் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.

$$Q_L = W_{C\to D} = \int_{V_3}^{V_4} PdV = \mu RT_L \ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right) = -\mu RT_L \ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right)$$

$= -CD$ வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு (8.58)

இது படம் 8.46 (c) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இங்கு V_3 , ஆனது V_4 ஐ விட அதிகம் எனவேதான் செய்யப்பட வேலை எதிர்க்குறியில் உள்ளது. இதிலிருந்து வாயுவின் மீது வேலை செய்யப்பட்டது என்பதை அறியலாம்.

நிகழ்வு $D\to A$: (P_4, V_4, T_L) முதல் (P_1, V_1, T_H) வரையிலான மீமெது வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அமுக்கம். இது படம் 8.47 (d) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

உருளை வெப்பம் கடத்தா மேடை மீது மீண்டும் வைக்கப்படுகிறது. வாயு தனது தொடக்க நிலைகளான அழுத்தம் P_1 பருமன் V_1 மற்றும் வெப்பநிலை T_H ஐ அடையும்வரை வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அமுக்கத்திற்கு உட்படுகிறது. இது PV வரைபடத்தில் DA வளைகோடாக காட்டப்பட்டுள்ளது.

$$\therefore W_{D\to A} = \int_{V_4}^{V_1} PdV = -\frac{\mu R}{\gamma - 1}(T_H - T_L) = -DA$$

வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு (8.59)

இந்த வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அமுக்கத்திலும் வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை எதிர்க்குறியாகும். இது படம் 8.46 (d) யில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

செயல்படு பொருளின் மீது ஒரு முழு சுற்றில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை W என்க.

$\therefore$ W= வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை – வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை

$$= W_{A\to B} + W_{B\to C} + W_{C\to D} + W_{D\to A}$$

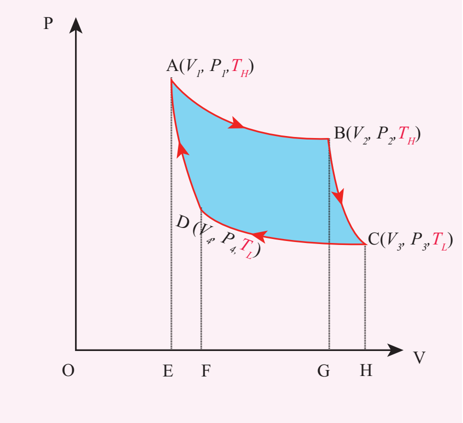
இங்கு $W_{D\to A} = -W_{B\to C}$

$$= W_{A\to B} + W_{C\to D}$$

முழு சுற்றுக்கு கார்னோ இயந்திரத்தால் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை

$$W = |W|_{A\to B} - |W|_{C\to D} \quad (8.60)$$

ஒரு முழு சுற்றுக்கு செயல்படு பொருளால் (நல்லியல்பு வாயு) செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை PV வரைபடத்தில் உள்ள ABCD என்ற மூடப்பட்ட வளைகோட்டினால் சூழப்பட்ட பரப்பிற்குச் சமம் என்பதை சமன்பாடு (8.60) காட்டுகிறது. இது படம் (8.48) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.48 கார்னோ சுற்றினால் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 151 25-08-2020 15:00:07

மிக முக்கியமாக கவனிக்க வேண்டிய ஒன்று, ஒரு முழு சுற்றுக்குப் பின்னர் செயல்படு பொருள் தனது தொடக்க வெப்பநிலை T_H ஐ அடைகிறது. இதிலிருந்து நாம் அறிந்து கொள்வது என்னவென்றால் ஒரு முழு சுற்றுக்குப்பின்னர் செயல்படு பொருளின் (நல்லியல்பு வாயுவின்) அக ஆற்றல் மாறுபாடு சுழி என்பதாகும்.

8.9.2 கார்னோ இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன்

ஒரு முழு சுற்றுக்கு செயல்படு பொருளினால் (நல்லியல்பு வாயு) செய்யப்பட்ட வேலைக்கும், வெப்ப மூலத்திலிருந்து பெறப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவுக்கும் உள்ள விகிதம் கார்னோ இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் என்று வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$\eta = \frac{\text{செய்யப்பட்ட வேலை}}{\text{பெறப்பட்ட வெப்பம்}} = \frac{W}{Q_H} \qquad (8.61)$$

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியிலிருந்து

$$W = Q_H - Q_L$$

$$\therefore \eta = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \qquad (8.62)$$

வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வின் நிபந்தனையை பயன்படுத்தும்போது

$$Q_H = \mu R T_H \ln\left(V_2/V_1\right)$$
$$Q_L = \mu R T_L \ln\left(V_3/V_4\right) \qquad (8.63)$$

எனப் பெறலாம்.

இங்கு Q_L ல் எதிர்க்குறியால் நாம் குறிப்பிடவில்லை. ஏனெனில் வெப்ப ஏற்பிக்கு வெளியேற்றிய வெப்பத்தின் எண்ணளவிற்கு மட்டுமே முக்கியத்துவம் அளிக்கப்படுகிறது.

$$\therefore \frac{Q_L}{Q_H} = \frac{T_L \ln\left(V_3/V_4\right)}{T_H \ln\left(V_2/V_1\right)} \qquad (8.64)$$

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வின் நிபந்தனையை பயன்படுத்தும்போது

$$T_H V_2^{\gamma-1} = T_L V_3^{\gamma-1}$$
$$T_H V_1^{\gamma-1} = T_L V_4^{\gamma-1}$$

இவ்விரண்டு சமன்பாடுகளையும் வகுக்கும்போது

$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1}$$

எனக் கிடைக்கும். இதிலிருந்து

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4} \qquad (8.65)$$

என அறியலாம்.

சமன்பாடு (8.65) ஐ சமன்பாடு (8.64) இல் பிரதியிடும்போது

$$\frac{Q_L}{Q_H} = \frac{T_L}{T_H} \qquad (8.66)$$

எனக்கிடைக்கும்.

$$\therefore \text{பயனுறுதிறன் } \eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} \qquad (8.67)$$

குறிப்பு: T_L மற்றும் T_H இவ்விரண்டும் கெல்வின் அலகில் மட்டுமே குறிக்கப்படுகின்றன.

முக்கிய முடிவுகள்:

1. η எப்பொழுதும் 1 ஐ விடக் குறைவாக இருக்கும். ஏனெனில் T_L ஆனது T_H ஐவிடக் குறைவு. இதிலிருந்து நாம் அறிந்துக்கொள்வது என்னவென்றால் பயனுறுதிறன் எப்போதும் 100% இருக்காது. $T_L = 0K$ (சுழி வெப்பநிலை) வெப்ப நிலையில் உள்ளபோது மட்டுமே பயனுறுதிறன் 1 அல்லது 100% ஆகும். இது நடைமுறையில் சாத்தியமற்றதாகும்.
2. கார்னோ இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன், செயல்படு பொருளைச் சார்ந்ததல்ல. இது வெப்ப மூலம், வெப்ப ஏற்பி இவற்றின் வெப்பநிலைகளைச் சார்ந்ததாகும். இவ்விரண்டின் வெப்பநிலைகளின் வேறுபாடு பெருமமெனில், பயனுறுதிறனும் பெருமமாக இருக்கும்.

3. $T_H = T_L$ என்ற நிலையில் $\eta = 0$. எனவே எந்த ஒரு இயந்திரமும் வெப்ப மூலமும், வெப்ப ஏற்பியும் ஒரே வெப்பநிலையில் உள்ளபோது இயங்காது.

4. கார்னோ சுற்றின் அனைத்து நிகழ்வுகளும் மீள் நிகழ்வுகளாகும். எனவே கார்னோ இயந்திரம் ஒரு மீள் வெப்ப இயந்திரமாகும் (reversible heat engine). எனவே அதன் பயனுறுதிறனும் பெருமமாகும். ஆனால் நடைமுறையில் உள்ள டீசல் இயந்திரம், பெட்ரோல் இயந்திரம் மற்றும் நீராவி இயந்திரங்களும் சுற்று நிகழ்வில் இயங்குகின்றன. ஆனால் அவை முழுமையான மீள் வெப்ப இயந்திரங்கள் அல்ல. எனவே அவற்றின் பயனுறுதிறன், கார்னோவின் பயனுறுதிறனைவிடக் குறைவாகவே இருக்கும். இதனைக் கார்னோ தேற்றத்தைக் கொண்டு வரையறை செய்யலாம்.

"மாறா வெப்பநிலையிலுள்ள இரண்டு வெப்பமூலங்களுக்கிடையே, கார்னோ இயந்திரம் மட்டுமே பெரும பயனுறுதிறனைப் பெற்றிருக்கும். மற்ற அனைத்து இயல்பு இயந்திரங்களின் பயனுறுதிறனும், கார்னோ இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறனைவிடக் குறைவாகவே இருக்கும்".

எடுத்துக்காட்டு 8.25

250°C வெப்பநிலையிலுள்ள நீராவி இயந்திரத்தைப் பயன்படுத்தி தண்ணீர் நீராவியாக மாற்றப்படுகிறது. நீராவியினால் வேலை செய்யப்பட்டு, சூழலுக்கு 300 K வெப்பநிலையில் வெப்பம் வெளியேற்றப்படுகிறது எனில், நீராவி இயந்திரத்தின் பெரும பயனுறு திறனைக் காண்க.

தீர்வு

நீராவி இயந்திரம் கார்னோ இயந்திரம் அல்ல. ஏனெனில் நீராவி இயந்திரத்தில் செய்யப்படும் சுழற்சி நிகழ்வுகள் அனைத்தும் முழுமையான மீள் நிகழ்வுகள் அல்ல. இருப்பினும் இதனை ஒரு கார்னோ இயந்திரம் எனக்கருதி அதன் பெரும பயனுறுதிறனைக் கணக்கிடலாம்.

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300\,K}{523\,K} = 0.43$$

நீராவி இயந்திரத்தின் பெரும பயனுறுதிறன் 43% ஆகும். கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தில் 43% மட்டுமே பயன்தரும் வேலையாக மாற்றப்படுகிறது என்பதை இது காட்டுகிறது. மீதமுள்ள 57% வெப்பம் வெளியேற்றப்படுகிறது. ஆனால் நடைமுறையில் நீராவி இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 43% விடக் குறைவாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 8.26

A மற்றும் B என்ற இரண்டு கார்னோ இயந்திரங்கள் வெவ்வேறு வெப்பநிலையில் செயல்படுகின்றன.

A கார்னோ இயந்திரத்தின் வெப்ப மூலம் மற்றும் வெப்ப ஏற்பியின் வெப்பநிலைகள் முறையே 150°C மற்றும் 100°C . இதேபோன்று B இயந்திரத்திற்கு 350°C மற்றும் 300°C. இவற்றுள் எந்த இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் குறைவானது?

தீர்வு

A இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் $= 1 - \dfrac{373}{423}$

$= 0.11$

A இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 11% ஆகும்.

B இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் $1 - \dfrac{573}{623} = 0.08$

B இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 8% மட்டுமே.

இரண்டு இயந்திரங்களிலும் உள்ள வெப்ப மூலம் மற்றும் வெப்ப ஏற்பியின் வெப்பநிலை வேறுபாடுகள் சமமாக இருந்தாலும் அவற்றின் பயனுறுதிறன்கள் சமமில்லை. ஏனெனில் பயனுறுதிறன் வெப்பநிலைகளின் விகிதத்தைச் சார்ந்தவை, வேறுபாட்டைச் சார்ந்ததல்ல. எந்த இயந்திரம் குறைந்த வெப்பநிலையில் இயங்குகிறதோ அதன் பயனுறுதிறன் பெருமமாக இருக்கும்.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

காரில் பயன்படுத்தப்படும் டீசல் இயந்திரங்கள் மற்றும் மோட்டார் வாகனங்களில் பயன்படுத்தப்படும் பெட்ரோல் இயந்திரங்கள், ஆகியவை அனைத்தும் நடைமுறை வெப்ப இயந்திரங்கள். டீசல் இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் அதிக பட்சமான 44% ஆகும். பெட்ரோல் இயந்திரத்தின் பெரும பயனுறுதிறன் 30% ஆகும். ஏனெனில் இவை நல்இயல்பு இயந்திரங்கள் (கார்னோ இயந்திரங்கள்)

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 153 25-08-2020 15:00:10

அல்ல. இவற்றின் பயனுறுதிறன் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.

தற்காலத்தில் மோட்டார் சைக்கிள் ஒன்று 1 L பெட்ரோலுக்கு 50 km தொலைவு பயணிக்கிறது. அதாவது 1 L பெட்ரோலில் 30% மட்டுமே இயந்திர வேலையாக மாற்றமடைகிறது. மீதமுள்ள 70% பெட்ரோல் பயனற்ற வெப்பமாக சூழலுக்கு வெளியேற்றப்படுகிறது.

8.9.3 என்ட்ரோபி (Entropy) மற்றும் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதி

சமன்பாடு (8.66) லிருந்து $\frac{Q_H}{T_H} = \frac{Q_L}{T_L}$ என்று அறிந்தோம். $\frac{Q}{T}$ என்ற இந்த அளவு என்ட்ரோபி என்று அழைக்கப்படுகிறது. வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் மிக முக்கியப்பண்புகளில் ஒன்று என்ட்ரோபி ஆகும். இது ஒரு நிலை மாறி ஆகும். $\frac{Q_H}{T_H}$ என்பது வெப்ப மூலத்திலிருந்து கார்னோ இயந்திரம் பெற்றுக்கொண்ட என்ட்ரோபி, $\frac{Q_L}{T_L}$ என்பது கார்னோ இயந்திரம் வெப்ப ஏற்பிக்கு வெளியேற்றிய என்ட்ரோபி ஆகும். ஒரு மீள் நிகழ்வு இயந்திரத்திற்கு (கார்னோ இயந்திரம்) இவ்விரண்டு என்ட்ரோபிகளும் சமமாகும். எனவே ஒரு முழு சுற்றுக்கு கார்னோ இயந்திரத்தின் என்ட்ரோபி மாற்றம் சுழியாகும். இது சமன்பாடு (8.66) இல் நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. டீசல் மற்றும் பெட்ரோல் இயந்திரங்கள் போன்ற நடைமுறை இயந்திரங்கள் மீள் நிகழ்வு இயந்திரங்கள் அல்ல. அவை $\frac{Q_L}{T_L} > \frac{Q_H}{T_H}$ என்ற சமன்பாட்டை நிறைவு செய்கின்றன. இதன் அடிப்படையில் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியை வேறு வகையில் கூறலாம்.

"இயற்கையில் நடைபெறும் அனைத்து செயல்முறைகளிலும் (மீளாநிகழ்வுகள்), என்ட்ரோபி எப்போதும் அதிகரிக்கும். மீள் நிகழ்வுகளில் மட்டுமே என்ட்ரோபியின் மதிப்பு மாறாது. இயற்கை நிகழ்வுகள் நடைபெறும் திசையை என்ட்ரோபிதான் தீர்மானிக்கிறது.

நாம் மீண்டும் ஏற்கெனவே கேட்ட வினாவிற்கு வருவோம்.

ஏன் வெப்பம் எப்போதும் உயர் வெப்பநிலையிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலைக்குப் பாய்கிறது? ஏன் எதிர்த்திசையில் பாய்வதில்லை? ஏனெனில் வெப்பம் சூடான பொருளிலிருந்து, குளிர்ந்த பொருளுக்கு பாயும்போது என்ட்ரோபி உயரும். வெப்பம் குளிர்ந்தபொருளிலிருந்து சூடான பொருளுக்கு பாயும்போது என்ட்ரோபி குறையும். அவ்வாறு என்ட்ரோபி குறைவது வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதிக்கு எதிரானது.

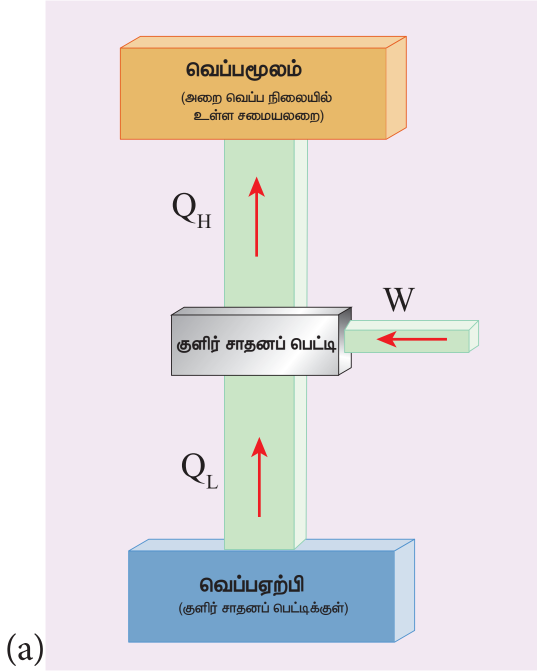
என்ட்ரோபியை ஒரு அமைப்பில் இருக்கும் "ஒழுங்கற்றத் தன்மையின் அளவீடு" என்றும் அழைக்கலாம். அனைத்து இயற்கை நிகழ்வுகள் நடைபெறும் பொழுதும் ஒழுங்கற்றத்தன்மை எப்போதும் உயர்ந்துகொண்டே செல்லும்.

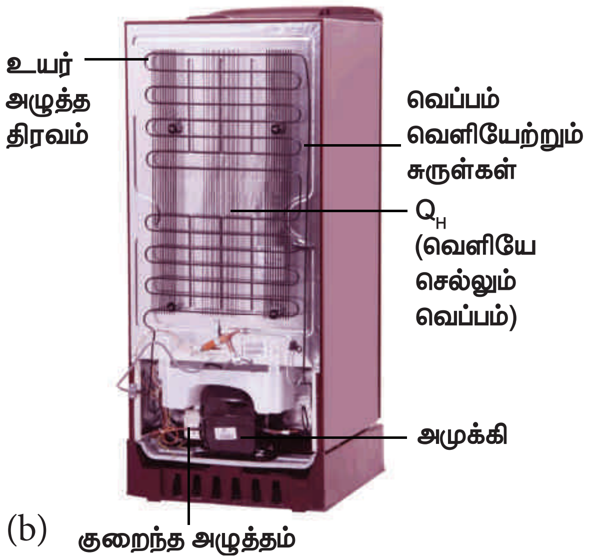
வாயு அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ள கண்ணாடிக் குடுவை ஒன்றைக் கருதுக. குடுவையின் உள்ளே வாயு இருக்கும்வரை அதன் ஒழுங்கற்றத்தன்மை குறைவு. அவ்வாயு அறை முழுவதும் பரவிய பின்பு அதன் ஒழுங்கற்றத்தன்மை அதிகரிக்கும். வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் வாயு கண்ணாடி குடுவையில் இருக்கும் வரை அதன் என்ட்ரோபி குறைவு, அதே வாயு அறை முழுவதும் பரவிய பின்னர் அதன் என்ட்ரோபி அதிகம். வாயு மூலக்கூறுகள் குடுவைக்கு மீண்டும் வந்தால் என்ட்ரோபி குறையும். வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியின்படி இந்த நிகழ்வு சாத்தியமல்ல. இதே விளக்கம் தண்ணீரில் பரவும் மைக்கும் பொருந்தும். பேனா மை தண்ணீரில் பரவியவுடன் அதன் என்ட்ரோபி அதிகரிக்கும். பரவிய பேனா மை மூலக்கூறுகள் மீண்டும் ஒன்றிணைந்து மைத்துளியை உருவாக்காது. அனைத்து மீளா நிகழ்வுகளிலும் என்ட்ரோபி உயரும் வண்ணம் இயற்கை நிகழ்வுகள் நடைபெறுகின்றன.

8.10 குளிர்சாதனப்பெட்டி (REFRIGERATOR)

எதிர்திசையில் செயல்படும் ஒரு கார்னோ இயந்திரமே குளிர்சாதனப் பெட்டியாகும். இது படம் 8.49 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

செயல்படும் தத்துவம்





படம் 8.49 (a) குளிர்சாதனப்பெட்டியின் திட்ட வரைபடம் (b) உண்மையான குளிர் சாதனப்பெட்டி

செயல்படுபொருள் T_L என்ற குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள குளிர் பொருளிலிருந்து (வெப்ப ஏற்பி) Q_L அளவு வெப்பத்தை பெற்றுக் கொள்கிறது. அமுக்கியினால் (Compressor)செயல்படு பொருளின்மீது W என்ற குறிப்பிட்ட அளவு வேலை செய்யப்பட்டு, Q_H அளவுவெப்பத்தைவெப்பமூலத்திற்கு செயல்படு பொருள் வெளியேற்றுகிறது. அதாவது T_H வெப்பநிலையிலுள்ள சூழலுக்கு வெளியேற்றுகிறது.

இதை குளிர்சாதனப்பெட்டிக்கு பக்கத்தில் நிற்கும்போது வெதுவெதுப்பான காற்றை உணரலாம்.

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியிலிருந்து

$$Q_L + W = Q_H \qquad (8.68)$$

முடிவாக குளிர்சாதனப்பெட்டி மேலும் குளிர்ச்சி அடைகிறது. சூழல் (சமையலறை) அல்லது (வளிமண்டலம்) வெப்பமடைகிறது.

செயல்திறன் குணகம் (Coefficient of performance) (COP)

குளிர்சாதனப் பெட்டியின் செயல்திறனை அளவிடுவது செயல்திறன் குணகமாகும் (COP). குளிர்பொருளிலிருந்து பெறப்பட்ட வெப்பத்திற்கு (வெப்ப ஏற்பி) அமுக்கியினால் செய்யப்பட்ட புற வேலைக்கும் (W) உள்ள தகவு செயல்திறன் குணகம் என்று வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$COP = \beta = \frac{Q_L}{W} \qquad (8.69)$$

சமன்பாடு (8.68) இல் இருந்து

$$\beta = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L}$$

$$\beta = \frac{1}{\frac{Q_H}{Q_L} - 1} \qquad (8.70)$$

ஆனால் நாம் அறிந்தபடி $\frac{Q_H}{Q_L} = \frac{T_H}{T_L}$

இச்சமன்பாட்டினை (8.70) இல் பிரதியிடும்போது பின்வரும் சமன்பாட்டினைப் பெறலாம்.

$$\beta = \frac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

குளிர்சாதனப் பெட்டியின் செயல்திறன் குணகத்திலிருந்து பின்வருவனவற்றை நாம் அனுமானிக்கலாம்.

1. COP அதிகமாக இருந்தால் குளிர்சாதனப்பெட்டி சிறப்பாக இயங்கும். ஒரு நல்ல குளிர்சாதனப்பெட்டியின் (COP) கிட்டத்தட்ட 5 முதல் 6 வரை இருக்கும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 155 25-08-2020 15:00:12

2. குளிர்சாதனப் பெட்டியின் குளிரூட்டும் பகுதியின் (Cooling camber) வெப்பநிலைக்கும், சூழலின் (அறையின்) வெப்பநிலைக்கும் உள்ள வேறுபாடு குறைவாக இருந்தால், குளிர்சாதனப்பெட்டியின் COP அதிகமாக இருக்கும்.

3. குளிர்சாதனப்பெட்டியில் புறவேலை செய்யப்பட்டு, குளிர்ச்சியான பொருளிலிருந்து வெப்பம் எடுக்கப்பட்டு வெப்பமான பொருளுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. புறவேலை இல்லாமல் வெப்ப ஆற்றல் குளிர்ச்சியான பொருளிலிருந்து வெப்பமான பொருளுக்குப் பாயாது. இது வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதிக்கு எதிரானது அல்ல. ஏனெனில் வெப்பம் சுற்றுப்புறத்திலுள்ள காற்றுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. மேலும் மொத்த என்ட்ரோபி (குளிர்சாதனப்பெட்டி + சூழல்) எப்போதும் உயரும்.

எடுத்துக்காட்டு 8.27

குளிர்சாதனப்பெட்டி ஒன்றின் COP யானது 3 ஆகும். 200 J வெப்பத்தை குளிர்சாதனப்பெட்டியிலிருந்து வெளியேற்ற வேண்டுமெனில் எவ்வளவு வேலை செய்யப்பட வேண்டும்?

தீர்வு

$$COP = \beta = \frac{Q_L}{W}$$

$$W = \frac{Q_L}{COP} = \frac{200}{3} = 66.67\,J$$

KBUHKP

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

கோடைகாலத்தில் நாம் மண்பானைத் தண்ணீரை குடிக்கப்பயன் படுத்துகிறோம். மண்பானையானது அதனுள்ளே ஊற்றப்பட்ட தண்ணீரின் வெப்பநிலையை குறைக்கிறது. மண்பானையை குளிர்சாதனப்பெட்டியாகக் (Refrigerator) கருதலாமா? கருத முடியாது. ஏனென்றால் வெப்ப எந்திரத்திற்கோ அல்லது குளிர்சாதனப்பெட்டிக்கோ சுழற்சி நிகழ்வு (cyclic process) மிக முக்கிய தேவை ஆகும். மண்பானையில் நடக்கும் குளிர்விக்கும் நிகழ்வானது ஒரு சுழற்சி நிகழ்வல்ல. மண்பானை சுவற்றில் உள்ள நுண்ணிய துளைகளிலிருந்து நீர் மூலக்கூறுகள் வெளியேறுவதால் உள்ளிருக்கும் நீரானது குளிர்விக்கப்படுகிறது. நீர் மூலக்கூறுகள் துளை வழியாக சுற்றுப்புறசூழலுக்கு வெளியேறியபின் திரும்பவும் மண்பானைக்குள் வருவதில்லை. மண்பானையில் வெப்பமானது குளிர்ந்த நீரிலிருந்து, வெளிப்புற வளிமண்டலத்துக்கு கடத்தப்பட்டாலும், இது வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதிக்கு முரணாக இல்லை. ஏனெனில் மண்பானைக்குள் இருக்கும் (தண்ணீர் + வெளிப்புற வளிமண்டலம்) சேர்ந்த ஒரு வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பாகக் கருதினால் இதன் என்ட்ரோபி எப்போதும் அதிகரிக்கிறது.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 156 25-08-2020 15:00:13

பசுமை இல்ல விளைவு (Green house effect)

புவியில் மனிதன் உயிர் வாழ்வதற்கு, புவியைச் சூழ்ந்துள்ள வளிமண்டலத்தின் பங்கு அளப்பறியது.வளிமண்டலத்தின் மேற்பகுதியின் வெப்பநிலை $-19°C$ அதன் அடிப்பகுதியின் வெப்பநிலை $+14°C$. வளிமண்டலத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து அடிப்பரப்புக்கு வரும்போது வெப்பநிலை $33°C$ அளவுக்கு உயருகின்றது. இதற்குக் காரணம் வளிமண்டலத்திலுள்ள சில வாயுக்களாகும். இவ்வாயுக்களுக்கு பசுமை இல்ல வாயுக்கள் என்று பெயர், இவ்விளைவிற்கு பசுமை இல்ல விளைவு என்று பெயர்.

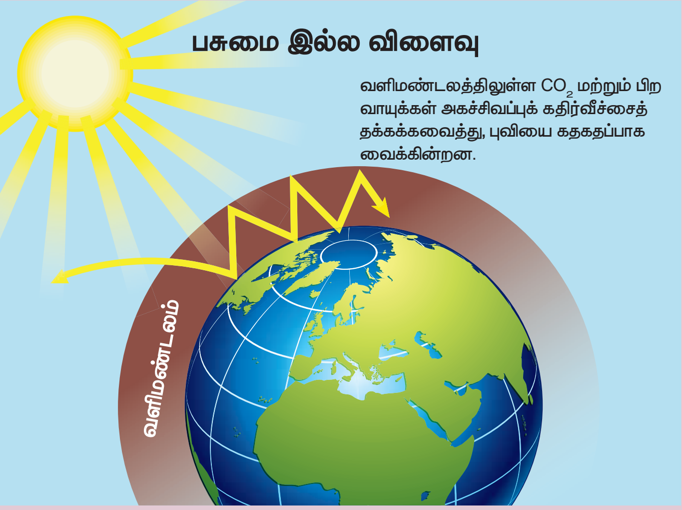
பசுமை இல்ல வாயுக்களில் முதன்மையானவை CO_2, நீர்ம மூலக்கூறு, Ne, He, NO_2, CH_4, Xe, Kr, ஓசோன் மற்றும் NH_3. போன்றவையாகும். CO_2, மற்றும் நீர்ம மூலக்கூறினைத் தவிர்த்து மற்ற மூலக்கூறுகள் சொற்ப அளவிலேயே வளிமண்டலத்தில் உள்ளன. சூரியனில் இருந்து வரும் நிறமாலையில் சூரியக்கதிர்வீச்சு கண்ணுறு பகுதியில் (visible region) இருக்கிறது. இக்கதிர்வீச்சுகளை புவி உட்கவர்ந்து மீண்டும் அகச்சிவப்பு கதிர்களாக வெளியிடுகிறது. CO_2 மற்றும். நீர்ம மூலக்கூறுகள் அகச்சிவப்புக் கதிர்களை நன்கு உட்கவரும். ஏனெனில் அவை நைட்ரஜன் மற்றும் ஆக்ஸிஜனுடன் ஒப்பிடும்போது அதிக அதிர்வுறு சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளைப் பெற்றுள்ளன (அலகு 9 இல் படிப்பீர்கள்) அவை அகச்சிவப்புக் கதிர்களை உட்கவர்வதால் தான் வளிமண்டலம் வெது வெதுப்பாக உள்ளது. இந்நிகழ்வு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்து.

1900 இல் இருந்து மனிதனின் செயல்பாடுகளால் வளிமண்டலத்திலுள்ள CO_2 வின் அளவு 20% முதல் 40% வரை அதிகரித்துள்ளது. CO_2 உருவாவதற்கான முதன்மையான மூலம் புதைபடிம எரிபொருள்களை எரிப்பதாகும். உலகம் முழுவதும் தானியங்கி இயந்திரங்களின் பயன்பாடு அதிகரித்திருப்பதே இதற்குக் காரணமாகும். வளிமண்டலத்தில் இந்த CO_2 வின் அளவு அதிகரித்திருப்பதால், புவியின் சராசரி வெப்பம் $1°C$ உயர்ந்துள்ளது. இதற்கு உலகவெப்பமயமாதல்(Global warming) என்று பெயர். ஆர்ட்டிக் மற்றும் அண்டார்டிக் பகுதிகளில் உள்ள பனிப்பாறைகள் உருகுவதற்கு இந்த உலக வெப்பமயமாதலே காரணமாகும். மேலும் CO_2 வின் அளவு கடலிலும் அதிகரித்துள்ளது. இது கடல்வாழ் உயிரினங்களுக்கு மிகவும் ஆபத்தானதாகும்.

CO_2 உடன் சேர்த்து மற்றொரு மிக முக்கியமான பசுமை இல்ல வாயு குளோரோ புளோரோ கார்பனாகும் (CFC) இது குளிர்சாதனப்பெட்டிகளில் குளிர்விப்பானாக உலகம் முழுவதும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மனிதன் உருவாக்கும் பசுமை இல்ல வாயுக்கள் 55 சதவீதம் CO_2, 24 சதவீதம் CFC வாயுக்கள், 6 சதவீதம் நைட்ரஜன் ஆக்ஸைடு மற்றும் 15 சதவீதம் மீத்தேன் ஆகும். CFC வாயுக்கள் ஓசோன் படலத்தில் அதிக பாதிப்புகளை ஏற்படுத்துகின்றன.

CO_2, மற்றும் CFC வாயுக்களின் அளவைக் கட்டுப்படுத்துவதற்கான முயற்சிகளில் உலகிலுள்ள பல்வேறு நாடுகள் ஈடுபட்டுள்ளன. புதைபடிம எரிபொருள்களுக்கு மாற்றாக புதைபடிமமற்ற எரிபொருள்களை தானியங்கி எந்திரங்களில் பயன்படுத்துவதற்கான ஆராய்ச்சிகள் தொடர்ந்து நடைபெற்று வருகின்றன. வளர்ச்சியடைந்த நாடுகளான USA மற்றும் ஐரோப்பிய யூனியன் நாடுகள் பெருமளவு CO_2 ஐ வெளியிடுகின்றன.

2020 க்குள் CO_2, உமிழ்வை பெருமளவு குறைப்பதற்காக உலக நாடுகளுக்கிடையே பல்வேறு ஒப்பந்தங்கள் போடப்பட்டுள்ளன. இருப்பினும் உலக வெப்பமயமாதல் ஒரு தீங்கு விளைவிக்கும் நிகழ்வு என பெரும்பாலான நாடுகள் உணரவில்லை.



UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 157 25-08-2020 15:00:14

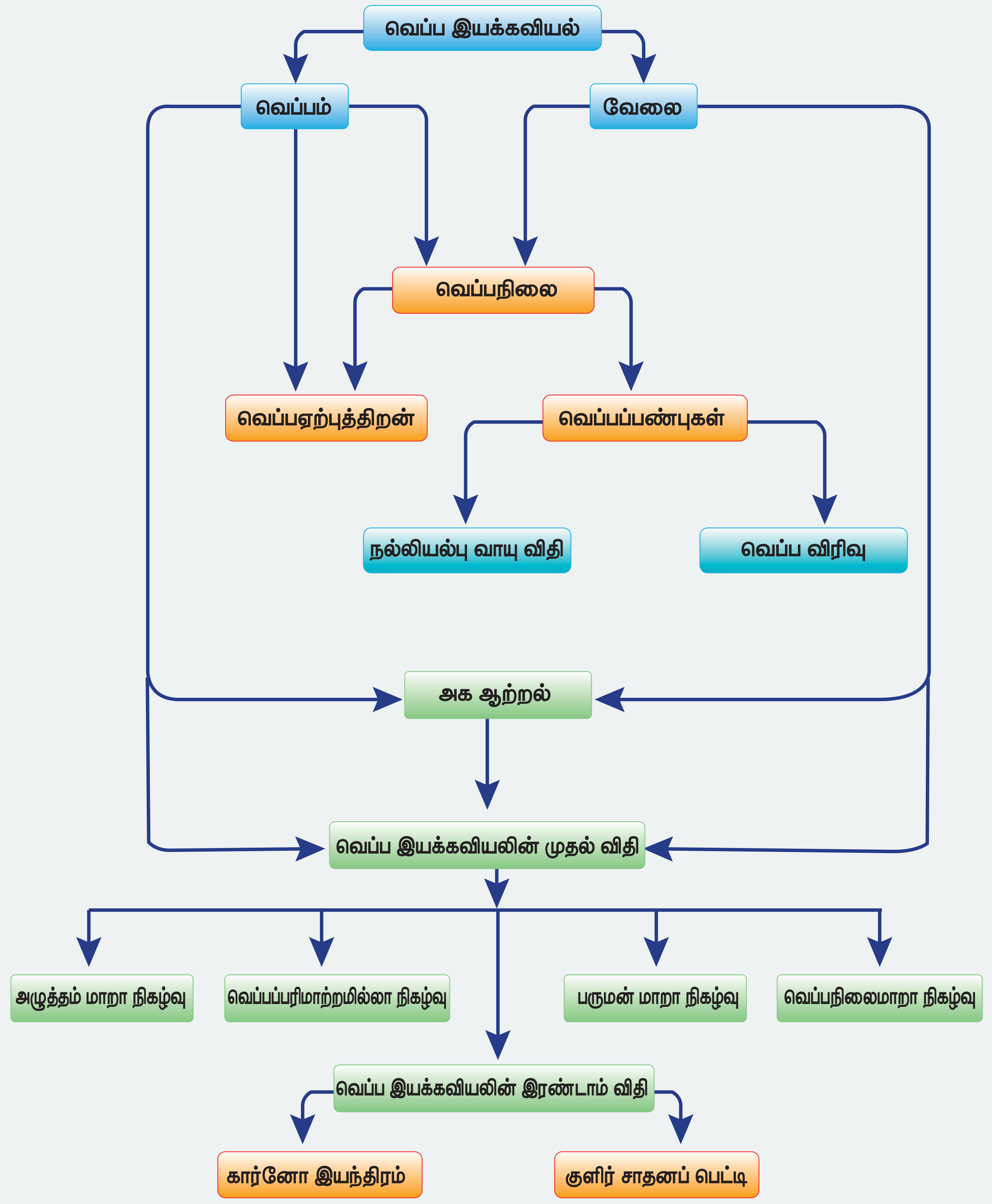
பாடச்சுருக்கம்

- சூடான பொருளிலிருந்து, குளிர்ச்சியான பொருளுக்கு பாயும் ஒருவகை பரிமாற்ற ஆற்றலே வெப்பமாகும். இருப்பினும் வெப்பம் சேமித்து வைக்கப்படும் ஓர் ஆற்றல் அளவல்ல.
- ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு ஆற்றலை மாற்றக்கூடிய செயலே வேலை எனப்படும்.
- பொருளின் வெப்பஅளவை (Hotness) அளவிடுவது வெப்பநிலையாகும். வெப்பநிலையானது வெப்பம் பாயும் திசையைத் தீர்மானிக்கிறது.
- நல்லியல்பு வாயு விதி $PV = NkT$ அல்லது $PV = \mu RT$ ஆகும். வெப்ப இயக்கச் சமநிலைக்கு மட்டுமே நல்லியல்பு வாயு விதி பொருந்தும். வெப்ப இயக்கச் சமநிலையற்ற நிகழ்வுகளுக்கு இவ்விதி பொருந்தாது.
- பொருளொன்றின் வெப்பநிலையை $1°C$ அல்லது $1K$ உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவே வெப்ப ஏற்புத்திறன் எனப்படும். இது S குறிப்பிடப்படுகிறது.
- 1 மோல் அளவுள்ள பொருளின் வெப்பநிலையை $1°C$ அல்லது $1K$ உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவே மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் ஆகும். இது C எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது.
- வெப்பநிலை மாறுபாட்டினால் பொருளின் வடிவம், பரப்பு மற்றும் பருமன் போன்றவற்றால் ஏற்படும் மாற்றம் வெப்ப விரிவு எனப்படும்
- தண்ணீர் முரண்பட்ட விரிவுப்பண்பைப் பெற்றுள்ளது.
- பொருளின் நிலைமாற்றத்திற்குத் தேவைப்படும் ஆற்றலின் அளவு அப்பொருளின் மறைவெப்ப ஏற்புத்திறன் எனப்படும்.
- வெப்ப இயக்க அமைப்பு ஒன்றினை வெப்பப்படுத்தும் போது, அவ்வமைப்பு ஏற்றுக்கொண்ட அல்லது அவ்வமைப்பிலிருந்து வெளியேற்றப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவை அளவிடும் முறைக்கு, வெப்ப அளவீட்டியல் என்று பெயர் .
- வெப்பமாற்றமானது வெப்பக்கடத்தல், வெப்பச்சலனம் மற்றும் வெப்பக்கதிர்வீச்சு ஆகிய மூன்று முறைகளில் நடைபெறுகிறது.
- ஸ்டெ∴பான் – போல்ட்ஸ்மென் விதி: $E = \sigma T^4$ மற்றும் வியன் விதி $\lambda_{max} T = b$.
- வெப்ப இயக்கச் சமநிலைகள்: வெப்பச்சமநிலை, இயந்திரவியல் சமநிலை மற்றும் வேதிச்சமநிலை.
- வெப்ப இயக்க மாறிகள்: அழுத்தம், வெப்பநிலை, பருமன், அக ஆற்றல் மற்றும் என்ட்ரோபி.
- வெப்ப இயக்கவியலின் சுழிவிதி: இரண்டு வெவ்வேறு பொருள்கள் தனித்தனியே மூன்றாவது பொருளுடன் வெப்பச் சமநிலையில் இருந்தால், அவ்விரண்டு பொருள்களும் தனக்குள்ளேயே வெப்பச்சமநிலையில் உள்ளது எனக் கருதலாம். அவ்விரண்டு அமைப்புகளின் வெப்பநிலை சமமாகும்.
- வெப்ப இயக்க அமைப்பிலுள்ள மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலையாற்றல் இவற்றின் கூடுதலே அக ஆற்றலாகும்.
- ஜூல் இயந்திர ஆற்றலை, வெப்ப இயக்க அமைப்பின் அக ஆற்றலாக மாற்றிக்காட்டினார்.

- ஆற்றல் மாறாக் கூற்றின் ஒரு வடிவமே வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியாகும். இவ்விதி வெப்ப இயக்க அமைப்பின் வெப்பத்தை உள்ளடக்கியுள்ளது.
- மீமெது நிகழ்வு என்பது வரையறுக்க இயலாத அளவு மெதுவாக நடைபெறும் ஓர் நிகழ்வாகும். இந்நிகழ்வில் அமைப்பு எப்போதும் சூழலுடன் சமநிலையில் இருக்கும்.
- அமைப்பின் பருமன் மாறும்போது அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை $W = \int P\, dV$
- PV வரைபடத்தில் வளை கோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு, அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை அல்லது அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் சமமாகும்.
- பருமன் மாறாத் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் எப்போதும் அழுத்தம் மாறாத் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறனை விடக் குறைவாக இருக்கும்.
- வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு: T = மாறிலி
- அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு: P= மாறிலி
- பருமன் மாறா நிகழ்வு : V = மாறிலி
- வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு: Q = 0.
- அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை பெருமம் மற்றும் வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை சிறுமமாகும்.
- சுழற்சி நிகழ்வு ஒன்றின் அக ஆற்றல் மாறுபாடு சுழியாகும்.
- சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை, PV வரைபடத்தினுள் மூடப்பட்ட வளை கோட்டின் பரப்புக்குச் சமமாகும்.
- மீள் நிகழ்வு ஓர் இலட்சிய செயல்முறையாகும். நடைமுறையில் சாத்தியமில்லை
- இயற்கை நிகழ்வுகள் அனைத்தும் மீளா நிகழ்வுகளாகும்.
- ஒரு வெப்ப இயந்திரம் வெப்ப மூலத்திலிருந்து வெப்பத்தைப்பெற்று வேலை செய்து, குறைந்த அளவு வெப்ப ஆற்றலை வெப்ப ஏற்பிக்குக் கொடுக்கிறது.
- கார்னோ இயந்திரம் ஓர் மீள் நிகழ்வு இயந்திரமாகும் இதன் பயனுறு திறன் மிக அதிகம். வேறு எந்த நடைமுறை இயந்திரங்களுக்கும் கார்னோ இயந்திரத்தைப் போன்ற பயனுறுதிறன் இல்லை.
- குளிர்பதனப்பெட்டி என்பது எதிர்த்திசையில் செயல்படும் ஒரு கார்னோ இயந்திரமாகும் நடைமுறையில் பயன்படுத்தப்படும் குளிர்பதனப்பெட்டியின் செயல்திறன் குணகம் (COP), இலட்சியக் குளிர்பதனபெட்டியின் செயல்திறன் குணகத்தைவிடக் குறைவாகும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 159 25-08-2020 15:00:14

கருத்து வரைபடம்



வெப்ப இயக்கவியல்
வெப்பம்
வேலை
வெப்பநிலை
வெப்பஏற்புத்திறன்
வெப்பப்பண்புகள்
நல்லியல்பு வாயு விதி
வெப்ப விரிவு
அக ஆற்றல்
வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி
அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு
வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு
பருமன் மாறா நிகழ்வு
வெப்பநிலைமாறா நிகழ்வு
வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதி
கார்னோ இயந்திரம்
குளிர் சாதனப் பெட்டி

பயிற்சி வினாக்கள்

I. சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக.

1. வெப்பமான கோடைகாலத்தில் சாதாரண நீரில் குளித்த பின்னர் நமது உடலின்
   (a) அக ஆற்றல் குறையும்
   (b) அக ஆற்றல் அதிகரிக்கும்
   (c) வெப்பம் குறையும்
   (d) அக ஆற்றல் மற்றும் வெப்பத்தில் மாற்றம் நிகழாது

2. சார்லஸ் விதியின்படி பருமன் மற்றும் வெப்பநிலைக்குமான வரைபடம்
   (a) ஒரு நீள்வட்டம்
   (b) ஒரு வட்டம்
   (c) ஒரு நேர்க்கோடு
   (d) ஒரு பரவளையம்

3. சைக்கில் டயர் திடீரென்று வெடித்து அதில் உள்ள காற்று விரிவடைகிறது. இதற்கு ________ நிகழ்வு என்று பெயர்.
   (a) வெப்பநிலை மாறா
   (b) வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா
   (c) அழுத்தம்மாறா
   (d) பருமன் மாறா

4. ஒரு நல்லியல்பு வாயு ஒன்று (P_1, V_1, T_1, N) என்ற சமநிலை நிலையிலிருந்து $(2P_1, 3V_1, T_2, N)$ என்ற மற்றொரு சமநிலை நிலைக்குச் சென்றால்
   (a) $T_1 = T_2$ (b) $T_1 = \frac{T_2}{6}$
   (c) $T_1 = 6T_2$ (d) $T_1 = 3T_2$

5. சீரான அடர்த்தி உள்ள தண்டு ஒன்றினை வெப்பப்படுத்தும்போது அத்தண்டின் பின்வரும் எப்பண்பு அதிகரிக்கும்.
   (a) நிறை
   (b) எடை
   (c) நிறை மையம்
   (d) நிலைமத்திருப்புத்திறன்

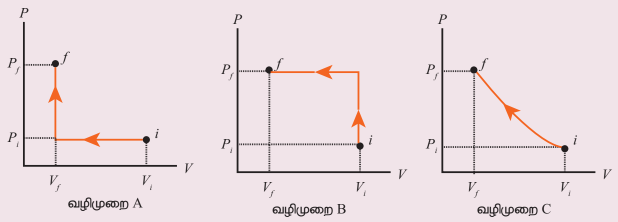
6. மூடப்பட்ட பாத்திரத்தினுள் உணவு சமைக்கப்படுகிறது. சிறிது நேரத்திற்குப்பின் நீராவி பாத்திரத்தின் மூடியை சற்றே மேலே தள்ளுகிறது. நீராவியை வெப்ப இயக்க அமைப்பு என்று கருதினால் இந்நிகழ்விற்கு பொருத்தமான கூற்று எது?
   (a) $Q > 0, W > 0,$
   (b) $Q < 0, W > 0,$
   (c) $Q > 0, W < 0,$
   (d) $Q < 0, W < 0,$

KC4DHC

7. நாம் அதிகாலை உடற்பயிற்சி செய்யும் நிகழ்வில், நமது உடலை ஒரு வெப்ப இயக்க அமைப்பு என்று கருதினால், கீழ்கண்டவற்றுள் பொருத்தமானக் கூற்று எது?
   a) $\Delta U > 0, W > 0,$
   b) $\Delta U < 0, W > 0,$
   c) $\Delta U < 0, W < 0,$
   d) $\Delta U = 0, W > 0,$

8. மேசை மீது வைக்கப்பட்ட சூடான தேநீர் சிறிது நேரத்தில் சூழலுடன் வெப்பச் சமநிலையை அடைகிறது. அறையில் உள்ள காற்று மூலக்கூறுகளை வெப்ப இயக்க அமைப்பு என்று கருதினால் கீழ்கண்டவற்றுள் எக்கூற்று பொருத்தமானது?
   a) $\Delta U > 0, Q = 0$
   b) $\Delta U > 0, W < 0$
   c) $\Delta U > 0, Q > 0$
   d) $\Delta U = 0, Q > 0$

9. நல்லியல்பு வாயு ஒன்று (P_i, V_i) என்ற தொடக்க நிலையிலிருந்து (P_f, V_f) என்ற இறுதிநிலைக்கு பின்வரும் மூன்று வழிமுறைகளில் கொண்டு செல்லப்படுகிறது, எவ்வழிமுறையில் வாயுவின் மீது பெரும வேலை செய்யப்பட்டிருக்கும்?



UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 161 25-08-2020 15:00:14

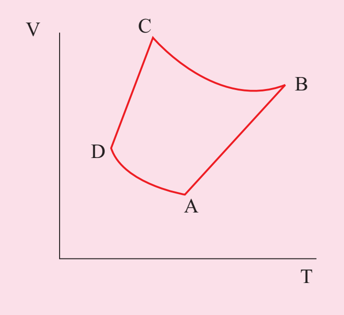
(a) வழிமுறை A

(b) வழிமுறை B

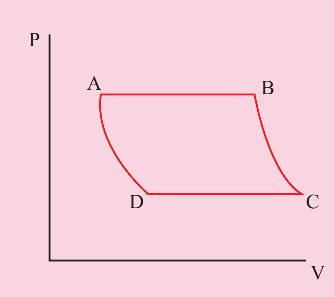
(c) வழிமுறை C

(d) அனைத்து வழிமுறைகளிலும் சமமான வேலை செய்யப்பட்டுள்ளது.

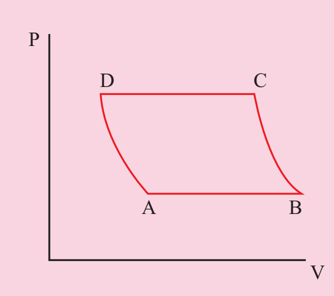
10. $A \to B \to C \to D$ என்ற மீள் சுற்று நிகழ்வில் (Cyclic process) உள்ள நல்லியல்பு வாயுவின் V–T வரைபடம் காட்டப்பட்டுள்ளது. (இங்கு $D \to A$ மற்றும் $B \to C$ இவ்விரண்டும் வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வுகள்)



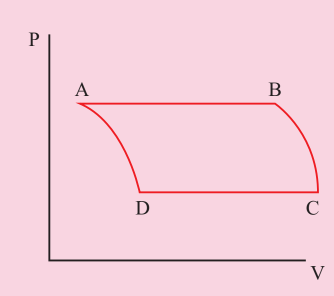
இச்செயல் முறைக்கு பொருத்தமான PVவரைபடம் எது?



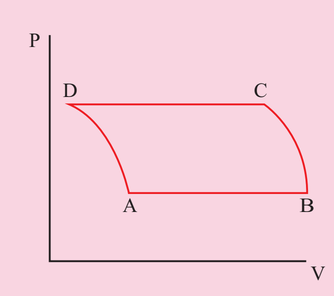
a)



b)



c)



d)

11. வெகுதொலைவிலுள்ள விண்மீனொன்று 350 nm அலைநீளத்தில் பெருமச் செறிவுகொண்ட கதிர்வீச்சை உமிழ்கிறது எனில், அவ்விண்மீனின் வெப்பநிலை

(a) 8280 K b) 5000K

(c) 7260 K (d) 9044 K

12. கீழ்க்கண்டவற்றுள் எது நிலைமாறிகளைக் கொண்ட தொகுப்பு?

a) Q, T, W b) P, T, U

c) Q, W d) P, T, Q

13. பருமன் மாறா நிகழ்விற்கு பின்வருவனவற்றுள் எது பொருத்தமானது?

a) W = 0 b) Q = 0

c) U = 0 d) T = 0

14. நீரின் உறை நிலைக்கும் அதன் கொதி நிலைக்கும் இடையே இயங்கும் வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறுத்திறன்

(NEET 2018)

a) 6.25% b)20%

c) 26.8% d)12.5%

15. ஒரு இலட்சிய குளிர்பதனப் பெட்டியின் உறைவிக்கும் பாகத்தின் (freezer) வெப்பநிலை −12°C. அதன் செயல்திறன் குணகம் COP யானது 5 எனில் குளிர்பதனப் பெட்டியைச் சூழ்ந்துள்ள காற்றின் வெப்பநிலை என்ன?

a) 50°C (b)45.2°C

c) 40.2°C (d)37.5°C

விடைகள்:

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

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 162 25-08-2020 15:00:15

II. சிறு வினாக்கள்

1. "ஒரு பொருள் மிகவும் வெப்பமாக இருக்கிறது". இது சரியான வாக்கியமா?
2. பாயிலின் விதி மற்றும் சார்லஸ் விதியிலிருந்து நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டைப் பெறுக
3. ஒரு மோல் வரையறு
4. தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் என்றால் என்ன? அதன் அலகை எழுதுக.
5. மோலார் (மூலக்கூறு) தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் என்றால் என்ன?
6. வெப்ப விரிவு என்றால் என்ன?
7. நீள் பரப்பு மற்றும் பரும வெப்பவிரிவுக்குணகங்களுக்கான சமன்பாடுகளை எழுதுக.
8. உள்ளுறை வெப்பம் வரையறு. அதன் அலகைத் தருக.
9. ஸ்டெஃபான் – போல்ட்ஸ்மென் விதியைக் கூறுக
10. வியன் விதியைக் கூறுக
11. வெப்பக் கடத்துத்திறன் வரையறு. அதன் அலகைத் தருக
12. கரும்பொருள் என்றால் என்ன?
13. வெப்ப இயக்க அமைப்பு என்றால் என்ன? எடுத்துக்காட்டுத்தருக
14. வெப்ப இயக்க அமைப்பின் வகைகள் யாவை?
15. வெப்பச் சமநிலை என்றால் என்ன?
16. நிலை மாறிகள் என்றால் என்ன? எடுத்துக்காட்டுகள் தருக.
17. அளவுச்சார்பற்ற மாறிகள் மற்றும் அளவுச்சார்புள்ள மாறிகள் என்றால் என்ன? எடுத்துக்காட்டு தருக
18. நிலைச் சமன்பாடு என்றால் என்ன? எடுத்துக்காட்டுத் தருக
19. வெப்ப இயக்கவியலின் சுழி விதியைக் கூறுக.
20. அமைப்பு ஒன்றின் அக ஆற்றலை வரையறு.
21. அக ஆற்றலும், வெப்ப ஆற்றலும் ஒன்றா? விளக்குக.
22. ஒரு கலோரி வரையறு.
23. ஜூல் இயந்திர ஆற்றலை, வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றினாரா? விளக்குக
24. வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியைக் கூறுக.
25. ஒரு பொருளைத் தொடுவதன் மூலம் அப்பொருளின் வெப்பநிலையை அளவிட முடியுமா?
26. Q மற்றும் W இவற்றிற்கான குறியீட்டு மரபைக் கூறுக.
27. மீமெது நிகழ்வு விளக்குக.
28. வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலைக்கான சமன்பாட்டை வருவி.
29. P V வரைபடம் என்றால் என்ன?
30. அழுத்தம் மாறாத்தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன், பருமன் மாறாத்தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனைவிட ஏன் அதிகமாக உள்ளது? விளக்குக
31. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்விற்கான நிலைச் சமன்பாட்டைத் தருக
32. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலைக்கான சமன்பாட்டை விளக்குக.
33. மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் அடிப்படையில் அக ஆற்றல் மாறுபாட்டை எழுதுக.
34. a) வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு
    b) வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு
    c) அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு
    இவற்றுக்கு வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியைப் பயன்படுத்தி அதற்கான சமன்பாடுகளைத் தருக.
35. வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான நிலைச்சமன்பாட்டைத் தருக.
36. பருமன் மாறா நிகழ்விற்கான நிலைச் சமன்பாட்டைத் தருக.
37. கொள்கலன் ஒன்றின் பிஸ்டனை வேகமாக உள்ளே அழுத்தும்போதே நல்லியல்பு வாயுவிதியைப் பயன்படுத்த முடியுமா? இல்லையென்றால் காரணம் கூறுக.
38. பின்வரும் நிகழ்வுகளுக்கான PV வரைபடங்களை வரைக.
    a) வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு
    b) வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு
    c) அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு
    d) பருமன் மாறா நிகழ்வு

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 163 25-08-2020 15:00:15

39. சுழற்சி நிகழ்வு என்றால் என்ன?

40. மீள் நிகழ்வு மற்றும் மீளா நிகழ்வு என்றால் என்ன?

41. வெப்ப இயக்கவியல் இரண்டாம் விதியின் கிளாசியஸ் கூற்றைக் கூறுக.

42. வெப்ப இயக்கவியல் இரண்டாம் விதியின் கெல்வின் – பிளாங்க் வடிவைக்கூறுக.

43. வெப்ப இயந்திரம் வரையறு.

44. கார்னோ இயந்திரத்தின் நிகழ்வுகள் யாவை?

45. சுழற்சி நிகழ்வு ஒன்றில் கொடுக்கப்பட்ட வெப்ப ஆற்றல் முழுவதையும் வெப்ப இயந்திரம் வேலையாக மாற்றுமா? முயலாதென்றால் எந்த நிபந்தனையில் வெப்பம் முழுமையாக வேலையாக மாறும்?

46. என்ட்ரோபியின் அடிப்படையில் வெப்ப இயக்கவியல் இரண்டாம் விதியைக் கூறுக.

47. வெப்பம் ஏன் சூடான பொருளிலிருந்து, குளிர்ச்சியான பொருளுக்கு பாய்கிறது?

48. செயல்திறன் குணகத்தை வரையறு.

III. நெடுவினாக்கள்

1. வெப்பம் மற்றும் வேலையின் உட்பொருளை தகுந்த எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக.

2. நல்லியல்பு வாயு விதியை விவரி

3. வெப்ப விரிவைப்பற்றி விவாதித்து எழுதவும்

4. தண்ணீரின் முரண்பட்ட விரிவைப்பற்றி விவரி. நீர்வாழ் உயிரினங்களுக்கு அதனால் ஏற்படும் நன்மை என்ன?

5. வெப்ப அளவீட்டியலை விளக்கி அதன் அடிப்படையில் ஒன்றுடன் ஒன்று கலந்துள்ள இரண்டு வெப்ப இயக்க அமைப்புகளின் இறுதி வெப்ப நிலைக்கானச் சமன்பாட்டை வருவி.

6. வெப்பம் பரவும் வெவ்வேறு வழிமுறைகளை விரிவாக விளக்குக.

7. நியூட்டன் குளிர்வு விதியை விரிவாக விளக்குக.

8. வியன் விதியை விளக்கி, நமது கண்களால் ஏன் கண்ணுறு ஒளியை மட்டும் பார்க்க முடிகிறது என்பதற்கான விளக்கத்தைத் தருக

9. கீழ்க்கண்டவற்றை விவாதிக்க

   a. வெப்பச்சமநிலை

   b. இயந்திரவியல் சமநிலை

   c. வேதிச்சமநிலை

   d. வெப்ப இயக்கச்சமநிலை

10. வெப்பத்தின் இயந்திரச் சமானத்தை விவாதிக்கும் ஜூலின் ஆய்வை விவரி.

11. வெப்ப இயக்க அமைப்பின் பருமன் மாறும் போது செய்யப்பட்ட வேலைக்கானச் சமன்பாட்டைப் பெறுக.

12. நல்லியல்பு வாயு ஒன்றிற்கான மேயர் தொடர்பைப் பெறுக.

13. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வை விரிவாக விளக்குக.

14. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலைக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.

15. வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வைப்பற்றி விரிவாக விவாதிக்கவும்.

16. வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலைக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.

17. அழுத்தம் மாறா நிகழ்வினை விவரித்து, அந்நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலைக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.

18. பருமன் மாறா நிகழ்வினை விவரி.

19. வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியின் வரம்புகள் யாவை?

20. வெப்ப இயந்திரத்தை விளக்கி அதன் பயனுறுதிறனுக்கானக் கோவையைப் பெறுக.

21. கார்னோ வெப்ப இயந்திரத்தைப்பற்றி விரிவாக விளக்குக.

22. கார்னோ வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறுத்திறனுக்கான கோவையைப் பெறுக.

23. வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியை என்ட்ரோபியின் அடிப்படையில் விரிவாக விளக்குக.

24. குளிர்பதனப்பெட்டி ஒன்றின் செயல்பாட்டை உரிய விளக்கங்களுடன் விரிவாக விவாதிக்கவும்.

IV. பயிற்சி கணக்குகள்

1. படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள பலூனில் எத்தனை மோல்கள் காற்று நிரப்பப்பட்டுள்ளது என்பதை அறை வெப்ப நிலையில் கணக்கிடுக.

பலூனின் ஆரம் 10 cm மற்றும் பலூனில் உள்ளே அழுத்தம் 180kPa என்க.

விடை: $\mu \cong 0.3$ mol

2. செவ்வாய்க்கோளின் சராசரி வெப்பநிலை கிட்டத்தட்ட –53°C மற்றும் அதன வளிமண்டல அழுத்தம் 0.9kPa எனில் செவ்வாய்க்கோளின் ஓரலகு பருமனில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையை மோல்களில் கணக்கிடுக. புவியில் ஓரலகு பருமனில் உள்ள மோல்களின் எண்ணிக்கையுடன் ஒப்பிடுக.

விடை: $\mu_{\text{செவ்வாய்}} = 0.49\ mol$

$\mu_{\text{புவி}} \cong 40\ mol$

3. வெப்பம் கடத்தா கொள்கலனில் உள்ள இரண்டு அறைகள் வெப்பம் கடத்தா தடுப்பு ஒன்றினால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு அறையில் உள்ள வாயுவின் வெப்பநிலை T_1, அழுத்தம் P_1 மற்றும் பருமன் V_1. மற்றொரு அறையில் உள்ள வாயுவின் வெப்பநிலை T_2, அழுத்தம் P_2 மற்றும் பருமன் V_2. வாயுவின் மீது எவ்வித வேலையும் செய்யாமல் தடுப்புச் சுவர் மட்டும் நீக்கப்பட்டால் கொள்கலனின் உள்ள வாயுவின் இறுதி சமநிலை வெப்பநிலை என்ன?

விடை: $T = \dfrac{T_1T_2(P_1V_1 + P_2V_2)}{P_1V_1T_2 + P_2V_2T_1}$

4. நீள் விரிவுக்குணகம் α_L கொண்ட L நீளமுடைய சீரான தண்டின் வெப்பநிலையில் ஏற்படும் மாறுபாடு ΔTஎன்க. தண்டின் அச்சுக்கு செங்குத்தாக, அதன் நிறைமையம் வழியே செல்லும் அச்சைப் பொருத்து அத்தண்டின் புதிய நிலைமத்திருப்புத்திறனைக் காண்க.

விடை: $I' = I\,(1 + \alpha_L\,\Delta T)^2$

5. a) பருமன் மாறா நிகழ்வு b) வெப்பநிலைமாறா நிகழ்வு c) அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு இவைகளுக்கான TP வரைபடம் (P-x அச்சு, T-y அச்சு) மற்றும் VT வரைபடம் (T-x அச்சு, a அச்சு) அச்சில் வரைக

6. அதிகாலையில் சைக்களில் செல்லும் ஒருவர் 25°C வெப்பநிலையில் சைக்கிளின் காற்றழுத்தத்தை 500 kPa என அளவிடுகிறார். பிற்பகலில் அவர் சைக்கிளின் காற்றழுத்தத்தை அளவிடும்போது அது 520 kPa ஆக உள்ளதெனில் பிற்பகலில் சைக்கிள் டயரின் வெப்பநிலை என்ன? (இங்கு டயரின் வெப்ப விரிவைப் புறக்கணிக்கவும்)

விடை: $T = 36.9°C$

7. மனித உடலின் சாதாரண வெப்பநிலை 98.6°F. அதிக காய்ச்சலின்போது உடலின் வெப்பநிலை 104°F ஆக உயர்ந்தால் உடலிலிருந்து வெளிப்படும் வெப்பக்கதிர்வீச்சின் அலைநீளத்தின் பெருமமதிப்பைக் கணக்கிடுக. (இங்கு மனித உடலை ஒரு கரும்பொருள் எனக் கருதுக)

விடை:(a) $\lambda_{max} \approx$ 9348 nm at 98.6°F

(b) $\lambda_{max} \approx$ 9258 nm at 104°F

8. வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் காற்றின் பருமன் 4% அதிகரித்துள்ளது எனில் அழுத்த மாற்றத்தின் சதவிகிதம் என்ன? (காற்றுக்கு γ = 1.4)

விடை: 5.6%

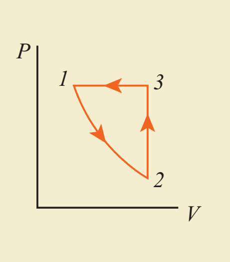
9. பெட்ரோல் இயந்திரமொன்றில் (உள்எரி இயந்திரம்) வளிமண்டல அழுத்தத்தில் 20°C வெப்பநிலையிலுள்ள காற்று பிஸ்டன் ஒன்றின் மூலம் இறுதி பருமன் அதன் தொடக்க பருமனில் 1/8 பங்கு உள்ளவாறு

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 165 25-08-2020 15:00:22

அமுக்கப்படுகிறது. அமுக்கப்பட்ட காற்றின் வெப்பநிலையைக் கணக்கிடு. (காற்றுக்கு $\gamma = 1.4$)

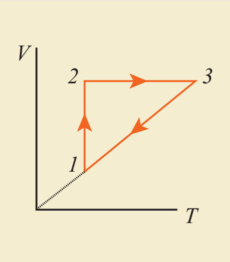
விடை: $T \cong 400°C$

10. வெப்பநிலை மாறா, பருமன் மாறா மற்றும் அழுத்தம் மாறா சுழற்சி நிகழ்வுகளைக் காட்டும் P – V வரைபடம் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது.



இதே சுழற்சி நிகழ்வினைக்காட்டும் V–T வரைபடம் (T – x அச்சிலும், V – y அச்சிலும்) வரைந்து, ஒவ்வொரு நிகழ்விலும் வெப்பம் பரிமாற்றப்படும் முறையினை ஆய்வு செய்க.

விடை:



நிகழ்வு 1 – 2 = பருமன் அதிகரிக்கிறது. எனவே அமைப்பிற்கு வெப்பம் அளிக்கப்படுகிறது.

நிகழ்வு 2 – 3 = பருமன் மாறாமல், வெப்பநிலை உயர்கிறது. இதிலிருந்து அளிக்கப்பட்ட வெப்பம் அமைப்பின் அக ஆற்றலை உயர்த்த பயன்படுகிறது என அறியலாம்.

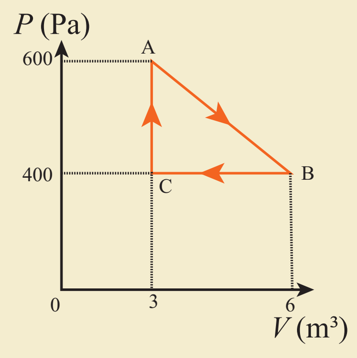
நிகழ்வு 3 – 1 = அழுத்தம் மாறாமல், பருமனும் வெப்பநிலையும் குறைகின்றன. அமைப்பிலிருந்து வெப்பம் வெளியேறுகிறது. இது ஒரு அழுத்தம் மாறா அமுக்கமாகும் மேலும் அமைப்பின்மீது வேலை செய்யப்படுகிறது.

11. நல்லியல்பு வாயு ஒன்றின் சுழற்சி நிகழ்வினைக் காட்டும் பின்வரும் படத்திலிருந்து, கீழ்க்கண்டவற்றைக் காண்க.

a. வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை

b. வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை

c. இந்நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை



விடை: (a) $W = +1.5kJ$

(b) $W = -1.2kJ$

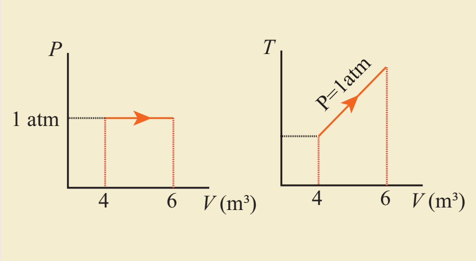
(c) $W = +300J$.

12. வளிமண்டல அழுத்தத்திலுள்ள நல்லியல்பு வாயுவிற்கு வெப்பம் அளிக்கப்படுகிறது. இதனால் வாயுவின் பருமன் 4 m^3 இல் இருந்து 6 m^3 க்கு அதிகரிக்கிறது எனில் பின்வருவனவற்றைக் கணக்கிடுக. (a) வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை (b) வாயுவின் அக ஆற்றலில் ஏற்படும் மாற்றம் (c) P – V வரைபடம் மற்றும் V – T வரைபடங்களில் இந்நிகழ்வுகளை வரைந்து காட்டுக.

விடை: (a) $W = +202.6\ kJ$

(b) $dU = 397.4\ kJ$

(c)



13. 100°C மற்றும் 300°C வெப்பநிலை வேறுபாட்டில் செயல்படும் மீள் நிகழ்வில் வெப்ப இயந்திரம் ஒன்றின் பயனுறுதிறனை அதிகரிக்க விரும்பும் ஒருவர் பின்வரும் இரண்டு வழிமுறைகளில் எவ்வழிமுறையை மேற்கொள்வது மிகுந்த பயனளிக்கும்.

a) வெப்ப மூலத்தின் வெப்பநிலையை மாறாமல் வைத்துக்கொண்டு மூலத்தின் வெப்ப ஏற்பியின் நிலையை 100°C யிலிருந்து மற்றும் 50°C க்கு குறைத்தல்

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 166 25-08-2020 15:00:23

b) வெப்ப ஏற்பியின் மூலத்தின் வெப்பநிலையை மாற்றாமல் வைத்துக்கொண்டு, வெப்பமூலத்தின் வெப்பநிலையை 300°C இலிருந்து 350°Cக்கு உயர்த்துதல்.

விடை: தொடக்க பயனுறுதிறன் = 34.9%
செயல்முறை (a) யில் பயனுறுதிறன் =43.6 %
செயல்முறை (b) யில் பயனுறுதிறன் =40.1 %
செயல்முறை (a) மிகவும் அதிக பயனுறுதிறன் உள்ளது.

14. வெப்ப மூலத்தின் வெப்ப நிலை 327°C உள்ள கார்னோ இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 45% இதே கார்னோ இயந்திரத்தில் பயனறுதிறனை 60% ஆக உயர்த்த வேண்டுமென்றால், வெப்ப மூலத்தின் வெப்பநிலை எவ்வளவு இருக்க வேண்டும்?

(குறிப்பு: இங்கு இரண்டு நேர்வுகளிலும் வெப்ப ஏற்பியின் வெப்பநிலை சமம்)

விடை: 552°C

15. இலட்சிய குளிர்பதனப்பெட்டி ஒன்று அதில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருள்களின் வெப்பநிலையை 0°C ல் வைத்திருக்கின்றது. குளிர்பதனப்பெட்டி வைக்கப்பட்டுள்ள அறையின் வெப்பநிலை 27°C எனில் அக்குளிர்பதனப்பெட்டியின் செயல்திறன் குணகத்தைக் (COP) காண்க.

விடை: β=10.11

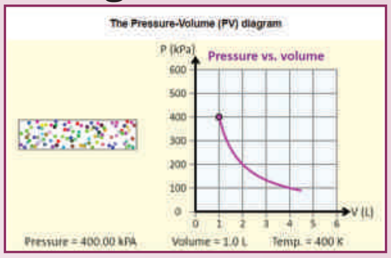
மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

1. Serway and Jewett, Physics for scientist and Engineers with modern physics, Brook/Coole publishers, Eighth edition
2. Paul Tipler and Gene Mosca, Physics for scientist and engineers with modern physics, Sixth edition, W.H.Freeman and Company
3. James Walker, Physics, Addison-Wesley publishers, 4th Edition
4. Douglas C Giancoli, Physics for scientist & Engineers with modern physics, Pearson Prentice Hall, 4th edition.
5. H.C.Verma, Concepts of physics volume 1 and Volume 2, Bharati Bhawan Publishers
6. Tarasov and Tarasova, Question and problems in school physics, Mir Publishers

இணையச் செயல்பாடு

வெப்பமும் வெப்ப இயக்கவியலும்

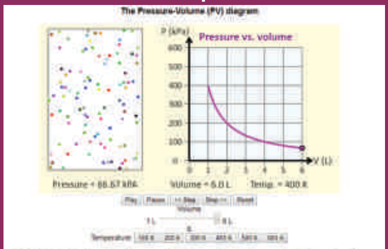
பல்வேறு வெப்ப இயக்கவியல் செயல்முறைகளுக்கான PV வரைபடங்கள் பற்றி அறியலாம்.



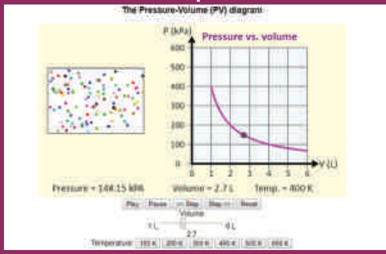
படிகள்

- கீழ்க்காணும் உரலி / விரைவுக் குறியீட்டைப் பயன்படுத்தி "Pressure and Volume Diagram" என்ற இணையப் பக்கத்திற்குச் செல்க.
- தெரிவு செய்யப்பட்ட வெப்பநிலையில், வரைபடத்தின் கீழே உள்ள "Volume" என்பதை மாற்றி 'Play' பொத்தானை அழுத்தவும்.
- இப்பொழுது வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளைத் தெரிவு செய்து, 'Volume' என்பதை மீண்டும் மாற்றி, இடப்பக்கத்தில் உள்ள படம் மற்றும் வரைபடம் இரண்டிலும் அழுத்த (pressure) வேறுபாட்டைக் காணவும்.
- வெவ்வேறு மதிப்பீடுகளுக்கு இதே போன்று மீண்டும் செய்து, அதன்படி வரைபடத்தினை வரையவும்.

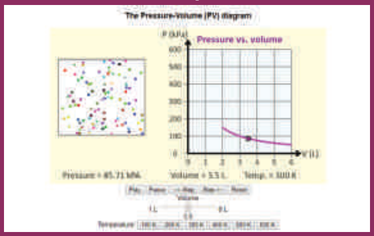
படி 1



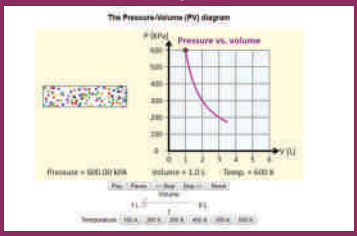
படி 2



படி 3



படி 4



உரலி:

http://physics.bu.edu/~duffy/HTML5/PV_diagram.html

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

B126_11_PHY_TM

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 168 25-08-2020 15:00:24

அலகு
9

வாயுக்களின் இயக்கவியற் கொள்கை (KINETIC THEORY OF GASES)

வெப்ப இயக்கவியலைக் கொண்டு ஒருவரால் கிட்டத்தட்ட அனைத்தையும் மேலோட்டமாகக் கணக்கிட இயலும்; வாயுக்களின் இயக்கவியற் கொள்கையைக் கொண்டு நம்மால் துல்லியமாக சிலவற்றைக் கணக்கிட இயலும்." – யூஜின் விக்னர் (Eugene Wigner)

கற்றலின் நோக்கங்கள்:

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- வாயுக்களின் இயக்கவியற் கொள்கையின் அவசியம்
- அழுத்தம் மற்றும் வெப்பநிலையின் தோற்றம் பற்றிய ஓர் நுட்பமான அறிமுகம்
- வாயு ஒன்றின் அகஆற்றல் மற்றும் வாயு மூலக்கூறுகளின் இடப்பெயர்வு இயக்க ஆற்றல் ஆகியவற்றை ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்புபடுத்துதல்
- சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளின் (Degree of freedom) உட்பொருள்
- ஓரணு, ஈரணு மற்றும் மூவணு மூலக்கூறுகளின் சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையை கணக்கிடல்
- ஆற்றல் சமபங்கீட்டு விதி
- C_P மற்றும் C_V க்கு இடையேயான விகிதத்தைக் கணக்கிடல்
- சராசரி மோதலிடைத்தூரம் (mean free path), மற்றும் அழுத்தம், வெப்பநிலை, எண் அடர்த்தியுடன் சராசரி மோதலிடைத்தூரத்தின் தொடர்பு
- பிரௌனியன் இயக்கம் மற்றும் அதன் தோற்றம் பற்றிய ஓர் நுட்பமான அறிமுகம்.

KCD9NZ

9.1 இயக்கவியற் கொள்கை

9.1.1 அறிமுகம்

வெப்ப இயக்கவியல், அடிப்படையில் ஒரு பேரளவான அறிவியலாகும். அலகு 8 இல் அழுத்தம், வெப்பநிலை மற்றும் பருமன் போன்ற வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் பேரளவான கூறுகளைப் பற்றி பயின்றோம். இந்த அலகில் வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு ஒன்றை துகள்கள் அல்லது மூலக்கூறுகளின் தொகுப்பாகக் கருதி அழுத்தம் மற்றும் வெப்பநிலையின் தோற்றத்தைப் பற்றி நுட்பமாக விவாதிக்கலாம். இயக்கவியற்கொள்கையானது, வாயு ஒன்றின் அழுத்தம் மற்றும் வெப்பநிலையை அதன் மூலக்கூறு இயக்கத்துடன் தொடர்புபடுத்துகிறது. மேலும் நியூட்டனின் இயந்திரவியலுடன் வெப்ப இயக்கவியலை இணைக்கிறது. இந்த அலகு வாயுமூலக்கூறுகளின் இயக்கப்பண்பையும் நமக்கு அறிமுகப்படுத்துகிறது.

9.1.2 வாயுக்களின் இயக்கவியற் கொள்கையின் எடுகோள்கள்

இயக்கவியற்கொள்கை சில அனுமானங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டது. ஏனெனில் இவ்வனுமானங்கள் கணக்கீடுகளை எளிமைப்படுத்தும். இந்த அனுமானங்கள் மிகச் சரியாக இல்லையென்றாலும் இதன் அடிப்படையில் அமைந்த இயக்கவியற்கொள்கையை நாம் அனைத்து வாயுக்களுக்கும் பயன்படுத்த முடியும்.

1. வாயு மூலக்கூறுகள் அனைத்தும் முழுவதும் ஒரே மாதிரியான, முழு மீட்சியுறும் கோளங்களாகும்.
2. வெவ்வேறு வாயுக்களின் மூலக்கூறுகள் வெவ்வேறானவை.
3. வாயுவில் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை மிகவும் அதிகம். ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் அளவுடன் ஒப்பிடும்போது, மூலக்கூறுகளுக்கு இடையே உள்ள சராசரித் தொலைவு மிக அதிகமாகும்.

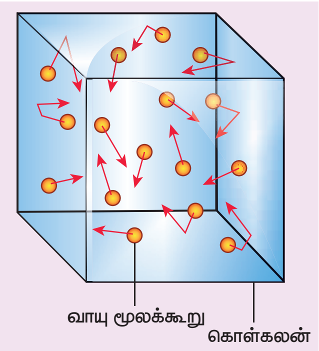
4. வாயு மூலக்கூறுகள் அனைத்தும் தொடர்ச்சியான ஒழுங்கற்ற இயக்கத்தில் (Random motion) உள்ளன.
5. வாயு மூலக்கூறுகள் ஒன்றின்மீது மற்றொன்றும் மற்றும் அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ள கொள்கலனின் சுவருடனும் மோதலை ஏற்படுத்துகின்றன.
6. இம்மோதல்கள் முழுமீட்சியுறும் மோதல்கள் (elastic collisions) எனவே மோதலின்போது மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றலில் எவ்விதமான இழப்பும் ஏற்படுவதில்லை.
7. இரு அடுத்தடுத்த மோதல்களுக்கு இடையே, ஒரு வாயு மூலக்கூறு சீரான திசைவேகத்தில் இயங்குகிறது.
8. வாயு மூலக்கூறுகள் ஒன்றுடன் ஒன்று மோதும் நேரம் தவிர மற்ற நேரங்களில் ஒன்றின்மீது மற்றொன்று எவ்விதமான கவர்ச்சி விசையையோ அல்லது விலக்குவிசையையோ செலுத்துவதில்லை. வாயு மூலக்கூறுகள் எவ்விதமான நிலையாற்றலையும் பெற்றிருக்கவில்லை. அவற்றின் ஆற்றல் முழுவதும் இயக்க ஆற்றல் வடிவில் மட்டும் உள்ளது.
9. மூலக்கூறுகளுக்கிடையேயான மோதல் ஒரு கணநேர நிகழ்வாகும். இரு அடுத்தடுத்த மோதல்களுக்கிடைப்பட்ட நேரத்துடன் ஒப்பிடும்போது மோதலுறும் நேரம் மிகக் குறைவானதாகும்.
10. வாயு மூலக்கூறுகள் ஒழுங்கற்ற இயக்கத்தில் உள்ளபோதும் அவை நியூட்டனின் இயக்கவிதிகளுக்கு உட்படுகின்றன.

9.2 வாயு ஒன்றினால் ஏற்படும் அழுத்தம்

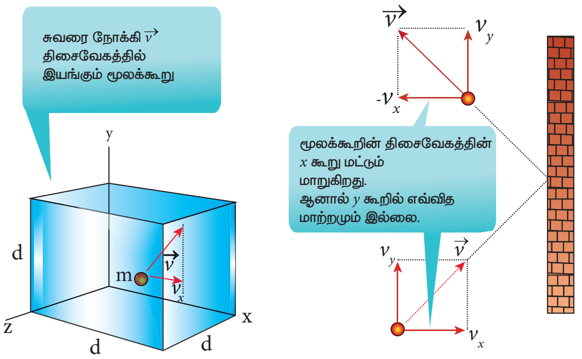
9.2.1 வாயு ஒன்றினால் ஏற்படும் அழுத்தத்திற்கான கோவை

படம் 9.1 (a) இல் காட்டியுள்ளவாறு l பக்க அளவு கொண்ட கனசதுரக் கொள்கலன் ஒன்றினுள் N எண்ணிக்கையுடைய ஓரணுவாயு மூலக்கூறுகள் உள்ளன. ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் நிறையும் m என்க.

வாயு மூலக்கூறுகள் ஒழுங்கற்ற இயக்கத்தில் உள்ளதால், அவை ஒன்றுடன் ஒன்று மோதுவது மட்டுமின்றி, அடைத்துவைக்கப்பட்டுள்ள



படம் 9.1 (a) வாயுமூலக்கூறுகள் அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ள கனசதுரக் கொள்கலன்



படம் 9.1 (b) கொள்கலனின் சுவரின் மீது மோதும் வாயு மூலக்கூறு

கொள்கலனின் சுவருடனும் மோதுகின்றன. இம்மோதல்கள் அனைத்தும் முழுமீட்சியுறும் மோதல்கள். எனவே, அவற்றின் இயக்க ஆற்றலில் எவ்விதமான இழப்பும் ஏற்படுவதில்லை, ஆனால் அவற்றின் உந்தத்தில் மாற்றம் ஏற்படுகின்றது. வாயு மூலக்கூறுகள் கொள்கலனின் சுவருடன் மோதலை ஏற்படுத்துவதால் அச்சுவரின் மீது ஒரு அழுத்தத்தைக் கொடுக்கிறது. இவ்வாறு வாயு மூலக்கூறு சுவரின்மீது மோதும்போது, ஒரு உந்தத்தை சுவரின் மீது செலுத்துகிறது. இந்த உந்த மாற்றத்தினால். கொள்கலனின் சுவர் ஓரலகு பரப்பில் உணரும் விசை, சுவரின் மீது வாயுவால் ஏற்படும் அழுத்தத்தை நிர்ணயிக்கிறது. ஒரு சிறிய நேர இடைவெளியில் வாயு மூலக்கூறுகளால் சுவரின் மீது மாற்றம் செய்யப்பட்ட மொத்த உந்தத்தை பின்வருமாறு கணக்கிடலாம்.

m நிறையும், $\vec{v}$ திசைவேகமும் கொண்ட வாயுமூலக்கூறு ஒன்று வலதுபக்கச் சுவரின் மீது மோதுகிறது, அதன் திசைவேகக்கூறுகள் (v_x, v_y, v_z) ஆகும். முழு மீட்சியுறும் மோதல் என

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 170 21-08-2020 12:37:15

நாம் கருதுவதால், வாயு மூலக்கூறுகள் அதே வேகத்துடன் பின்னோக்கி வரும். அதன் x கூறு மட்டும் எதிர்குறி மதிப்பினைப்பெறும் இது படம் 9.1 (b) யில் காட்டப்பட்டுள்ளது. மோதலுக்குப் பின்பு வாயு மூலக்கூறின் திசைவேகக்கூறுகள் $(-v_x, v_y, v_z)$ ஆகும்.

மோதலுக்கு முன்பு வாயு மூலக்கூறின் உந்தத்தின் x – கூறு $= mv_x$

மோதலுக்குப் பின்பு வாயு மூலக்கூறின் உந்தத்தின் x – கூறு $= -mv_x$

x – திசையில் வாயுமூலக்கூறின் உந்த மாறுபாடு = இறுதி உந்தம் – ஆரம்ப உந்தம் $= -mv_x - mv_x = -2mv_x$

உந்தமாறா விதியின்படி, சுவரின் உந்தமாறுபாடு $= +2mv_x$.

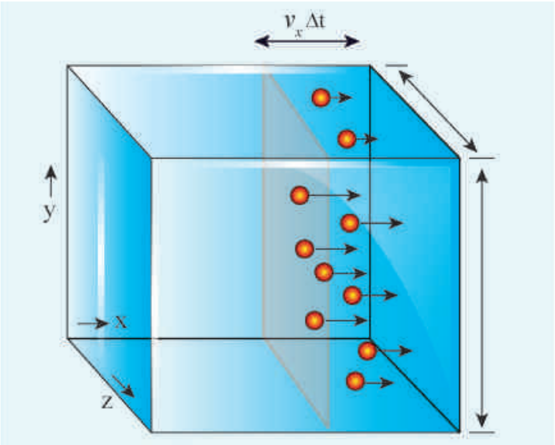
குறிப்பு

x திசையில் மோதலுக்கு முன்பு அமைப்பின் மொத்த உந்தம், மூலக்கூறின் உந்தத்திற்குச் சமமாகும் (mv_x). ஏனெனில் சுவரின் உந்தம் சுழியாகும். உந்த மாறாவிதியின்படி மோதலுக்குப்பின்பு அமைப்பின் மொத்த உந்தம், மோதலுக்கு முன்பு அமைப்பின் மொத்த உந்தத்திற்குச் சமமாகும். x திசையில் மோதலுக்குப்பின்பு வாயுமூலக்கூறின் உந்தம் $-mv_x$. மேலும் மோதலுக்குப்பின்பு சுவரின் உந்தம் $2mv_x$. எனவே மோதலுக்குப்பின்பு அமைப்பின் மொத்த உந்தம் $(2mv_x - mv_x) = mv_x$. இது மோதலுக்கு முன்பு அமைப்பின் மொத்த உந்தத்திற்குச் சமமாகும்.

Δt என்ற சிறிய நேர இடைவெளியில் வலதுபக்கச் சுவரின்மீது மோதும் வாயு மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை பின்வருமாறு கணக்கிடப்படுகிறது.

வலது பக்கச் சுவரிலிருந்து $v_x\Delta t$ தொலைவிலுள்ள வாயு மூலக்கூறுகள், வலது பக்கமாகச் சென்று Δt என்ற நேர இடைவெளியில் படம் 9.2 இல் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு சுவரின் மீது மோதும். Δt என்ற நேர இடைவெளியில் வலதுபக்கச் சுவரின் மீது மோதும் வாயு மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையானது, பருமன் $(Av_x\Delta t)$ மற்றும் மூலக்கூறுகளின் எண்ணடர்த்தி (n) ஆகியவற்றின் பெருக்கல்பலனுக்குச் சமமாகும்.

இங்கு A என்பது சுவரின் பரப்பாகும் மற்றும் n என்பது ஓரலகு பருமனிலுள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையாகும் $\left(\frac{N}{V}\right)$. கனசதுரக் கொள்கலன் முழுமைக்கும் வாயு மூலக்கூறுகளின் எண்ணடர்த்தி மாறிலியாக உள்ளது எனக் கருதுவோம்.



படம் 9.2 கொள்கலனின் சுவரின் மீது மோதும் மூலக்கூறுகள்

அனைத்து n மூலக்கூறுகளும் வலது பக்கச் சுவரினை நோக்கியே செல்வதில்லை. சராசரியாக பாதி மூலக்கூறுகள் வலது பக்கச் சுவரினை நோக்கியும், மறுபாதி மூலக்கூறுகள் இடதுபக்கச் சுவரினை நோக்கியும் செல்கின்றன.

எனவே Δt நேர இடைவெளியில் வலதுபக்கச் சுவரின் மீது மோதும் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை

$$\frac{n}{2}Av_x\,\Delta t \qquad (9.1)$$

இதே Δt நேர இடைவெளியில் மூலக்கூறுகளால் சுவருக்கு மாற்றம் செய்யப்பட்ட மொத்த உந்தம்

$$\Delta p = \left(\frac{n}{2}Av_x\,\Delta t\right) \times 2mv_x = Av_x^2\,mn\Delta t \qquad (9.2)$$

நியூட்டனின் இரண்டாம் இயக்க விதியின்படி, ஒரு சிறு நேர இடைவெளியில் உந்தத்தில் ஏற்பட்ட மாற்றம் விசையைக் கொடுக்கும். எனவே மூலக்கூறுகளால், சுவரின்மீது செலுத்தப்பட்ட விசையின் எண்மதிப்பு

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = nmAv_x^2 \qquad (9.3)$$

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 171 21-08-2020 12:37:16

இவ்வாறே அழுத்தம் P = $\frac{\text{விசை}}{\text{சுவரின் பரப்பு}}$

$$P = \frac{F}{A} = nmv_x^2 \qquad (9.4)$$

இங்கு மூலக்கூறுகள் அனைத்தும் ஒழுங்கற்ற இயக்கத்தில் உள்ளதால், அவை அனைத்தும் ஒரே வேகத்தில் இயங்க இயலாது. எனவே சமன்பாடு (9.4) இல் உள்ள v_x^2 என்ற பதத்தை சராசரி $\overline{v_x^2}$ என மாற்றியமைக்க வேண்டும்.

$$P = nm\overline{v_x^2} \qquad (9.5)$$

இங்கு வாயு ஒழுங்கற்ற இயக்கத்தில் உள்ளது எனக் கருதுவதால் அதன் இயக்கத்திசையையும் வரையறுக்க இயலாது. (வாயு மூலக்கூறுகளின் மீது செயல்படும் புவி ஈர்ப்புவிசை இங்கு புறக்கணிக்கப்படுகிறது) இதிலிருந்து நாம் அறிவது என்னவெனில், மூன்று திசைகளிலும் வாயு மூலக்கூறுகளின் சராசரி வேகம் சமமாகும். எனவே, $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$. இதுபோன்றே $\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2} = 3\overline{v_x^2}$ ஆகும். எனவே வாயு மூலக்கூறுகளின் சராசரி இருமடி வேகத்தை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$\overline{v_x^2} = \frac{1}{3}\overline{v^2}$$

சமன்பாடு (9.5) ஐப் பயன்படுத்தி பின்வரும் சமன்பாட்டைப் பெறலாம்

$$P = \frac{1}{3}nm\overline{v^2} \text{ அல்லது } P = \frac{1}{3}\frac{N}{V}m\overline{v^2}$$

$$\text{ஏனெனில் } \left[n = \frac{N}{V}\right] \qquad (9.6)$$

வாயு மூலக்கூறுகளால் ஏற்படும் அழுத்தம் சார்ந்திருக்கும் காரணிகளை மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து அறிந்து கொள்ளலாம்.

i. எண்ணடர்த்தி $\left(n = \frac{N}{V}\right)$

எண்ணடர்த்தி அதிகரிக்கும்போது, வாயுவின் அழுத்தமும் அதிகரிக்கும். எடுத்துக்காட்டாக சைக்கிள் அல்லது காரின் சக்கரத்திற்கு காற்றை நிரப்பும்போது நாம் எண்ணடர்த்தியை அதிகரிக்கிறோம். அதனைத் தொடர்ந்து அழுத்தமும் அதிகரிக்கிறது.

ii. வாயு மூலக்கூறின் நிறை:

வாயு மூலக்கூறு சுவரின் மீது செலுத்தும் உந்தத்தின் விளைவாக அழுத்தம் ஏற்படுகிறது. ஒரு நிலையான வேகத்தில், அதிக நிறையுள்ள மூலக்கூறு அதிக உந்தத்தைத் கொடுக்கும். எனவே வாயு மூலக்கூறின் நிறை அதிகரிக்கும்போது அழுத்தமும் அதிகரிக்கும்.

iii. சராசரி இருமடி வேகம்

நிறையை மாறிலியாக எடுத்துக்கொண்டு, வாயு மூலக்கூறின் வேகத்தை அதிகரித்தால் அதன் சராசரி வேகமும் அதிகரிக்கும். இதன் பயனாக அழுத்தமும் அதிகரிக்கும்.

கணக்கீடுகளை எளிமையாக்கவே நாம் கனசதுர கொள்கலனைக் கருதினோம். ஆனால் உண்மையில் இறுதிச் சமன்பாடு (9.6) கொள்கலனின் வடிவத்தைச் சார்ந்ததல்ல ஏனெனில் இறுதிச்சமன்பாடு (9.6) இல் கொள்கலனின் பரப்பு (A) இடம்பெறவில்லை என்பதை கவனிக்க வேண்டும்.

9.2.2 இயக்கத்தின் அடிப்படையில் வெப்பநிலையின் உட்கருத்தை விளக்குதல்

வாயு மூலக்கூறுகள் ஏற்படுத்தும் அழுத்தத்தைப் போன்றே, வெப்பநிலையின் உட்கருத்தை நுட்பமாக உணர்வதற்கு சமன்பாடு (9.6) ஐப் பின்வருமாறு மாற்றியமைக்க வேண்டும்.

$$P = \frac{1}{3}\frac{N}{V}m\overline{v^2}$$

$$PV = \frac{1}{3}Nm\overline{v^2} \qquad (9.7)$$

நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாடு $PV=NkT$, யுடன் சமன்பாடு (9.7) ஐ ஒப்பிடும்போது பின்வரும் சமன்பாடு கிடைக்கும்.

$$NkT = \frac{1}{3}Nm\overline{v^2}$$

$$kT = \frac{1}{3}m\overline{v^2} \qquad (9.8)$$

மேலே உள்ள சமன்பாட்டின் இருபுறமும் $\frac{3}{2}$ ஆல் பெருக்கும்போது

பின்வரும் சமன்பாடு கிடைக்கும்

$$\frac{3}{2}kT = \frac{1}{2}m\overline{v^2} \qquad (9.9)$$

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 172 21-08-2020 12:37:25

சமன்பாடு (9.9) இன் வலதுப்பக்கமுள்ள பதம், மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றலைக் $(\overline{KE})$ குறிக்கிறது.

மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல்

$$\overline{KE} = \in = \frac{3}{2}\ kT \qquad (9.10)$$

வாயு மூலக்கூறு ஒன்றின் வெப்ப நிலையை தீர்மானிப்பது, அவ்வாயுவின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் என்பதை சமன்பாடு (9.9) அல்லது (9.10) லிருந்து அறிந்து கொள்ளலாம்.

குறிப்பு வெப்பநிலை என்பது பொருளொன்றின் சூடான தன்மை அல்லது குளிர்த்தன்மையைக் குறிக்கும் என்ற கீழ்வகுப்பில் படித்த வரையறையுடன் மேலே சொன்னவற்றை ஒப்பிட்டுப் பாருங்கள்!

சமன்பாடு (9.10) என்பது வாயுக்களின் இயக்கவியற் கொள்கையிலிருந்து பெறப்பட்ட அதிமுக்கியத்துவம் வாய்ந்த ஒரு முடிவாகும். இச்சமன்பாட்டிலிருந்து நாம் பின்வருவனவற்றை அறிந்து கொள்ளலாம்.

i. வாயு மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல், அவ்வாயுவின் கெல்வின் வெப்பநிலைக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும். சமன்பாடு (9.9) பேரளவான உலகத்துடன், (வெப்பநிலை) மீநுண் உலகத்தை (வாயுமூலக்கூறுகளின் இயக்கம்) தொடர்புபடுத்துகிறது.

ii. ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் சராசரி இயக்க ஆற்றல், வாயுவின் கெல்வின் வெப்பநிலையை மட்டுமே சார்ந்ததாகும். மூலக்கூறின் நிறையைச் சார்ந்ததல்ல. வேறு வகையில் கூறுவோமாயின்

நல்லியல்பு வாயு ஒன்றின் வெப்பநிலையை, வெப்பநிலை மானியைக் கொண்டு அளவீடு செய்யும் அதே வேளையில், ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் சராசரி இயக்க ஆற்றலையும் அம்மூலக்கூறுகளை நாம் கண்களால் பார்க்காமலேயே நம்மால் கணக்கீடு செய்ய இயலும்.

ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் சராசரி இயக்க ஆற்றலையும், வாயு மூலக்கூறுகளின் மொத்த எண்ணிக்கையால் பெருக்கும்போது, வாயுவின் அகஆற்றல் கிடைக்கும்.

எனவே நல்லியல்பு வாயுவின் அகஆற்றல்

$$U = N\left(\frac{1}{2}m\overline{v^2}\right)$$

சமன்பாடு (9.9) ஐப் பயன்படுத்தி பின்வரும் சமன்பாட்டைப் பெறலாம்

$$U = \frac{3}{2}NkT \qquad (9.11)$$

நல்லியல்பு வாயுவின் அகஆற்றல், அதன் கெல்வின் வெப்பநிலையை மட்டுமே சார்ந்தது. அதன் அழுத்தம் மற்றும் பருமனைச் சார்ந்ததல்ல என்பதை சமன்பாடு (9.11) லிருந்து நாம் புரிந்து கொள்ளலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 9.1

27°C வெப்பநிலையில் உள்ள கால்பந்து ஒன்றினுள் 0.5 மோல் காற்று மூலக்கூறுகள் உள்ளன. கால்பந்தின் உள்ளே உள்ள காற்றின் அக ஆற்றலைக் கண்டுபிடி.

தீர்வு:

நல்லியல்பு வாயுவின் அகஆற்றல் $= \frac{3}{2}NkT$. காற்று மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை மோல்களின் எண்ணிக்கையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே சமன்பாட்டை பின்வரும் வடிவில் எழுத வேண்டும்.

$$U = \frac{3}{2}\mu RT$$

இங்கு $Nk = \mu R$ (μ என்பது மோல்களின் எண்ணிக்கையாகும்)

வாயு மாறிலி $R = 8.31\ \frac{J}{mol\,K}$

கெல்வின் வெப்பநிலை $T = 273 + 27°C = 300\ K$

$$U = \frac{3}{2} \times 0.5 \times 8.31 \times 300 = 1869.75\ J$$

இம்மதிப்பு, 57 kg நிறையுள்ள மனிதரொருவர் 8 m s^{-1} வேகத்தில் ஓடும்போது அவர் பெற்றிருக்கும் இயக்க ஆற்றலுக்குச் சமமானதாகும்.

9.2.3 அழுத்தம் மற்றும் சராசரி இயக்க ஆற்றல் இவற்றிற்கிடையேயான தொடர்பு

முற்பகுதியில் கூறப்பட்டபடி, வாயுவின் அகஆற்றல்

$$U = \frac{3}{2}NkT$$

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 173 21-08-2020 12:37:28

இச்சமன்பாட்டினை $U = \frac{3}{2}\ PV$ எனவும் எழுதலாம்.

ஏனெனில் $PV = NkT$

$$P = \frac{2}{3}\frac{U}{V} = \frac{2}{3}u \qquad (9.12)$$

சமன்பாடு (9.12), லிருந்து வாயுவின் அழுத்தமானது ஓரலகு பருமனுள்ள வாயுவின் அகஆற்றலின் $\left(\frac{U}{V}\right)$ மூன்றில் இரண்டு பங்கிற்குச் சமமாகும் அல்லது அகஆற்றல் அடர்த்தியின் மூன்றில் இரண்டு பங்கிற்குச் (internal energy density) சமமாகும் $(u = \frac{U}{V})$.

சமன்பாடு (9.6) ஐப் பயன்படுத்தி சராசரி இயக்க ஆற்றல் அடர்த்தியின் அடிப்படையில் வாயுவின் அழுத்தத்தை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$P = \frac{1}{3}nm\overline{v^2} = \frac{1}{3}\rho\overline{v^2} \qquad (9.13)$$

இங்கு $\rho = nm =$ நிறை அடர்த்தி (n என்பது எண்ணடர்த்தி என்பதை நினைவில் கொள்ளவும்.)

சமன்பாடு (9.13) இன் வலது பக்கமுள்ள பதத்தை மட்டும் 2 ஆல் பெருக்கி வகுக்கும்போது,

$$P = \frac{2}{3}\left(\frac{\rho}{2}\overline{v^2}\right)$$

$$P = \frac{2}{3}\left(\overline{KE}\right) \qquad (9.14)$$

சமன்பாடு (9.14) இல் இருந்து, அழுத்தம் என்பது ஓரலகு பருமனுள்ள வாயுவின் சராசரி இயக்க ஆற்றலின் மூன்றில் இரண்டு பங்கிற்குச் சமம் என அறியலாம்.

9.2.4 வாயுக்களின் இயக்கவியற் கொள்கையிலிருந்து பெறப்பட்ட சில அடிப்படை விதிகள்

பாயில் விதி:

சமன்பாடு (9.12) இல் இருந்து நாம் அறிவது $PV = \frac{2}{3}U$.

ஆனால் நல்லியல்பு வாயு ஒன்றின் அகஆற்றல், அதன் ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் சராசரி இயக்க ஆற்றலின் $(\in)$, N மடங்கிற்குச் சமமாகும்.

$$U = N\in$$

$$PV = \frac{2}{3}\ N\in$$

மாறா வெப்பநிலையில், சராசரி இடப்பெயர்வு இயக்கஆற்றல் ஒரு மாறிலியாகும். இதிலிருந்து $PV =$ மாறிலி என அறியலாம்.

எனவே, மாறா வெப்பநிலையில், கொடுக்கப்பட்ட வாயு ஒன்றின் அழுத்தம் அதன் பருமனுக்கு எதிர்த்தகவில் இருக்கும். இதுவே பாயில் விதியாகும்.

சார்லஸ் விதி:

சமன்பாடு (9.12) இல் இருந்து நாம் அறிவது $PV = \frac{2}{3}U$.

ஒரு குறிப்பிட்ட அழுத்தத்தில், வாயு ஒன்றின் பருமன் அதன் அகஆற்றலுக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும் அல்லது வாயுவின் சராசரி இயக்க ஆற்றலுக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும். மேலும் வாயுவின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் அதன் கெல்வின் வெப்பநிலைக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

இதிலிருந்து நாம் அறிவது என்னவென்றால்

$V \propto T$ அல்லது $\frac{V}{T} =$ மாறிலி

இதுவே சார்லஸ் விதியாகும்.

அவகாட்ரோ விதி:

இவ்விதியின்படி, *மாறா வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தத்தில் சம பருமனுள்ள அனைத்து வாயுக்களும் ஒரே எண்ணிக்கையில் வாயுமூலக்கூறுகளைப் பெற்றிருக்கும்.* ஒரே வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தத்தில் உள்ள இரண்டு வெவ்வேறு வாயுக்களுக்கு, வாயுக்களின் இயக்கவியற் கொள்கையைப் பயன்படுத்தி சமன்பாடு (9.6) ஐப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$P = \frac{1}{3}\frac{N_1}{V}m_1\overline{v_1^2} = \frac{1}{3}\frac{N_2}{V}m_2\overline{v_2^2} \qquad (9.15)$$

இங்கு $\overline{v_1^2}$ மற்றும் $\overline{v_2^2}$ என்பவை இரண்டு வெவ்வேறு வாயுக்களின் சராசரி இருமடி வேகங்களாகும். மேலும் N_1 மற்றும் N_2 என்பவை அவ்விரு வாயுக்களில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையாகும்.

இவ்விரண்டு வாயுக்களிலும் உள்ள வாயு மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல், ஒரே வெப்பநிலையில் சமமதிப்பைப் பெற்றிருக்கும்.

$$\frac{1}{2}m_1\overline{v_1^2} = \frac{1}{2}m_2\overline{v_2^2} \qquad (9.16)$$

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 174 21-08-2020 12:37:34

சமன்பாடு (9.15) ஐ சமன்பாடு (9.16) ஆல் வகுக்கும்போது $N_1 = N_2$ எனக்கிடைக்கும்.

இதுவே அவகாட்ரோ விதியாகும். சில நேரங்களில் அவகாட்ரோவின் எடுகோள் அல்லது அவகாட்ரோவின் தத்துவம் எனவும் இது அழைக்கப்படும்.

9.2.5 சராசரி இருமடி மூல வேகம் (v_{rms})

அனைத்து மூலக்கூறுகளின் இருமடி வேகங்களின் சராசரியின் இருமடிமூல மதிப்பு என இதனை வரையறுக்கலாம். இதை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$v_{rms} = \sqrt{\overline{v^2}}$$

சமன்பாடு (9.8) ஐ மாற்றியமைக்கும்போது

சராசரி இருமடி வேகம் $$\overline{v^2} = \frac{3kT}{m} \qquad (9.17)$$

சராசரி இருமடிமூல வேகம்

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = 1.73\sqrt{\frac{kT}{m}} \qquad (9.18)$$

சமன்பாடு (9.18) இல் இருந்து பின்வருவனவற்றை நாம் அறிந்து கொள்ளலாம்.

i. சராசரி இருமடி மூல வேகமானது கெல்வின் வெப்பநிலையின் இருமடி மூலத்திற்கு நேர்த்தகவிலும், மூலக்கூறு நிறையின் இருமடி மூலத்திற்கு எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும். எனவே கொடுக்கப்பட்ட வெப்பநிலையில் குறைந்த நிறைகொண்ட மூலக்கூறுகளின் சராசரி வேகம், அதிக நிறை கொண்ட மூலக்கூறுகளின் சராசரி வேகத்தைவிட அதிகமாக இருக்கும்.

   எடுத்துக்காட்டு: ஒரே வெப்பநிலையில் இலேசான மூலக்கூறுகளான ஹைட்ரஜன் மற்றும் ஹீலியம் போன்றவற்றின் சராசரி இருமடி மூலத்திசைவேகம் (v_{rms}) கனமான மூலக்கூறுகளான ஆக்ஸிஜன் மற்றும் நைட்ரஜன் போன்றவற்றின் (v_{rms}) மதிப்பைவிட அதிகமாக இருக்கும்.

ii. வெப்பநிலை உயரும்போது வாயுமூலக்கூறுகளின் சராசரி இருமடிமூல வேகமும் (v_{rms}) அதிகரிக்கும்.

   வாயு மாறிலி R ஐப் பயன்படுத்தி v_{rms} சமன்பாட்டினை பின்வருமாறு அமைக்கலாம். சமன்பாடு (9.18) லிருந்து

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3N_A kT}{N_A m}}.$$ இங்கு N_A என்பது அவகாட்ரோ எண் ஆகும்.

இங்கு $N_A k = R$ மற்றும் $N_A m = M$ (மூலக்கூறு நிறை) ஆகும்

எனவே, சராசரி இருமடி மூலவேகம் அல்லது *rms* வேகம் என்பது

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \qquad (9.19)$$

சமன்பாடு (9.6) ஐ சராசரி இருமடி மூல வேகத்தின் அடிப்படையில் பின்ருமாறு எழுதலாம்.

$$P = \frac{1}{3}nmv^2_{rms}$$ ஏனெனில் $v^2_{rms} = \overline{v^2}$

குறிப்பு

சராசரி இருமடி மூல வேகமானது, சராசரி வேகத்திற்குச் சமமானதல்ல. சராசரி வேகமானது, இருமடி மூல வேகத்தைப் போன்று 0.92 மடங்காகும்.

சராசரி இருமடி மூல வேகம் (v_{rms}) இயற்கையில் ஏற்படுத்தும் விளைவுகள்:

1. **நிலவில் வளிமண்டலம் அற்ற நிலை.**

   நிலவின் குறைந்த ஈர்ப்புவிசையின் காரணமாக, நிலவுப் பரப்பில் உள்ள வாயுக்களின் சராசரி இருமடி மூல வேகமானது அதன் விடுபடு வேகத்தைவிட அதிகமாக உள்ளது. இதன் காரணமாக நிலவுப்பரப்பில் உள்ள அனைத்து வாயுக்களும் நிலவிலிருந்து வெளியேறி விடுகின்றன.

2. **புவியின் வளிமண்டலத்தில் ஹைட்ரஜன் வாயுவற்ற நிலை.**

   ஹைட்ரஜன் வாயுவின் சராசரி இருமடி மூல வேகமானது, நைட்ரஜனைவிட மிகவும் அதிகமானது. எனவே ஹைட்ரஜன் புவியின் வளிமண்டலத்திலிருந்து எளிதாகத் தப்பிச்சென்றுவிடும். உண்மையில், தீங்கு விளைவிக்காத நைட்ரஜன் வாயுவிற்குப் பதிலாக, புவியின் வளிமண்டலத்தில் ஹைட்ரஜன் வாயு நிறைந்திருந்தால், அது பல்வேறு வகையான பேராபத்துக்களை ஏற்படுத்தியிருக்கும்.

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 175 21-08-2020 12:37:38

எடுத்துக்காட்டு 9.2

அறை ஒன்றினுள் 3:1 என்ற விகிதத்தில் ஆக்ஸிஜன் மற்றும் ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறுகள் உள்ளன. அறையின் வெப்பநிலை 27°C ஆக்ஸிஜன் (O_2) மற்றும் ஹைட்ரஜன் (H_2) இவற்றின் மூலக்கூறு நிறைகள் முறையே 32 g mol^{-1} மற்றும் 2 g mol^{-1} ஆகும். வாயு மாறிலி R = 8.32 J mol^{-1} K^{-1} எனில் பின்வருவனவற்றைக் கணக்கிடுக.

(a) ஆக்ஸிஜன் மற்றும் ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறுகளின் சராசரி இருமடி மூலவேகம்.

(b) ஆக்ஸிஜன் மற்றும் ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல்.

(c) ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகள் மற்றும் ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறுகளின் சராசரி இயக்க ஆற்றலின் விகிதம்.

தீர்வு:

(a) கெல்வின் வெப்பநிலை

T=27°C =27+273=300 K.

வாயு மாறிலி R=8.32 J mol^{-1} K^{-1}

ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறின் v_{rms} :

மூலக்கூறு நிறை M = 32 g = 32 x 10^{-3} kg mol^{-1}

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3\times 8.32\times 300}{32\times 10^{-3}}}$$

$$= 483.73\ m\ s^{-1} \approx 484\ m\ s^{-1}$$

ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறின் v_{rms}:

மூலக்கூறு நிறை M = 2 x 10^{-3} kg mol^{-1}

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3\times 8.32\times 300}{2\times 10^{-3}}}$$

$$= 1934\ m\, s^{-1} = 1.93\ km\ s^{-1}$$

சராசரி இருமடி மூல வேகம் v_{rms}, ஆனது $\sqrt{M}$ க்கு எதிர்விகிதத்தில் உள்ளதை இங்கு கவனிக்கவேண்டும். ஆக்ஸிஜனின் மூலக்கூறு நிறை ஹைட்ரஜனின் மூலக்கூறு நிறையை விட 16 மடங்கு அதிகம். இதிலிருந்து நாம் அறிவது என்னவென்றால் ஒரே வெப்பநிலையில் ஹைட்ரஜனின் சராசரி இருமடி மூல வேகம் (v_{rms}), ஆக்ஸிஜனைவிட 4 மடங்கு அதிகமாகும். கணக்கீட்டிலிருந்து $\frac{1934}{484} \approx 4$ ஆகும்.

(b) மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் $\frac{3}{2}kT$. இது வாயுவின் கெல்வின் வெப்பநிலையை மட்டுமே சார்ந்துள்ளது. மேலும் வாயுவின் தன்மையைச் சார்ந்ததல்ல. இரண்டு வாயுக்களின் மூலக்கூறுகளும் ஒரே கெல்வின் வெப்பநிலையில் உள்ளதால் அவற்றின் ஒவ்வொரு மூலக்கூறுகளின் சராசரி இயக்கஆற்றலும் ஒரே மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும். இங்கு k என்பது போல்ட்ஸ்மென் மாறிலியாகும்.

$$\frac{3}{2}kT = \frac{3}{2}\times 1.38\times 10^{-23}\times 300 = 6.21\times 10^{-21} J$$

(c) அனைத்து ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் = $\frac{3}{2}N_O kT$. இங்கு N_o என்பது அறையில் உள்ள ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளின் மொத்த எண்ணிக்கையாகும்.

அனைத்து ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறுகளின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் = $\frac{3}{2}N_H kT$. இங்கு N_H என்பது அறையில் உள்ள ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறுகளின் மொத்த எண்ணிக்கையாகும்.

கொடுக்கப்பட்ட கணக்கிலிருந்து, அறையிலுள்ள ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளின் மொத்த எண்ணிக்கை ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறுகளின்மொத்தஎண்ணிக்கையைவிட 3 மடங்கு அதிகம். எனவே ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளின் மொத்த சராசரி இயக்க ஆற்றலுக்கும் ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறுகளின் மொத்த சராசரி இயக்க ஆற்றலுக்கும் உள்ள விகிதம் 3:1 ஆகும்.

9.2.6 சராசரி வேகம் ($\bar{v}$) [Average speed (or) Mean speed]

சராசரி வேகம் என்பது அனைத்து மூலக்கூறுகளையுடைய வேகங்களின் சராசரி என வரையறுக்கப்படுகிறது. v_1, v_2, v_3.....v_N என்பவை ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் வேகம் எனக்கொண்டால்

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 .... + v_n}{N} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} \quad (9.20)$$

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 176 21-08-2020 12:37:43

இங்கு M என்பது வாயு மூலக்கூறின் மோலார் நிறையையும், m என்பது வாயு மூலக்கூறின் நிறையையும் குறிக்கிறது.

$$\bar{v} = 1.60\sqrt{\frac{kT}{m}} \qquad (9.21)$$

9.2.7 மிகவும் சாத்தியமான வேகம் [Most probable speed (v_{mp})]

வாயுவிலுள்ள பெரும்பான்மையான மூலக்கூறுகள் பெற்றுள்ள வேகம் என இது வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$v_{mp} = \sqrt{\frac{2RT}{M}} = \sqrt{\frac{2kT}{m}} \qquad (9.22)$$

$$v_{mp} = 1.41\sqrt{\frac{kT}{m}} \qquad (9.23)$$

சமன்பாடு (9.20) மற்றும் (9.22) ஆகியவைகளை தருவிக்கும் முறையை நாம் உயர் வகுப்புகளில் கற்போம்.

v_{rms}, $\bar{v}$ மற்றும் v_{mp} ஓர் ஒப்பீடு:

கொடுக்கப்பட்ட இம்மூன்று வேகங்களிலும் v_{rms} பெரும மதிப்பையும் v_{mp} சிறும மதிப்பையும் பெற்றிருக்கும்.

$$v_{\text{rms}} > \bar{v} > v_{\text{mp}}$$

விகித அடிப்படையில்

$$v_{\text{rms}} : \bar{v} : v_{\text{mp}} = \sqrt{3} : \sqrt{8/\pi} : \sqrt{2} = 1.732 : 1.6 : 1.414$$

எடுத்துக்காட்டு 9.3

அறை ஒன்றில் இயக்கத்திலுள்ள பத்து வாயு மூலக்கூறுகளின் வேகங்கள் முறையே 2, 3, 4, 5, 5, 5, 6, 6, 7 மற்றும் 9 m s^{-1} ஆகும். இவற்றின் சராசரி இருமடி மூல வேகம், சராசரி வேகம் ($\bar{v}$) மற்றும் மிகவும் சாத்தியமான வேகம் (v_{mp}) இவற்றைக் காண்க.

தீர்வு:

சராசரி வேகம்

$$\bar{v} = \frac{2+3+4+5+5+5+6+6+7+9}{10} = 5.2\, m\, s^{-1}$$

சராசரி இருமடி மூல வேகத்தைக் கணக்கிட முதலில் வேகங்களின் இருமடியின் சராசரியைக் $\overline{v^2}$ கணக்கிட வேண்டும்.

$$\overline{v^2} = \frac{2^2+3^2+4^2+5^2+5^2+5^2+6^2+6^2+7^2+9^2}{10}$$

$$= 30.6\, m^2\, s^{-2}$$

சராசரி இருமடிமூல வேகம்

$$v_{rms} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{30.6} = 5.53\, m\, s^{-1}$$

மிகவும் சாத்தியமான வேகம் v_{mp} என்பது 5 m s^{-1}. ஏனெனில் கொடுக்கப்பட்டவற்றுள் மூன்று மூலக்கூறுகள் இவ்வேகத்தைப் பெற்றுள்ளன.

எடுத்துக்காட்டு 9.4

300 K வெப்பநிலையிலுள்ள 1 மோல் ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறுகளின் சராசரி இருமடிமூல வேகம் (v_{rms}) சராசரி வேகம் ($\bar{v}$) மற்றும் சாத்தியமான வேகம் (v_{mp}) ஆகியவற்றைக் காண்க. இங்கு எலக்ட்ரானின் நிறையை புறக்கணிக்கவும்.

தீர்வு:

ஹைட்ரஜன் அணு ஒரு புரோட்டானையும் ஒரு எலக்ட்ரானையும் பெற்றுள்ளது, புரோட்டானின் நிறையுடன் ஒப்பிடும்போது எலக்ட்ரானின் நிறையை புறக்கணிக்கலாம்.

புரோட்டானின் நிறை $= 1.67 \times 10^{-27}\, kg$.

ஒரு ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறு = 2 ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் $= 2 \times 1.67 \times 10^{-27}\, kg$.

சராசரி வேகம்

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} = 1.60\sqrt{\frac{kT}{m}} =$$

$$= 1.60\sqrt{\frac{(1.38\times10^{-23})\times(300)}{2(1.67\times10^{-27})}} = 1.78\times10^{3}\, m\, s^{-1}$$

(போல்ட்ஸ்மென் மாறிலி $k = 1.38 \times 10^{-23}\, J\, K^{-1}$)

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = 1.73\sqrt{\frac{kT}{m}}$$

$$= 1.73\sqrt{\frac{(1.38\times10^{-23})\times(300)}{2(1.67\times10^{-27})}} = 1.93\times10^{3}\, m\, s^{-1}$$

மிகவும் சாத்தியமான வேகம்

$$v_{mp} = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = 1.41\sqrt{\frac{kT}{m}}$$

$$= 1.41\sqrt{\frac{(1.38\times10^{-23})\times(300)}{2(1.67\times10^{-27})}} = 1.57\times10^{3}\, m\, s^{-1}$$

இங்கு $v_{\text{rms}} > \bar{v} > v_{\text{mp}}$ என்பதைக் கவனிக்கவும்.

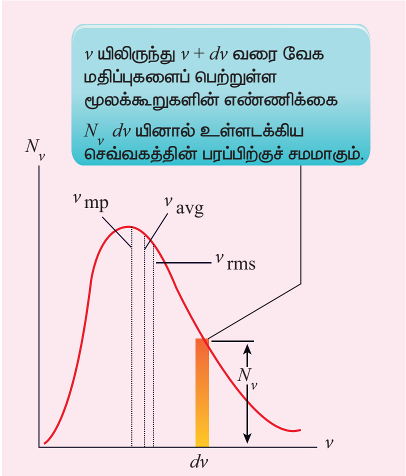
UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 177 21-08-2020 12:37:49

9.2.8 மேக்ஸ்வெல் – போல்ட்ஸ்மென் வேகப்பகிர்வுச் சார்பு (Maxwell – Boltzmann speed distribution function)

அறை ஒன்றில் உள்ள வாயு மூலக்கூறுகள் ஒழுங்கற்ற முறையில் எல்லா திசைகளிலும் இயங்கிக் கொண்டிருக்கின்றன. பேரளவான இயற்பியல் அளவுகளான வெப்பநிலை, அழுத்தம் போன்றவை ஒரு நிலையான மதிப்பாக இருப்பினும் எல்லா மூலக்கூறின் வேகமும் சமமாக இருப்பதில்லை. ஒவ்வொரு மூலக்கூறும் மற்ற மூலக்கூறுகளுடன் மோதலுற்று அவற்றின் வேகங்களைப் பரிமாறிக் கொள்கின்றன. முந்தைய பகுதியில் நாம் ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் வேகத்தைத் தனித்தனியாகக் கணக்கிடாமல், அவற்றின் சராசரி இருமடிமூல வேகத்தையே (v_{rms}) கணக்கிட்டோம். மேலும் ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் வேகத்தைத் தனித்தனியே கணக்கிடுவது என்பது மிகவும் கடினமான செயலாகும். இத்தகையச் சூழ்நிலையில் 5 m s^{-1} முதல் 10 m s^{-1} அல்லது 10 m s^{-1} முதல் 15 m s^{-1} போன்ற வேக எல்லைக்குள் உள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையை கணக்கிடுவது சாத்தியமாகும். எனவே பொதுவாக v முதல் $v + dv$ என்ற வேக எல்லைக்குள் உள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையை **கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள மற்ற மேக்ஸ்வெல் – போல்ட்ஸ்மென் வேகப்பகிர்வுச் சார்பினைப் பயன்படுத்தி கணக்கிடலாம்.**

$$N_v = 4\pi N\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} \qquad (9.24)$$

வேகப்பகிர்வுச் சார்பின் வரைபடம் படம் (9.3) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.3: மேக்ஸ்வெல்லின் வேகப்பகிர்வு வரைபடம்

படம் 9.3 இல் இருந்து, கொடுக்கப்பட்ட கெல்வின் வெப்பநிலையில் குறைந்த வேகத்தைப் பெற்றுள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை பரவளைய வடிவில் (v^2) அதிகரித்து, மிகவும் சாத்தியமான வேகத்தை அடைந்தவுடன் அடுக்குக்குறியீட்டு (exponentially $e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$) மதிப்பில் குறையும் என்பதைத் தெளிவாக அறியலாம். மேலும் படம் 9.3 இல் சராசரி இருமடிமூல வேகம் v_{rms} சராசரி வேகம் $\overline{v}$ மற்றும் மிகவும் சாத்தியமான வேகம் v_{mp} ஆகியவை சுட்டிக்காட்டப்பட்டுள்ளன. இவற்றிலிருந்து கொடுக்கப்பட்ட மூன்று வேகங்களில் v_{rms} பெரும மதிப்பைப் பெற்றுள்ளதையும் அறியலாம். உதாரணமாக 50 m s^{-1} முதல் 60 m s^{-1} வரை வேகமதிப்புகளைப் பெற்றுள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையைக் காண்பதற்கு

$$\int_{50}^{60} 4\pi N\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} dv = N(50 \text{ முதல் } 60 \text{ m s}^{-1})$$

எனத் தொகைப்படுத்த வேண்டும். பொதுவாக v யிலிருந்து $v + dv$ வரை வேக மதிப்புகளைப் பெற்றுள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையை பின்வருமாறு வரையறை செய்யலாம்.

$$\int_{v}^{v+dv} 4\pi N\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} dv = N(v \text{ to } v + dv).$$

இச்சமன்பாட்டினைத் தொகையீடு செய்யும் முறையை நாம் உயர் வகுப்புகளில் கற்கலாம். ஆனால் வாயு மூலக்கூறுகளின் செயல்பாட்டை இவ்வரைபடத்தின் அடிப்படையில் நம்மால் அனுமானிக்க இயலும்.

i. வரைபடத்திற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு, அமைப்பிலுள்ள வாயு மூலக்கூறுகளின் மொத்த எண்ணிக்கையைக் கொடுக்கும்.

ii. படம் 9.4 இல் இருவேறு வெப்பநிலைகளில் உள்ள வாயு மூலக்கூறுகளின் வேகப்பகிர்வு, வரைபட வடிவில் காட்டப்பட்டுள்ளது. கெல்வின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது வளைகோட்டின் உச்சி வலதுபக்கத்தை நோக்கி நகர்கின்றது. இது ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் சராசரி வேகமும் அதிகரிப்பதைக் காட்டுகின்றது. ஆனால் வரைபடத்தின் பரப்பில் எவ்வித மாற்றமும் இல்லை. ஏனெனில் வரைபடத்தின் பரப்பு வாயு மூலக்கூறுகளின் மொத்த எண்ணிக்கைக்குச் சமமாகும்.

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 178 21-08-2020 12:37:51

குறிப்பு

ஆச்சரியமூட்டும் ஓர் உண்மை என்னவென்றால், வாயு மூலக்கூறுகள் ஒருமுறை சமநிலையை (equilibrum) அடைந்துவிட்டால் கொடுக்கப்பட்ட வேக எல்லைக்குள் உள்ள மொத்த மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை மாறாது. எடுத்துக்காட்டாக மூலக்கூறு ஒன்று தொடக்கத்தில் 12 m s^{-1}, என்ற வேகத்தில் இயங்கி மற்றொரு மூலக்கூறுடன் மோதலுற்று தனது வேகத்தை 9 m s^{-1} என மாற்றிக் கொண்டால், அந்த மற்றொரு மூலக்கூறு தொடக்கத்தில் வேறு வேகத்தில் இயங்கி வேறு ஒரு மூலக்கூறுடன் மோதலுற்று தனது வேகத்தை 12 m s^{-1} என மாற்றிக்கொள்ளும். இவ்வாறு வாயு மூலக்கூறுகள் ஒருமுறை சமநிலையை அடைந்துவிட்டால் கொடுக்கப்பட்ட வேக எல்லைக்குள் (அதாவது v லிருந்து $v + dv$ என்ற வேக எல்லைக்குள்) உள்ள வாயு மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை மாறாது.

9.3 சுதந்திர இயக்கக்கூறுகள் (Degrees of Freedom)

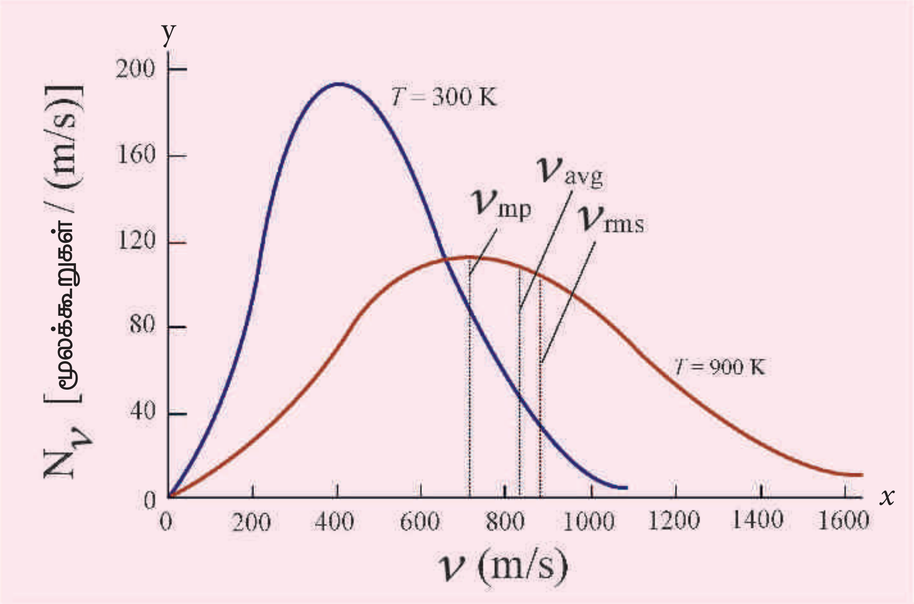
9.3.1. வரையறை

முப்பரிமாண வெளியிலுள்ள வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு ஒன்றின் நிலை மற்றும் அமைப்பினை விவரிக்கத் தேவைப்படும் குறைந்தபட்ச சார்பற்ற ஆய அச்சுக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையே சுதந்திர இயக்கக்கூறுகள் என அழைக்கப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு:

1. x – அச்சுத்திசையில் இயங்கும் தனித்தத்துகளொன்றின் இயக்கத்தினை முழுமையாக விளக்க, ஒரே ஒரு ஆயஅச்சுக்கூறு மட்டுமே போதுமானது. எனவே அத்துகளின் சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை ஒன்று ஆகும்.
2. தளம் ஒன்றில் இயங்கும் துகளினை முழுமையாக விளக்க இரு ஆய அச்சுக்கூறுகள் தேவைப்படும். எனவே அத்துகளின் சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை இரண்டு ஆகும்.
3. இதேபோன்று வெளியில் (Space) இயங்கும் துகளொன்றின் சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை மூன்று ஆகும்.

கொள்கலன் ஒன்றில் N வாயு மூலக்கூறுகள் உள்ளன எனக்கருதினால், அவற்றின் மொத்த சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை $f = 3N$ ஆகும்.



படம் 9.4: இருவேறு வெப்பநிலைகளில் உள்ள வாயு மூலக்கூறுகளின் மேல்ஸ்வெல் போல்ட்ஸ்மென் வேகப்பகிர்வு வரைபடம்

ஆனால், அமைப்பு ஒன்றிற்கு q எண்ணிக்கையில் அமைந்த இயக்கத்தடைகள் (Constraints) இருப்பின், அவ்வமைப்பின் சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை f = 3N–q. இங்கு N என்பது துகள்களின் எண்ணிக்கையாகும்.

9.3.2 ஓரணு மூலக்கூறு

ஓரணு மூலக்கூறு ஒன்று அதன் இயல்பின் காரணமாக மூன்று இடப்பெயர்வு சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளைப் (Translational degrees of freedom) பெற்றிருக்கும்.

எனவே $f = 3$

எடுத்துக்காட்டு : ஹீலியம், நியான் மற்றும் ஆர்கான்

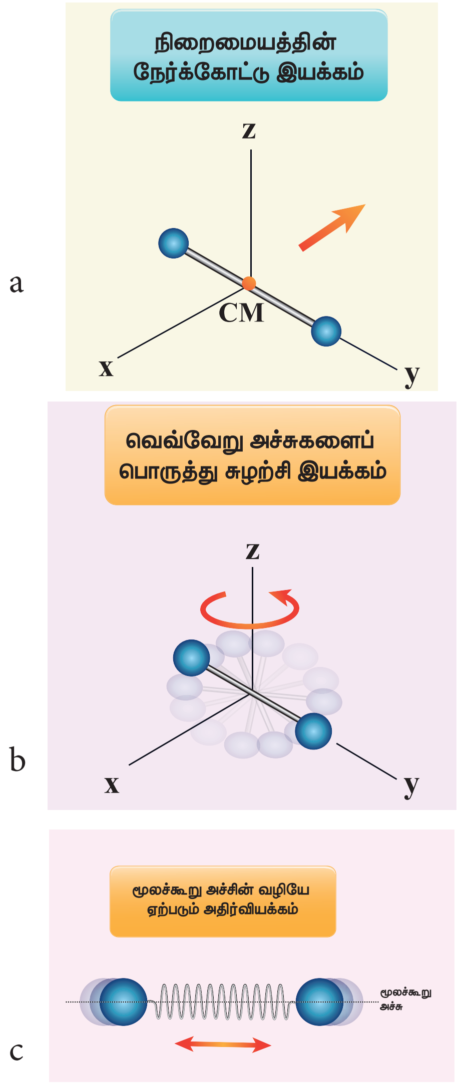
9.3.3 ஈரணு மூலக்கூறு

ஈரணு மூலக்கூறுகளைப் பொருத்தவரையில் இரண்டு நேர்வுகள் உள்ளன. அவை

1. **சாதாரண வெப்பநிலையில்**

ஈரணு மூலக்கூறானது, கவர்ச்சி விசையினால் ஒன்றுடன் ஒன்று பிணைக்கப்பட்ட இரண்டு அணுக்களைப் பெற்றிருக்கும். நிறையற்ற மீட்சியுறும் சுருள்வில்லின் இரு முனைகளில் பொருத்தப்பட்டுள்ள புள்ளிநிறைகளைப்போன்று இவ்வமைப்பினைக் கருதலாம். இவ்வமைப்பின் நிறைமையம் ஈரணு மூலக்கூறின் மையத்தில் அமையும். எனவே நிறைமையம் இயங்குவதற்கு மூன்று இடப்பெயர்வு சுதந்திர இயக்கக்கூறுகள் (Translational degrees of free–dom) தேவைப்படுகிறது. இது படம் (9.5 a) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

மேலும் ஈரணு மூலக்கூறானது, ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக உள்ள மூன்று ஆய அச்சுக்கூறுகளைப்பொருத்தும் சுழலும் இது படம் 9.5 (b) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆனால் தன் அச்சைப்பொருத்து ஏற்படும் சுழற்சியின் நிலைமத்திருப்புத்திறன் புறக்கணிக்கத்தக்கதாகும். (படம் 9.5 இல் y அச்சைப்பொருத்த நிலைமத்திருப்புத்திறன் புறக்கணிக்கப்பட்டுள்ளது). எனவே, இவ்வமைப்பு இரண்டு சுழற்சி சுதந்திர



படம் 9.5 ஈரணு மூலக்கூறின் சுதந்திர இயக்கக்கூறுகள்

இயக்கக்கூறுகளை (rotational degrees of freedom) மட்டுமே பெற்றுள்ளது (z அச்சைப்பொருத்து ஒரு சுழற்சி, x அச்சைப்பொருத்து மற்றொரு சுழற்சி) எனவே ஈரணு மூலக்கூறு அமைப்பானது மொத்தம் ஐந்து சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளைப் பெற்றுள்ளது.

$$f = 5$$

2. **உயர் வெப்பநிலையில்**

உயர் வெப்பநிலையில் அதாவது 5000 K வெப்பநிலையில் ஈரணு மூலக்கூறு கூடுதலாக இரண்டு சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளை அதன் அதிர்வியக்கத்தினால் பெற்றுள்ளது. [அதன் இயக்க ஆற்றலினால் ஒன்று, மற்றொன்று அதன் நிலையாற்றலினால்]. இது

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 180 21-08-2020 12:37:52

படம் 9.5 (c) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. எனவே உயர் வெப்பநிலையில் ஈரணு மூலக்கூறானது மொத்தம் ஏழு சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளைப் பெற்றுள்ளது.

$$f = 7$$

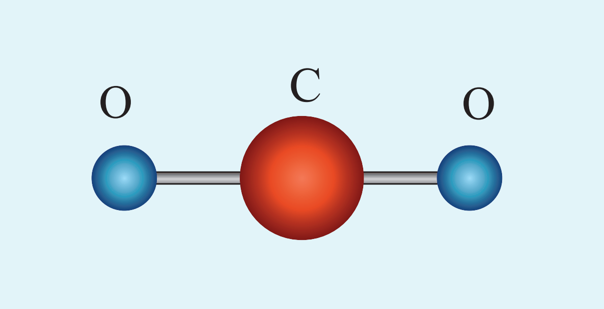
எடுத்துக்காட்டு: ஹைட்ரஜன், நைட்ரஜன் மற்றும் ஆக்ஸிஜன்

9.3.4 மூவணு மூலக்கூறுகள் (Triatomic molecules)

மூவணு மூலக்கூறுகளிலும் இரண்டு நேர்வுகள் உள்ளன.

நேர்க்கோட்டில் அமைந்த மூவணு மூலக்கூறு (Linear Triatomic molecule)

இவ்வமைப்பின் மைய அணுவின் இரண்டு பக்கங்களிலும் இரண்டு அணுக்கள் படம் 9.6 இல் காட்டியுள்ளவாறு அமைந்துள்ளன.



படம் : 9.6 மூவணு மூலக்கூறு

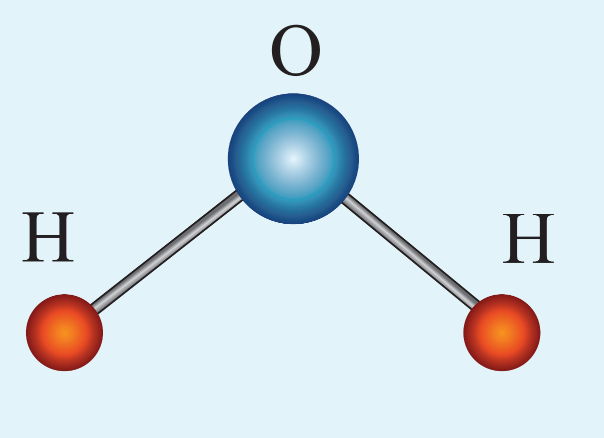
நேர்க்கோட்டு மூவணு மூலக்கூறு மூன்று இடப்பெயர்வு சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளையும், இரண்டு சுழற்சி இயக்கக் கூறுகளையும் பெற்றுள்ளது. ஏனெனில் மையத்தில் அமைந்துள்ள கூடுதல் அணுவைத்தவிர்த்து, அனைத்து வகையிலும் இது ஈரணு மூலக்கூறை ஒத்துள்ளது.

சாதாரண வெப்பநிலையில் நேர்க்கோட்டு மூவணு மூலக்கூறு ஐந்து சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளையும், உயர் வெப்பநிலையில் கூடுதலாக இரண்டு அதிர்வு சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளையும் பெற்று, மொத்தம் ஏழு சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளைப் பெற்றுள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு: கார்பன்–டைஆக்ஸைடு

நேர்க்கோட்டில் அமையாத மூவணு மூலக்கூறு (Non–linear triatomic molecule)

இவ்வகை மூவணு மூலக்கூறுகளில், மூன்று அணுக்களும் முக்கோணமொன்றின் மூன்று உச்சியில் அமைந்திருப்பது போன்று காணப்படும். இது படம் 9.7 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.7 நேர்க்கோட்டில் அமையாத மூவணு மூலக்கூறு

இவ்வமைப்பு மூன்று நேர்க்கோட்டு சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளையும், ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக அமைந்த மூன்று செங்குத்து அச்சுகளைப் பொருத்து சுழலும் சுழற்சி சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளையும் பெற்றுள்ளது. இவ்வமைப்பின் மொத்தச் சுதந்திர இயக்கக் கூறுகளின் எண்ணிக்கை ஆறு ஆகும்.

$$f = 6$$

எடுத்துக்காட்டு: நீர், சல்பர்–டைஆக்ஸைடு.

9.4 ஆற்றல் சமபங்கீட்டு விதி (Law of Equipartition of Energy)

பிரிவு 9.2.1 இல் நாம் பயின்றவாறு, x அச்சில் இயங்கும் மூலக்கூறு ஒன்றின் இயக்க ஆற்றல்

$$\frac{1}{2}m\overline{v_x^2} = \frac{1}{2}kT.$$

இதேபோன்று,

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 181 21-08-2020 12:37:52

y அச்சில் இயங்கும்போது $\frac{1}{2}m\overline{v_y^2} = \frac{1}{2}kT$ மற்றும்

z அச்சில் இயங்கும்போது $\frac{1}{2}m\overline{v_z^2} = \frac{1}{2}kT$ ஆகும்.

இயக்கவியல் கொள்கையின்படி, T என்ற கெல்வின் வெப்பநிலையிலுள்ள, வெப்பச்சமநிலை அமைப்பு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல், அவ்வமைப்பின் அனைத்து சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளுக்கும் சமமாக பகிர்ந்தளிக்கப்படும். எனவே ஒவ்வொரு சுதந்திர இயக்கக்கூறும் $\frac{1}{2}kT$ ஆற்றலைப்பெறும். இதுவே ஆற்றல் சமபங்கீட்டு விதி என்று அழைக்கப்படுகிறது.

ஓரணு மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல்

$$(f=3) = 3\times\frac{1}{2}kT = \frac{3}{2}kT$$

தாழ் வெப்பநிலையிலுள்ள ஈரணு மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல்

$$(f=5) = 5\times\frac{1}{2}kT = \frac{5}{2}kT$$

உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள ஈரணு மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல்

$$(f=7) = 7\times\frac{1}{2}kT = \frac{7}{2}kT$$

நேர்க்கோட்டு மூவணு மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல்

$$(f=7) = 7\times\frac{1}{2}kT = \frac{7}{2}kT$$

நேர்க்கோட்டில் அமையாத மூவணு மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல்

$$(f=6) = 6\times\frac{1}{2}kT = 3kT$$

9.4.1 வாயுக்களின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனில் ஆற்றல் சமபங்கீட்டு விதியின் பயன்பாடு

ஒரு மோல் அளவுள்ள நல்லியல்பு வாயு ஒன்றின் மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்களுக்கிடையே உள்ள தொடர்பை, மேயர் தொடர்பு $C_P - C_V = R$ கொடுக்கிறது.

ஆற்றல் சமபங்கீட்டு விதியைப் பயன்படுத்தி $C_P - C_V$ மதிப்பையும் மேலும் அவற்றிற்கிடையேயான விகிதம் $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$ யையும் கணக்கிடலாம். இங்கு γ என்பது வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அடுக்குக்குறியீடு.

i. **ஓரணு மூலக்கூறு**

மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல்

$$= \left[\frac{3}{2}kT\right]$$

ஒரு மோல் வாயுவின் மொத்த ஆற்றல்

$$= \frac{3}{2}kT\times N_A = \frac{3}{2}RT$$

நாம் அறிந்தபடி ஒரு மோல் வாயுவின், பருமன் மாறா மோலார் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்

$$C_V = \frac{dU}{dT} = \frac{d}{dT}\left[\frac{3}{2}RT\right]$$

$$C_V = \left[\frac{3}{2}R\right]$$

$$C_P = C_V + R = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$$

எனவே மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்களின் தகவு

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = \frac{5}{3} = 1.67$$

ii. **ஈரணு மூலக்கூறு**

தாழ் வெப்பநிலையில் உள்ள ஈரணு மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் $= \frac{5}{2}kT$

ஒரு மோல் வாயுவின் மொத்த ஆற்றல்

$$= \frac{5}{2}kT\times N_A = \frac{5}{2}RT$$

(இங்கு, மொத்த அகஆற்றல் முழுவதும் இயக்க ஆற்றல் வடிவில் உள்ளது)

ஒரு மோல் வாயுவின், பருமன் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்

$$C_V = \frac{dU}{dT} = \left[\frac{5}{2}RT\right] = \frac{5}{2}R$$

ஆனால் $C_P = C_V + R = \frac{5}{2}R + R = \frac{7}{2}R$

$$\therefore \gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{\frac{7}{2}R}{\frac{5}{2}R} = 7/5 = 1.40$$

உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள ஈரணு மூலக்கூறு ஒன்றின் அகஆற்றல் $\frac{7}{2}RT$.

$$C_V = \frac{dU}{dT} = \left[\frac{7}{2}RT\right] = \frac{7}{2}R$$

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 182 21-08-2020 12:38:07

$$\therefore C_P = C_V + R = \frac{7}{2} R + R$$

$$C_P = \frac{9}{2} R$$

C_V மற்றும் C_P இன் மதிப்பானது ஓரணு மூலக்கூறுகளைவிட, ஈரணு மூலக்கூறுகளுக்கு அதிகமாக உள்ளதை இங்கு கவனிக்க வேண்டும். இதிலிருந்து நாம் அறிவது என்னவென்றால் ஓரணு வாயு மூலக்கூறுகளின் வெப்பநிலையை 1°C உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தைவிட ஈரணு வாயு மூலக்கூறுகளுக்கு அதிக வெப்பம் தேவைப்படும்.

$$\therefore \gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{\frac{9}{2} R}{\frac{7}{2} R} = \frac{9}{7} = 1.28$$

iii. **மூவணு மூலக்கூறு**

(a) **நேர்க்கோட்டிலமைந்த மூவணு மூலக்கூறு**

ஒரு மோல் மூவணு மூலக்கூறின் அகஆற்றல்

$$= \frac{7}{2} kT \times N_A = \frac{7}{2} RT$$

$$C_V = \frac{dU}{dT} = \frac{d}{dT}\left[\frac{7}{2} RT\right]$$

$$C_V = \frac{7}{2} R$$

$$C_P = C_V + R = \frac{7}{2} R + R = \frac{9R}{2}$$

$$\therefore \gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{\frac{9}{2} R}{\frac{7}{2} R} = \frac{9}{7} = 1.28$$

(b) **நேர்க்கோட்டில் அமையாத மூவணு மூலக்கூறு**

ஒரு மோல் மூவணு மூலக்கூறின் அகஆற்றல்

$$= \frac{6}{2} kT \times N_A = \frac{6}{2} RT = 3RT$$

$$C_V = \frac{dU}{dT} = 3R$$

$$C_P = C_V + R = 3R + R = 4R$$

$$\therefore \gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{4R}{3R} = \frac{4}{3} = 1.33$$

வாயுக்களின் இயக்கவியல் கொள்கையின் மாதிரியின் அடிப்படையில், பருமன் மாறா தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் மற்றும் அழுத்தம் மாறா தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் இவை இரண்டும் வெப்பநிலையைச் சார்ந்ததல்ல என்பதைக் கவனத்தில் கொள்ள வேண்டும். ஆனால் நடைமுறையில் இக்கூற்று முற்றிலும் சரி எனக் கருத இயலாது. உண்மையில் வெப்ப ஏற்புத்திறன்கள் வெப்ப நிலையைப் பொருத்து மாற்றமடையும் தன்மையுடையவை ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டு 9.5

இயல்பு வெப்பநிலையிலுள்ள (27°C) ஓரணு வாயு மூலக்கூறுகள் மற்றும் ஈரணு வாயு மூலக்கூறுகளின் அளவுகள் முறையே μ_1 மோல் மற்றும் μ_2 மோல் ஆகும். இவ்வாயுக்கலவையின் வெப்பபரிமாற்றமில்லா அடுக்குக்குறியீடு γ வின் மதிப்பைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

ஒரு மோல் ஓரணுவாயு மூலக்கூறின் பருமன் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் $C_V = \frac{3}{2} R$

μ_1 மோல் வாயுவிற்கு,

$$C_V = \frac{3}{2} \mu_1 R \quad C_P = \frac{5}{2} \mu_1 R$$

ஒரு மோல் ஈரணு வாயு மூலக்கூறின் பருமன் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் $C_V = \frac{5}{2} R$

μ_2 மோல் வாயுவிற்கு,

$$C_V = \frac{5}{2} \mu_2 R \,;\, C_P = \frac{7}{2} \mu_2 R$$

வாயுக்கலவையின் பருமன் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்

$$C_V = \frac{3}{2} \mu_1 R + \frac{5}{2} \mu_2 R$$

வாயுக்கலவையின் அழுத்தம் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்

$$C_P = \frac{5}{2} \mu_1 R + \frac{7}{2} \mu_2 R$$

வெப்பபரிமாற்றமில்லா அடுக்குக்குறியீடு

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{5\mu_1 + 7\mu_2}{3\mu_1 + 5\mu_2}$$

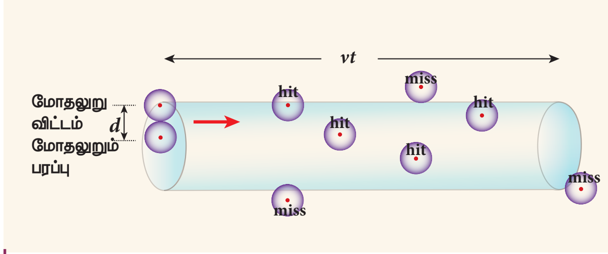
UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 183 21-08-2020 12:38:12

9.5 சராசரி மோதலிடைத்தூரம் (Mean Free Path)

சாதாரணமாக, அறை வெப்பநிலையிலுள்ள (27°C) வாயு மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி வேகம் ஒரு வினாடிக்கு சில நூறு மீட்டர்கள் ஆகும். இருப்பினும் அறை ஒன்றினுள் திறந்த நிலையிலுள்ள வாசனை திரவத்தின் வாசமானது நம்மை உடனடியாக வந்தடையாது. இந்தத் தாமதத்திற்குக் காரணம் வாசனை மூலக்கூறுகள் நேர்க்கோட்டுப்பாதையில் நம்மை வந்தடையாமல் அருகில் உள்ள பல்வேறு காற்று மூலக்கூறுகளுடன் மோதலுற்று குறுக்கு – நெடுக்கான பாதையில் (Zig – zag) பயணித்து நம்மை வந்தடைவதாகும். இவ்வாறு இரண்டு அடுத்தடுத்த மோதல்களுக்கு இடையே மூலக்கூறு கடக்கும் சராசரி தொலைவு சராசரி மோதலிடைத்தூரம் (mean free path) என அழைக்கப்படுகிறது. இயக்கவியற் கொள்கையின் அடிப்படையில் சராசரி மோதலிடைத்தூரத்தை நாம் கணக்கிடலாம்.

சராசரி மோதலிடைத்தூரத்திற்கான கோவை

வாயுக்களின் இயக்கவியற்கொள்கையின் எடுகோள்களின்படி வாயு மூலக்கூறுகள் அனைத்தும் ஒழுங்கற்ற இயக்கத்தில் உள்ளன. மேலும் அவை ஒன்றுடன் ஒன்று மோதுகின்றன என்பதை நாம் அறிவோம். இரண்டு அடுத்தடுத்த மோதல்களுக்கு இடையே இந்த வாயுமூலக்கூறுகள் சீரான திசைவேகத்துடன் நேர்க்கோட்டுப் பாதையில் செல்கின்றன. இப்பாதையே சராசரி மோதலிடைத்தூரம் என அழைக்கப்படுகிறது. d விட்டமுடைய மூலக்கூறுகளால் ஆன அமைப்பு ஒன்றைக் கருதுவோம். அதில் ஓரலகு பருமனில் n மூலக்கூறுகள் உள்ளன என்க. படம் (9.8) இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒரே ஒரு மூலக்கூறு மட்டும் இயக்கத்தில் உள்ளது எனவும் மற்ற அனைத்து மூலக்கூறுகளும் ஓய்வுநிலையில் உள்ளன என்றும் கருதுக.



படம் 9.8 சராசரி மோதலிடைத்தூரம்

v என்ற சராசரி வேகத்தில் இயங்கும் மூலக்கூறு, t நேரத்தில் கடக்கும் தொலைவு vt ஆகும். இந்த t நேரத்தில் $\pi d^2 vt$ பருமனுள்ள கற்பனை உருளை ஒன்றினுள் இம்மூலக்கூறு இயங்குகிறது என்க. இவ் உருளையினுள் அமைந்திருக்கும் அனைத்து மூலக்கூறுகளின் மீதும் இம்மூலக்கூறு மோதலை ஏற்படுத்தும். எனவே மோதல்களின் எண்ணிக்கை கற்பனை உருளையின் பருமனில் அடங்கியுள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கைக்குச் சமமாகும். இது $\pi d^2 vtn$ க்குச் சமமாகும். மொத்தப்பாதையின் நீளத்தை t நேரத்தில் ஏற்படும் மோதல்களின் எண்ணிக்கையால் வகுக்கக்கிடைக்கும் மதிப்பு சராசரி மோதலிடைத்தூரமாகும்.

சராசரி மோதலிடைத்தூரம்,

$$\lambda = \frac{\text{கடந்த தொலைவு}}{\text{மோதல்களின் எண்ணிக்கை}}$$

$$\lambda = \frac{vt}{n\pi d^2 vt} = \frac{1}{n\pi d^2} \quad (9.25)$$

ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் ஒரே ஒரு மூலக்கூறு மட்டும் இயக்கத்தில் உள்ளது எனவும் மற்ற அனைத்து மூலகூறுகளும் ஓய்வு நிலையில் உள்ளன எனவும் நாம் கருதியிருந்தோம். ஆனால் நடைமுறையில் அனைத்து மூலக்கூறுகளும் ஒழுங்கற்ற இயக்க நிலையில் உள்ளன. எனவே ஒரு மூலக்கூறின் சராசரி சார்பு வேகத்தினை (average relative speed) இங்கு கருத வேண்டியது அவசியமாகும்.

விரிவான கணக்கீடுகளுக்குப் பின்பு (மேல்வகுப்பில் நீங்கள் இக்கணக்கீடுகளைச் செய்யலாம்) சராசரி மோதலிடைத்தூரத்திற்கான சரியான கணிதச் சமன்பாடு

$$\therefore \lambda = \frac{1}{\sqrt{2}n\pi d^2} \quad (9.26)$$

சமன்பாடு (9.26) இல் இருந்து நாம் அறிந்து கொள்வது என்னவென்றால், சராசரி மோதலிடைத்தூரமானது, எண் அடர்த்திக்கு எதிர்விகிதத்தில் இருக்கும். எண் அடர்த்தி அதிகரிக்கும்போது மூலக்கூறுகளின் மோதலும் அதிகரிக்கும்.

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 184 21-08-2020 12:38:13

நேர்வு 1: மூலக்கூறின் நிறை 'm' ஐப் பொருத்து சமன்பாடு (9.26) ஐ மாற்றியமைக்கவும்.

$$\therefore \lambda = \frac{m}{\sqrt{2}\pi d^2 mn}$$

ஆனால் mn = ஓரலகு பருமனுக்கான நிறை = ρ (வாயுவின் அடர்த்தி)

$$\therefore \lambda = \frac{m}{\sqrt{2}\,\pi d^2 \rho} \qquad (9.27)$$

மேலும் நாம் அறிந்தபடி $PV = NkT$

$$P = \frac{N}{V}kT = nkT$$

$$\therefore n = \frac{P}{kT}$$

சமன்பாடு (9.26) இல் $n = \frac{P}{kT}$ எனப் பிரதியிடுக

$$\lambda = \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 P} \qquad (9.28)$$

சமன்பாடு (9.28) இல் இருந்து பின்வருவனவற்றை அறியலாம்.

1. வெப்பநிலை உயரும்போது, சராசரி மோதலிடைத்தூரமும் அதிகரிக்கும். ஏனெனில் வெப்பநிலை உயரும்போது ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் சராசரி வேகமும் அதிகரிக்கும். இதன் காரணமாகத்தான் குளிர்ந்த நிலையிலுள்ள உணவுப்பொருளின் வாசனையைவிட, சூடாக சமைக்கப்பட்ட உணவுப் பொருளின் வாசனை நீண்ட தொலைவிற்கு வீசுகிறது.
2. சராசரி மோதலிடைத்தூரம் வாயுவின் அழுத்தம் குறையும்போதும் மற்றும் வாயு மூலக்கூறின் விட்டம் குறையும்போதும் அதிகரிக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 9.6

300 K வெப்பநிலை மற்றும் 1 வளி மண்டல அழுத்தத்தில் உள்ள ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறு ஒன்று காற்றில் பயணிக்கிறது. ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறின் விட்டம் 1.2×10^{-10} m எனில் அதன் சராசரி மோதலிடைத்தூரத்தைக் காண்க.

தீர்வு

சமன்பாடு (9.26) இலிருந்து $\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi n d^2}$

நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டிலிருந்து நாம் எண் அடர்த்தி n ஐக் கணக்கிட வேண்டும்.

$$n = \frac{N}{V} = \frac{P}{kT} = \frac{101.3 \times 10^3}{1.381 \times 10^{-23} \times 300}$$

$$= 2.449 \times 10^{25} \text{ மூலக்கூறுகள்/மீ}^3$$

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2} \times \pi \times 2.449 \times 10^{25} \times (1.2 \times 10^{-10})^2}$$

$$= \frac{1}{15.65 \times 10^5}$$

$$\lambda = 0.63 \times 10^{-6}\, m$$

KD5HTX

9.6 பிரௌனியன் இயக்கம்

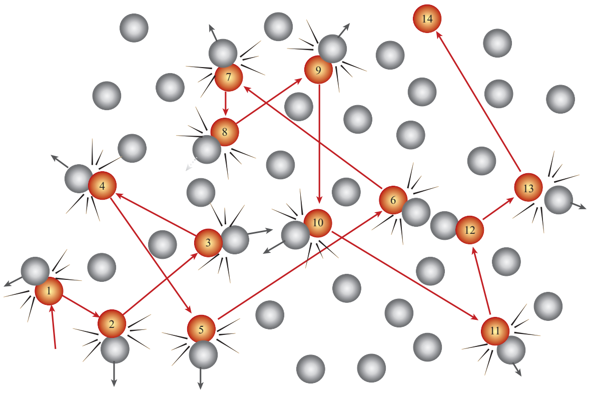
1827ஆம் ஆண்டு இராபர்ட் பிரௌன் என்ற தாவரவியல் அறிஞர் திரவப்பரப்பிலுள்ள மகரந்தத்துகள்கள் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு ஒழுங்கற்று இயங்குகின்றன எனக் கண்டறிந்தார். திரவப்பரப்பிலுள்ள இந்த மகரந்தத் துகள்களின் ஒழுங்கற்ற (குறுக்கு – நெடுக்கான) இயக்கம் பிரௌனியன் இயக்கம் எனப்படும். நீர்ப்பரப்பிலுள்ள தூசுத்துகள்களின் ஒழுங்கற்ற இயக்கத்தை நாம் சாதாரணமாகக் காணலாம். இக்கண்டுபிடிப்பு நெடுங்காலமாக ஆராய்ச்சியாளர்களுக்கு ஒரு புரியாத புதிராகவே இருந்து வந்தது. மகரந்தத்துகள்களின் ஒழுங்கற்ற இயக்கத்தை விளக்குவதற்கு பல்வேறு விளக்கங்களை அறிவியல் அறிஞர்கள் எடுத்துரைத்தாலும், எந்த ஒரு விளக்கமும் இதனை முழுமையாக விளக்கவில்லை. முறையான ஆய்வுகளுக்குப் பின்பு, வீனர் மற்றும் ஃகோய் (Wiener and Gouy) என்ற இரு அறிஞர்கள் பிரௌனியன் இயக்கத்திற்கான உரிய விளக்கத்தினை கொடுத்தனர். இவ்விளக்கத்தின்படி திரவப்பரப்பிலுள்ள துகள்களின்மீது, அதனைச் சூழ்ந்துள்ள திரவ மூலக்கூறுகள் தொடர்ந்து மோதுவதால் அத்துகள்கள் ஒழுங்கற்ற இயக்கத்தை மேற்கொள்கின்றன. ஆனால் 19ஆம் நூற்றாண்டு

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 185 21-08-2020 12:38:16

மக்களால் அனைத்து பொருட்களும் அணுக்களால் அல்லது மூலக்கூறுகளால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது என்பதை ஏற்றுக்கொள்ள முடியவில்லை. 1905 ஆம் ஆண்டு ஐன்ஸ்டீன் வாயுக்களின் இயக்கவியற் கொள்கையின் அடிப்படையில் பிரௌனியன் இயக்கத்திற்கான முறையான கொள்கை விளக்கத்தைக் கொடுத்தார். இக்கொள்கையிலிருந்து மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி அளவினைக் கணக்கிட்டார்.

இயக்கவியல் கொள்கையின்படி, திரவம் அல்லது வாயுவில் மிதந்து கொண்டிருக்கும் எந்த ஒரு துகளும் அனைத்து திசைகளிலிருந்தும் தொடர்ந்து தாக்கப்படும். எனவே சராசரி மோதலிடைத்தூரம் கிட்டத்தட்ட புறக்கணிக்கப்படும். இதன் விளைவாக படம் (9.9) இல் காட்டியுள்ளவாறு துகள்கள் ஒழுங்கற்ற மற்றும் குறுக்கு நெடுக்கான இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும். ஆனால் நம் விரல்களை நீர்ப்பரப்பில் வைக்கும்போது இவ்வகையான இயக்கம் ஏற்படுவதில்லை ஏனெனில், நமது விரல்களின் நிறை நீர் மூலக்கூறுகளுடன் ஒப்பிடும்போது மிக அதிகம். எனவே மூலக்கூறு மோதல்களில் ஏற்படும் உந்தப்பரிமாற்றம் விரல்களை நகர்த்துவதற்கு போதுமானதல்ல.

பிரௌனியன் இயக்கம்



படம் 9.9 பிரௌனியன் இயக்கத்திலுள்ள துகள்கள்

பிரௌனியன் இயக்கத்தைப் பாதிக்கும் காரணிகள்

1. வெப்பநிலை உயரும்போது பிரௌனியன் இயக்கமும் அதிகரிக்கும்.
2. திரவம் அல்லது வாயுத் துகள்களின் பருமன் அதிகரிக்கும்போதும், உயர் பாகியல் தன்மை மற்றும் அடர்த்தி காரணமாகவும் பிரௌனியன் இயக்கம் குறையும்.

குறிப்பு பிரௌனியன் இயக்கம் பற்றிய ஐன்ஸ்டீனின் கொள்கை விளக்கத்திற்கான சோதனை முடிவுகளை 1908 ஆம் ஆண்டு ஜீன் பெரின் (Jean Perrin) என்ற அறிவியல் அறிஞர் வெளியிட்டார். பிரௌனியன் இயக்கம் பற்றிய ஐன்ஸ்டீனின் கொள்கை விளக்கங்கள் மற்றும் ஜீன் பெரினின் சோதனை முடிவுகளும் இயற்பியல் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவையாகும். ஏனெனில், அணுக்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகள் இருப்பதற்கான நேரடிச் சான்றாக இவைகள் உள்ளன.

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 186 21-08-2020 12:38:16

பாடச்சுருக்கம்:

- வெப்பநிலை, அழுத்தம் போன்ற பேரளவான இயற்பியல் அளவுகளின் தோற்றம் பற்றிய நுட்பமான கருத்துக்களை வாயுக்களின் இயக்கவியற் கொள்கை விளக்குகிறது.
- கொள்கலனில் அடைத்துவைக்கப்பட்டுள்ள வாயு மூலக்கூறுகள் கொள்கலனின் சுவரின்மீது உந்தத்தினைக் கொடுப்பதால் அச்சுவரின்மீது அழுத்தம் ஏற்படுகிறது.
- அழுத்தம் $P = \frac{1}{3}n m\overline{v^2}$. வாயுவின் அழுத்தமானது, எண்அடர்த்தி, வாயு மூலக்கூறின் நிறை மற்றும் இருமடிவேகத்தின் சராசரி ஆகியவற்றுடன் நேர்விகிதத்தொடர்பைப் பெற்றுள்ளது.
- வாயு மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இடப்பெயர்வு இயக்க ஆற்றலைத் தீர்மானிப்பது வாயுவின் கெல்வின் வெப்பநிலையாகும். வாயு மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் அவ்வாயுவின் கெல்வின் வெப்பநிலைக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். இது வாயு மூலக்கூறின் தன்மையைச் சார்ந்ததல்ல.
- வாயுவின் அழுத்தம், ஓரலகு பருமனுள்ள வாயுவின் அக ஆற்றலைப்போன்று மூன்றில் இரண்டு பங்காகும்.
- வாயு மூலக்கூறுகளின் சராசரி இருமடி மூல வேகம் $= v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = 1.73\sqrt{\frac{kT}{m}}$
- வாயு மூலக்கூறுகளின் சராசரி வேகம் $\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{m}} = 1.60\sqrt{\frac{kT}{m}}$
- வாயு மூலக்கூறுகளின் மிகவும் சாத்தியமான வேகம் $v_{mp} = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = 1.41\sqrt{\frac{kT}{m}}$
- மூன்று வேகங்களில் v_{rms} பெருமமதிப்பையும் v_{mp} சிறுமமதிப்பையும் பெற்றுள்ளன.

$$v_{rms} > \bar{v} > v_{mp}$$

- v யிலிருந்து v + dv என்ற வேக எல்லைக்குள் உள்ள வாயு மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையை மேக்ஸ்வெல் – போல்ட்ஸ்மென் வேகப்பகிர்வு அளிக்கிறது.

$$N_v dv = 4\pi N\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} dv$$

- முப்பரிமாண வெளியிலுள்ள வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு ஒன்றின் நிலை மற்றும் அமைப்பை விளக்குவதற்குத் தேவைப்படும் குறைந்தபட்ச சார்பற்ற ஆய அச்சுக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையே சுதந்திர இயக்கக்கூறுகள் எனப்படும். வாயு ஒன்றின் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை N எனில், அதன் மொத்த சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை f = 3N ஆகும்.
- வாயு மூலக்கூறின் இயக்கத்திற்கு q கட்டுப்பாடுகள் இருப்பின், அதன் சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை f = 3N–q ஆகும்.
- ஓரணு வாயு மூலக்கூறுக்கு, f = 5

- சாதாரண வெப்பநிலையில் உள்ள ஈரணு மூலக்கூறுக்கு, $f = 5$
- உயர் வெப்ப நிலையில் உள்ள ஈரணு மூலக்கூறுக்கு, $f = 7$
- நேர்க்கோட்டில் அமைந்த மூவணு மூலக்கூறுக்கு $f = 7$
- நேர்க்கோட்டில் அமையாத மூவணு மூலக்கூறுக்கு, $f = 6$
- வாயு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் அதன் அனைத்து சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளுக்கும் சரிசமமாக பகிர்ந்தளிக்கப்படும். இதற்கு ஆற்றல் சமபங்கீட்டுவிதி என்று பெயர். ஒவ்வொரு சுதந்திர இயக்கக்கூறும் $\frac{1}{2}kT$ ஆற்றலைப்பெறும்.
- அழுத்தம் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனுக்கு (C_p) மற்றும் பருமன் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனுக்கும் (C_v) உள்ள விகிதம் $\left[\gamma = \frac{C_p}{Cv}\right]$ ஆகும்.

  ஓரணு மூலக்கூறுக்கு: 1.67

  சாதாரண வெப்பநிலையிலுள்ள ஈரணு மூலக்கூறுக்கு : 1.40

  உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள ஈரணு மூலக்கூறுக்கு: 1.28

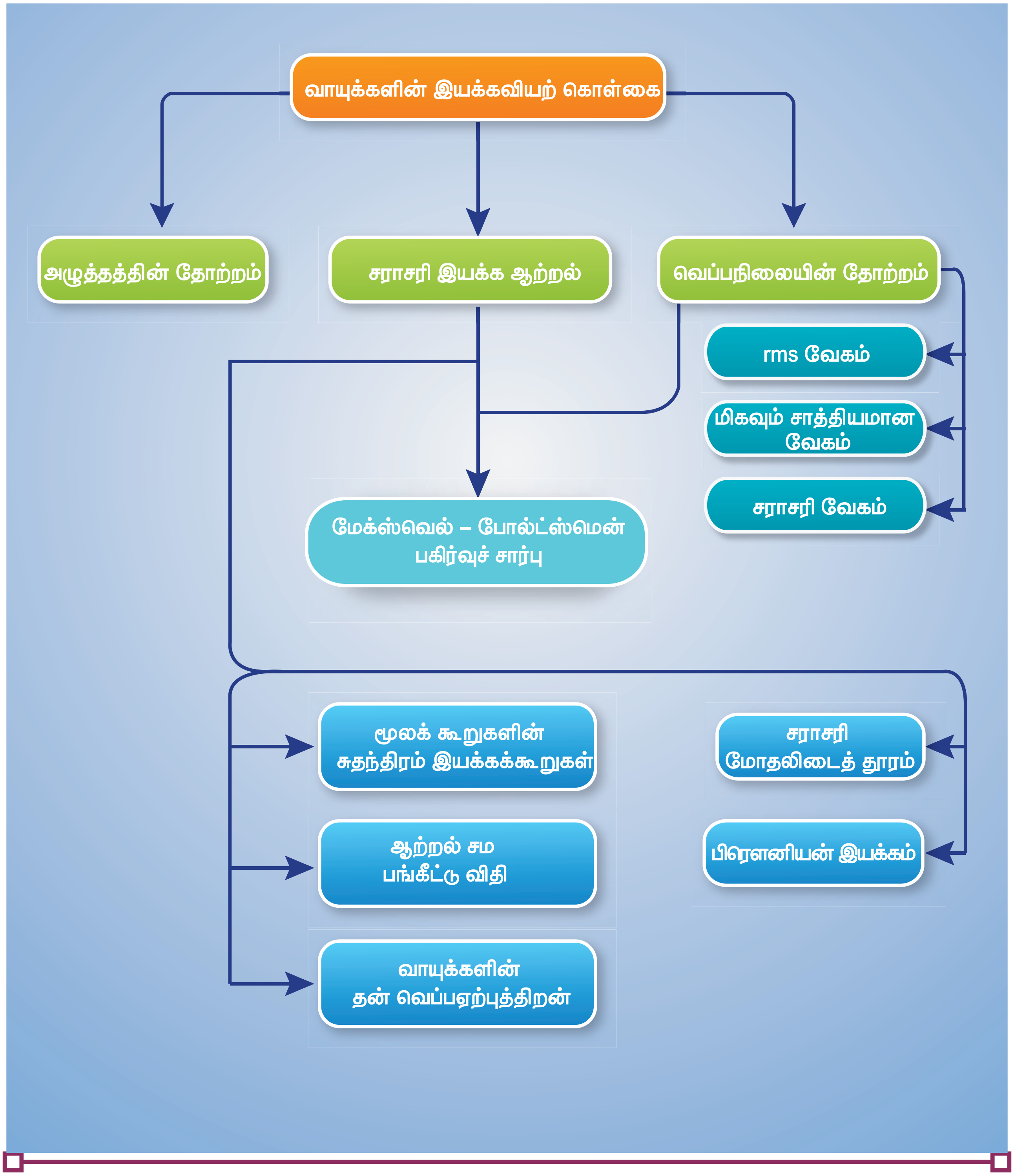
  நேர்க்கோட்டில் அமைந்த மூவணு மூலக்கூறுக்கு: 1.28.

  நேர்க்கோட்டில் அமையாத மூவணு மூலக்கூறுக்கு: 1.33

- சராசரி மோதலிடைத்தூரம் $\lambda = \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 P}$
- சராசரி மோதலிடைத்தூரம், வெப்பநிலைக்கு நேர்த்தகவிலும், மூலக்கூறின் அளவு மற்றும் அழுத்தத்திற்கு எதிர்விகிதத்திலும் இருக்கும்.
- வாயுக்களின் இயக்கவியற்கொள்கையின் அடிப்படையில் பிரௌனியன் இயக்கத்திற்கான ஆல்பிரட் ஐன்ஸ்டீனின் விளக்கமானது அணுக்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகளின் இருப்பிற்கான சாட்சியாக உள்ளது என்றால் அது மிகையாகாது.

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 188 21-08-2020 12:38:21

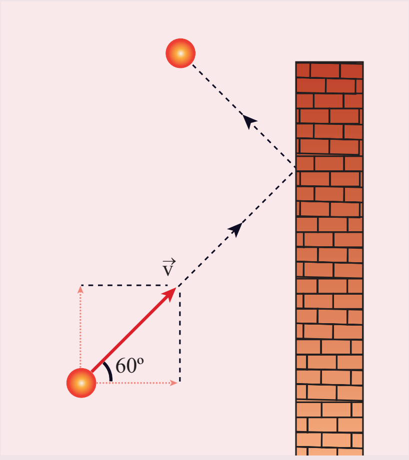
கருத்து வரைபடம்



UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 189 21-08-2020 12:38:21

I. பொருத்தமான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக

1. m நிறைகொண்ட பந்து ஒன்று u வேகத்துடன் x அச்சைப்பொருத்து 60° கோணத்தில் சென்று சுவரொன்றின் மீது மீட்சி மோதலை ஏற்படுத்துகிறது. x மற்றும் y திசையில் அப்பந்தின் உந்தமாறுபாடு என்ன?



   (a) $\Delta p_x = -mu, \Delta p_y = 0$

   (b) $\Delta p_x = -2mu, \Delta p_y = 0$

   (c) $\Delta p_x = 0, \Delta p_y = mu$

   (d) $\Delta p_x = mu, \Delta p_y = 0$

2. நல்லியல்பு வாயு ஒன்று சமநிலையில் உள்ளபோது பின்வரும் அளவுகளில் எதன் மதிப்பு சுழியாகும்?

   (a) rms வேகம்

   (b) சராசரி வேகம்

   (c) சராசரித் திசைவேகம்

   (d) மிகவும் சாத்தியமான வேகம்.

3. மாறா அழுத்தத்திலுள்ள நல்லியல்பு வாயு ஒன்றின் வெப்பநிலையை 100 K லிருந்து 10000 K க்கு உயர்த்தும்போது, அதன் சராசரி இருமடிமூல வேகம் v_{rms} எவ்வாறு மாறுபடும்?

   (a) 5 மடங்கு அதிகரிக்கும்

   (b) 10 மடங்கு அதிகரிக்கும்

   (c) மாறாது

   (d) 7 மடங்கு அதிகரிக்கும்

KDESVK

4. ஒரு திறந்த கதவின் மூலம் இணைக்கப்பட்ட, முழுவதும் ஒத்த அளவுள்ள A மற்றும் B என்ற இரண்டு அறைகள் உள்ளன. குளிர் சாதன வசதியுள்ள A அறையின் வெப்பநிலை B அறையைவிட 4°C (குறைவாக உள்ளது. எந்த அறையிலுள்ள காற்றின் அளவு அதிகமாக இருக்கும்?

   (a) அறை A

   (b) அறை B

   (c) இரண்டு அறைகளிலும் ஒரே அளவுள்ள காற்று இருக்கும்

   (d) கண்டறிய இயலாது

5. வாயு மூலக்கூறுகளின் சராசரி இடப்பெயர்வு இயக்க ஆற்றல் பின்வருவனவற்றுள் எதனைச் சார்ந்தது?

   (a) மோல்களின் எண்ணிக்கை மற்றும் வெப்பநிலை

   (b) வெப்பநிலையை மட்டும்

   (c) அழுத்தம் மற்றும் வெப்பநிலை

   (d) அழுத்தத்தை மட்டும்.

6. நல்லியல்பு வாயு ஒன்றின் அகஆற்றல் U மற்றும் பருமன் V ஆகியவை இருமடங்காக்கப்பட்டால், அவ்வாயுவின் அழுத்தம் என்னவாகும்?

   (a)இருமடங்காகும்

   (b) மாறாது

   (c) பாதியாகக் குறையும்

   (d) நான்கு மடங்கு அதிகரிக்கும்

7. 8 g ஹீலியம் மற்றும் 16 g ஆக்ஸிஜன் உள்ள வாயுக்கலவையின் $\gamma = \frac{Cp}{Cv}$ மதிப்பு என்ன?

   (Physics Olympiad –2005)

   (a) 23/15

   (b) 15/23

   (c) 27/17

   (d) 17/27

8. கொள்கலம் ஒன்றில் ஒரு மோல் அளவுள்ள நல்லியல்பு வாயு உள்ளது. ஒவ்வொரு

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 190 21-08-2020 12:38:22

மூலக்கூறின் சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையும் f எனில், $\gamma = \frac{Cp}{Cv}$ யின் மதிப்பு என்ன?

(a) f (b) $\frac{f}{2}$

(c) $\frac{f}{f+2}$ (d) $\frac{f+2}{f}$

9. வாயு ஒன்றின் வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தத்தை இருமடங்காக்கும்போது, அவ்வாயு மூலக்கூறுகளின் சராசரி மோதலிடைத்தூரம் எவ்வாறு மாறுபடும்?

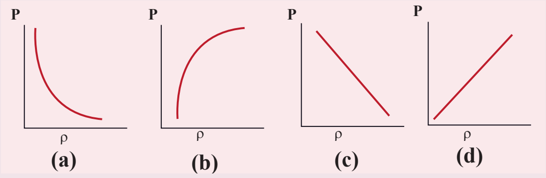
(a) மாறாது

(b) இருமடங்காகும்

(c) மும்மடங்காகும்

(d) நான்கு மடங்காகும்.

10. பின்வருவனவற்றுள் எந்த வரைபடம் மாறா வெப்பநிலையிலுள்ள நல்லியல்பு வாயுவின் அழுத்தம் மற்றும் அடர்த்தியின் சரியானத் தொடர்பைக் காட்டுகிறது?



11. வாயுக்கலவை ஒன்று, μ_1 மோல்கள் ஓரணு மூலக்கூறுகளையும் μ_2 மோல்கள் ஈரணு மூலக்கூறுகளையும் மற்றும் μ_3 மோல்கள் நேர்க்கோட்டில் அமைந்த மூவணு மூலக்கூறுகளையும் கொண்டுள்ளது. இவ்வாயுக்கலவை உயர் வெப்பநிலையில் உள்ளபோது அதன் மொத்த சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை யாது?

(a) $[3\mu_1 + 7(\mu_2 + \mu_3)] N_A$

(b) $[3\mu_1 + 7\mu_2 + 6\mu_3] N_A$

(c) $[7\mu_1 + 3(\mu_2 + \mu_3)] N_A$

(d) $[3\mu_1 + 6(\mu_2 + \mu_3)] N_A$

12. ஓரலகு நிறையுள்ள நைட்ரஜனின் அழுத்தம் மாறாத் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் மற்றும் பருமன் மாறாத் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்கள் முறையே s_P மற்றும் s_V எனில் பின்வருவனவற்றுள் எது மிகப் பொருத்தமானது?

(JEE 2007)

(a) $s_P - s_V = 28R$

(b) $s_P - s_V = R/28$

(c) $s_P - s_V = R/14$

(d) $s_P - s_V = R$

13. பின்வரும் வாயுக்களில், எவ்வாயு கொடுக்கப்பட்ட வெப்பநிலையில் குறைந்த சராசரி இருமடிமூல வேகத்தைப் (v_{rms}) பெற்றுள்ளது?

(a) ஹைட்ரஜன்

(b) நைட்ரஜன்

(c) ஆக்ஸிஜன்

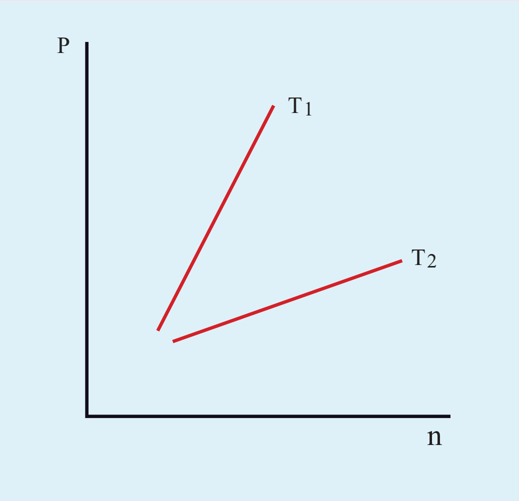
(d) கார்பன் – டை– ஆக்ஸைடு

14. மாறா வெப்பநிலையில், கொடுக்கப்பட்ட வாயு மூலக்கூறின் மேக்ஸ்வெல் – போல்ட்ஸ்மென் வேகப்பகிர்வு வளைகோட்டின் பரப்பு பின்வருவனவற்றுள் எதற்குச் சமமாகும்.

(a) $\frac{PV}{kT}$ (b) $\frac{kT}{PV}$

(c) $\frac{P}{NkT}$ (d) PV

15. T_1 மற்றும் T_2 என்ற இருவேறு வெப்பநிலைகளில் உள்ள நல்லியல்பு வாயு ஒன்றின் அழுத்தத்துடன் எண்அடர்த்தியின் தொடர்பு பின்வரும் வரைபடத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இவ்வரைபடத்திலிருந்து நாம் அறிவது.



(a) $T_1 = T_2$

(b) $T_1 > T_2$

(c) $T_1 < T_2$

(d) எதனையும் அறிய இயலாது.

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 191 21-08-2020 12:38:24

விடைகள்:

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

II. சிறு வினாக்கள்

1. அழுத்தத்தின் நுட்பமான தோற்றம் பற்றி விளக்குக?
2. வெப்பநிலையின் நுட்பமான தோற்றம் பற்றி விளக்குக?
3. நிலவிற்கு ஏன் வளிமண்டலம் இல்லை?
4. வாயு மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இருமடி மூல வேகம் (v_{rms}), சராசரி வேகம் $\bar{v}$ மற்றும் மிகவும் சாத்தியமான வேகம் (v_{mp}), இவற்றுக்கான கணிதச் சமன்பாடுகளை எழுதுக.
5. சராசரி இயக்க ஆற்றல் மற்றும் அழுத்தத்திற்கும் இடையேயான தொடர்பு யாது?
6. சுதந்திர இயக்கக்கூறுகள் வரையறு.
7. ஆற்றல் சமபங்கீட்டு விதியைக் கூறுக.
8. சராசரி மோதலிடைத்தூரத்திற்கான கோவையை எழுதி அதனை வரையறு.
9. இயக்கவியற் கொள்கையின் அடிப்படையில் சார்லஸ் விதியினை வருவி.
10. இயக்கவியற் கொள்கையின் அடிப்படையில் பாயில் விதியினை வருவி.
11. இயக்கவியற் கொள்கையின் அடிப்படையில் அவகாட்ரோ விதியினை வருவி.
12. சராசரி மோதலிடைத்தூரத்தை பாதிக்கும் காரணிகள் யாவை?
13. பிரௌனியன் இயக்கத்திற்கான காரணம் யாது?

III. நெடு வினாக்கள்

1. வாயுக்களின் இயக்கவியற் கொள்கைக்கான எடுகோள்கள் யாவை?
2. வாயு மூலக்கூறுகள், அவற்றை அடைத்து வைக்கப்பட்டிருக்கும் கொள்கலனின் சுவரின்மீது ஏற்படுத்தும் அழுத்தத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.
3. இயக்கவியற் கொள்கையின் அடிப்படையில் வெப்பநிலையைப் பற்றி விரிவாக விளக்கவும்
4. ஓரணு மூலக்கூறு, ஈரணு மூலக்கூறு மற்றும் மூவணு மூலக்கூறுகளின் சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளைப்பற்றி விரிவாக விளக்கவும்.
5. ஓரணு மூலக்கூறு, ஈரணு மூலக்கூறு மற்றும் மூவணு மூலக்கூறுகளின் மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்களின் விகிதத்திற்கான கோவையை வருவி.
6. மேக்ஸ்வெல் – போல்ட்ஸ்மென் பகிர்வுச் சார்பினை விரிவாக விளக்கவும்
7. வாயுக்களின் சராசரி மோதலிடைத்தூரத்திற்கான கோவையை வருவி
8. பிரௌனியன் இயக்கத்தினை விளக்குக.

பயிற்சிக் கணக்குகள்:

1. தூயக்காற்றில் (78%) நைட்ரஜனும் (N_2), (21%) ஆக்ஸிஜனும் (O_2) உள்ளன. 20°C வெப்பநிலையில் N_2 மற்றும் O_2 வின் சராசரி இருமடி மூல வேகத்தைக் (v_{rms}) காண்க.

   விடை: N_2 **வின்** $v_{rms} = 511\ m\ s^{-1}$

   O_2 **வின்** $v_{rms} = 478\ m\ s^{-1}$

2. வியாழன் கோளின் வளிமண்டலத்திலுள்ள மீத்தேன் வாயுவின் சராசரி இருமடி மூல வேகம் 471.8 m s^{-1} ஆகும். இம்மதிப்பின் அடிப்படையில் வியாழன் கோளின் பரப்பு வெப்பநிலை செல்சியஸ் அளவில் சுழிக்கு கீழே உள்ளது எனக்காட்டுக.

   விடை: -130°C

3. படித்தர வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தத்தில், எந்த வெப்பநிலையில் வாயு ஒன்றின் சராசரி இருமடிமூல வேகம் அவ்வாயுவின் படித்தர வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தத்தில் உள்ள மதிப்பை போன்று மும்மடங்காக அதிகரிக்கும்? [படித்தர வெப்பநிலை T_1=273 K]

   விடை: T_2=2457 K

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 192 21-08-2020 12:38:24

4. 80°C வெப்பநிலை மற்றும் 5 × $10^{-10} N\,m^{-2}$ அழுத்தத்திலும் உள்ள வாயு ஒன்றின் ஓரலகு பருமனில் (1 m^3) உள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையைக் காண்க. (இங்கு போல்ஸ்ட்மென் மாறிலியின் மதிப்பு 1.38 × 10^{-23} $J\,K^{-1}$)

விடை: 1.02 × 10^{11}

5. 2 x 10^3 m s^{-1} வேகத்தில் இயங்கும் ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகள் கொள்கலன் ஒன்றில் அடைத்துவைக்கப்பட்டுள்ளன. 4 cm^2 சுவரின் பரப்பை ஒரு வினாடிக்கு 10^{20} முறை இந்த ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகள் செங்குத்துத்தளத்துடன் 30° கோணத்தில் தாக்குகின்றன எனில், அம்மூலக்கூறுகள் சுவற்றில் ஏற்படுத்தும் அழுத்தத்தினைக் காண்க. (ஒரு அணுவின் நிறை = 2.67 x 10^{-26} kg)

விடை: 46.2 N m^{-2}

6. வெப்ப பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு ஒன்றில், ஓரணு மற்றும் ஈரணு வாயுக்கலவையின் அழுத்தம் அதன் வெப்பநிலையின் மும்மடிக்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது எனில் $\gamma = (C_p/C_V)$ இன் மதிப்பைக் காண்க.

விடை: 3/2

7. படித்தர வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தத்தில் உள்ள காற்று மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி மோதலிடைத்தூரத்தைக் காண்க. N_2 மற்றும் O_2 மூலக்கூறுகளின் சராசரி விட்டம் கிட்டத்தட்ட 3 × 10^{-10} m ஆகும்.

விடை: $\lambda \approx 9.3 \times 10^{-8}\ m$

8. 2 மோல் ஆக்ஸிஜனும் 4 மோல் ஆர்கானும் சேர்ந்த வாயுக்கலவையின் கெல்வின் வெப்பநிலை T என்க. RT யின் மதிப்பில் அவ்வாயுக்கலவையின் அகஆற்றலைக் காண்க. (இங்கு வாயு மூலக்கூறுகளின் அதிர்வை புறக்கணிக்கவும்)

விடை: 11RT

9. 25 m^3 பருமனுள்ள அறை ஒன்றின் வெப்பநிலை 27°C இவ்வறையினுள் உள்ள காற்று மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையைக் காண்க

விடை: 6.1×10^{26} **மூலக்கூறுகள்.**

மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

1. Serway and Jewett, Physics for scientist and Engineers with modern physics, Brook/Coole publishers, Eighth edition
2. Paul Tipler and Gene Mosca, Physics for scientist and engineers with modern physics,
3. Sixth edition, W.H.Freeman and Company
4. H.C.Verma, Concepts of physics -Volume 2, Bharati Bhawan Publishers
5. Douglas C. Giancoli, Physics for scientist & Engineers, Pearson Publications, Fourth Edition
6. James Walker, Physics, Addison Wesley, Fourth Edition

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 193 21-08-2020 12:38:24

இணையச் செயல்பாடு

வாயுக்களின் இயக்கவியற் கொள்கை

துகள்களின் ப்ரௌனியன் இயக்கத்தினைப் பற்றி அறியலாமா!

படிகள்

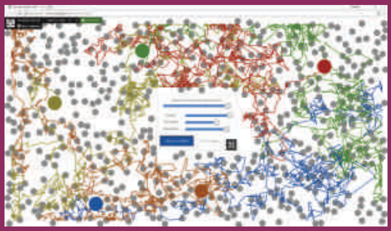
- கீழ்க்காணும் உரலி / விரைவுக் குறியீட்டைப் பயன்படுத்தி "Brownian motion" என்ற இணையப் பக்கத்திற்குச் செல்க.
- தொடக்க நிலையில் வாயுக்களில் விரவியுள்ள துகள்களின் (பெரிய பந்துகள்) இயக்கத்தினை உற்றுநோக்கவும். 'Drag to see what's actually going on' என்னும் நழுவலை நகர்த்தி மூலக்கூறுகளை உற்றுநோக்கவும்.
- "Energy", "Size Ratio" மற்றும் "Mass Ratio" உள்ள நழுவலை நகர்த்துவதன் மூலம் அதன் அளவைக் குறைக்கவும், அதிகரிக்கவும் செய்யலாம்.
- பொருத்தமான மதிப்புகளுக்கு நகர்த்தி துகள்களின் ப்ரௌனியன் இயக்கத்தினை உற்றுநோக்கவும்.

படி 1

படி 2

படி 3

படி 4



உரலி:

http://labs.minutelabs.io/Brownian-Motion/

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

B126_11_PHY_TM

UNIT-9(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 194 21-08-2020 12:38:28

அலகு

10

அலைவுகள் (OSCILLATIONS)

வாழ்க்கை என்பது குழப்பத்தின் இரு நிலைகளுக்கு இடையே நிகழும் மாறா அலைவுகளாகும். – H.L.மென்கென் (H.L.Menken)

கற்றலின் நோக்கங்கள்:

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- அலைவுறு இயக்கம் – சீரலைவு இயக்கம் மற்றும் சீரற்ற அலைவு இயக்கம்
- தனிச்சீரிசை இயக்கம்
- தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் வரைபட விளக்கம்
- கோணச் சீரிசை இயக்கம்
- நேர்கோட்டு சீரிசை அலையியற்றி – கிடைத்தள மற்றும் செங்குத்து அலைவுகள்
- சுருள்வில்களின் தொகுப்புகள்: தொடரிணைப்பு மற்றும் பக்க இணைப்பு
- தனி ஊசல்
- ஆற்றலுக்கான கோவை – நிலை ஆற்றல், இயக்க ஆற்றல் மற்றும் மொத்த ஆற்றல்
- அலைவுகளின் வகைகள் – கட்டற்ற அலைவுகள், தடையுறு அலைவுகள், நிலை நிறுத்தப்பட்ட அலைவுகள் மற்றும் திணிப்பு அதிர்வுகள்
- ஒத்ததிர்வின் கருத்து

BRTHPX

10.1 அறிமுகம்

படம் 10.1 தஞ்சாவூர் தலையாட்டி பொம்மை

தஞ்சாவூர் நடனப் பொம்மையை [தஞ்சாவூர் தலையாட்டிப் பொம்மை] நீங்கள் பார்த்திருக்கிறீர்களா? இது ஓர் உலகப் புகழ்பெற்ற தமிழகக் கலாச்சாரத்தைப் பிரதிபலிக்கும் பொம்மையாகும். இந்த பொம்மையை ஆட்டிவிட்டால் நிகழ்வது என்ன? பொம்மையின் தலை மற்றும் உடல் தொடர்ச்சியாக முன்னும் பின்னும் இயங்கி, பின்னர் இயக்கம் படிப்படியாக குறைந்து நிற்கிறது. இதே போல் நாம் சாலையில் நடக்கும் பொழுது, நம்முடையகைகளும்,கால்களும்முன்னும்பின்னும் இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் போது நிகழும். தாய் தன் குழந்தையை தூங்கவைப்பதற்காக தொட்டிலை ஆட்டும்பொழுது தொட்டிலானது முன்னும் பின்னும் இயக்கமடையும். முன்னர் (Volume 1) விவாதித்த இயக்கங்களிலிருந்து இவ்வகையான அனைத்து இயக்கங்களும் வேறுபட்டவை. இந்த இயக்கங்கள் படம் 10.2 இல் விளக்கமாகக் காட்டப்பட்டுள்ளன. இத்தகைய இயக்கங்களை அலைவுறு இயக்கம் அல்லது அதிர்வுறு இயக்கம் என்று அழைக்கின்றோம். இம்மாதிரியான இயக்கம் அணுக்களில் கூட நிகழ்கின்றது.

ஒரு திடப்பொருளின் வெப்பநிலை உயரும் பொழுது அணுக்கள் அதனுடைய நடுநிலை அல்லது

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 195 25-08-2020 15:02:42

படம் 10.2 அலைவுறு அல்லது அதிர்வுறு இயக்கங்கள்

சமநிலையைப் பொருத்து அதிர்வடைகிறது. கட்டிடங்களின் கட்டமைப்பு மற்றும் எந்திரவியல் கருவிகளை ஆகியவற்றை வடிவமைத்தல் போன்ற பொறியியல் பயன்பாடுகளில் அதிர்வு இயக்கம் பற்றிய கற்றல் மிகவும் முக்கியத்துவத்தை பெறுகிறது.

10.1.1 சீரலைவு மற்றும் சீரற்ற அலைவு இயக்கம்

இயற்பியலில் இயக்கமானது, மீண்டும், மீண்டும் நிகழும் இயக்கம் சீரலைவு இயக்கம், எனவும் மீண்டும், மீண்டும் நிகழாத இயக்கம் சீரற்ற அலைவு இயக்கம் எனவும் இருவகையாக வகைப்படுத்தப்படுகிறது .

1. **சீரலைவு இயக்கம்** (Periodic motion)

   சீரான கால இடைவெளியில் தானாகவே மீண்டும், மீண்டும் நிகழும் எந்த ஒரு இயக்கமும் சீரலைவு இயக்கம் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டு ஊசல் கடிகாரத்தில் உள்ள முட்கள், தொட்டிலின் அலைவுகள், சூரியனைச் சுற்றிவரும் புவியின் இயக்கம், வளரும் மற்றும் தேயும் சந்திரன் மற்றும் சில.

2. **சீரற்ற அலைவு இயக்கம்** (Non–Periodic motion)

   சீரான கால இடைவெளியில் தானாகவே மீண்டும், மீண்டும் நிகழாத எந்த ஒரு இயக்கமும் சீரற்ற அலைவு இயக்கம் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டு நில நடுக்க நிகழ்வு, எரிமலை வெடிப்பு நிகழ்வு போன்றவை.

எடுத்துக்காட்டு 10.1

கீழ்க்காணும் இயக்கங்களில், சீரலைவு மற்றும் சீரற்ற அலைவு இயக்கங்களை வகைப்படுத்துக.

(a) ஹேலியின் வால்மீன் (Halley's comet)

(b) மேகங்களின் இயக்கம்

(c) புவியைச் சுற்றிவரும் சந்திரனின் இயக்கம்.

தீர்வு

(a) சீரலைவு இயக்கம்

(b) சீரற்ற அலைவு இயக்கம்

(c) சீரலைவு இயக்கம்

எடுத்துக்காட்டு 10.2

கீழ்க்கண்ட சார்புகளில், எந்த சார்பு காலத்தைப் பொருத்து சீரலைவு மற்றும் சீரற்ற அலைவு இயக்கத்தைக் குறிக்கும்?

(a) $\sin \omega t + \cos \omega t$

(b) $ln\ \omega t$

தீர்வு

(a) சீரலைவு இயக்கம்

(b) சீரற்ற அலைவு இயக்கம்

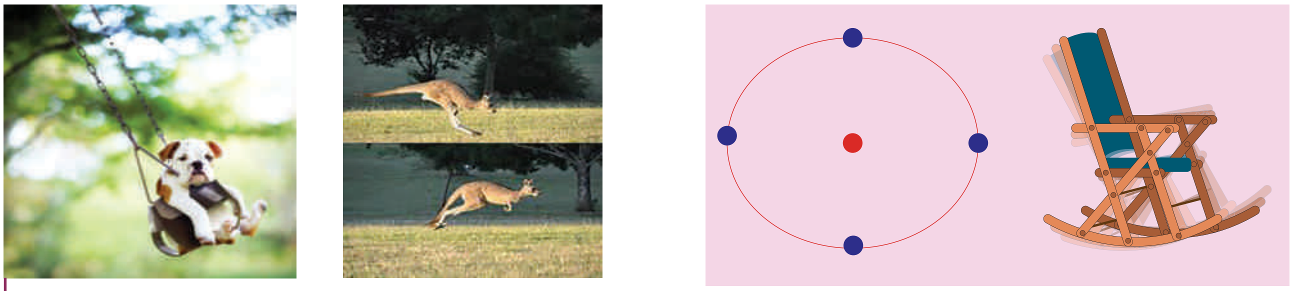
சிந்தனைக்கு

புவியானது சூரியனை சுற்றிவரும் இயக்கம் சீரற்ற அலைவு இயக்கம் எனில் நிகழ்வது என்ன? – விவாதிக்க

10.1.2 அலைவுறு இயக்கம் (Oscillatory motion)

ஒரு பொருள் அல்லது துகளானது குறிப்பிட்ட கால இடைவெளியில் மீண்டும் மீண்டும் முன்னும் பின்னும் இயக்கத்தை மேற்கொள்ளுமானால் அவ்வியக்கம் அலைவுறு இயக்கம் (அல்லது அதிர்வியக்கம்) எனப்படும்.

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 196 25-08-2020 15:02:42



படம் 10.3 அலைவுறு அல்லது அதிர்வுறு இயக்கங்கள்

எடுத்துக்காட்டுகள் நமது இதயதுடிப்பு, பூச்சியின் சிறகின் இயக்கம், தாத்தாவின் கடிகாரம் (Grand father's clock–ஊசல் கடிகாரம்) போன்றவை

அனைத்து அலைவுறு இயக்கமும் சீரலைவு இயக்கமாகும். ஆனால் அனைத்து சீரலைவு இயக்கங்களும் அலைவுறு இயக்கமாகாது என்பதை கவனத்தில் கொள்ளவும். (படம் 10.3 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது)

10.2 தனிச்சீரிசை இயக்கம் (SHM)

தனிச்சீரிசை இயக்கம் அலைவுறு இயக்கத்தின் சிறப்பு வகையாகும். இதில் துகளின் முடுக்கம் அல்லது விசையானது நிலையான புள்ளியிலிருந்து அது அடைந்த இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர்த்தகவிலும், எப்பொழுதும் நிலையான புள்ளியை நோக்கியும் இருக்கும் எனலாம்.

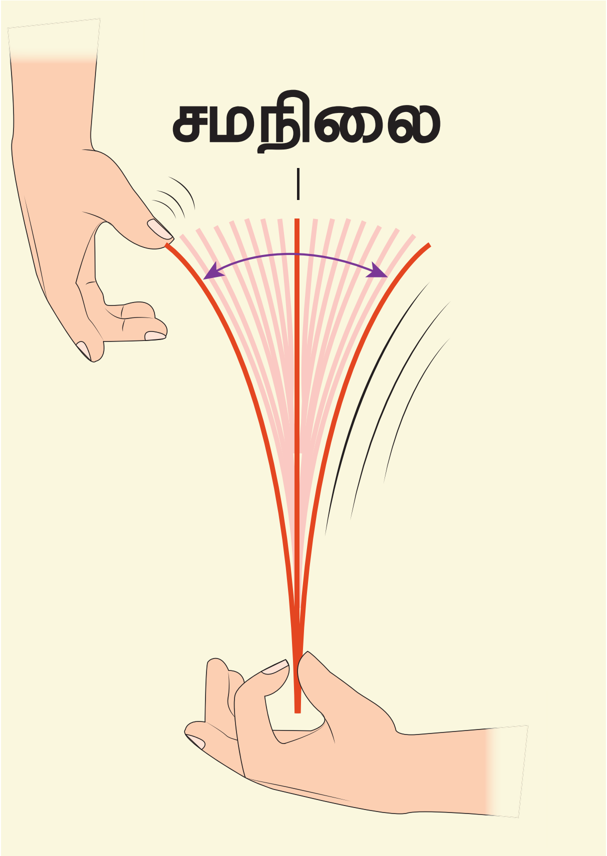
ஒருபரிமாண இயக்கத்தில் x என்பது துகள் அடைந்த இடப்பெயர்ச்சி மற்றும் a_x என்பது அத்துகளின் முடுக்கம் எனில்,

$$a_x \propto x \qquad (10.1)$$

$$a_x = -\mathrm{b}\, x \qquad (10.2)$$

இங்கு b என்பது மாறிலி. இது முடுக்கம் மற்றும் ஓரலகு இடப்பெயர்ச்சிக்கிடையேயான தகவினால் அளவிடப்படுகிறது. இதன் பரிமாணம் T^{-2} க்குச் சமம்.

குறிப்பு ஒரு தனிச்சீரிசை இயக்கம் அலைவுறு இயக்கமாகும் ஆனால் அனைத்து அலைவுறு இயக்கமும் தனிச்சீரிசை இயக்கமாக இருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை. சிந்திக்க



படம் 10.4 தனிச்சீரிசை இயக்கம்

சமன்பாடு (10.2) ன் இருபுறமும் துகளின் நிறை m – ஆல் பெருக்கி நியூட்டனின் இரண்டாவது விதியைப்பயன்படுத்த, விசையானது,

$$F_x = -k\, x \qquad (10.3)$$

இங்கு k என்பது விசை மாறிலி ஆகும். இம்மாறிலி ஓரலகு நீளத்திற்கான விசை என வரையறுக்கப்படுகிறது. இடப்பெயர்ச்சியும், விசையும் (அல்லது முடுக்கம்) ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசையில் உள்ளதை எதிர்க்குறி காட்டுகிறது.

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 197 25-08-2020 15:02:43

துகளின் இடப்பெயர்ச்சி சமநிலை புள்ளியிலிருந்து வலதுபுறம் (x நேர்க்குறி மதிப்பு), நோக்கி உள்ளபோது விசையானது (அல்லது முடுக்கம்) சமநிலைப்புள்ளியை நோக்கியே (இடதுபுறம் நோக்கி) இருக்கும். இதேபோல் துகளின் இடப்பெயர்ச்சியானது சமநிலைப் புள்ளியிலிருந்து இடதுபுறம் நோக்கி உள்ளபோது (x எதிர்க்குறி மதிப்பு), விசையானது (அல்லது முடுக்கம்) சமநிலைப்புள்ளியை நோக்கியே (வலதுபுறம் நோக்கி) இருக்கும். இவ்வகையான விசையானது மீள் விசை எனப்படும். ஏனெனில் தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் துகளை, மீள்விசையானது எப்பொழுதும் தொடக்க நிலைக்கே (சமநிலை அல்லது நடுநிலை) கொண்டு வரும். இவ்விசையானது ஒருமையவிசை ஆகும். இது சமநிலைப்புள்ளியை நோக்கி செயல்படும் மைய கவர்ச்சி விசையாகும்.

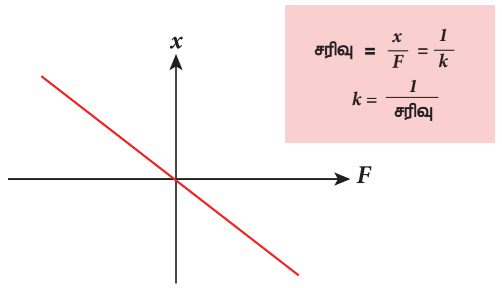
BS3IRK

இருபரிமாணம் மற்றும் முப்பரிமாணத்தில் இதனை நாம் வெக்டர் குறியீட்டில் எழுதலாம்.

$$\vec{F} = -k\vec{r} \qquad (10.4)$$

இங்கு $\vec{r}$ என்பது எடுத்துக்கொண்ட ஆதிப்புள்ளியிலிருந்து துகளின் இடப்பெயர்ச்சியாகும். விசையும், இடப்பெயர்ச்சியும் நேர்விகிதத் தொடர்பு கொண்டது என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. அதாவது விசையின் அடுக்கும், இடப்பெயர்ச்சியின் அடுக்கும் ஒன்றுக்கொன்றுச் சமம்.

படம் 10.5 இல் காட்டியவாறு செயல் (விசையின் எண்மதிப்பு $|\vec{F}|$)மற்றும்விளைவு(இடப்பெயர்ச்சியின் எண் மதிப்பு $|\vec{r}|$) இவற்றிற்கு இடையேயான தொடர்பை வரைபடத்தில் குறித்தால், இரண்டாம் மற்றும் நான்காம் கால்பகுதிகள் வழியே செல்லும் நேர்கோடாக அமையும். அக்கோட்டின் சரிவு $\frac{1}{k}$ யை அளந்து, விசைமாறிலி $\frac{1}{k}$ –இன் எண்மதிப்பை கண்டறியலாம்.

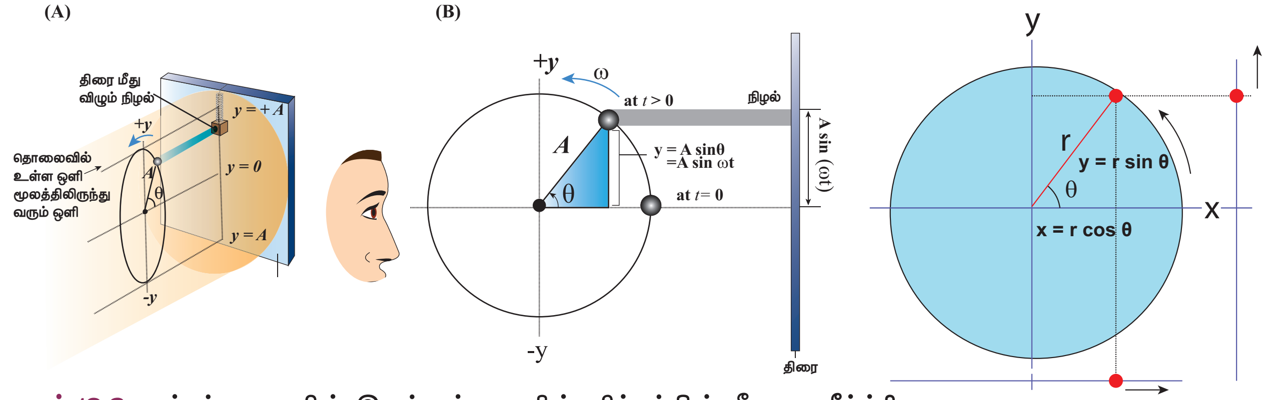


படம் 10.5 விசை மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி வரைபடம்

10.2.1 சீரான வட்ட இயக்கத்தின் விட்டத்தின் மீதான வீழல் ஒரு தனிச்சீரிசை இயக்கம்

m நிறை கொண்ட துகள் ஒன்று v என்ற சீரான திசைவேகத்தில் r ஆரம் கொண்ட வட்டத்தின் பரிதி வழியே இடஞ்சுழித்திசையில் இயங்குவதாகக் கருதுவோம். (படம் 10.6 – ல் காட்டியுள்ளவாறு) ஆய

BSCET8



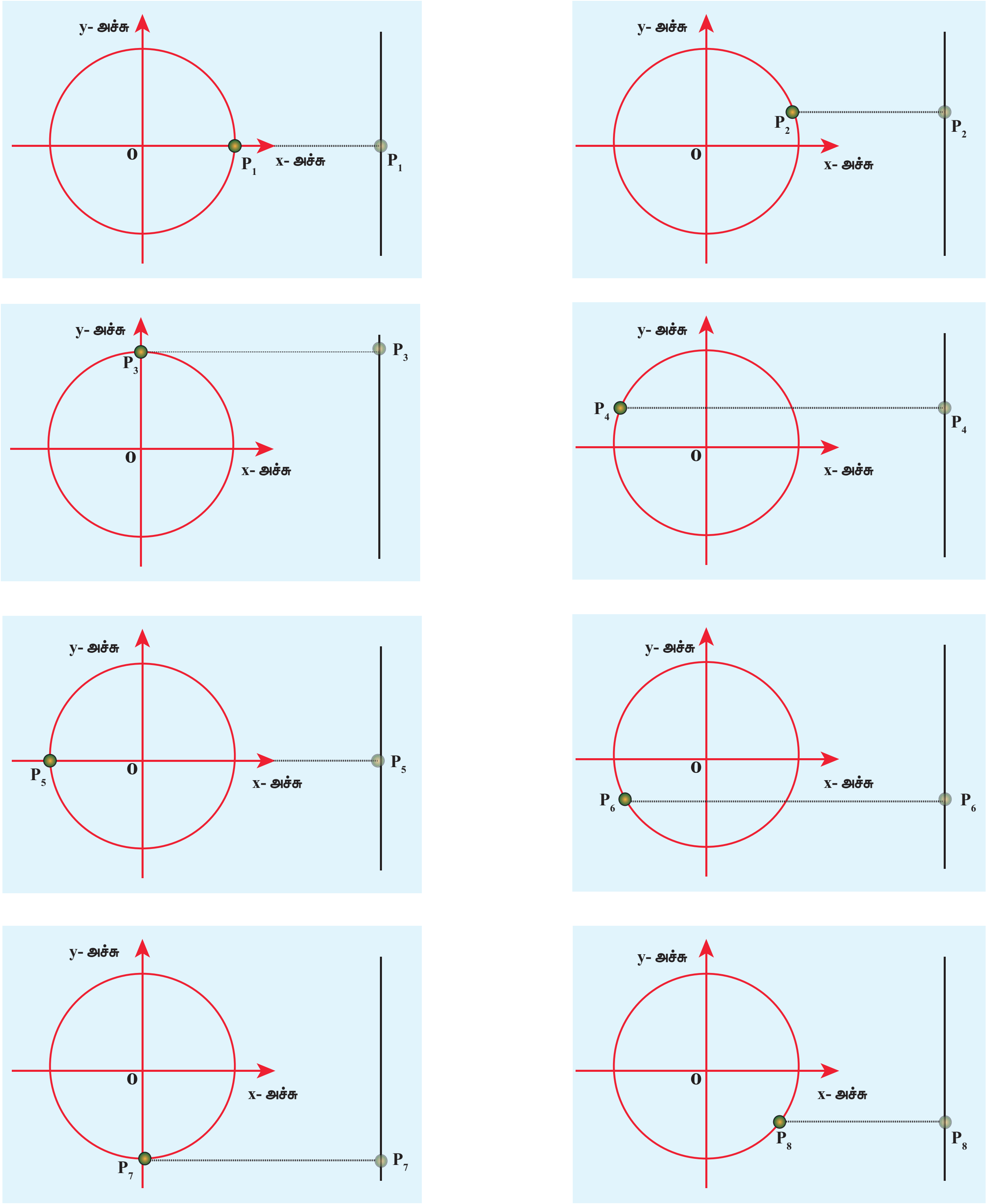
படம் 10.6 வட்டப்பாதையின் இயங்கும் துகளின் விட்டத்தின் மீதான வீழ்ச்சி

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 198 25-08-2020 15:02:44

அச்சு அமைப்பின் ஆதிப்புள்ளியானது வட்டத்தின் மையம் O வுடன் பொருந்துவதாகக் கொள்க. துகளின் கோணத்திசைவேகம் ω எனவும் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரம் t இல் அத்துகளின் கோண இடப்பெயர்ச்சி θ எனவும் கொண்டால்

$$\theta = \omega t$$

சீரான வட்ட இயக்கத்தில் இருக்கும் ஒரு துகளின் நிலையை (position), அந்த வட்டத்தினுடைய விட்டத்தில் விழச்செய்தால் அந்த வீழல் (projection) ஒரு தனிச் சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும். இதன் மூலம் சீரான வட்ட இயக்கம் மற்றும் அதிர்வுறும் இயக்கம் ஆகியவற்றுக்கு இடையே உள்ள தொடர்பினை நாம் இணைக்க முடியும்.



படம் 10.7 காலத்தைப் பொருத்து செங்குத்து அச்சின் மீது வீழ்ச்சியடைந்த துகளின் நிலை

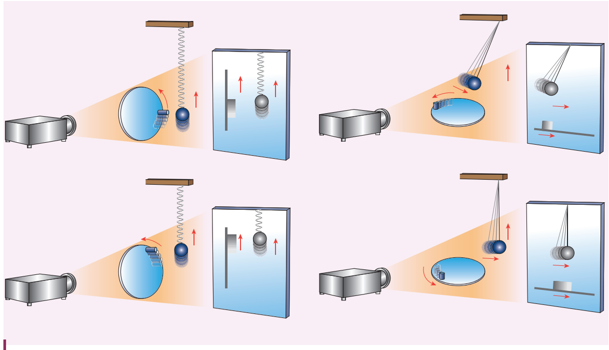
UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 199 25-08-2020 15:02:45

இதேபோன்று எந்த ஒரு அதிர்வுறு இயக்கம் அல்லது சுழல் இயக்கத்தினை, சீரான வட்ட இயக்கத்துடன் இணைக்க முடியும். வேறுவிதமாக கூறினால் இவ்விரு இயக்கங்களும் ஒரே இயல்பை பெற்றுள்ளது.

படம்10.7–இல்காட்டியுள்ளவாறுவட்டப்பாதையில் இயங்கும் துகளின் நிலையை (position) அவ்வட்டப்பாதையின் செங்குத்து விட்டத்தின் மீது அல்லது செங்குத்து விட்டத்திற்கு இணையான கோட்டின் மீது வீழல் (projection) செய்வோம்.

இதேபோல், மேற்கூறிய நிகழ்வை கிடைத்தளஅச்சு அல்லது கிடைத்தள அச்சுக்கு இணையான கோட்டில் நாம் வீழ்ச்சியடையச் செய்ய முடியும்.

படம் 10.8 –இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு சுருள்வில் – நிறை அமைப்பை (அல்லது அலைவுறும் ஊசல்) ஒரு குறிப்பிட்ட எடுத்துக்காட்டாகக் கருதுவோம். சுருள்வில் மேலும் கீழும் இயக்கும் போது (அல்லது ஊசல் முன்னும் பின்னும் அலைவுறும் போது) அதன் நிறை அல்லது ஊசல் குண்டின் இயக்கம் வட்ட இயக்கத்தில் உள்ள புள்ளிகளுடன் இணைத்து காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 10.8 சுருள்வில் – நிறை அமைப்பின் (அல்லது தனிஊசல்) இயக்கத்தை சீரான வட்ட இயக்கத்துடன் ஒப்பிடல்

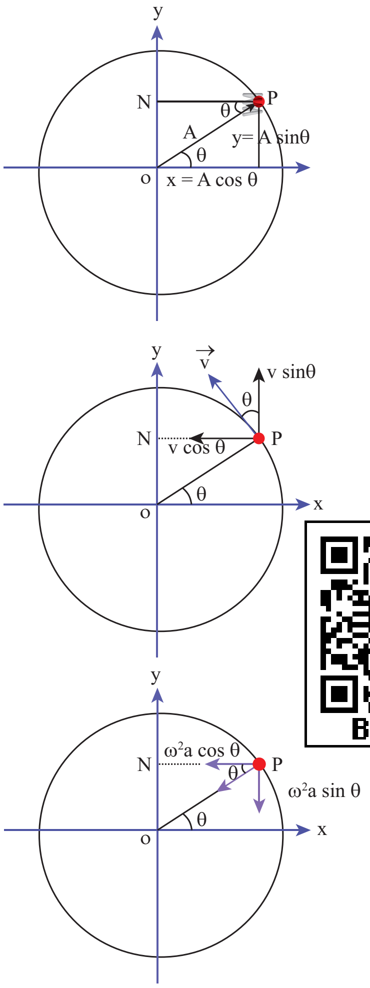
எனவே சீரான வட்ட இயக்கத்தில் துகளின் நிலையை அந்த வட்டத்தினுடைய விட்டத்தின் மீது (அல்லது விட்டத்திற்கு இணையான கோட்டின் மீது) விழச் செய்தால் (projection) அவ்வியக்கம் நேர்கோட்டு இயக்கமாக அமையும். இதனையே தனிச்சீரிசை இயக்கம் எனக் கருதுகிறோம். இவ்வட்டம் தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் மேற்கோள் வட்டம் (circle of reference) எனப்படும்.

தனிச்சீரிசை இயக்கமானது ஒரு குறிப்பிட்ட வட்டத்தின் எந்த ஒரு விட்டத்தின் மீதும் இயங்கும் துகள் நிலையின் வீழ்வு (projection of position) எனவும் வரையறுக்கப்படுகிறது.

செயல்பாடு

a. சுருள்களுக்கு உள்ளே உள்ள அலைவடிவத்தின் வீழ்ச்சியினை வரைக.
b. சுருள்களுக்கு வெளியே உள்ள அலைவடிவத்தின் வீழ்ச்சியினை வரைக.

10.2.2 தனிச்சீரிசை இயக்கத்தில் இடப்பெயர்ச்சி, திசைவேகம், முடுக்கம் மற்றும் அவற்றிற்கான வரைபட விளக்கம்



BSLAUV

படம் 10.9 குறிப்பிட்ட நேரத்தில் உள்ள ஒரு துகளின் இடப்பெயர்ச்சி, திசைவேகம் மற்றும் முடுக்கம்

ஒரு குறிப்பிட்ட கண நேரம் t இல் அதிர்வடையும் துகளானது சமநிலைப்புள்ளியிலிருந்து கடந்த தொலைவு இடப்பெயர்ச்சி எனப்படும்.

படம் 10.9 இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு குறிப்பிட்ட கண நேரம் t இல், A ஆரம் கொண்ட வட்டத்தின் மீதான துகளின் நிலை P என்க. t என்ற கணத்தில் அதன் இடப்பெயர்ச்சி y – யை கீழ்க்கண்டவாறு தருவிக்கலாம்.

ΔOPN இல்

$$\sin\theta = \frac{ON}{OP} \Rightarrow ON = OP\sin\theta \qquad (10.5)$$

ஆனால் $\theta = \omega t$, $ON = y$ மற்றும் $OP = A$

$$y = A \sin \omega t \qquad (10.6)$$

$\sin \omega t = 1$ எனும்பொழுது இடப்பெயர்ச்சி y ஆனது பெரும மதிப்பை பெறும் (இந்த மதிப்பு A–க்குச் சமம்)

நடுநிலையிலிருந்து அதிர்வடையும் துகள் அடைந்த பெரும இடப்பெயர்ச்சி வீச்சு (A) எனப்படும். தனிச்சீரிசை இயக்கத்தில் வீச்சு மாறிலியாகும். பொதுவாக தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை தவிர மற்ற எந்த இயக்கத்திற்கும் வீச்சு மாறிலியாக இருக்க தேவையில்லை, இது காலத்தைப் பொறுத்து மாறலாம்.

திசைவேகம்

இடப்பெயர்ச்சி மாறும் வீதம் திசைவேகம் ஆகும். காலத்தை சார்ந்து சமன்பாடு (10.6) ஐ வகைப்படுத்த நாம் பெறுவது

$$v = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(A \sin \omega t)$$

வட்ட இயக்கத்தில் (மாறா ஆரம்) வீச்சு A மாறிலி, மேலும் சீரான வட்ட இயக்கத்திற்கு கோணத்திசைவேகம் ω மாறிலி, எனவே

$$v = \frac{dy}{dt} = A\,\omega \cos \omega t \qquad (10.7)$$

$\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t = 1 \Rightarrow \cos \omega t = \sqrt{1-\sin^2 \omega t}$ என்ற திரிகோண முற்றொருமையைப் பயன்படுத்த

$$v = A\omega\sqrt{1-\sin^2 \omega t}$$

சமன்பாடு (10.6) லிருந்து

$$\sin \omega t = \frac{y}{A}$$

$$v = A\omega\sqrt{1-\left(\frac{y}{A}\right)^2}$$

$$v = \omega\sqrt{A^2 - y^2} \qquad (10.8)$$

சமன்பாடு (10.8) – லிருந்து இடப்பெயர்ச்சி y = 0 எனில் அதன் திசைவேகம் $v = \omega A$ (பெருமம்) மற்றும் பெரும இடப்பெயர்ச்சி y = A, எனில் அதன் திசைவேகம் v = 0 (சிறுமம்). இடப்பெயர்ச்சியானது சுழியிலிருந்து பெருமத்திற்கு அதிகரித்தால் திசைவேகம் பெருமத்திலிருந்து சுழிக்கு குறையும். இது எதிர்திசையில் மீண்டும் நிகழும்.

திசைவேகம் ஒரு வெக்டர் அளவு ஆகையால், சமன்பாடு (10.7) – ஐ வெக்டர் கூறுகளைக் கண்டறிவதன் மூலமும் பெறலாம்.

அட்டவணை: 10.1 வேறுபட்ட கணநேரத்தில் இடப்பெயர்ச்சி, திசைவேகம் மற்றும் முடுக்கம்

காலம்	0	$\frac{T}{4}$	$\frac{2T}{4}$	$\frac{3T}{4}$	$\frac{4T}{4} = T$
ωt	0	$\frac{\pi}{2}$	π	$\frac{3\pi}{2}$	2π
இடப்பெயர்ச்சி $y = A \sin \omega t$	0	A	0	$-A$	0
திசைவேகம் $v = A\,\omega \cos \omega t$	$A\,\omega$	0	$-A\,\omega$	0	$A\,\omega$
முடுக்கம் $a = -A\,\omega^2 \sin \omega t$	0	$-A\,\omega^2$	0	$A\,\omega^2$	0

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 201 25-08-2020 15:02:49

முடுக்கம்

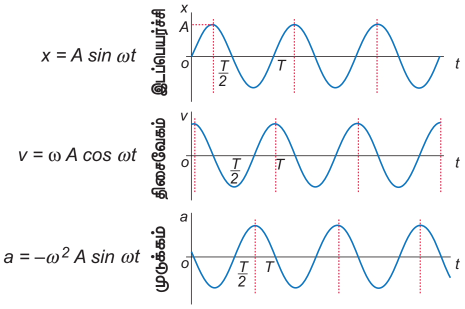
திசைவேக மாறுபாடு முடுக்கம் எனப்படும். சமன்பாடு (10.7) ஐ காலத்தைப் பொருத்து வகைப்படுத்த, நாம் பெறுவது

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}\left(A\omega\cos\omega t\right)$$

$$a = -\omega^2 A\sin\omega t = -\omega^2 y \qquad (10.9)$$

$$\therefore \quad a = \frac{d^2 y}{dt^2} = -\omega^2 y \qquad (10.10)$$

அட்டவணை 10.1 மற்றும் படம் 10.10 – லிருந்து நாம் அறிவது நடுநிலைப்புள்ளியில் (y = 0) துகளின் திசைவேகம் பெருமம் ஆனால் துகளின் முடுக்கம் சுழியாகும். பெரும நிலையில் ($y = \pm A$), துகளின் திசைவேகம் சுழி ஆனால் முடுக்கம் பெரும மதிப்புடன் ($\mp A\omega^2$) எதிர்த்திசையில் செயல்படுகிறது.



படம் 10.10 வெவ்வேறு கணநேரத்தில் இடப்பெயர்ச்சி, திசைவேகம், முடுக்கத்தின் மாறுபாடு

எடுத்துக்காட்டு 10.3

கீழ்கண்டவற்றுள் எந்த சமன்பாடு தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை குறிக்கிறது?

(i) $x = A \sin \omega t + B \cos \omega t$

(ii) $x = A \sin \omega t + B \cos 2\omega t$

(iii) $x = A\, e^{i\omega t}$

(iv) $x = A \ln \omega t$

தீர்வு :

(i) $x = A \sin \omega t + B \cos \omega t$

$$\frac{dx}{dt} = A\,\omega \cos \omega t - B\,\omega \sin \omega t$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\,\omega^2\,(A \sin \omega t + B \cos \omega t)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\,\omega^2 x$$

இந்த வகைக்கெழுச்சமன்பாடு தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் வகைக்கெழுச் சமன்பாடு போன்று உள்ளது (சமன்பாடு 10.10).

எனவே, $x = A \sin \omega t + B \cos \omega t$ தனிச்சீரிசை இயக்கத்தினைக் குறிக்கும்.

(ii) $x = A \sin \omega t + B \cos 2\omega t$

$$\frac{dx}{dt} = A\,\omega \cos \omega t - B\,(2\omega) \sin 2\omega t$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\,\omega^2\,(A \sin \omega t + 4B \cos 2\omega t)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} \neq -\,\omega^2 x$$

இந்த வகைக்கெழுச் சமன்பாடு தனிச்சீரிசையியக்கத்தின் வகைக்கெழு சமன்பாடு (சமன்பாடு 10.10) போன்று அமையவில்லை.

எனவே, $x = A \sin \omega t + B \cos 2\omega t$ என்ற சார்பு தனிச்சீரிசை இயக்கத்தினைக் குறிக்காது.

(iii) $x = A\, e^{i\omega t}$

$$\frac{dx}{dt} = A\,\omega e^{i\omega t}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -A\,\omega^2\, e^{i\omega t}\,(i^2 = -1)$$

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

இந்த வகைக்கெழுச் சமன்பாடு தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் வகைக்கெழு சமன்பாடு (சமன்பாடு 10.10) போன்று அமைந்துள்ளது. எனவே, $x = Ae^{i\omega t}$ என்பது தனிச்சீரிசை இயக்கத்தைக் குறிக்கும்.

(iv) $x = A\ ln\ \omega t$

$$\frac{dx}{dt} = \left(\frac{A}{\omega t}\right)\omega = \frac{A}{t}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{A}{t^2} \Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} \neq -\omega^2 x$$

இந்த வகைக்கெழுச் சமன்பாடு தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் வகைக்கெழு சமன்பாடு (சமன்பாடு 10.10) போன்று அமையவில்லை. எனவே, $x = A\ ln\ \omega t$ தனிச்சீரிசை இயக்கத்தைக் குறிக்காது.

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 202 25-08-2020 15:02:51

எடுத்துக்காட்டு 10.4

ஒரு துகளானது தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளுவதாக கொள்வோம். x_1 நிலையில் துகளானது v_1 திசைவேகத்தையும் மற்றும், x_2 நிலையில் v_2 திசைவேகத்தையும் பெற்றிருப்பதாகக் கருதுவோம். அலைவு நேரம் மற்றும் வீச்சின் தகைவு

$$\frac{T}{A}=2\pi\sqrt{\frac{x_2^2-x_1^2}{v_1^2x_2^2-v_2^2x_1^2}}$$ எனக் காட்டுக.

தீர்வு

சமன்பாடு 10.8 ஐப் பயன்படுத்த

$$v=\omega\sqrt{A^2-x^2}\Rightarrow v^2=\omega^2(A^2-x^2)$$

எனவே, x_1 நிலையில்,

$$v_1^2=\omega^2(A^2-x_1^2) \qquad (1)$$

இதேபோல், x_1 நிலையில்,

$$v_2^2=\omega^2(A^2-x_2^2) \qquad (2)$$

சமன்பாடு (1) விருந்து சமன்பாடு (2) ஐ கழிக்க, நாம் பெறுவது

$$v_1^2-v_2^2=\omega^2(A^2-x_1^2)-\omega^2(A^2-x_2^2)$$

$$=\omega^2(x_2^2-x_1^2)$$

$$\omega=\sqrt{\frac{v_1^2-v_2^2}{x_2^2-x_1^2}}\Rightarrow T=2\pi\sqrt{\frac{x_2^2-x_1^2}{v_1^2-v_2^2}} \qquad (3)$$

சமன்பாடு (1) விருந்து சமன்பாடு (2) ஐ வகுக்க, நாம் பெறுவது

$$\frac{v_1^2}{v_2^2}=\frac{\omega^2\left(A^2-x_1^2\right)}{\omega^2\left(A^2-x_2^2\right)}\Rightarrow A=\sqrt{\frac{v_1^2x_2^2-v_2^2x_1^2}{v_1^2-v_2^2}} \qquad (4)$$

சமன்பாடு (3) ஐ சமன்பாடு (4) ஆல் வகுக்க, நாம் பெறுவது

$$\frac{T}{A}=2\pi\sqrt{\frac{x_2^2-x_1^2}{v_1^2x_2^2-v_2^2x_1^2}}$$

10.2.3 தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் அலைவுநேரம், அதிர்வெண், கட்டம், கட்ட வேறுபாடு மற்றும் தொடக்கக் கட்டம்

i. **அலைவுநேரம்**

துகளொன்று ஒரு முழு அலைவிற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் அலைவுநேரம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. இது வழக்கமாக T என்ற எழுத்தால் குறிக்கப்படுகிறது. ஒரு முழுச்சுற்றுக்கு எடுத்துக்கொண்ட காலம் $t = T$, எனில்

$$\omega T=2\pi\Rightarrow T=\frac{2\pi}{\omega} \qquad (10.11)$$

தனிச்சீரிசை இயக்கத்திற்கு உட்படும் துகளின் இடப்பெயர்ச்சியை சைன் (sine) அல்லது கொசைன் (cosine) சார்புகளாக குறிப்பிடலாம்.

$$y(t)=A\sin\frac{2\pi}{T}t \text{ அல்லது } y(t)=A\cos\frac{2\pi}{T}t$$

இங்கு T என்பது அலைவுநேரம். காலம் t க்கு பதிலாக $t+T$ எனப் பிரதியிட்டால் அதன் சார்பானது,

$$y(t+T)=A\sin\frac{2\pi}{T}(t+T)$$

$$=A\sin(\frac{2\pi}{T}t+2\pi)$$

$$=A\sin\frac{2\pi}{T}t=y(t)$$

$$y(t+T)=y(t)$$

எனவே இச்சார்பு ஒரு அலைவுநேரத்திற்கு பிறகும் மீண்டும் மீண்டும் நிகழும் சார்பு ஆகும். இந்த $y(t)$ என்பது சீரிசைச் சார்புக்கான எடுத்துக்காட்டாகும்.

ii. **அதிர்வெண் மற்றும் கோண அதிர்வெண்**

துகளொன்று ஒரு நொடியில் ஏற்படுத்தும் அலைவுகளின் எண்ணிக்கை அதிர்வெண் எனப்படும். இது f என்ற எழுத்தால் குறிக்கப்படுகிறது. இதன் SI அலகு s^{-1} அல்லது ஹெர்ட்ஸ் ஆகும். (குறியீடு Hz).

கணிதமுறையில் அதிர்வெண், அலைவு காலத்துடன் கீழ்க்கண்டவாறு தொடர்புபடுத்தப்படுகிறது.

$$f=\frac{1}{T} \qquad (10.12)$$

ஒரு நொடியில் ஏற்படும் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை கோண அதிர்வெண் எனப்படும். இது வழக்கமாக ω (Omega) என்ற கிரேக்கச் சிறிய எழுத்தால் குறிப்பிடப்படுகிறது.

சமன்பாடு (10.11) மற்றும் (10.12), ஆகியவற்றை ஒப்பிடும் பொழுது, கோண அதிர்வெண் மற்றும் அதிர்வெண்ணின் தொடர்பு

$$\omega=2\pi f \qquad (10.13)$$

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 203 25-08-2020 15:02:53

கோண அதிர்வெண்ணின் SI அலகு rad s^{-1} (ரேடியன் பெர் செகண்ட் என வாசிக்கவும்)

iii. **கட்டம்**

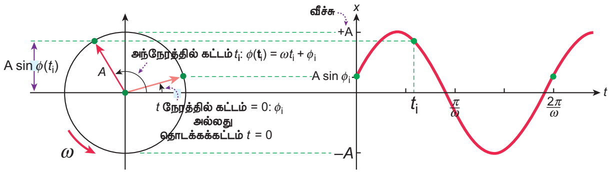
ஒரு குறிப்பிட்ட கணத்தில் அதிர்வடையும் துகளின் கட்டம், அக்கணத்தில் அத்துகளின் நிலையை முழுமையாகக் குறிப்பிடுவதாகும்.

குறிப்பிட்ட கணத்தில் சமநிலையைப் பொருத்து அத்துகளின் நிலை (position) மற்றும் இயக்கத்திசை ஆகியவற்றை கட்டம் விவரிக்கிறது (படம் 10.11).

$$y = A\sin(\omega t + \varphi_0) \qquad (10.14)$$

இங்கு $\omega t + \varphi_0 = \varphi$ என்பது அதிர்வடையும் துகளின் கட்டம் என அழைக்கப்படுகிறது.

$t = 0s$ (தொடக்க காலம்) இல், துகளின் கட்டம் ($\varphi = \varphi_0$) தொடக்கக் கட்டம் என அழைக்கப்படுகிறது. φ_0 என்பது தொடக்கக் கட்டத்தின் கோணம் (angle of epoch) என அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 10.11 இரு வேறு கணநேரங்களில் அதிர்வடையும் துகளின் கட்டம்

கட்ட வேறுபாடு : தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் இரு துகள்களைக் கருதுவோம்.

அவற்றின் சமன்பாடுகள் $y_1 = A\sin(\omega t + \varphi_1)$ மற்றும் $y_2 = A\sin(\omega t + \varphi_2)$, எனில் அவற்றுக் கிடையேயான கட்ட வேறுபாடு $\Delta\varphi = (\omega t + \varphi_2) - (\omega t + \varphi_1) = \varphi_2 - \varphi_1$.

எடுத்துக்காட்டு 10.5

ஒரு செவிலியர் நோயாளி ஒருவரின் சராசரி இதயத்துடிப்பை அளவிட்டு மருத்துவரிடம் $0.8\,s$ என்று அலைவு நேரத்தில் குறிப்பிட்டார். நோயாளியின் இதயத்துடிப்பை ஒரு நிமிடத்திற்கான துடிப்புகளின் எண்ணிக்கையில் கூறவும்.

தீர்வு

அளவிடப்பட்ட இதயத்துடிப்புகளின் எண்ணிக்கை f என்க. அலைவு நேரமானது இதயத்துடிப்புக்கு எதிர்விகிதத்தில் அமைவதால்,

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.8} = 1.25\,s^{-1}$$

1 நிமிடம் என்பது 60 விநாடிகள் ஆகும்.

(1 வினாடி = $\frac{1}{60}$ நிமிடம் $\Rightarrow 1\,s^{-1} = 60\,min^{-1}$)

$f = 1.25\,s^{-1} \Rightarrow f = 1.25 \times 60\,min^{-1} = 75$ துடிப்புகள்/நிமிடங்கள்

எடுத்துக்காட்டு 10.6

கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள தனிச்சீரிசை அலைவுகளுக்கான வீச்சு, கோண அதிர்வெண், அதிர்வெண், அலைவுநேரம் மற்றும் தொடக்கக்கட்டம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக

a. $y = 0.3\sin(40\pi t + 1.1)$

b. $y = 2\cos(\pi t)$

c. $y = 3\sin(2\pi t - 1.5)$

தீர்வு

தனிச்சீரிசைஅலைவுச்சமன்பாடு $y = A\sin(\omega t + \varphi_0)$ அல்லது $y = A\cos(\omega t + \varphi_0)$

a. $y = 0.3\sin(40\pi t + 1.1)$ என்ற அலைக்கு

வீச்சு $A = 0.3$ அலகு

கோண அதிர்வெண் $\omega = 40\pi$ rad s^{-1}

அதிர்வெண் $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{40\pi}{2\pi} = 20\,Hz$

அலைவுநேரம் $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{20} = 0.05\,s$

தொடக்கக் கட்டம் $\varphi_0 = 1.1$ rad

b. $y = 2\cos(\pi t)$ என்ற அலைக்கு

வீச்சு $A = 2$ அலகு

கோண அதிர்வெண் $\omega = \pi$ rad s^{-1}

அதிர்வெண் $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\pi}{2\pi} = 0.5\,Hz$

அலைவுக்காலம் $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.5} = 2\,s$

தொடக்கக் கட்டம் $\varphi_0 = 0$ rad

c. $y = 3\sin(2\pi t + 1.5)$ என்ற அலைக்கு

வீச்சு $A = 3$

கோண அதிர்வெண் $\omega = 2\pi \text{ rad s}^{-1}$

அதிர்வெண் $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{2\pi}{2\pi} = 1Hz$

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

தொடக்கக் கட்டம் $\varphi_0 = 1.5 \text{ rad}$

எடுத்துக்காட்டு 10.7

தனிச்சீரிசை இயக்கத்தில்

a. இடப்பெயர்ச்சி மற்றும் திசைவேகத்திற்கான கட்ட வேறுபாடு $\frac{\pi}{2}$ ரேடியன் அல்லது 90°.

b. திசைவேகம் மற்றும் முடுக்கத்திற்கான கட்ட வேறுபாடு $\frac{\pi}{2}$ ரேடியன் அல்லது 90°.

c. இடப்பெயர்ச்சி மற்றும் முடுக்கத்திற்கான கட்ட வேறுபாடு π ரேடியன் அல்லது 180° எனக் காட்டுக.

தீர்வு

a. தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் துகளின் இடப்பெயர்ச்சி

$$y = A\sin\omega t$$

துகளின் திசைவேகம்

$$v = A\,\omega\cos\omega t = A\,\omega\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

இடப்பெயர்ச்சி மற்றும் திசைவேகத்திற்கிடைநு யேயான கட்ட வேறுபாடு $\frac{\pi}{2}$.

b. துகளின் திசைவேகம்

$$v = A\,\omega\cos\omega t$$

துகளின் முடுக்கம்

$$a = -A\omega^2\sin\omega t = A\omega^2\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

திசைவேகம் மற்றும் முடுக்கத்திற்கான கட்ட வேறுபாடு $\frac{\pi}{2}$.

c. துகளின் இடப்பெயர்ச்சி

$$y = A\sin\omega t$$

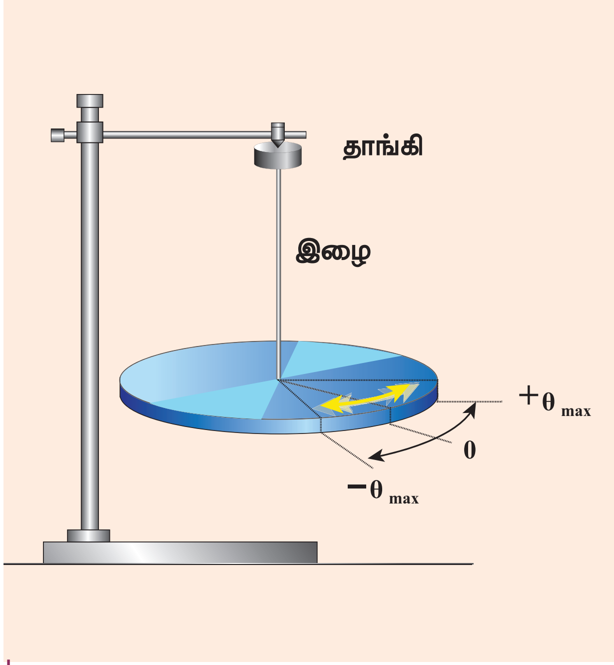
துகளின் முடுக்கம்

$$a = -A\,\omega^2\sin\omega t = A\,\omega^2\sin(\omega t + \pi)$$

இடப்பெயர்ச்சி மற்றும் முடுக்கத்திற்கான கட்ட வேறுபாடு π ரேடியன்.

10.3 கோண சீரிசை இயக்கம்

10.3.1 கோண சீரிசையியக்கத்தின் அலைவு நேரம் மற்றும் அதிர்வெண்



படம் 10.12 அச்சைப்பற்றி தனித்து சுழலும் பொருள் (வட்டு)

கொடுக்கப்பட்ட அச்சைப்பற்றி தனித்து சுழலும் பொருளின் அலைவுகள், கோண அலைவுகள் எனப்படும்.

எந்த ஒரு புள்ளியில் பொருளின் மீது செயல்படும் தொகுபயன் திருப்புவிசை சுழியாகின்றதோ அப்புள்ளி சமநிலைப்புள்ளி எனப்படும்.

பொருள் சமநிலைப்புள்ளியிலிருந்து இடபெயர்ச்சிக்குள்ளாகும்போது, செயல்படும் பயனுறு தொகுபயன் திருப்புவிசை கோண இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர்தகவில் இருக்கும் மற்றும் இத் திருப்பு விசையானது அப்பொருளை சமநிலைக்கு கொண்டு வர முயற்சிக்கும். (திருப்பு விசை அலகு 5 இல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.)

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 205 25-08-2020 15:02:56

பொருளின் கோண இடபெயர்ச்சி $\vec{\theta}$ எனவும் பொருளின் மீது செயல்படும் தொகுபயன் திருப்பு விசை $\vec{\tau}$ எனவும் கொண்டால்,

$$\vec{\tau} \propto \vec{\theta} \qquad (10.15)$$

$$\vec{\tau} = -\kappa\vec{\theta} \qquad (10.16)$$

இங்கு κ என்பது மீள்திருப்புவிசை மாறிலி. இது ஓரலகு கோண இடப்பெயர்ச்சிக்கான திருப்பு விசையாகும். I என்பது ஒரு பொருளின் நிலைமத்திருப்புத்திறன் மற்றும் $\vec{\alpha}$ என்பது கோண முடுக்கம் எனில்

$$\vec{\tau} = I\vec{\alpha} = -\kappa\vec{\theta}$$

ஆனால் $\vec{\alpha} = \frac{d^2\vec{\theta}}{dt^2}$

எனவே,

$$\frac{d^2\vec{\theta}}{dt^2} = -\frac{\kappa}{I}\vec{\theta} \qquad (10.17)$$

இச்சமன்பாடு தனிச்சீரிசை வகைக்கெழுச் சமன்பாடு போல் உள்ளது. ஆகையால் சமன்பாடு (10.17) தனிச்சீரிசை இயக்கச்சமன்பாடு (10.10) உடன் ஒப்பிட நாம் பெறுவது

$$\omega = \sqrt{\frac{\kappa}{I}}\, rad\, s^{-1} \text{ என நாம் பெறலாம்} \qquad (10.18)$$

கோணச்சீரிசை இயக்கத்தின் அதிர்வெண் (சமன்பாடு 10.13 – லிருந்து)

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\kappa}{I}}\, Hz \qquad (10.19)$$

அலைவு நேரம் (சமன்பாடு 10.12 – லிருந்து)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{\kappa}} \qquad (10.20)$$

10.3.2 தனிச்சீரிசை இயக்கம் மற்றும் கோணச்சீரிசை இயக்கம் ஒப்பீடு

நேர்கோட்டு தனிச்சீரிசை இயக்கத்தில், பொருளின் இடப்பெயர்ச்சியானது நேர்கோட்டு இடப்பெயர்ச்சி $\vec{r}$ ஆல் அளவிடப்படுகிறது.

மீள்விசை $\vec{F} = -k\vec{r}$, இங்கு k என்பது சுருள் மாறிலி அல்லது விசை மாறிலியாகும். இது ஓரலகு இடப்பெயர்ச்சிக்கான விசைக்குச் சமம். நேர்கோட்டு சீரிசை இயக்கத்தில் பொருளின் நிலைமக்காரணி என்பது பொருளின் நிறை ஆகும்.

கோண சீரிசை அலை இயக்கத்தில், பொருளின் இடப்பெயர்ச்சி கோண இடப்பெயர்ச்சி $\vec{\theta}$ ஆல் அளவிடப்படுகிறது. இங்கு சுருள்காரணி என்பது திருப்பு விசை மாறிலி ஆகும். அதாவது ஓரலகு கோண இடப்பெயர்ச்சிக்கான இரட்டையின் திருப்புத் திறனாகும் அல்லது ஓரலகு கோண

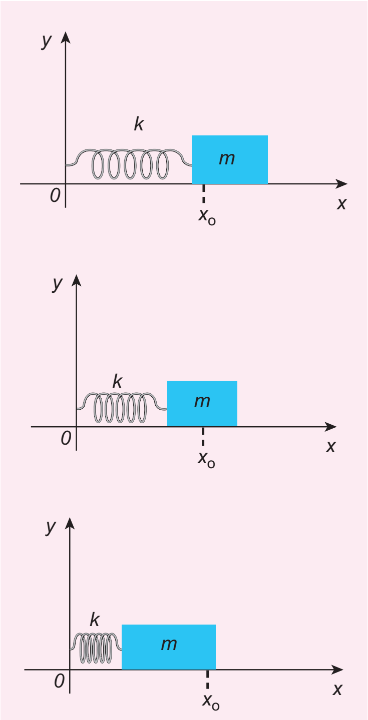
அட்டவணை 10.2 தனிச்சீரிசை இயக்கம் மற்றும் கோணச்சீரிசை இயக்கம் ஒப்பீடு

வ.எண்	தனிச்சீரிசை இயக்கம்	கோணச்சீரிசை இயக்கம்
1.	துகளின் இடப்பெயர்ச்சி நேர்க்கோட்டு இடப்பெயர்ச்சி $\vec{r}$ ஆல் அளவிடப்படுகிறது.	துகளின் இடப்பெயர்ச்சி கோண இடப்பெயர்ச்சி $\vec{\theta}$ ஆல் அளவிடப்படுகிறது. (சுழற்சி கோணம் எனவும் அழைக்கப்படுகிறது)
2.	துகளின் முடுக்கம் $\vec{a} = -\omega^2\vec{r}$	துகளின் கோண முடுக்கம் $\vec{\alpha} = -\omega^2\vec{\theta}$.
3.	விசை, $\vec{F} = m\,\vec{a}$, இங்கு m என்பது துகளின் நிறை ஆகும்.	திருப்பு விசை, $\vec{\tau} = I\vec{\alpha}$, இங்கு I என்பது பொருளின் நிலைமத்திருப்புத்திறன்
4.	மீள்விசை $\vec{F} = -k\vec{r}$, இங்கு κ என்பது மீள்விசை மாறிலி	மீள் திருப்பு விசை $\vec{\tau} = -\kappa\vec{\theta}$, இங்கு κ என்பது திருப்பு விசை மாறிலி (கிரேக்க எழுத்து κ ஐ 'kappa' என்று உச்சரிக்கவும்) இம்மாறிலி ஒரு குறிப்பிட்ட முறுக்கு இழையை பொருத்து அமையும்.
5.	கோண அதிர்வெண், $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ rad s^{-1}	கோண அதிர்வெண், $\omega = \sqrt{\frac{\kappa}{I}}$

இடப்பெயர்ச்சிக்கான மீள் திருப்பு விசையாகும். கோண சீரிசை இயக்கத்திற்கு உட்படும் பொருளின் நிலைமக் காரணி என்பது பொருளின் நிலைமத் திருப்புத் திறன் ஆகும்.

10.4 நேர்போக்கு சீரிசை அலையியற்றி (LHO)

10.4.1 சுருள்வில் – நிறை அமைப்பின் கிடைத்தள அலைவுகள்



படம் 10.13 சுருள்வில் நிறை அமைப்பின் கிடைத்தள அலைவுகள்

படம் 10.13 காட்டியுள்ளவாறு, நிறையற்ற சுருள்வில்லுடன் m நிறை கொண்ட பொருள் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த சுருள்வில் – நிறை அமைப்பானது உராய்வற்ற கிடைத்தளத்தின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது எனக்கொள்க. சுருள்வில்லின் விறைப்பு மாறிலி அல்லது விசை மாறிலி அல்லது சுருள்வில் மாறிலி k ஆகும். இந்த அமைப்பின் மீது விசை செலுத்தப்படாதபோது நிறை m ன் சமநிலைப்புள்ளி, அல்லது நடுநிலைப்புள்ளி x_0 என்க.

நிறையை, சமநிலையில் இருந்து வலப்புறமாக x தொலைவிற்கு இடம்பெயரச் செய்து பின்பு விடுவித்தால், நிறையானது நடுநிலைப்புள்ளி x_0 ஐப் பொருத்து முன்னும் பின்னும் அலைவுறும்.

சுருள்வில்லின் நீட்சியால் ஏற்படும் மீள்விசை F என்க. இவ்விசையானது நிறையின் இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

ஒரு பரிமாண இயக்கத்திற்கு

$$F \propto x$$
$$F = -k\,x$$

எனக் கணிதவியல் முறையில் நாம் பெறலாம். இங்கு, மீள்விசையானது எப்பொழுதும் இடப்பெயர்ச்சிக்கு எதிர்திசையில் செயல்படும் என்பதை எதிர்க்குறி காட்டுகிறது.

இச்சமன்பாடு ஹீக் விதி என்று அழைக்கப்படுகிறது (பார்க்க அலகு 7). இங்கு மீள்விசையானது இடப்பெயர்ச்சியுடன் நேர்போக்கில் உள்ளதை கவனத்தில் கொள்க (அதாவது விசை மற்றும் இடப்பெயர்ச்சியின் அடுக்கு (exponent) ஒன்றாகும்). இது எப்பொழுதும் சரியாக இருப்பதில்லை, ஏனென்றால் சில நேர்வுகளில் அதிகமான அளவு இழுவிசையை நாம் செலுத்தும்போது, அலைவுகளின் வீச்சுகள் அதிகமாக அமையும். (அதாவது விசையும், இடப்பெயர்ச்சியும் x ன் அதிக அடுக்குகளுக்கு நேர்த்தகவாக அமையும்) எனவே இந்த அமைப்பின் அலைவுகள் நேர்போக்கு அலைவுகளாக இருப்பதில்லை என்பதால் இவை நேர்போக்கு அல்லாத அலைவுகளாகும். இதுவரை நம்முடைய விவாதங்களின் படி நேர்போக்கு அலைவுகள் மட்டுமே விவாதிக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் அடிப்படையில் ஹீக் விதி ஏற்புடையதாக அமைகின்றது. அதாவது (விசை மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி நேர்போக்கு தொடர்புடையவை)

நியூட்டனின் இரண்டாம் இயக்க விதியிலிருந்து தனிச்சீரிசை இயக்கத்திற்கு உட்படும் துகளின் சமன்பாட்டை கீழ்க்கண்டவாறு நாம் எழுத முடியும்.

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -k\,x$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x \qquad (10.21)$$

சமன்பாடு (10.21) ஐ தனிச்சீரிசை இயக்கச் சமன்பாடு (10.10), உடன் ஒப்பிட, நாம் பெறுவது

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 207 25-08-2020 15:03:00

அதாவது அலையியற்றியின் கோண அதிர்வெண் அல்லது இயல்பு அதிர்வெண்

$$\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}\ \text{rad } s^{-1} \quad (10.22)$$

அலையியற்றியின் அதிர்வெண்

$$f=\frac{\omega}{2\pi}=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}\ \text{Hz} \quad (10.23)$$

மற்றும் அலைவுகளின் அலைவுநேரம்

$$T=\frac{1}{f}=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}\ \text{s} \quad (10.24)$$

தனிச்சீரிசை இயக்கத்தில் அலைவுகளின் அலைவுநேரம் வீச்சைப்பொருத்தது அல்ல என்பதைக் கருத்தில் கொள்க. இது அலைவுகள் தோராயமாக சிறிய அளவில் உள்ளபோது மட்டுமே பொருந்தும். தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் வகைக்கெழுச் சமன்பாட்டின் தீர்வைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$x(t) = A\sin(\omega t + \varphi) \quad (10.25)$$

அல்லது

$$x(t) = A\cos(\omega t + \varphi) \quad (10.26)$$

இங்கு A, ω மற்றும் φ ஆகியவை மாறிலிகள். வகைக்கெழுச் சமன்பாடு 10.21 –ன் பொதுத்தீர்வு

குறிப்பு

(அ) நிறை ஓர் நிலைமப்பண்பாகவும் சுருள் மாறிலி மீட்சிப்பண்பாகவும் இருப்பதால் அலைவுநேரம்

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

$$T=2\pi\sqrt{\frac{\text{நிலைமப்பண்பு}}{\text{மீட்சிப்பண்பு}}}=2\pi\sqrt{\left|\frac{\text{இடப்பெயர்ச்சி}}{\text{முடுக்கம்}}\right|}$$

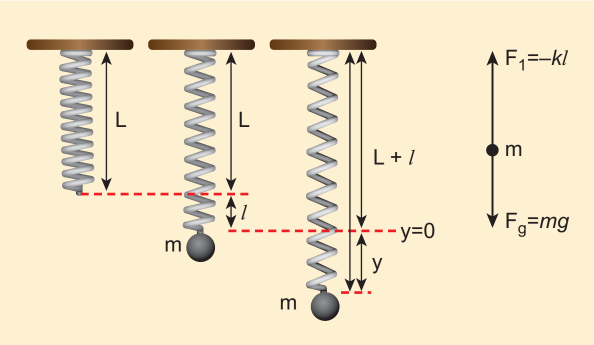
(ஆ) $$\frac{\text{இடப்பெயர்ச்சி}}{\text{முடுக்கம்}}=\frac{x}{\frac{d^2x}{dt^2}}=-\frac{m}{k},$$

$\left|\frac{\text{இடப்பெயர்ச்சி}}{\text{முடுக்கம்}}\right|$ இன் எண்மதிப்பு $\frac{m}{k}$ க்குச் சமம். எனவே அலைவுநேரம் $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

$x(t) = A\sin(\omega t + \varphi) + B\cos(\omega t + \varphi)$ ஆகும். இங்கு A, B மாறிலிகள்.

10.4.2 சுருள்வில்லின் செங்குத்து அலைவுகள்

படம் 10.14 கம்பி சுருள்கள்



படம் 10.15 சுருள் மாறிலி கொண்ட நிறையற்ற சுருள்வில்கள்

படம் 10.15 –ல் காட்டியுள்ளவாறு, நிறையற்ற விசை மாறிலி அல்லது சுருள்வில் மாறிலி k (spring constant) கொண்ட சுருள்வில்லானது கூரையின் மேற்பகுதியில் இணைக்கப்பட்டுள்ளதாக கருதுவோம். நிறை m இணைக்கப்படுவதற்கு முன்பு சுருள்வில்லின் நீளம் L என்க. சுருள்வில்லின் மற்றொரு முனையில் நிறை m இணைக்கப்படும்போது சுருள்வில்லானது l நீளத்திற்கு விரிவடைகிறது. சுருள்வில்லின் நீட்சி காரணமாக ஏற்படும் மீள்விசை F_1 என்க

நிறை m –ல் செயல்படும் ஈர்ப்பு விசையானது செங்குத்தாக கீழ்நோக்கி செயல்படும்.

இந்த அமைப்பிற்கு தனித்த பொருளின் விசைப்படம் நாம் வரைய முடியும். இது படம் 10.15–ல்

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 208 25-08-2020 15:03:02

காட்டப்பட்டுள்ளது. அமைப்பானது சமநிலையில் உள்ள போது,

$$F_1 + mg = 0 \quad (10.27$$

ஆனால் சுருள்வில் l இடப்பெயர்ச்சிக்கு நீட்சியடைந்துள்ளது. எனவே

$$F_1 \propto l \Rightarrow F_1 = -k\,l \quad (10.28)$$

சமன்பாடு (10.28) ஐ சமன்பாடு (10.27) –ல் பிரதியிட நாம் பெறுவது

$$-k\,l + mg = 0$$

$$mg = k\,l$$

அல்லது

$$\frac{m}{k} = \frac{l}{g} \quad (10.29)$$

மிகச்சிறிய அளவிலான புற விசையை நிறை மீது நாம் செலுத்தினால், அந்த நிறை மேலும், கீழ்நோக்கிய திசையில் இடப்பெயர்ச்சி y–க்கு நீள்கிறது, பிறகு அது மேலும், கீழும் அலைவுறுகிறது. இப்பொழுது சுருள்வில்லின் நீட்சி $(y + l)$ (சுருள்வில்லின் மொத்த நீட்சி காரணமாக ஏற்படும் மீள்விசை.

$$F_2 \propto (y + l)$$

$$F_2 = -k\,(y + l) = -ky - kl \quad (10.30)$$

$\frac{d^2y}{dt^2}$, என்ற முடுக்கத்துடன் இயங்கும் நிறைக்கு தனித்த விசைப்படம் வரைந்தால், நாம் பெறுவது

$$-ky - kl + mg = m\frac{d^2y}{dt^2} \quad (10.31)$$

நீட்சியின் காரணமாக நிறை மீது செயல்படும் மொத்த விசை

$$F = F_2 + mg$$

$$F = -ky - kl + mg \quad (10.32)$$

ஈர்ப்புவிசையானது மீள்விசைக்கு எதிராக அமையும், சமன்பாடு (10.29) ஐ சமன்பாடு (10.32), இல் பிரதியிட, நாம் பெறுவது

$$F = -ky - kl + kl = -ky$$

நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்த

$$m\frac{d^2y}{dt^2} = -k\,y$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{k}{m}y \quad (10.33)$$

இச்சமன்பாடு தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் வகைக்கெழுச் சமன்பாட்டின் வடிவமாகும். எனவே

$$\text{அலைவுநேரம் } T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}\ \text{s} \quad (10.34)$$

குறிப்பு

சுருள்வில்லின் கிடைத்தள அலைவுகள் மற்றும் செங்குத்து அலைவுகளின் அலைவுநேரம் சமமாக இருக்கும்

சமன்பாடு (10.29) பயன்படுத்தி, அலைவுநேரத்தை வேறு வடிவில் எழுதினால்

$$\text{அலைவுநேரம் } T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (10.35)$$

இச்சமன்பாட்டிலிருந்து புவிஈர்ப்பு முடுக்கம் g யின் மதிப்பை பெறலாம்

$$g = 4\pi^2\left(\frac{l}{T^2}\right)\ \text{m s}^{-2} \quad (10.36)$$

எடுத்துக்காட்டு 10.8

சுருள்வில் தராசு 0.25 m நீளமும் 0 முதல் 25 kg வரை நிறையை அளவிடும் வகையிலும் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இச்சுருள்வில் தராசானது $11.5\ \text{m s}^{-2}$ ஈர்ப்பு முடுக்கம் கொண்ட X என்ற நாம் அறிந்திராத கோள் ஒன்றில் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. M kg நிறை கொண்ட ஒரு பொருள் சுருள் வில்லில் தராசில் தொங்க விடப்படும் பொழுது 0.50 s அலைவுக்காலத்துடன் அலைவுறுகிறது. பொருளின் மீது செயல்படும் ஈர்ப்பியல் விசையை கணக்கிடுக.

தீர்வு

சமன்பாடு (10.29) பயன்படுத்தி, முதலில் சுருள்வில் தராசின் விறைப்பு மாறிலியை நாம் கணக்கிடலாம்.

$$k = \frac{mg}{l} = \frac{25 \times 11.5}{0.25} = 1150\ N\,m^{-1}$$

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 209 25-08-2020 15:03:05

அலைவுகளின் அலைவுநேரம் $T=2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$

இங்கு M –ன்பது பொருளின் நிறையாகும். M என்பது தெரியாத நிறையாதலால்

சமன்பாட்டை மாற்றி அமைக்க நாம் பெறுவது

$$M=\frac{kT^2}{4\pi^2}=\frac{(1150)(0.5)^2}{4\pi^2}=7.3kg$$

பொருளின் மீது செயல்படும் ஈர்ப்பு விசை

$W=Mg=7.3\times 11.5=83.95\ N\approx 84\ N$

10.4.3 சுருள்வில்களின் தொகுப்புகள்

படம் 10.16 உந்து வண்டியின் அதிர்வுத்தாங்கியில் சுருள்வில்களின் தொகுப்பு

சுருள்வில்லின் விறைப்புத் தன்மையானது, சுருள்மாறிலி அல்லது விசைமாறிலி அல்லது விறைப்பு மாறிலியால் அளவிடப்படுகிறது.

சுருள்மாறிலியின் மதிப்பு அதிகமெனில் சுருள்வில்லானது விறைப்பாக இருக்கும். சுருள்வில்லை நீட்சியடையச் செய்யவோ அல்லது அமுக்கச் செய்யவோ அதிக விசையை செலுத்த வேண்டும் என்பதை இது உணர்த்துகின்றது. இதேபோல் சுருள்மாறிலியின் மதிப்பு குறைவெனில் குறைந்த விசையை செலுத்தி சுருள்வில்லை நீட்சியடையச் செய்யவோ அல்லது அமுக்கவோ முடியும்.

இரு சுருள்வில்களை இரு வழிகளில் இணைக்க முடியும். ஒன்று தொடரிணைப்பில் இணைத்தல் மற்றொன்று பக்க இணைப்பில் இணைத்தல்.

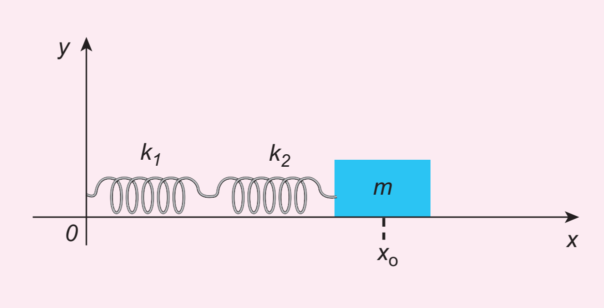
a. சுருள்வில்கள் தொடரிணைப்பில் உள்ள போதும்
b. சுருள்வில்கள் பக்க இணைப்பில் உள்ளபோதும்

தொகுபயன் சுருள்மாறிலியை கீழ்க்காணும் துணைப்பிரிவுகளில் நாம் கணக்கிடலாம்.

a. தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ள சுருள்வில்கள்

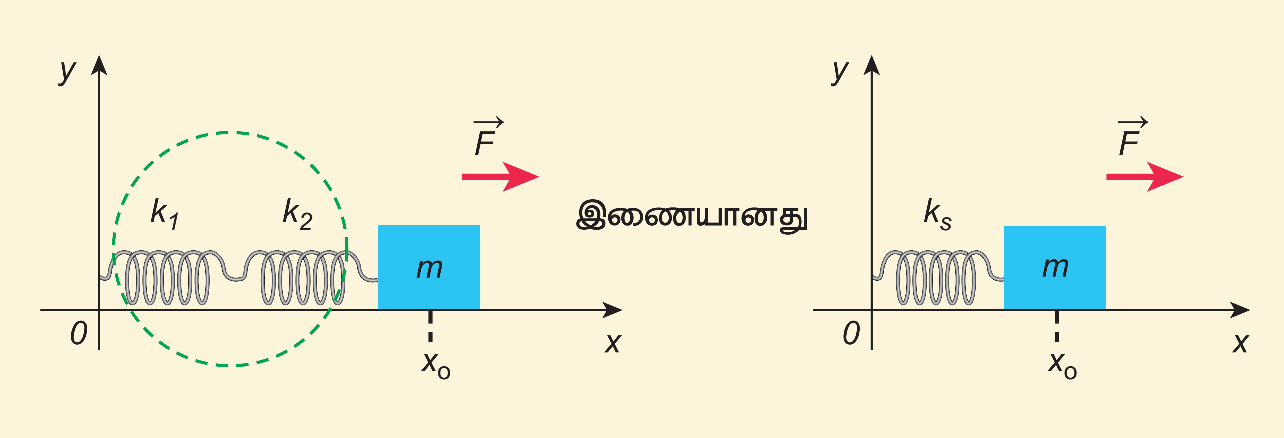
இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட சுருள்வில்கள் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன என்க. தொடரிணைப்பில் உள்ள சுருள்வில்கள் ஏற்படுத்தும் நிகர விளைவிற்குச் சமமான விளைவை ஏற்படுத்தும் ஒரு சுருள்வில்லை (தொகுபயன் சுருள்வில்) அச்சுருள்வில் தொகுப்புக்கு பதிலாக நாம் பயன்படுத்தலாம்.

தனித்தனி சுருள்மாறிலிகளின் மதிப்புகள் $k_1, k_2, k_3,$ (தெரிந்த அளவுகள்), மற்றும் தொகுபயன் சுருள்மாறிலி k_s (தெரியாத அளவுகள்) ஆகியவற்றுக்கிடையே கணிதவியல் தொடர்பினை நாம் பெறலாம். எளிமைக்காக k_1, k_2 சுருள் மாறிலி கொண்ட இரு சுருள்வில்களை மட்டும் கருதுவோம். அவை படம் 10.17 – ல் காட்டியுள்ளவாறு m என்ற நிறையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளதாக கொள்க. இதன் மூலம் பெறப்படும் முடிவினைப் பயன்படுத்தி தொடரிணைப்பில் எந்த ஒரு எண்ணிக்கையிலும் இணைக்கப்படும் சுருள் வில்களுக்கான பொதுவான முடிவைப் பெறலாம்.



படம் 10.17 சுருள்வில்களின் தொடரிணைப்பு

படம் 10.18 இல் காட்டியுள்ளவாறு புறவிசை F வலதுபுறம் நோக்கி செலுத்தப்படுவதாகக் கொள்வோம். ஒவ்வொரு சுருள்வில்லின் சுருள்மாறிலி வெவ்வேறானவை மேலும் அவற்றுக்கிடையேயான பிணைப்பு இறுக்கமாக (rigid) இருப்பதில்லை. ஆதலால் அவை வெவ்வேறு நீளத்திற்கு நீட்சியடைகின்றன.



படம் 10.18 தொடரிணைப்பில் உள்ளபோது தொகுபயன் சுருள் மாறிலி

செலுத்தப்பட்ட விசை F – ன் காரணமாக சுருள்கள் அதனுடைய சமநிலையிலிருந்து (நீட்சியடையா நிலை) நீட்சியடைந்த தொலைவுகள் முறையே x_1 மற்றும் x_2 என்க.

எனவே, நிறைப் புள்ளியின் மொத்த இடப்பெயர்ச்சி

$$x = x_1 + x_2 \quad (10.37)$$

ஹுக்கின் விதியிலிருந்து

$$F = -k_s(x_1 + x_2) \Rightarrow x_1 + x_2 = -\frac{F}{k_s} \quad (10.38)$$

சுருள்வில்கள் தொடரிணைப்பில் உள்ளதால்

$$-k_1x_1 = -k_2x_2 = F$$

$$\Rightarrow x_1 = -\frac{F}{k_1} \text{ and } x_2 = -\frac{F}{k_2} \quad (10.39)$$

எனவே சமன்பாடு (10.39) – ஐ சமன்பாடு (10.38) – இல் பிரதியிட்டு தொகுபயன் சுருள்மாறிலியைக் கணக்கிட முடியும்.

$$-\frac{F}{k_1} - \frac{F}{k_2} = -\frac{F}{k_s}$$

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

அல்லது

$$k_s = \frac{k_1k_2}{k_1 + k_2} \text{ N m}^{-1} \quad (10.40)$$

"n" சுருள்வில்கள்களை தொடரிணைப்பில் இணைப்பதாகக் கொண்டால் தொடரிணைப்பின் தொகுபயன் சுருள் மாறிலி

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \ldots + \frac{1}{k_n} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{k_i} \quad (10.41)$$

அனைத்து சுருள் மாறிலிகளும் சமம் எனில் அதாவது

$$\frac{1}{k_s} = \frac{n}{k} \Rightarrow k_s = \frac{k}{n} \quad (10.42)$$

தொகுபயன் சுருள்மாறிலி "n" மடங்கு குறையும் என்பதை இது காட்டுகிறது.

ஆகவே, சுருள்வில்கள் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்படும் பொழுது தொகுபயன் சுருள்மாறிலியானது தனித்த சுருள் மாறிலியைவிட குறைவாக இருக்கும்.

சமன்பாடு 10.39 – லிருந்து நாம் பெறுவது

$$k_1x_1 = k_2x_2$$

இறுக்கப்பட்ட நீளம் அல்லது நீட்சியடைந்த நீளம் x_1 மற்றும் x_2–க்கான தகவு

$$\frac{x_2}{x_1} = \frac{k_1}{k_2} \quad (10.43)$$

முதல் மற்றும் இரண்டாவது சுருள்வில்லில் தேக்கி வைக்கப்பட்டுள்ள மீள் நிலையாற்றல் முறையே $U_1 = \frac{1}{2}k_1x_1^2$ மற்றும் $U_2 = \frac{1}{2}k_2x_2^2$, எனில் அவற்றின் தகவு

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{1}{2}k_1x_1^2}{\frac{1}{2}k_2x_2^2} = \frac{k_1}{k_2}\left(\frac{x_1}{x_2}\right)^2 = \frac{k_2}{k_1} \quad (10.44)$$

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 211 25-08-2020 15:03:09

குறிப்பு விறைப்பு மாறிலியின் தலைகீழ் நெகிழ்வுத்தன்மை மாறிலி (flexible constant) அல்லது இணக்கம் (compliance) எனப்படுகிறது. இது C என்ற எழுத்தால் குறிக்கப்படுகிறது. இது $N^{-1}m$ அலகால் அளவிடப்படுகிறது.

n சுருள்கள் தொடரிணைப்பில் இருப்பின், தொகுபயன் இணக்கம்

$$C_s = \sum_{i=1}^{n} C_i$$

n சுருள்கள் பக்க இணைப்பில் இருப்பின், தொகுபயன் இணக்கம்

$$\frac{1}{C_p} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{C_i}$$

எடுத்துக்காட்டு 10.9

$1\,N\,m^{-1}$ மற்றும் $2\,N\,m^{-1}$ சுருள்மாறிலிகள் கொண்ட இரு சுருள்வில்கள் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்படுவதாக கொள்வோம். இவ்வமைப்பின் தொகுபயன் சுருள்மாறிலியைக் (k_s) கணக்கிடுக. மேலும் k_s ஐ பற்றி கருத்து கூறுக.

தீர்வு

$$k_1 = 1\,N\,m^{-1},\ k_2 = 2\,N\,m^{-1}$$

$$k_s = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}\ N\,m^{-1}$$

$$k_s = \frac{1 \times 2}{1+2} = \frac{2}{3}\ N\,m^{-1}$$

$$k_s < k_1 \text{ and } k_s < k_2$$

எனவே தொகுபயன் சுருள் மாறிலியானது k_1 மற்றும் k_2 மதிப்புகளைவிடக் குறைவாக இருக்கும்.

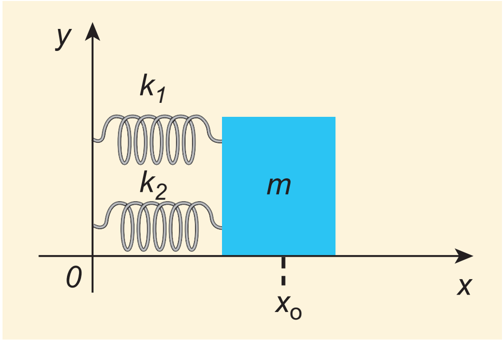
a. பக்க இணைப்பில் சுருள்வில்கள்

இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட சுருள்வில்கள் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன என்க. பக்க இணைப்பில் உள்ள சுருள்வில்கள் ஏற்படுத்தும் நிகர விளைவிற்குச் சமமான விளைவை ஏற்படுத்தும் ஒரு சுருள்வில்லை (தொகுபயன் சுருள்வில்) அச்சுருள்வில் தொகுப்புகளுக்கு பதிலாக நாம் பயன்படுத்தலாம்.

தனித்தனி சுருள் மாறிலிகளின் மதிப்புகள் $k_1, k_2, k_3,$ (தெரிந்த மதிப்புகள்), மற்றும் தொகுபயன் சுருள் மாறிலி k_p (தெரியாத அளவு) ஆகியவற்றுக்கிடையேயான கணிதவியல் தொடர்பினை நாம் பெற முடியும்.

எளிமைக்காக k_1 மற்றும் k_2 சுருள் மாறிலி கொண்ட இரு சுருள்வில்களை மட்டும் கருதுவோம். அவை படம் 10.19 ல் காட்டியுள்ளவாறு m என்ற நிறையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கொள்க.

இதன் மூலம் பெறப்படும் முடிவினைப் பயன்படுத்தி பக்க இணைப்பில் எந்த ஒரு எண்ணிக்கையிலும் இணைக்கப்படும் சுருள்வில்களுக்கான பொதுவான முடிவைப் பெறலாம்.



படம் 10.19 சுருள்வில்கள் பக்க இணைப்பில்

படம் 10.20 –ல் காட்டியுள்ளவாறு விசை F-ஐ வலது புறமாக செலுத்துவதாக கொள்வோம்.

இந்நேர்வில், இரு சுருள்களும் ஒரே அளவிலான நீட்சி அல்லது இறுக்கத்தினை அடைகின்றது.

நிறை m அடைந்த இடப்பெயர்ச்சி எனில்

$$F = -k_p x \tag{10.45}$$

இங்கு k_p என்பது தொகுபயன் சுருள்மாறிலி ஆகும்.

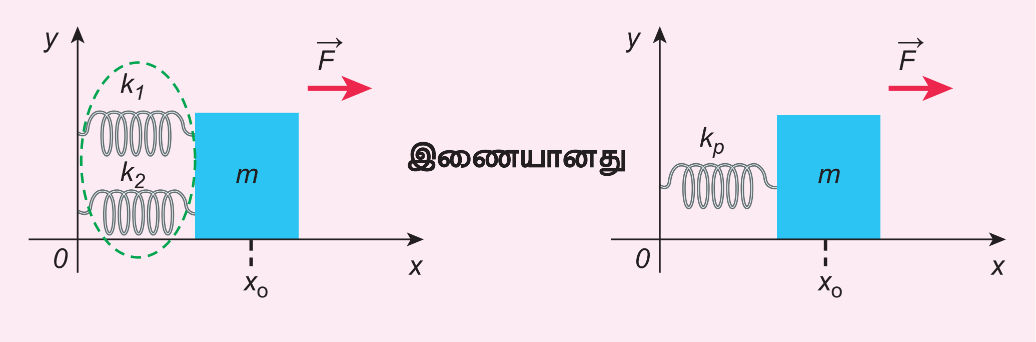
முதல் சுருளில் x நீட்சியை ஏற்படுத்தும் விசை F_1 எனவும், இரண்டாவது சுருளில் அதே அளவு x நீட்சியை ஏற்படுத்தும் விசை F_2 எனவும் கொண்டால், தொகுபயன் விசையானது.

$$F = -k_1 x - k_2 x \tag{10.46}$$

சமன்பாடு (10.46) மற்றும் (10.45), ஆகியவற்றை சமன்செய்ய நாம் பெறுவது

$$k_p = k_1 + k_2 \tag{10.47}$$

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 212 25-08-2020 15:03:10



படம் 10.20 சுருள்வில்கள் பக்க இணைப்பில் உள்ளபோது தொகுபயன் சுருள்வில்

பொதுவாக n சுருள்வில்கள் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டிருப்பின்,

$$k_p = \sum_{i=1}^{n} k_i \qquad (10.48)$$

அனைத்து சுருள்வில் மாறிலியின் மதிப்பும் சமமெனில் அதாவது

$k_1 = k_2 = \ldots = k_n = k$

$$k_p = n\,k \qquad (10.49)$$

தொகுபயன் சுருள்மாறிலி n மடங்கு அதிகரிக்கும் என்பதை இது காட்டுகிறது. ஆகவே சுருள்வில்கள் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டிருப்பின் தொகுபயன் சுருள் மாறிலி தனித்தனி சுருள் மாறிலியின் மதிப்பினைவிட அதிகமாக இருக்கும்.

குறிப்பு

சுருள் மாறிலி சுருள்வில்லின் நீளத்திற்கு எதிர் விகிதத் தொடர்புடையது

$$k \propto \frac{1}{\text{சுருள்வில்லின் நீளம்}}$$

ஒரு சுருள்வில்லானது இரு துண்டுகளாக வெட்டப்படுவதாகக் கொள்வோம். ஒன்றின் நீளம் l_1 மற்றொன்றின் நீளம் l_2 இங்கு $l_1 = nl_2$ எனில் முதல் நீளத்தின் சுருள் மாறிலி $k_1 = \frac{k(n+1)}{n}$ மற்றும் இரண்டாவது நீளத்தின் சுருள்மாறிலி $k_2 = (n+1)\ k$, ஆகும். இங்கு k என்பது வெட்டப்படுவதற்கு முன்பு சுருள் மாறிலி ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டு 10.10

$1\ \text{N m}^{-1}$ மற்றும் $2\ \text{N m}^{-1}$ சுருள் மாறிலி கொண்ட இரு சுருள்வில்கள் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம். தொகுபயன் சுருள்மாறிலியைக் கணக்கிடுக மேலும் k_p ஐ பற்றி கருத்து கூறுக.

தீர்வு

$$k_1 = 1\ \text{N m}^{-1},\ k_2 = 2\ \text{N m}^{-1}$$

$$k_p = k_1 + k_2\ \text{N m}^{-1}$$

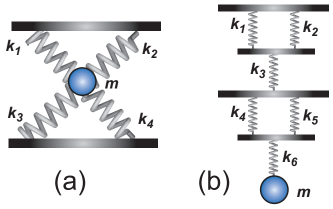
$$k_p = 1 + 2 = 3\ \text{N m}^{-1}$$

$$k_p > k_1 \text{ மேலும் } k_p > k_2$$

எனவே தொகுபயன் சுருள்மாறிலியானது k_1 மற்றும் k_2 மதிப்பைவிட அதிக மதிப்பு கொண்டது.

எடுத்துக்காட்டு 10.11

கீழ்க்காணும் அமைப்புகளின் தொகுபயன் சுருள்வில் மாறிலியின் மதிப்பைக் கணக்கிடுக. அனைத்து சுருள்வில்களுக்கும் சுருள்மாறிலிகளின் மதிப்பு சமம் எனக் கொண்டு கணக்கீடு செய்க.



தீர்வு

a. k_1 மற்றும் k_2 பக்க இணைப்பில் உள்ளதால்,

$k_u = k_1 + k_2$

இதேபோல், k_3 மற்றும் k_4 பக்க இணைப்பில்

$k_d = k_3 + k_4$

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 213 25-08-2020 15:03:12

k_u மற்றும் k_p ஆகியவை தொடரிணைப்பில் உள்ளன.

எனவே $k_{eq} = \dfrac{k_u k_d}{k_u + k_d}$

அனைத்து சுருள்வில் மாறிலிகளும் சமம் என்பதால்

$k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = k$

அதாவது $k_u = 2k$ மற்றும் $k_d = 2k$

எனவே, $k_{eq} = \dfrac{4k^2}{4k} = k$

b. k_1 மற்றும் k_2 பக்க இணைப்பில் உள்ளதால்,

$k_A = k_1 + k_2$

இதேபோல், k_4 மற்றும் k_5 உள்ளதால்,

$k_B = k_4 + k_5$

k_A, k_3, k_B, மற்றும் k_6 தொடரிணைப்பில் உள்ளதால் $\dfrac{1}{k_{eq}} = \dfrac{1}{k_A} + \dfrac{1}{k_3} + \dfrac{1}{k_B} + \dfrac{1}{k_6}$

அனைத்து சுருள் மாறிலிகளும் சமம் என்பதால்

$k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = k_5 = k_6 = k$ எனவே $k_A = 2k$ மற்றும் $k_B = 2k$

$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{2k} + \frac{1}{k} + \frac{1}{2k} + \frac{1}{k} = \frac{3}{k}$$

$$k_{eq} = \frac{k}{3}$$

எடுத்துக்காட்டு 10.12

m நிறையானது v என்ற வேகத்தில் ஒரு உராய்வற்ற கிடைத்தள பரப்பில் சென்று, ஏறத்தாழ நிறையற்ற, சுருள் மாறிலி k கொண்ட சுருள்வில் மீது மோதுகின்றது. மோதலுக்கு பிறகு நிறையானது அமைதிநிலைக்கு வருகின்றது எனில் சுருள்வில்லின் அமுக்கத்தை கணக்கிடுக.

தீர்வு

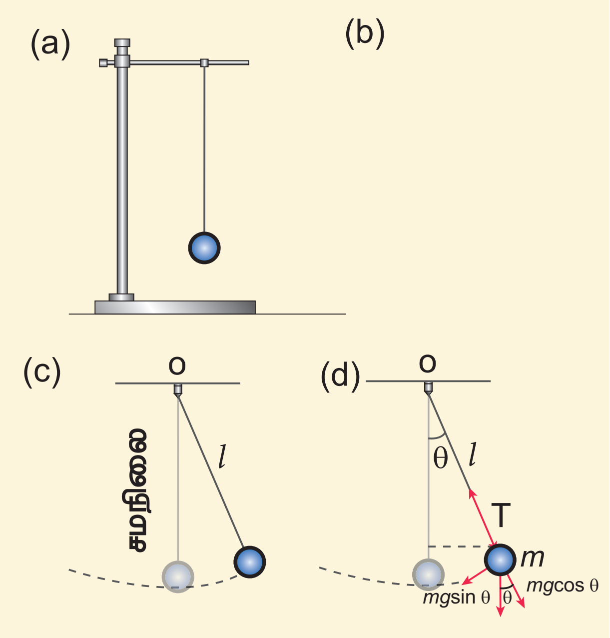
நிறையானது சுருள்வில்லை மோதும்போது நிறையின் இயக்க ஆற்றல் இழப்பானது சுருள்வில்லில் மீள் நிலை ஆற்றலாக பெறப்படுகிறது. (ஆற்றல் மாறாக்கோட்பாட்டின்படி)

x என்பது சுருளின் இறுக்கமடைந்த தூரம் என்க, ஆற்றல் மாறாக் கோட்பாட்டின்படி

$$\frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} k x^2 \Rightarrow x = v\sqrt{\frac{m}{k}}$$

10.4.4 தனிச்சீரிசை இயக்கத்தில் தனி ஊசலின் அலைவுகள் மற்றும் தனிஊசலின் விதிகள்

தனி ஊசல்:



படம் 10.21 தனி ஊசல்

தனி ஊசல் என்பது சீரலைவு இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் ஒரு இயந்திரவியல் அமைப்பாகும். நீளமான கயிற்றில் (நிறையற்ற மீட்சித் தன்மையற்றதாக கருதுக) m நிறை கொண்ட ஊசல்குண்டு ஒரு முனையில் தொங்க விடப்பட்ட நிலையில் மறு முனையானது படத்தில் [படம் 10.21 (a).] காட்டியுள்ளவாறு தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. சமநிலையில், தனி ஊசல் அலைவுறாமல் செங்குத்தாக கீழ்நோக்கி தொங்கிக் கொண்டிருக்கும். இந்நிலை சம நிலைப்புள்ளி அல்லது நடுநிலைப்புள்ளி எனப்படும். தனி ஊசலானது சமநிலைப் புள்ளியிலிருந்து சிறிய இடப்பெயர்ச்சிக்கு உட்படுத்தப்பட்டு விடப்படும் போது, ஊசல் குண்டானது முன்னும் பின்னும் இயக்கத்தை

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 214 25-08-2020 15:03:13

மேற்கொள்ளும். தனி ஊசலின் நீளம் l என்பது தொங்கவிடப்பட்ட புள்ளிக்கும் ஊசல் குண்டின் ஈர்ப்பு மையதிற்கும் இடைப்பட்ட தொலைவு ஆகும்.

படம் 10.21 (d) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் ஊசல் குண்டின் மீது எந்த ஒரு இடம் பெயர்ந்த நிலையிலும் இரு விசைகள் செயல்படுகின்றன.

i. ஈர்ப்பியல் விசை $\vec{F}=m\vec{g}$ செங்குத்தாக கீழ்நோக்கி செயல்படுகிறது.
ii. தொங்கவிடப்பட்ட புள்ளியை நோக்கி கயிற்றின் வழியாக செயல்படும் இழுவிசை $\vec{T}$

ஈர்ப்பியல் விசையின் இருகூறுகளாவன

a. **செங்குத்து கூறு:** கயிற்றின் வழியாக இழுவிசைக்கு எதிர்திசையில் செயல்படும் கூறு . $F_{as} = mg\cos\theta$.
b. **தொடுவியல் கூறு:** கயிற்றிற்கு செங்குத்தாக உள்ள கூறு அதாவது வில்லின் தொடுகோட்டு திசையில் உள்ள கூறு F_{ps} = mg sinθ.

எனவே,

கயிற்றின் வழியே விசையின் செங்குத்துக்கூறு

$$T-F_{as}=m\frac{v^2}{l}$$

இங்கு v என்பது ஊசல் குண்டின் வேகம்

$$T-mg\cos\theta=m\frac{v^2}{l} \qquad (10.50)$$

படம் 10.21 – ஐ நாம் உற்று நோக்கும்போது ஈர்ப்பியல் விசையின் தொடுகோட்டு கூறானது எப்பொழுதும் சமநிலை நோக்கியே அமையும். அதாவது ஈர்ப்பியல் விசையானது, ஊசல் குண்டின் சமநிலைப்புள்ளியிலிருந்து அடைந்த இடப்பெயர்ச்சியின் எதிர்திசையில் அமையும். இந்த தொடுவியல் விசையே மீள் விசையாகும். தொடுவியல் விசையை நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியின் மூலம் நாம் பெறலாம்.

குறிப்பு

நியூட்டனின் 2 வது விதியிலிருந்து $\vec{F}=m\vec{a}$ இங்கு இடப்பக்கத்தில் நிகரவிசை T-F_{as} மற்றும் வலது பக்கத்தில் m$\vec{a}$ மையநோக்கு விசைக்கு $\left(\frac{mv^2}{l}\right)$ சமமமாக உள்ளதால் ஊசல் குண்டு அலைவுறுகிறது.

$$m\frac{d^2s}{dt^2}+F_{ps}=0 \Rightarrow m\frac{d^2s}{dt^2}=-F_{ps}$$

$$m\frac{d^2s}{dt^2}=-mg\sin\theta \qquad (10.51)$$

இங்கு s என்பது ஊசல் குண்டின் இடப் பெயர்ச்சியாகும். இது வட்டவில்லின் வழியே அளவிடப்படுகிறது.

வட்ட வில்லின் நீளத்தை கோண இடப்பெயர்ச்சியின் வாயிலாக பெறலாம். அதாவது

$$s=l\,\theta \qquad (10.52)$$

இதன் முடுக்கம்,

$$\frac{d^2s}{dt^2}=l\frac{d^2\theta}{dt^2} \qquad (10.53)$$

சமன்பாடு (10.53) ஐ சமன்பாடு (10.51), ல் பிரதியிட

$$l\frac{d^2\theta}{dt^2}=-g\sin\theta$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2}=-\frac{g}{l}\sin\theta \qquad (10.54)$$

மேற்கண்ட வகைக்கெழு சமன்பாட்டில் sin θ இருப்பதனால், இச்சமன்பாடு நேர்போக்கற்ற (இரண்டாம் வரிசை ஒருபடித்தான) சமன்பாடாகும். சிறிய அலைவுகளுக்கு தோராயமாக sin $\theta \approx \theta$ என்பதால் மேற்கண்ட வகைக்கெழு சமன்பாடு நேர்போக்கு வகைக்கெழுச் சமன்பாடாகிறது.

$$\frac{d^2\theta}{dt^2}=-\frac{g}{l}\theta \qquad (10.55)$$

இது நன்கு அறிந்த அலையியக்கத்திற்கான வகைக்கெழு சமன்பாடு. எனவே அலையியற்றியின் கோண அதிர்வெண்ணானது (அமைப்பின் இயல்பு அதிர்வெண்)

$$\omega^2=\frac{g}{l} \qquad (10.56)$$

$$\omega=\sqrt{\frac{g}{l}}\ \text{rad}\ s^{-1} \qquad (10.57$$

அலையியக்கத்தின் அதிர்வெண்

$$f=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}\ \text{Hz} \qquad (10.58)$$

அலையியக்கத்தின் அலைவுநேரம்

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\ s \qquad (10.59)$$

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 215 25-08-2020 15:03:17

தனி ஊசலின் விதிகள்

தனி ஊசலின் அலைவுநேரமானது

a. கீழ்க்கண்ட விதிகளின் அடிப்படையில் அமைந்துள்ளது.

(i) **நீளத்தின் விதி**

கொடுக்கப்பட்ட புவிஈர்ப்பு முடுக்கத்தின் மதிப்பிற்கு, தனி ஊசலின் அலைவுநேரம் தனிஊசலின் நீளத்தின் இருமடி மூலத்திற்கு நேர்த்தகவில் அமையும்.

$$T \propto \sqrt{l} \qquad (10.60)$$

(ii) **முடுக்கத்தின் விதி**

கொடுக்கப்பட்ட தனி ஊசலின் நீளம் மாறாதிருக்கும் போது ஊசலின் அலைவுநேரம் புவிஈர்ப்பு முடுக்கத்தின் இருமடி மூலத்திற்கு எதிர்தகவில் அமையும்.

$$T \propto \frac{1}{\sqrt{g}} \qquad (10.61)$$

b. **பின்வரும் காரணிகளைச் சார்ந்திருக்காது**

(i) **ஊசல் குண்டின் நிறை**

தனி ஊசலில் ஊசல் குண்டின் அலைவுநேரம் நிறையை சார்ந்திராது. இது தானே கீழே விழும் பொருளின் இயக்கத்தை போன்றது. எனவே மாறாத நீளம் கொண்ட தனிஊசலில் ஊசல் குண்டாக யானை ஊசலுற்றாலும் எறும்பு ஊசலுற்றாலும் அலைவுக் காலம் பாதிக்காது. இரண்டும் ஒரே அலைவுக்காலத்தை பெற்றிருக்கும்.

(ii) **அலைவுகளின் வீச்சு**

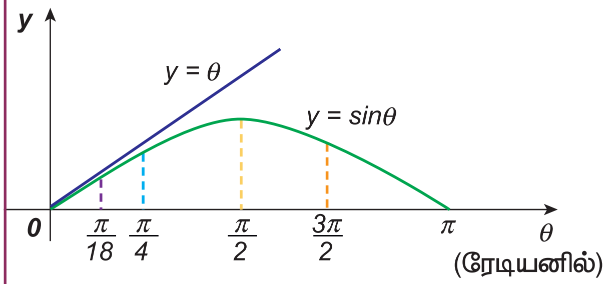
சிறிய கோண அளவுகளில் தனி ஊசல் (கோண இடப்பெயர்ச்சி சிறியதாக உள்ளபோது) அலைவுற்றால் அலைவுநேரம் வீச்சினை சார்ந்திராது.

எடுத்துக்காட்டு 10.13

தனி ஊசல் சோதனைகளில், தோராயமாக சிறிய கோணங்களை பயன்படுத்துவோம். இச்சிறிய கோணங்களை விவாதிக்க

θ (டிகிரியில்)	θ (ரேடியனில்)	sin θ
0	0	0
5	0.087	0.087
10	0.174	0.174
15	0.262	0.256
20	0.349	0.342
25	0.436	0.422
30	0.524	0.500
35	0.611	0.574
40	0.698	0.643
45	0.785	0.707

θ என்பது ரேடியனில் உள்ளபோது, சிறிய கோணங்களுக்கு $\sin\theta \approx \theta$



அதாவது θ வானது 10 டிகிரி மற்றும் அதைவிட குறைவாக இருக்கும்போது, θ *வை ரேடியனில் குறிப்பிட்டால்* $\sin\theta$ வானது θ வுக்கு சமம். θ அதிகரிக்கும்பொழுது $\sin\theta$ மதிப்பானது θ விலிருந்து படிப்படியாக வேறுபடுகிறது.

வெப்பநிலையினால் தனி ஊசலின் நீளத்தில் ஏற்படும் விளைவு

வெப்பநிலை மாறுபாட்டின் காரணமாக தொங்கவிடப்பட்ட கம்பியானது பாதிப்–படைகிறது என கொள்க. வெப்பநிலை உயர்த்தும்போது கம்பியின் நீளத்தில் ஏற்படும் பாதிப்பானது

$$l = l_o(1 + \alpha\,\Delta t)$$

என மாற்றமடைகிறது. இங்கு l_o என்பது கம்பியின் ஆரம்ப நீளம் மற்றும் l என்பது வெப்பநிலையின் உயர்வால் ஏற்படும்

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 216 25-08-2020 15:03:18

கம்பியின் இறுதி நீளம். Δt என்பது வெப்பநிலை மாற்றம் மற்றும் α என்பது நீள்விரிவெண் என்க. எனவே

எனவே, $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{l_0(1+\alpha\Delta t)}{g}}$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{l_0}{g}}\sqrt{(1+\alpha\Delta t)}$$

$$T = T_0\,(1+\alpha\Delta t)^{\frac{1}{2}} \approx T_0\,(1+\frac{1}{2}\alpha\Delta t)$$

$$\Rightarrow \quad \frac{T}{T_0} - 1 = \frac{T-T_0}{T_0} = \frac{\Delta T}{T_0} = \frac{1}{2}\alpha\Delta t$$

இங்கு ΔT என்பது வெப்பநிலை மாறுபாட்டின் காரணமாக அலைவு நேரத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடு மற்றும் T_0 என்பது தனிஊசலின் தொடக்க நீளம் l_0 ஆக உள்ளபோது உள்ள அலைவுநேரம்.

எடுத்துக்காட்டு 10.14:

ஒரு தனி ஊசலின் நீளம் அதன் தொடக்க நீளத்திலிருந்து 44% அதிகரிக்கிறது எனில் தனிஊசலின் அலைவுநேரம் அதிகரிக்கும் சதவீதத்தை கணக்கிடுக.

தீர்வு

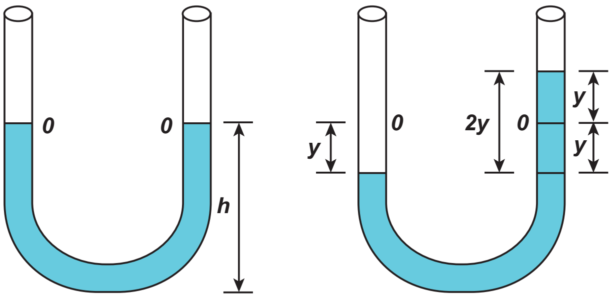
$T \propto \sqrt{l}$ என்பதால்

T = மாறிலி $\sqrt{l}$

$$\frac{T_f}{T_i} = \sqrt{\frac{l + \frac{44}{100}l}{l}} = \sqrt{1.44} = 1.2$$

எனவே, $T_f = 1.2\,T_i = T_i + 20\%\,T_i$

U வடிவக் குழாயின் திரவத்தம்பத்தின் அலைவுகள்:



படம் 10.22 U– வடிவ கண்ணாடிக் குழாய்

ஒரு சீரான குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு A கொண்ட திறந்த புயங்களைக் கொண்ட U வடிவ கண்ணாடிக் குழாயை கருதுக. படம் 10.22–ல் காட்டப்பட்டதுபோல், பாகுநிலையற்ற, அமுக்க இயலாத ρ அடர்த்தி கொண்ட திரவமானது U வடிவக் குழாயின் புயங்களில் h உயரத்திற்கு நிரப்பப்பட்டுள்ளதாக கொள்க. குழாயும் திரவமும் அசைவற்ற நிலையில் உள்ளதெனில் திரவத்தம்ப மட்டம் சமநிலைப் புள்ளி O வில் இருக்கும். திரவத்தின் மீது எந்த ஒரு புள்ளியில் அழுத்தத்தை அளவிட்டாலும் சமமாக இருக்கும். மேலும் புயங்களின் மேற்பகுதியிலும் அழுத்தம் (குழாயின் இருபுறங்களின் உள்ள முனைகளில்) சமமாக இருக்கும். இவ்வழுத்தம் வளிமண்டல அழுத்தத்திற்குச் சமம். இதனால் குழாயின் புயங்களில் திரவமட்டங்கள் சமநிலையில் இருக்கும். ஏதேனும் ஒரு புயத்தில் நாம் காற்றை ஊதுவதன் மூலம் தேவையான விசையை செலுத்துவதால் சமநிலைப் புள்ளி O விலிருந்து திரவ மட்டம் மாறுபடுகிறது. அதாவது ஒரு புயத்தில் ஊதப்பட்ட காற்றின் அழுத்தம் மற்றொரு புயத்தைவிட அதிகம். இந்த அழுத்த மாறுபாடு திரவத்தை நடு அல்லது சமநிலைப் பொருத்து சிறிது நேரம் அலைவுகளை உருவாக்குகிறது பின் இறுதியாக அமைதி நிலைக்கு திரும்புகிறது. இதன் அலைவுநேரம்.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{2g}} \text{ விநாடி} \qquad (10.62)$$

இங்கே l என்பது U – வடிவ குழாயில் உள்ள **திரவத்தம்பத்தின் மொத்தநீளம்**

10.5 தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் ஆற்றல்

a. நிலை ஆற்றலுக்கான சமன்பாடு

தனிச்சீரிசை இயக்கத்தில் விசைக்கும் இடப்பெயர்ச்சிக்கும் இடையேயான தொடர்பு ஹுக் விதியின்படி

$$\vec{F} = -k\vec{r}$$

பொதுவாக விசை என்பது வெக்டர் அளவு ஆதலால் முப்பரிமாணத்தில் இது மூன்று கூறுகளை கொண்டது. மேலும் மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் விசையானது ஆற்றல் மாற்றா விசையாகும். இந்த விசையை ஒருகூறு கொண்ட ஸ்கேலார் சார்பிலிருந்து தருவிக்க முடியும். ஒருபரிமாண இயக்கத்தில்

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 217 25-08-2020 15:03:20

$$F = -\,k\,x \quad (10.63)$$

தொகுதி 1, அலகு 4 இல் விவாதித்தது போல் ஆற்றல் மாற்றா விசைப்புலத்தினால் செய்யப்பட்ட வேலை பாதையைச் சார்ந்திராது. கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து அதன் நிலையாற்றலைக் கணக்கிட முடியும்.

$$F = -\frac{dU}{dx} \quad (10.64)$$

(10.63) வையும் (10.64), யையும் ஒப்பிட

$$-\frac{dU}{dx} = -\,kx$$

$$dU = k\,x\,dx$$

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

ஒப்பு மாறி

தொகையீட்டு மாறிலி x' என்பது ஒப்பு மாறியாகும்.

$$\int_0^y tdt = \int_0^y xdx = \int_0^y pdp = \frac{y^2}{2}$$

மாறி t, x மற்றும் p என்பன ஒப்பு மாறிகள் ஏனெனில் தொகையீட்டின் போது t, x அல்லது p ஆகிய எந்த மாறிகளை வைத்து தொகையீட்டை நாம் செய்யும்போதும் ஒரே விடை கிடைக்கப்பெறும்.

சிறிய இடப்பெயர்ச்சி dx– ஐ மேற்கொள்ள F என்ற விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை நிலை ஆற்றலாக சேகரிக்கப்படுகிறது.

$$U(x) = \int_0^x k\,x'\,dx' = \frac{1}{2}k\left(x'\right)^2\Big|_0^x = \frac{1}{2}kx^2 \quad (10.65)$$

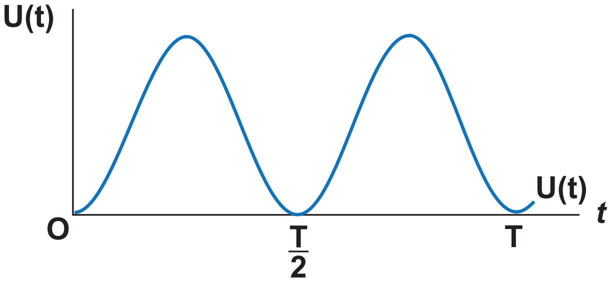
சமன்பாடு (10.22), லிருந்து விசை மாறிலியின் மதிப்பு $k = m\,\omega^2$ யை சமன்பாடு (10.65) இல் நாம் பிரதியிட

$$U(x) = \frac{1}{2}m\omega^2x^2 \quad (10.66)$$

இங்கு, ω என்பது அலைவுறு அமைப்பின் இயல்பு அதிர்வெண். சமன்பாடு (10.6) லிருந்து சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் துகள்களுக்கு, நாம் பெறுவது

$$x = A\sin\omega t$$

$$U(t) = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2\omega t \quad (10.67)$$



படம் 10.23 காலத்தைப் பொருத்து நிலை ஆற்றல் மாறுபாடு

உங்கள் சிந்தனைக்கு

நிலை ஆற்றலானது சிறுமம் எனில் இரண்டாம் நிலை வகைக்கெழு நேர் மதிப்பில் இருக்கும் ஏன்?

b. இயக்க ஆற்றலுக்கான சமன்பாடு

இயக்க ஆற்றல்

$$KE = \frac{1}{2}mv_x^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 \quad (10.68)$$

துகளானது சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்கிறது எனில், சமன்பாடு (10.6) லிருந்து

$$x = A\sin\omega t$$

எனவே திசைவேகமானது

$$v_x = \frac{dx}{dt} = A\omega\cos\omega t \quad (10.69)$$

$$= A\omega\sqrt{1-\left(\frac{x}{A}\right)^2}$$

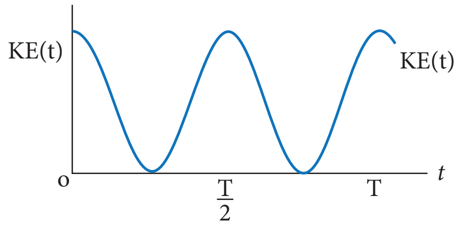
$$v_x = \omega\sqrt{A^2 - x^2} \quad (10.70)$$

எனவே,

$$KE = \frac{1}{2}mv_x^2 = \frac{1}{2}m\omega^2\left(A^2 - x^2\right) \quad (10.71)$$

$$KE = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\cos^2\omega t \quad (10.72)$$

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 218 25-08-2020 15:03:24



படம் 10.24 காலத்தைப் பொருத்து இயக்க ஆற்றல் மாறுபாடு

c. மொத்த ஆற்றலுக்கான சமன்பாடு

இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலை ஆற்றல் இவற்றின் கூடுதல் மொத்தஆற்றல் ஆகும்.

$$E = KE + U \qquad (10.73)$$

$$E=\frac{1}{2}m\omega^2(A^2-x^2)+\frac{1}{2}m\omega^2x^2$$

எனவே, x^2 ஐ நீக்க,

$$E=\frac{1}{2}m\omega^2A^2 = \text{ மாறிலி} \qquad (10.74)$$

மறுதலையாக சமன்பாடு (10.67) மற்றும் சமன்பாடு (10.72), லிருந்து நாம் பெறும் மொத்த ஆற்றல்

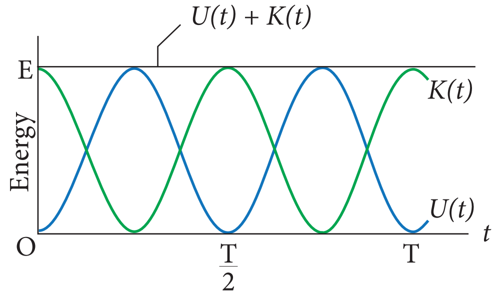
$$E=\frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2\omega t+\frac{1}{2}m\omega^2A^2\cos^2\omega t$$

$$=\frac{1}{2}m\omega^2A^2(\sin^2\omega t+\cos^2\omega t)$$

திரிகோணமிதி முற்றொருமையிலிருந்து,

$$(\sin^2\omega t + \cos^2\omega t) = 1$$

$$E=\frac{1}{2}m\omega^2A^2 = \text{ மாறிலி}$$



படம் 10.25 நிலை ஆற்றல் மற்றும் இயக்க ஆற்றல் இரண்டும் மாறுபடும் ஆனால் மொத்த ஆற்றல் மாறாது

எனவே மொத்த ஆற்றலைக் கொண்டு பெறப்படும் சீரிசை அலையியற்றியின் வீச்சு

$$A=\sqrt{\frac{2E}{m\omega^2}}=\sqrt{\frac{2E}{k}} \qquad (10.75)$$

எடுத்துக்காட்டு 10.15

ஒருபரிமாண இயக்கத்திற்கான இயக்க ஆற்றல் மற்றும் மொத்த ஆற்றல் இவற்றின் சமன்பாடுகளை நேர்க்கோட்டு உந்தத்தைக் கொண்டு எழுதுக.

தீர்வு

இயக்க ஆற்றல் $KE=\frac{1}{2}mv_x^2$

பகுதி மற்றும் தொகுதியை m ஆல் பெருக்க

$$KE=\frac{1}{2m}m^2v_x^2=\frac{1}{2m}(mv_x)^2=\frac{1}{2m}p_x^2$$

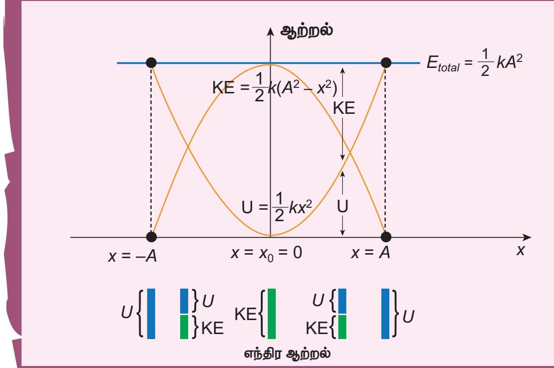
இங்கு, p_x என்பது சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் துகளின் நேர்க்கோட்டு உந்தம்.

குறிப்பு

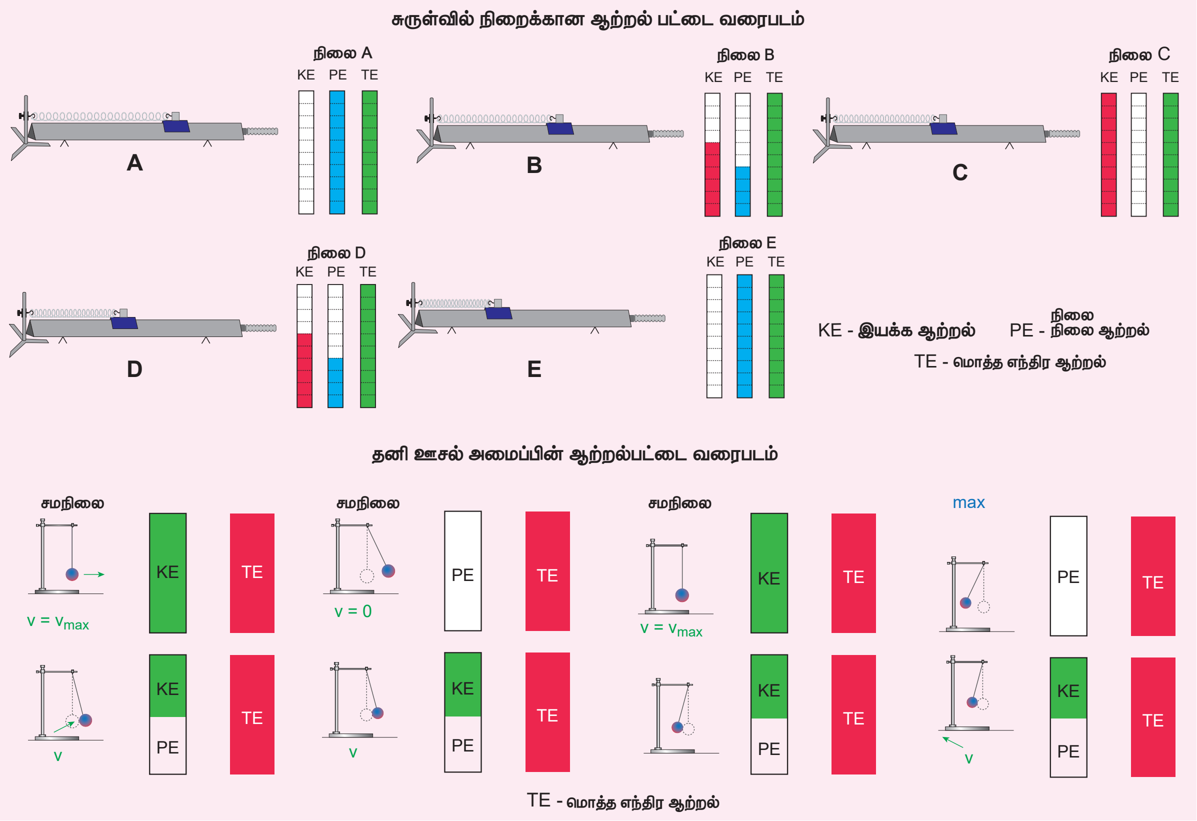
ஆற்றல் மாறா விதி:

இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலை ஆற்றல் இரண்டும் சீரலைவு சார்பு மற்றும் அவற்றின் மதிப்புகள் அலைவுகாலம் $\frac{T}{2}$ பிறகு மீண்டும் நிகழும். ஆனால் x அல்லது t ன் எல்லா மதிப்புகளுக்கும் மொத்த ஆற்றல் மாறிலி. தனிச்சீரிசை இயக்கத்திற்கு இயக்க ஆற்றலும் நிலை ஆற்றலும் எப்பொழுதும் நேர்க்குறி. இயக்க ஆற்றலை எதிர்மதிப்பில் எடுத்துக்கொள்ளக்கூடாது. ஏனெனில் இது திசைவேகத்தின் இருமடிக்கு நேர்விகிதப் பொருத்தமடையாது என்பதை நினைவில் கொள்க.

ஒரு இயற்பியல் அளவின் அளவீடு இயல் எண்ணாகவே இருக்க வேண்டும். இயக்க ஆற்றல் எதிர்குறி எனில், திசைவேகத்தின் எண்மதிப்பு கற்பனை எண்ணாகும், இது நடைமுறையில் ஏற்புடையது அல்ல. சமநிலையில் முழுவதும் இயக்க ஆற்றலாகவும், பெரும நிலையில் முற்றிலும் நிலையாற்றலாகவும் இருக்கும்.



UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 219 25-08-2020 15:03:27



படம் 10.26 ஆற்றல் மாறா விதி – சுருள்வில் நிறை மற்றும் தனி ஊசல் அமைப்பு

மொத்த ஆற்றல் என்பது இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலை ஆற்றல்களின் கூடுதல் ஆகும். எனவே சமன்பாடு (10.73) மற்றும் சமன்பாடு (10.75) லிருந்து

$$E = KE + U(x) = \frac{1}{2m} p_x^2 + \frac{1}{2} m\omega^2 x^2 = \text{மாறிலி}$$

எடுத்துக்காட்டு 10.16:

அலைவுறும் துகளின் நிலை ஆற்றல் மற்றும் இயக்க ஆற்றல் இரண்டும் சமமாக உள்ள நிலையை கணக்கிடுக.

தீர்வு

அலைவுறும் துகளின் நிலை ஆற்றல் மற்றும் இயக்க ஆற்றல் இரண்டும் சமம் எனில்

$$\frac{1}{2} m\omega^2 (A^2 - x^2) = \frac{1}{2} m\omega^2 x^2$$

$$A^2 - x^2 = x^2$$

$$2x^2 = A^2$$

$$\Rightarrow x = \pm \frac{A}{\sqrt{2}}$$

10.6 அலைவுகளின் வகைகள்

10.6.1 கட்டற்ற அலைவுகள்

அலையியற்றியை அதன் சமநிலைப்புள்ளியிலிருந்து இடம்பெயரச் செய்து அலைவுறச் செய்தால் அது அலைவுறும் அதிர்வெண்ணானது இயல்பு அதிர்வெண்ணிற்கு சமமாக இருக்கும். இவ்வகை அலைவுகள் அல்லது அதிர்வுகள் கட்டற்ற அலைவுகள் அல்லது கட்டற்ற அதிர்வுகள் எனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்:

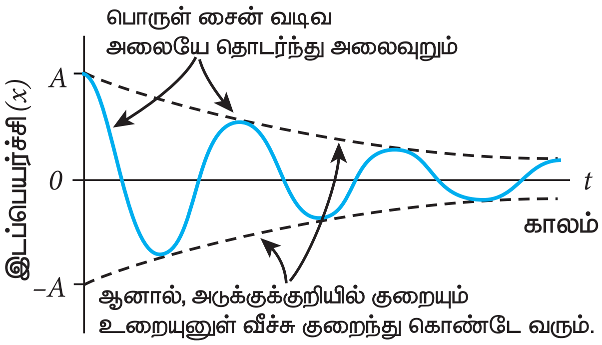
i. இசைக்கவையின் அதிர்வுகள்.
ii. இழுத்துக்கட்டப்பட்ட கம்பியின் அதிர்வுகள்.
iii. தனி ஊசலின் அலைவுகள்.
iv. சுருள்வில் நிறை அமைப்பின் அலைவுகள்.

10.6.2 தடையுறு அலைவுகள்

தனி ஊசல் அலைவுறும் போது (முந்தைய நிகழ்வில்) அலைவின் வீச்சானது மாறிலி எனவும்

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 220 25-08-2020 15:03:28

அலையியற்றியின் மொத்த ஆற்றல் மாறாதது எனவும் எடுத்துக் கொள்கிறோம். ஆனால் உண்மையில் ஊடகத்தின் உராய்வு மற்றும் காற்றின் இழுவையால் காலம் அதிகரிக்கும்போது வீச்சு குறைகின்றது. இதன் அலைவுகள் நிலைநிறுத்தப்படாமல் இருக்கும் மற்றும் சீரிசை அலையியற்றின் ஆற்றல் படிப்படியாக குறைகின்றது. இந்த ஆற்றல் இழப்பு அலையியற்றி சூழ்ந்துள்ள ஊடகம் உட்கவர்தலால் ஏற்படுகிறது. இந்த வகை அலை இயக்கம் தடையுறு அலைவுகள் என அழைக்கப்படுகின்றது. வேறுவிதமாக கூறினால் அலையின் வீச்சு குறைகின்றது மற்றும் அலையியற்றியின் ஆற்றல் ஊடகத்தின் தடைக்கு எதிராக செய்யப்பட்ட வேலையாக மாற்றப்படுகிறது. இவ்வகை இயக்கம் தடையுறு இயக்கம் என அழைக்கப்படுகின்றது மற்றும் இந்நிகழ்வில் உராய்வு விசை (தடையுறு விசை) அலையி–யற்றியின் திசைவேகத்திற்கு நேர்தகவில் இருக்கும்.



படம் 10.27 தடையுறு சீரிசை அலையியற்றி – காலம் அதிகரிக்கும்போது வீச்சு குறைகிறது

எடுத்துக்காட்டுகள்:

i. தனி ஊசலின் அலைவுகள் (காற்றின் தடையுடன்) அல்லது எண்ணெய் நிரப்பப்பட்ட கலனிற்குள் தனி ஊசலின் அலைவுகள்.
ii. தொட்டிச் சுற்றில் ஏற்படும் மின்காந்த அலைவுகள்
iii. கால்வனா மீட்டரில் ஏற்படும் தடையுறு அலைவு

10.6.3 நிலைநிறுத்தப்பட்ட அலைவுகள்

ஊசலில் ஆடிக் கொண்டிருக்கும்போது ஒரு சில அலைவுகளுக்கு பிறகு அலைவு நிறுத்தப்படும். இதற்கு காரணம் தடையுறு விசையாகும். இதனைத் தவிர்க்க தள்ளு விசையைச் செலுத்தி அலைவுகளானது நிலை நிறுத்தப்படுகிறது. புற மூலத்திலிருந்து ஆற்றலை பயன்படுத்தி அலையியற்றிக்கு அளிப்பதனால் அலைவுகளின் வீச்சு மாறாமல் இருக்கும். இவ்வகை அதிர்வுகளை நிலை நிறுத்தப்பட்ட அதிர்வுகள் என்கிறோம்.

எடுத்துக்காட்டு:

அதிர்வுறும் இசைக்கவையின் ஆற்றலை மின்கலஅடுக்கு அல்லது மின் மூலத்திலிருந்து பெறச்செய்தல்

10.6.4 திணிப்பு அதிர்வுகள்

எந்த ஒரு அலையியற்றி, தான் இழந்த ஆற்றலை புறச்சீரலைவு அமைப்பினால் பெற்று தொடர்ந்து இயங்குகின்றதோ அந்த அலையியற்றியை திணிப்பு அலையியற்றி அல்லது இயக்கப்பட்ட அலையியற்றி என அழைக்கின்றோம்.

இவ்வகை அதிர்வுகளில், பொருளானது ஆரம்பத்தில் இயல்பு அதிர்வெண்ணில் அதிர்வுறும் பின்னர் புற சீரலைவு விசையின் காரணமாக புற சீரலைவு விசையின் அதிர்வெண்ணில் அதிர்வுறும். இத்தகைய அதிர்வுகள் திணிப்பு அதிர்வுகள் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு:

கம்பி இசைக் கருவிகளில் பெறப்படும் அதிர்வுகள்

10.6.5 ஒத்ததிர்வு

ஒத்ததிர்வு திணிப்பு அதிர்வின் சிறப்பு நிகழ்வு ஆகும். இங்கு புற சீரலைவு விசையின் (அல்லது இயக்கி விசையின்) அதிர்வெண்ணும் அதிர்வுறும் பொருளின் இயல்பு அதிர்வெண்ணும் சமமாக இருக்கும். இதன் விளைவினால் அதிர்வுறும் பொருளின் வீச்சு அதிகரிக்க ஆரம்பித்து பெரும வீச்சு நிலையைப் பெறும். இந்த நிகழ்வை ஒத்ததிர்வு எனவும் அதன் அதிர்வுகள் ஒத்திசைவு எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு:

ஒலியால் கண்ணாடி உடைதல்

குறிப்பு

ரேடியோ (அல்லது தொலைக்–காட்சி) ஏற்பி சுற்றுக்களை, ரேடியோ நிலையத்துடன் (அல்லது தொலைக்காட்சி) இசைவு செய்தலில் ஒத்திசைவு தத்துவம் பயன்படுகிறது.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

ஒத்திசைவு அதிர்வுகள் பாலத்தில் ஏற்படுவதை தவிர்க்க பாலத்தின் மீது இராணுவ வீரர்கள் அணிவகுத்து கடந்து செல்ல அனுமதிக்கப்பட மாட்டார்கள்.

இராணுவ வீரர்கள் பாலத்தைக் கடந்து செல்லும்போது, அவர்கள் பாலத்தின் மீது காலடி எடுத்து வைக்கும் அதிர்வெண் பாலத்தின் இயல்பு அதிர்வெண்ணிற்கு சமம் எனில் இப்பாலம் ஒத்திசை அதிர்வுகளை பெறலாம். வீச்சின் மதிப்பு மிகப்பெரியது என்பதால் பாலம் இடிந்துவிழ வாய்ப்புள்ளது.

குறிப்பு

மின்தூக்கியில் தனி ஊசல்:

(i) a முடுக்கத்துடன் மேல்நோக்கி இயங்கும் மின்தூக்கி ஈர்ப்பு முடுக்கத்தால் ஏற்படும் தொகுபயன் முடுக்கம்.

$g_{eff} = g + a$ என்பதால் அலைவுநேரம்

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_{eff}}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{(g+a)}}$$

அலைவுக்காலமானது புவிஈர்ப்பு முடுக்கத்திற்கு எதிர்தகவில் தொடர்புடையது. எனவே மின்தூக்கி மேலே இயங்கும்போது அலைவுக் காலம் குறைகிறது.

(ii) a முடுக்கத்துடன் கீழ்நோக்கி இயங்கும் மின்தூக்கி தொகுபயன் $g_{eff} = g - a$ என்பதால்

அலைவுநேரம் $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_{eff}}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{(g-a)}}$.

அலைவுக் காலமானது புவிஈர்ப்பு முடுக்கத்திற்கு எதிர்தகவில் உள்ளதால் மின்தூக்கி கீழ்நோக்கி இயங்கும்போது அலைவுநேரம் அதிகரிக்கும்.

(iii) மின் தூக்கியானது $a > g$ வுடன் விழும்போது தொகுபயன் முடுக்கம் $g_{eff} = a - g$. எனவே, அலைவுநேரம்

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_{eff}}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{(a-g)}}$$

இந்நிகழ்வில், ஊசல் தலைகீழாக திரும்பி அதனுடைய பெரும உயரப்புள்ளியைப் பொருத்து அலைவுறும்.

(iv) மின்தூக்கியானது a = g என்ற முடுக்கத்துடன் கீழே விழும்போது தொகுபயன் முடுக்கம் $g_{eff} = g - g = 0$. எனவே அலைவுநேரம்

$T \rightarrow \infty$ எனும்போது ஊசலானது அலைவுறாது மற்றும் அதன் இயக்கம் நிறுத்தப்படுகிறது.

(v) தனிஊசலானது கிடைத்தளத்தில் a முடுக்கத்துடன் இயங்கிக் கொண்டு இருக்கும் காரில் வைக்கப்பட்டுள்ளது எனில் தொகுபயன் முடுக்கம் $g_{eff} = \sqrt{g^2 + a^2}$ எனவே, அலைவுநேரம்

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_{eff}}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{\sqrt{g^2+a^2}}}.$$

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 222 25-08-2020 15:03:29

பாடச்சுருக்கம்

- ஒரு பொருள் அல்லது துகள் குறிப்பிட்ட கால இடைவெளியில் ஒரு புள்ளியை ஆதாரமாகக் கொண்டு முன்னும் பின்னும் திரும்ப திரும்ப இயக்கமடைந்தால் அவ்வியக்கம் அலை இயக்கம் அல்லது அதிர்வியக்கம் எனப்படும்.
- தனிச்சீரிசை இயக்கத்திற்கு ஒரு பொருளின்மீது செயல்படும் விசை அல்லது முடுக்கமானது நிலையான புள்ளியிலிருந்து அது அடைந்த இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர்தகவிலும் எப்பொழுதும் அந்நிலைப்புள்ளியை நோக்கியதாக அமையும்.

$$\text{விசை } F_x = -k\,x$$

- இங்கு k என்பது விசை மாறிலி, அதன் மதிப்பு ஓரலகு நீளத்தில் சுருள்வில் உணரும் விசைக்குச் சமம்.
- சீரிசை இயக்கத்திலுள்ள துகள் ஒன்றின் இடப்பெயர்ச்சி, $y = A \sin \omega t$.
- சீரிசை இயக்கத்திலுள்ள துகள் ஒன்றின் திசைவேகம் $v = A\,\omega \cos \omega t = \omega\sqrt{A^2 - y^2}$.
- சீரிசை இயக்கத்திலுள்ள துகள் ஒன்றின் முடுக்கம், $a = \frac{d^2y}{dt^2} = -\omega^2 y$.
- துகள் ஒன்று ஒரு அலைவை முழுமையாக நிகழ்த்த எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் அலைவு நேரம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. இதனை T எனக் குறிப்பிடலாம். அலைவுநேரம் $T = \frac{2\pi}{\omega}$.
- ஒரு துகளால் ஓரலகு காலத்தில் ஏற்படுத்தும் அலைவுகளின் எண்ணிக்கை அதிர்வெண் எனப்படும். இது f என குறிக்கப்படுகிறது. இதன் அலகு s^{-1} அல்லது ஹெர்ட்ஸ் கணிதமுறைப்படி அதிர்வெண்ணானது அலைவுக்காலத்துடன் $f = \frac{1}{T}$ எனும் தொடர்பை பெற்றுள்ளது.
- கோணச்சீரிசை இயக்கத்தின் அதிர்வெண் $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\kappa}{I}}$ in Hz
- n சுருள்வில் தொடர் இணைப்பில் உள்ளபோது சுருள் மாறிலியின் தொகுபயன்

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \ldots + \frac{1}{k_n} = \sum_{i=0}^{n} \frac{1}{k_i}$$

- n சுருள்வில்கள் பக்க இணைப்பில் உள்ளபோது சுருள் மாறிலிகளின் தொகுபயன்

$$k_p = \sum_{i=1}^{n} k_i$$

- U வடிவக் குழாயில் உள்ள திரவம் அலைவுறும்போது அதன் அலைவுநேரம் $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{2g}}$ விநாடி
- ஆற்றல் மாறா அமைப்பு ஒன்றில் ஒரு பரிமாணத்தில் விசையின் புலமானது நிலையாற்றலில் இருந்து எண்ணியல் முறையில் $F = -\frac{dU}{dx}$ எனப் பெறப்படுகிறது.
- தனிச்சீரிசை இயக்கத்தில் உள்ள துகள் ஒன்றின் நிலை ஆற்றல் $U(x) = \frac{1}{2} m\omega^2 x^2$.
- தனிச்சீரிசை இயக்கத்தில் உள்ள துகள் ஒன்றின் இயக்க ஆற்றல் $KE = \frac{1}{2} m v_x^2 = \frac{1}{2} m\omega^2 (A^2 - x^2)$.
- சீரிசை இயக்கத்தில் உள்ள துகள் ஒன்றின் மொத்த ஆற்றல் $E = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2 =$ மாறிலி
- அலைவுகளின் வகைகள் – கட்டற்ற அலைவுகள், தடையுறு அலைவுகள், நிலைநிறுத்தப்பட்ட அலைவுகள் மற்றும் திணிப்பு அதிர்வுகள்
- ஒத்ததிர்வு என்பது திணிப்பு அதிர்வுகளின் சிறப்பு வகையாகும்.

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 223 25-08-2020 15:03:32

கருத்து வரைபடம்

அலைவுகள்

தனிச்சீரிசை இயக்கம் (SHM)

$F = -kx \quad x = +A\sin\omega t$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$$

$a = -\omega^2 A \sin\omega t$

$a = -\omega^2 y$

$F = -\frac{dU}{dx}$ — $U = \frac{1}{2}kx^2$

$TE = \frac{1}{2}kA^2$ — $KE = \frac{1}{2}mv^2$

$V = A\omega\cos\omega t$

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

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

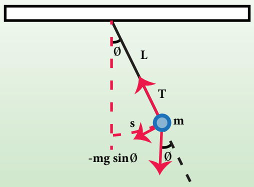
நேர்ப்போக்கு SHM

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

கோண SHM

$\omega = \sqrt{\frac{\kappa}{I}}$

தனி ஊசல்



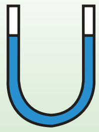
வகைக்கெழுச் சமன்பாடு

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l}\theta$$

அலைவு நேரம்

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

U – வடிவகுழாய்



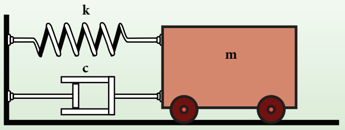
வகைக்கெழுச் சமன்பாடு

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{2g}{l}y$$

அலைவு நேரம்

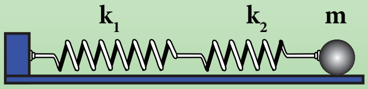
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{2g}}$$

சுருள்வில் –நிறை அமைப்பு



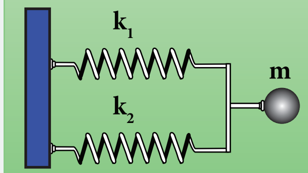
சுருள்வில்கள் இணைப்பு

(1) தொடர் இணைப்பு



$$k_s = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$

(2) பக்க இணைப்பு



$$k_p = k_1 + k_2$$

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 224 25-08-2020 15:03:33

I. சரியான விடையை தேர்தெடுக்க

1. தனிசீரிசை இயக்கத்தில் ஒரு முழு அலைவிற்கான இடப்பெயர்ச்சிக்கு எதிரான முடுக்கமானது ஏற்படுத்துவது

(NSEP 2000-01 model)

(a) நீள்வட்டம்
(b) வட்டம்
(c) பரவளையம்
(d) நேர்க்கோடு

2. சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் துகள், A மற்றும் B என்ற புள்ளிகளை ஒரே திசைவேகத்துடன் கடக்கிறது. A யிலிருந்து B க்கு செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் 3 s மற்றும் B யிலிருந்து A க்கு செல்ல மீண்டும் 3 s எடுத்துக்கொள்ளுகிறது எனில் அதன் அலைவுநேரம்.

(a) 15 s (b) 6 s
(c) 12 s (d) 9 s

3. புவியின் மேற்பரப்பில் உள்ள வினாடி ஊசலின் நீளம் 0.9 m. புவியைப்போல n மடங்கு முடுக்கத்தைப் பெற்றுள்ள X என்ற கோளின் மேற்பரப்பில் உள்ளபோது அதே ஊசலின் நீளம்

(a) 0.9n (b) $\frac{0.9}{n}m$
(c) $0.9n^2m$ (d) $\frac{0.9}{n^2}$

4. a முடுக்கத்துடன், கிடைத்தளத்தில் இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் பள்ளி வாகனத்தின் மேற்கூரையில் கட்டி தொங்கவிடப்பட்ட தனி ஊசல் ஒன்றின் அலைவுநேரம்.

a) $T\propto\frac{1}{g^2+a^2}$ b) $T\propto\frac{1}{\sqrt{g^2+a^2}}$
c) $T\propto\sqrt{g^2+a^2}$ d) $T\propto(g^2+a^2)$

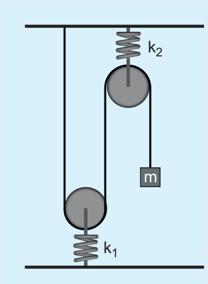
5. 1:2 என்ற விகிதத்தில் நிறைகொண்ட A மற்றும் B என்ற இருபொருள்கள், முறையே k_A மற்றும் k_B சுருள்மாறிலி கொண்ட நிறையற்ற இரு சுருள்வில்கள் மூலம் தனித்தனியே தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. இரு பொருள்களும் செங்குத்தாக அலைவுறும் போது அவற்றின் பெருமத்திசைவேகங்கள் 1:2 என்ற விகிதத்தில் உள்ளபோது A யின் வீச்சனாது B யின் வீச்சைப்போல ________ மடங்காகும்

a) $\sqrt{\frac{k_B}{2k_A}}$ b) $\sqrt{\frac{k_B}{8k_A}}$
c) $\sqrt{\frac{2k_B}{k_A}}$ d) $\sqrt{\frac{8k_B}{k_A}}$

6. m நிறையுடன் இணைக்கப்பட்ட சுருள்வில்லானது செங்குத்தாக அலைவுறும்போது அதன் அலைவுநேரம் T ஆகும். அச்சுருள்வில்லானது இரு சமபாகங்களாக வெட்டப்பட்டு அவற்றுள் ஒன்றுடன் அதே நிறை தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது அதன் செங்குத்து அலைவின் அலைவுநேரம்

a) $T'=\sqrt{2}T$ b) $T'=\frac{T}{\sqrt{2}}$
c) $T'=\sqrt{2T}$ d) $T'=\sqrt{\frac{T}{2}}$

7. m நிறை கொண்ட பொருளானது புறக்கணித்தக்க நிறை கொண்ட கப்பியின் வழியாக k_1, k_2 சுருள் மாறிலி கொண்ட நல்லியல்பு சுருள்கள் மூலம் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. அதன் செங்குத்து அலைவின் அலைவுநேரம்.



a) $T=4\pi\sqrt{m\left(\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}\right)}$

b) $T=2\pi\sqrt{m\left(\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}\right)}$

c) $T=4\pi\sqrt{m(k_1+k_2)}$

d) $T=2\pi\sqrt{m(k_1+k_2)}$

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 225 25-08-2020 15:03:39

8. ஒரு தனி ஊசலின் அலைவுநேரம் T_1 அது தொங்கவிடப்பட்டுள்ள புள்ளியானது $y = kt^2$ என்ற சமன்பாட்டின்படி செங்குத்தாக மேல்நோக்கி இயங்குகின்றது. இங்கு y என்பது கடந்த செங்குத்து தொலைவு மற்றும் $k = 1\ m\ s^{-2}$, இதன் அலைவுநேரம் T_2 எனில் $\frac{T_1^2}{T_2^2}$ (g = 10 m s^{-2}) (IIT 2005) என்பது

a) $\frac{5}{6}$ b) $\frac{11}{10}$

c) $\frac{6}{5}$ d) $\frac{5}{4}$

9. k சுருள் மாறிலி கொண்ட நல்லியல்பு சுருள் வில்லானது ஓர் அறையொன்றின் மேற்கூரையில் பொருத்தப்பட்டு அதன் கீழ்முனையில் M நிறை கொண்ட பொருளானது தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. சுருள்வில்லை நீட்சியுறாத நிலையில் பொருளை விடுவிக்கும் போது சுருள் வில்லின் பெரும நீட்சி (IIT 2002)

a) $4\frac{Mg}{k}$ b) $\frac{Mg}{k}$

c) $2\frac{Mg}{k}$ d) $\frac{Mg}{2k}$

10. தனி ஊசல் ஒன்று மிக அதிக உயரம் கொண்ட கட்டிடத்தில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளபோது, சீரிசை அலை இயற்றியைப் போல தன்னிச்சையான முன்னும் பின்னும் இயக்கத்தை மேற்கொள்கிறது. சமநிலைப்புள்ளியிலிருந்து 4 m தொலைவில், ஊசல் குண்டின் முடுக்கமானது 16 $m\ s^{-2}$ எனில் அதன் அலைவுநேரம்

(NEET 2018 model)

a) 2 s b) 1 s

c) 2πs (d) πs

11. ஒரு உள்ளீடற்ற கோளகம் நீரினால் நிரப்பட்டுள்ளது இது ஒரு நீண்ட கயிற்றினால் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. கோளத்தின் அடிப்–பகுதியின் உள்ள ஒரு சிறு துளையினால் நீரானது வெளியேறும் நிலையில் கோளம் அலைவுறும்போது அதன் அலைவுநேரம்

(a) ஆரம்பத்தில் அதிகரித்து பிறகு குறையும்

(b) ஆரம்பத்தில் குறைந்து பிறகு அதிகரிக்கும்

(c) தொடர்ந்து அதிகரிக்கும்

(d) தொடர்ந்து குறையும்

12. அலையியற்றியின் தடையுறு விசையானது திசை வேகத்திற்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது எனில் தகவு மாறிலியின் அலகு

(AIPMT 2012)

a) kg m s^{-1} b) kg m s^{-2}

c) kg s^{-1} d) kg s

13. தடையுறு அலையியற்றியானது 100 அலைவுகளை முழுமைப்படுத்தும்பொழுது வீச்சானது அதன் ஆரம்பவீச்சின் $\frac{1}{3}$ மடங்காகக் குறைகின்றது. 200 அலைவுகளை முழுமைப்படுத்தும்போது அதன் வீச்சின் மதிப்பு என்ன?.

a) $\frac{1}{5}$ b) $\frac{2}{3}$ c) $\frac{1}{6}$ d) $\frac{1}{9}$

14. கீழ்கண்டவற்றுள் எந்த வகைக்கெழு சமன்பாடு தடையுறு அலையியற்றியை குறிக்கும் ?

a) $\frac{d^2y}{dt^2} + y = 0$ b) $\frac{d^2y}{dt^2} + \gamma\frac{dy}{dt} + y = 0$

c) $\frac{d^2y}{dt^2} + k^2y = 0$ d) $\frac{dy}{dt} + y = 0$

15. l நீளமுடைய தனிஊசல் ஒன்றின் நிலைம நிறை மற்றும் ஈர்ப்பியல் நிறை சமமற்றது எனில் அதன் அலைவுநேரம்

a) $T = 2\pi\sqrt{\frac{m_i l}{m_g g}}$

b) $T = 2\pi\sqrt{\frac{m_g l}{m_i g}}$

c) $T = 2\pi\frac{m_g}{m_i}\sqrt{\frac{l}{g}}$

d) $T = 2\pi\frac{m_i}{m_g}\sqrt{\frac{l}{g}}$

விடைகள்:

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

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 226 25-08-2020 15:03:43

II. சிறு வினாக்களுக்கு விடையளிக்க

1. சீரலைவு மற்றும் சீரற்ற அலைவு இயக்கம் என்றால் என்ன? இரு உதாரணங்கள் தருக
2. சுருள் வில்லின் விசை மாறிலி என்றால் என்ன?.
3. தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் அலைவுநேரம் வரையறு.
4. தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் அதிர்வெண் வரையறு.
5. ஆரம்ப கட்டம் (epoch) என்றால் என்ன?.
6. இரு சுருள்வில்கள் தொடர் இணைப்பில் உள்ள தொகுப்பை பற்றி சிறு குறிப்பு வரைக.
7. இரு சுருள்வில்கள் பக்க இணைப்பில் உள்ள தொகுப்பை பற்றி சிறு குறிப்பு வரைக.
8. தனி ஊசலின் அலைவுநேரம் பற்றி எழுதுக.
9. தனி ஊசலின் விதிகளைத் தருக?.
10. நேர்போக்கு சீரிசை அலையியற்றியின் அலைவுநேரம் பற்றி எழுதுக.
11. கட்டற்ற அலைவுகள் என்றால் என்ன?.
12. தடையுறு அலைவுகளை விளக்குக. எடுத்துக்காட்டு தருக.
13. திணிப்பு அதிர்வுகளை வரையறு. எடுத்துக்காட்டு தருக.
14. நிலை நிறுத்தப்பட்ட அலைவுகள் என்றால் என்ன? எடுத்துக்காட்டு தருக.
15. ஒத்ததிர்வு விளக்குக. எடுத்துக்காட்டு தருக.

III. பெரு வினாக்கள்

1. சீரிசை அலை இயக்கம் என்றால் என்ன? எடுத்துக்காட்டு தருக மற்றும் எல்லா சீரிசை இயக்கங்களும் சீரலைவு இயக்கமே ஆனால் அதன் மறுதலை உண்மையல்ல ஏன்?. விளக்குக.
2. சீரான வட்ட இயக்கத்தின் வீழல் சீரிசை இயக்கம் என்பதை விவரி.
3. கோணச்சீரிசை அலையியற்றி என்றால் என்ன? அதன் அலைவுக் காலத்தை கணக்கிடுக.
4. சீரிசை அலை இயக்கத்திற்கும் கோண சீரிசை அலை இயக்கத்திற்கு இடையேயான வேறுபாடுகளை தருக.
5. தனிஊசலை விரிவாக விவாதிக்க.
6. சுருள்வில்லின் கிடைத்தள அலைவுகளை விவரி.
7. சுருள்வில்லின் செங்குத்து அலைவுகளை விவரி.
8. U வடிவக்குழாயில் திரவ தம்பத்தின் அலைவுகளைப் பற்றி சிறுகுறிப்பு வரைக.
9. தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் ஆற்றலை விரிவாக விவாதிக்க.
10. அலைவுகளின் நான்கு வகைகளை விரிவாக விளக்குக.

IV. எண்ணியல் கணக்குகள்

1. புவியை சமச்சீரான R ஆரமுடைய கோளகப் பொருளாக கருதி, அதன் மையத்தின் வழியே நேரான துளையிடப்படுகிறது. அத்துளையில் தானாக விழும் ஒரு துகள் சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் எனவும் அதன் அலைவுநேரம். $T=2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$ எனவும் காட்டுக.
2. கிடைத்தளத்துடன் 45° கோணம் ஏற்படுத்தும் சாய்தளத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள உருளும் டிராலியில் l = 0.9 m நீளமுள்ள தனிஊசல் முறையாக பொருத்தப்பட்டுள்ளதாக கொள்வோம். சாய்தளமான உராய்வற்றது எனில் தனிஊசலின் அலைவுக்காலத்தை கணக்கிடுக.

விடை: 0.86 s

3. ρ அடர்த்தி கொண்ட திரவத்தின் மீது m நிறைகொண்ட மரக்கட்டை மிதந்து கொண்டிருக்கிறது. அக் கட்டை இலேசாக கீழ்நோக்கி அமுக்கப்பட்டு விடப்படும் போது சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்கிறது. அதன் அலைவுநேரம் $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{Ag\rho}}$ எனக் காட்டுக.

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 227 25-08-2020 15:03:43

4. ஒத்த அதிர்வெண்ணும் வெவ்வேறான வீச்சுகளும் கொண்ட இரு சீரிசை இயக்கங்கள் x மற்றும் y அச்சுகளின் வழியே $x = \mathrm{A}\sin(\omega t + \varphi)$ (x அச்சின் வழியாக) மற்றும் $y = \mathrm{B}\sin\omega t$ (y அச்சின் வழியாக) என்ற வீச்சுகளுடன் இயக்கமடைகிறது எனக் கொள்க.

$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} - \frac{2xy}{AB}\cos\varphi = \sin^2\varphi$ எனக் காட்டுக

a. $\varphi = 0$ b. $\varphi = \pi$ c. $\varphi = \frac{\pi}{2}$

d. $\varphi = \frac{\pi}{2}$ மற்றும் $\mathrm{A} = \mathrm{B}$ (e) $\varphi = \frac{\pi}{4}$

ஆகிய சிறப்பு நிகழ்வுகளையும் விவாதிக்க.

குறிப்பு: துகளானது ஒன்றுக் கொன்று செங்குத்தாக செயல்படும் இரு சீரிசை இயக்கங்களுக்கு உட்படுத்தப்படும் போது துகளானது வேறுபாதையின் வழியாக இயக்கமடையும், அப்பாதையே லிசாஜோ படம் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

விடை

(a) $y = \frac{B}{A}x$, என்ற சமன்பாடு ஆதிவழிச் செல்லும் நேர்மறை சாய்வுடன் கூடிய நேர்க்கோட்டுச் சமன்பாடாகும்.

(b) $y = -\frac{B}{A}x$, என்ற சமன்பாடு ஆதிவழிச் செல்லும் எதிர்மறை சாய்வுடன் கூடிய நேர்க்கோட்டுச் சமன்பாடாகும்.

(c) $\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1$ என்ற சமன்பாடு நீள் வட்டத்தின் சமன்பாடாகும். அதன் மையம் ஆதியில் அமையும்.

(d) $x^2+y^2 = A^2$, என்ற சமன்பாடு வட்டத்திற்கான சமன்பாடாகும். அதன் மையம் ஆதியில் அமையும்.

(e) $\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} - \frac{2xy}{AB}\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2}$, என்பது நீள் வட்டத்தின் சமன்பாடாகும். (சாய்ந்த நீள்வட்டம்)

5. தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் துகளின்

(a) இயக்க ஆற்றலின் சராசரி மதிப்பானது நிலையாற்றலின் சராசரி மதிப்பிற்குச் சமம்.

(b) சராசரி நிலையாற்றல் = சராசரி இயக்க ஆற்றல் = $\frac{1}{2}$ (மொத்த ஆற்றல்)

எனக் காட்டுக

குறிப்பு : சராசரி இயக்க ஆற்றல்

= <இயக்க ஆற்றல்> = $\frac{1}{T}\int_0^T$ (இயக்க ஆற்றல்)dt

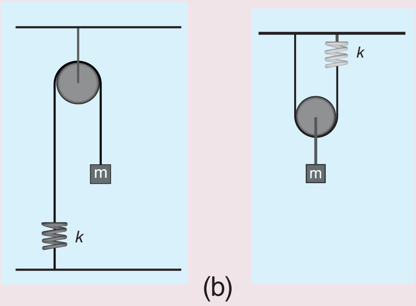
மற்றும்

சராசரி நிலையாற்றல்

= <நிலையாற்றல்> = $\frac{1}{T}\int_0^T$ (நிலையாற்றல்)dt

6. கீழ்க்காணும் அமைப்பில் நிறை m ஆனது சமநிலைப்புள்ளியிலிருந்து செங்குத்தாக கீழ்நோக்கி சிறிது இடம்பெயர்ச்சி செய்து பின் விடப்பட்டால் அலைவு நேரத்திற்கான சமன்பாட்டை கணக்கிடுக.

(கப்பி மெல்லியது மற்றும் உராய்வற்றது மேலும் கம்பியும் சுருள்வில்லும் லேசானது)



(a) (b)

குறிப்பு மற்றும் விடைகள்:

நேர்வு (a)

இங்கு கப்பியானது சுருள் வில்லினுள் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. நிறையானது y – க்கு இடம்பெயர்ந்தால் சுருள்வில்லும் y க்கு நீட்சி அமையும்.

எனவே, $F = T = ky$

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

நேர்வு (b)

நிறை y க்கு இடம்பெயர்ந்தால், கப்பி y அளவு நீட்சி அடையும்.

$T = 4ky$

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

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 228 25-08-2020 15:03:46

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. Fundamentals of Physics – Halliday, Resnick and Walker, Wiley Publishers, 10th edition.
4. Physics for Scientist and Engineers with Modern Physics – Serway and Jewett, Brook/Coole Publishers, Eighth Edition.

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 229 25-08-2020 15:03:46

இணையச் செயல்பாடு

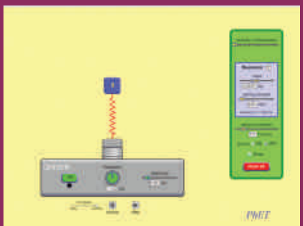
அதிர்வியக்கம்

அதிர்வுகள் பற்றி அறிந்து கொள்வோமா!

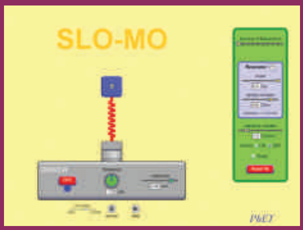
படிகள்

- கீழ்க்காணும் உரலி / விரைவுக் குறியீட்டைப் பயன்படுத்தி "Resonance" என்னும் இணையப் பக்கத்திற்குச் செல்க.
- செயல்பாட்டிற்கான சாளரத்தில் ஒலி அதிர்வு உண்டாக்கும் கருவி கொடுக்கப்பட்டிருக்கும். 'Play' பொத்தானை அழுத்தி, கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள "sim speed" என்பதில் உள்ள நகர்த்தியை நகர்த்தி அதிர்வுகளைக் காணவும்
- வலப்பக்க சாளரத்தில் "Number of Resonators", "Mass" மற்றும் "Spring constant" போன்றவற்றின் நகர்த்தியை நகர்த்தி "frequency" என்பதில் அதிர்வெண்களைக் காணவும்.
- வெவ்வேறு அதிர்வுகளைக் காண "Gravity"என்பதில்" On", "Off" என்பதைத் தெரிவு செய்யவும்.

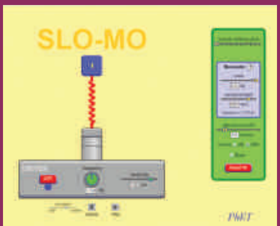
படி 1



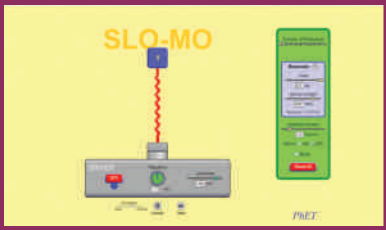
படி 2



படி 3



படி 4



உரலி:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/resonance

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

B163_11_Phy_EM

UNIT-10(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 230 25-08-2020 15:03:48

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

KF8Z84

- 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

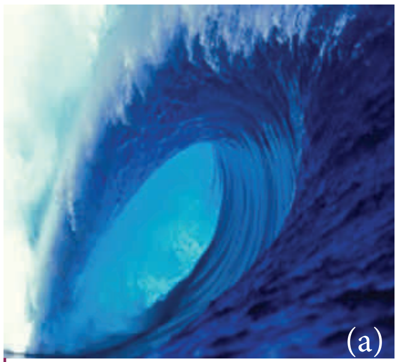
11.1 அறிமுகம்

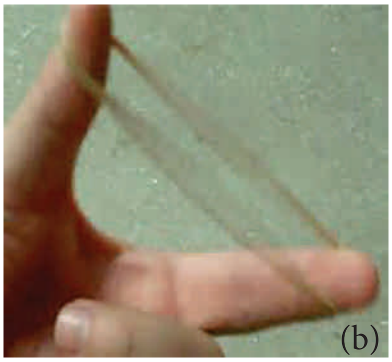
முந்தைய அலகில் நாம் ஒரு துகளின் அலைவினைப்பற்றி விவாதித்தோம். துகள்களின் தொகுப்பைக் கொண்ட ஓர் ஊடகத்தைக் (medium)

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.

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 231 25-08-2020 15:14:49



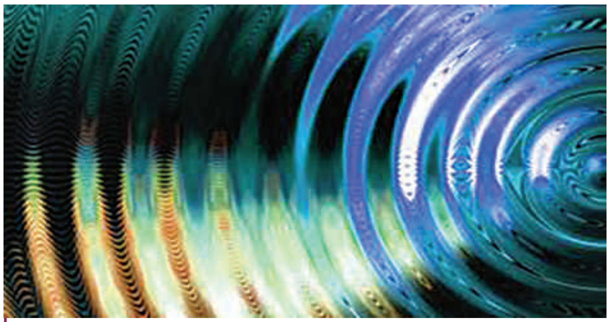


படம் 11.2 (a) கடலில் தோன்றும் அலைகள் (b) ரப்பர் பேண்ட் இழுத்துவிடப்பட்டதால் நிலை அலைகள் மற்றும் (c) நீர்ப்பரப்பில் உருவான சிற்றலைகள்

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



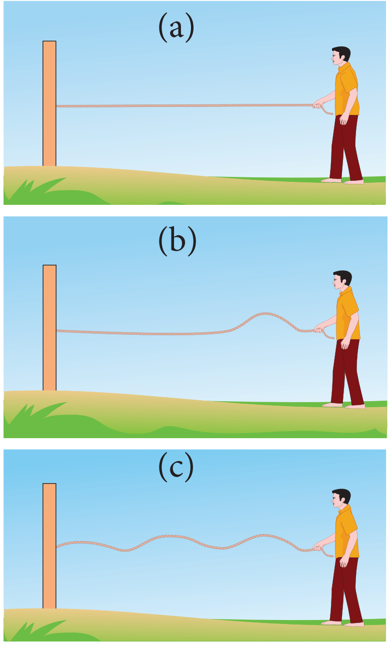
படம் 11.3 நீரின் மேற்பரப்பில் தோன்றும் சிற்றலைகள்

நிலையாக உள்ள ஒரு நீர்ப்பரப்பில் நாம் ஒரு கல்லை எறிந்தால், 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.

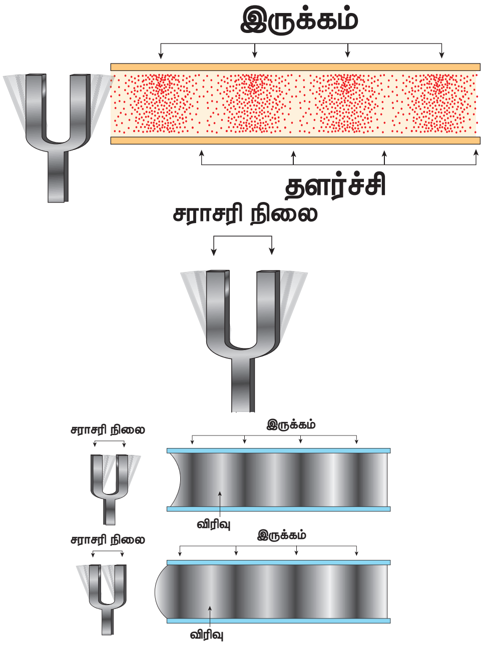
11.1.2 இழுத்துக்கட்டப்பட்ட மெல்லிய கம்பியில் அலைகள் தோன்றுதல்:

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 25-08-2020 15:14:50



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?

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 233 25-08-2020 15:14:51

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.

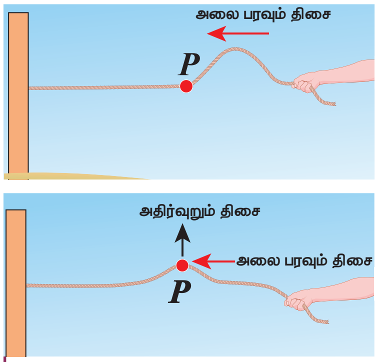
b. **இயந்திரவியல் அல்லாத அலை** – பரவுவதற்கு எவ்வித ஊடகமும் தேவைப்படாத அலைகள் இயந்திரவியல் அல்லாத அலைகள் எனப்படும்.

   எடுத்துக்காட்டு: ஒளி அலைகள், அகச்சிவப்புக் கதிர்கள்.

மேலும், அலைகளை இரண்டு வகைப்படுத்தலாம்

a. குறுக்கலைகள்
b. நெட்டலைகள்

11.1.6 குறுக்கலை இயக்கம் (Transverse wave motion)



KFHV9R

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)

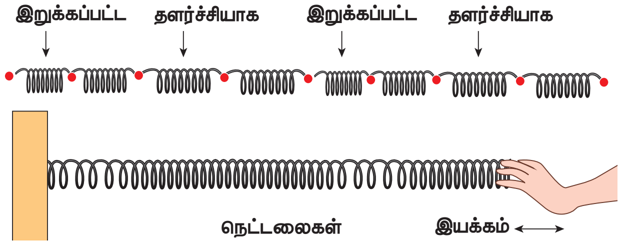
11.1.7 நெட்டலை இயக்கம் (Longitudinal wave motion)

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.



KFRRBE

படம் 11.7 நெட்டலைகள்

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 234 25-08-2020 15:14:51

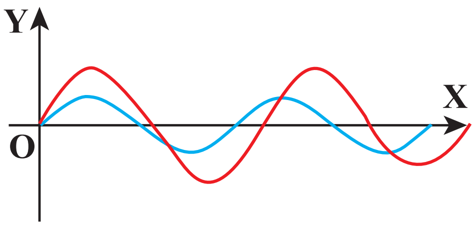
அட்டவணை 11.1: குறுக்கலைகள் மற்றும் நெட்டலைகளை ஒப்பிடுதல்

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

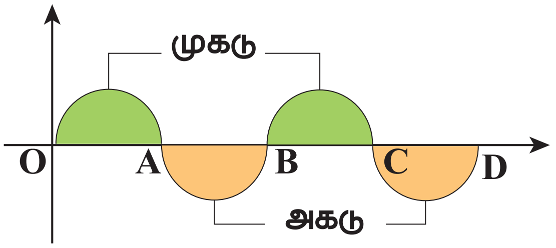
1. ஊடகம் இல்லாத நிலை வெற்றிடம் எனப்படும். மின்காந்த அலைகள் மட்டுமே வெற்றிடத்தின் வழியே பரவும்.
2. ராலே அலைகள் (Rayleigh Waves) என்பவை குறுக்கலை மற்றும் நெட்டலை ஆகிய இரண்டும் சேர்ந்ததாகக் கருதப்படுகிறது.

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.

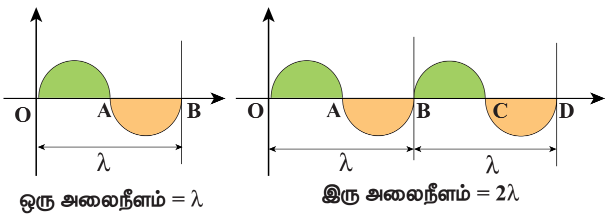


படம் 11.9 அலை ஒன்றின் முகடும் அகடும்

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.

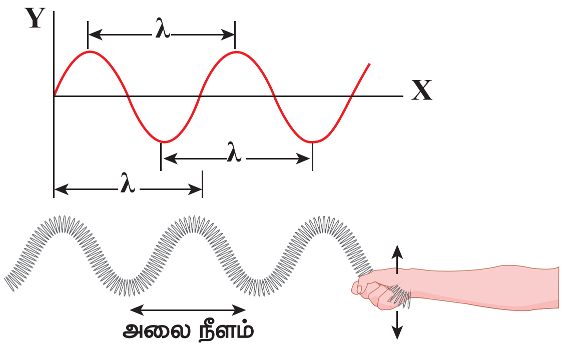
ஒரு அலை நீளத்தைக் குறிப்பதற்கு கிரேக்க எழுத்து லேம்டா (lambda) λ வைப் பயன்படுத்துகிறோம்.



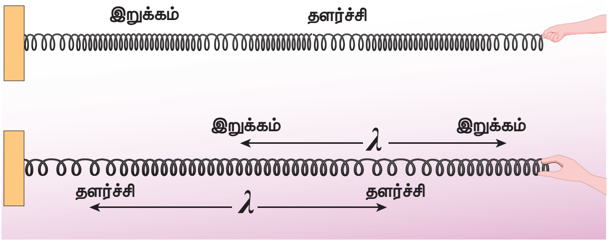
படம் 11.10 அலைநீளத்தை வரையறுத்தல்

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 25-08-2020 15:14:51



படம் 11.11 குறுக்கலையின் அலைநீளம்

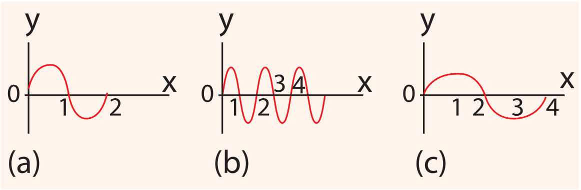


படம் 11.12 நெட்டலையின் அலைநீளம்

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

எடுத்துக்காட்டு 11.1

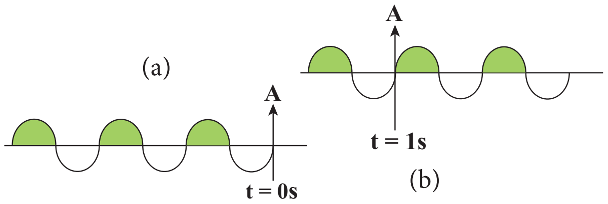
கீழ்க்கண்டவற்றுள் எது அதிக அலைநீளம் உடையது ?



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.

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

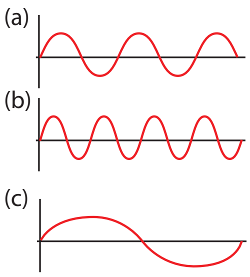
சமன்பாடுகள் (11.1) மற்றும் (11.2) இல் இருந்து அதிர்வெண்ணும் அலைவு நேரமும் எதிர்த்தகவில் இருக்கும் என அறியலாம்.

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

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 25-08-2020 15:14:53

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

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

எடுத்துக்காட்டு11.3

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

தீர்வு:

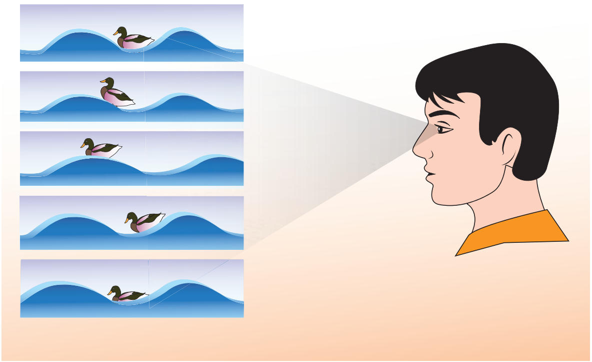
$$\lambda_1 = \frac{v}{f_1} = \frac{340}{20} = 17\text{m}$$

$$\lambda_2 = \frac{v}{f_2} = \frac{340}{20\times10^3} = 0.017\,\text{m}$$

எனவே, ஒலியின் திசைவேகம் $340\ \text{m s}^{-1}$ 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 25-08-2020 15:14:56

ஒரு நிமிடம் என்பது 60 s எனவே, நேரத்தை வினாடியில் பொருத்த

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

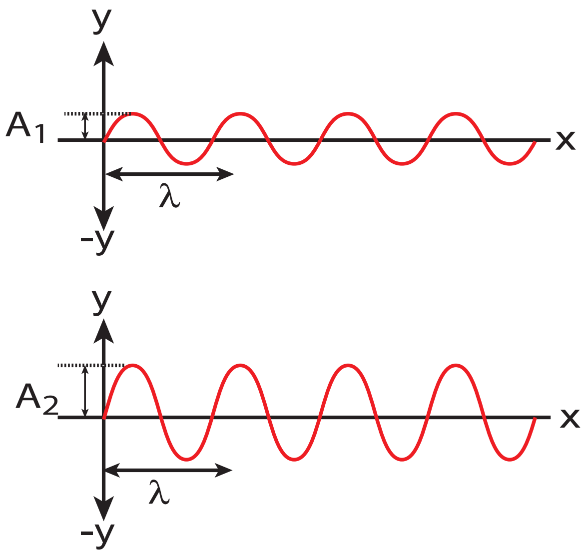
ஒருமுறை வாத்து மேலும் கீழும் இயங்க ஆகும் நேரமே, அலைவு நேரமாகும். இது அதிர்வெண்ணுக்கு எதிர்த்தகவில் இருக்கும்

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

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

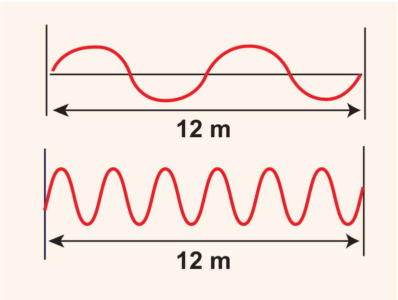
படம் 11.14 –ல் காட்டப்பட்ட அலைகள் அனைத்தும் சம அலை நீளம், சம அதிர்வெண் மற்றும் சம அலைவுநேரம் கொண்டு சம திசைவேகத்தில் செல்கின்றன. இந்த அலைகளுக்கிடைப்பட்ட ஒரே வேறுபாடு அகடு அல்லது முகடுகளின் உயரங்கள். இதிலிருந்து நாம் உணர்வது அகடு அல்லது முகடின் உயரமும் அலையின் பண்பை நிர்ணயிப்பதில் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. 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**	$\lambda = 6$ m	$\lambda = 2$ m
(b) **அதிர்வெண்**	$f = 2$ Hz	$f = 6$ 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 25-08-2020 15:14:58

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)

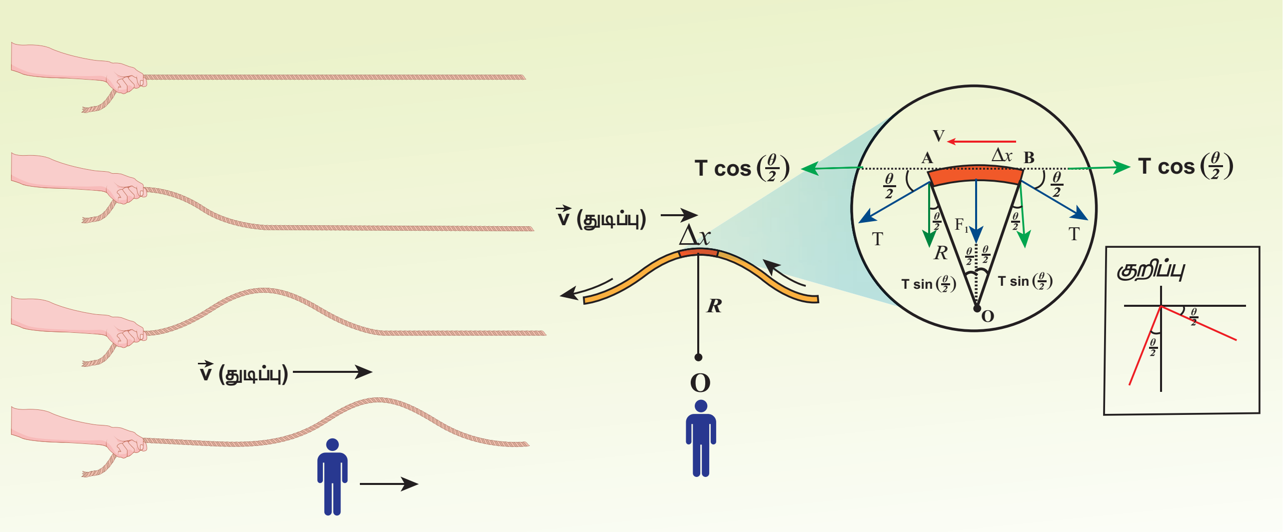
$$a_{cp} = \frac{v^2}{R} \qquad (11.7)$$

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 25-08-2020 15:15:00

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

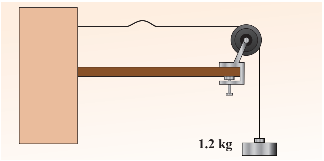
அ இழுவிசையின் இருமடி மூலத்திற்கு நேர்த்தகவிலும்

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

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

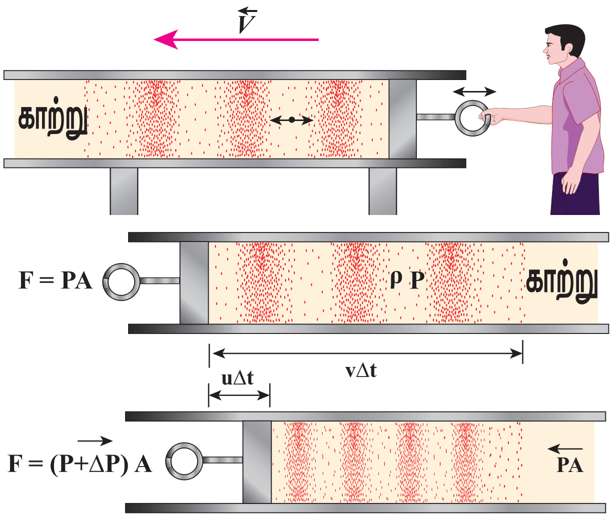
30 செ.மீ தொலைவைக் கடக்க துடிப்பு எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம்

$t = \frac{d}{v} = \frac{30\times10^{-2}}{6.8} = 0.044\ \text{s} = 44\ \text{ms}$ 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 25-08-2020 15:15:03



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 25-08-2020 15:15:05

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.

எடுத்துக்காட்டு11.8

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 திசைவேகம் மீட்சிப் பண்புகளைப் 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

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 242 25-08-2020 15:15:06

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,

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

இங்கு $\gamma = \frac{C_P}{C_v}$,

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 $\left(\frac{P}{\rho}\right)$ 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 25-08-2020 15:15:12

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

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

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) லிருந்து,

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

ஆனால் $\rho = \frac{M}{V}$

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

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

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

$$\Rightarrow \ t = 58.4\,°\text{C}$$

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

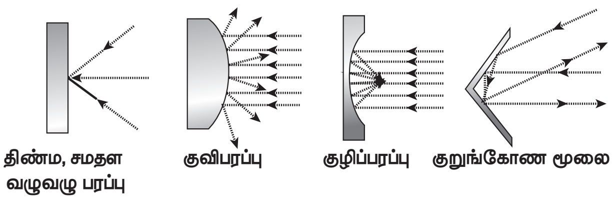
(i) ஒலியின் படுகோணம், எதிரொலிப்பு கோணத்திற்குச் சமம்.

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

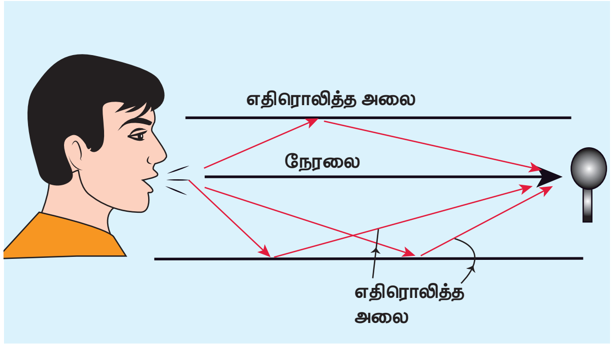
ஆடி ஒன்றால் ஒளி எதிரொளிக்கப்படுவதுபோல், ஒலியும் ஓர் கடினமான, சமதள பரப்பில் எதிரொலிக்கப்படுகிறது; இது பளிங்கு (Specular) எதிரொலிப்பு எனப்படுகிறது. இது ஒலியின் அலைநீளம், எதிரொலிப்பு பரப்பைவிட பரப்பின் மேடு, பள்ளத்தைவிட சிறியதாக இருக்கும்போது ஏற்படுகிறது.

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 246 25-08-2020 15:15:18

மூலத்தின் பிம்பமாக கருதலாம் [மாய அல்லது கற்பனை ஒலிப்பான்]. இது படம் 11.18 மற்றும் 11.19 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

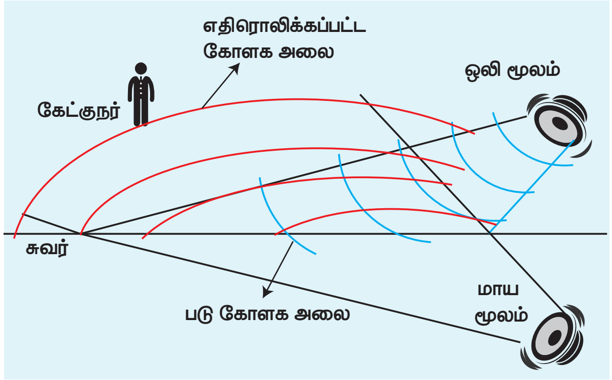


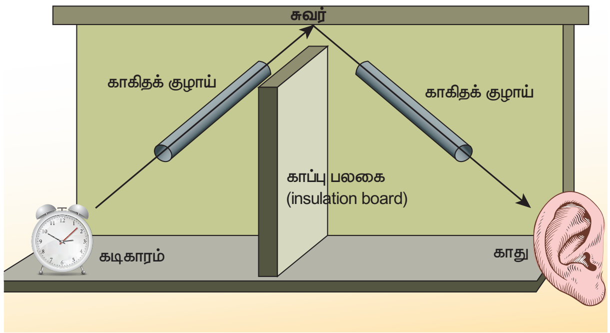
படம் 11.17 வெவ்வேறு பரப்புகளில் ஒலியின் எதிரொலிப்பு



படம் 11.19 அன்றாட வாழ்வில் ஒலியின் எதிரொலிப்புக்கான பொதுவான எடுத்துக்காட்டுகள்

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

11.5.2 வளைவு பரப்புகளில் ஒலியின் எதிரொலிப்பு

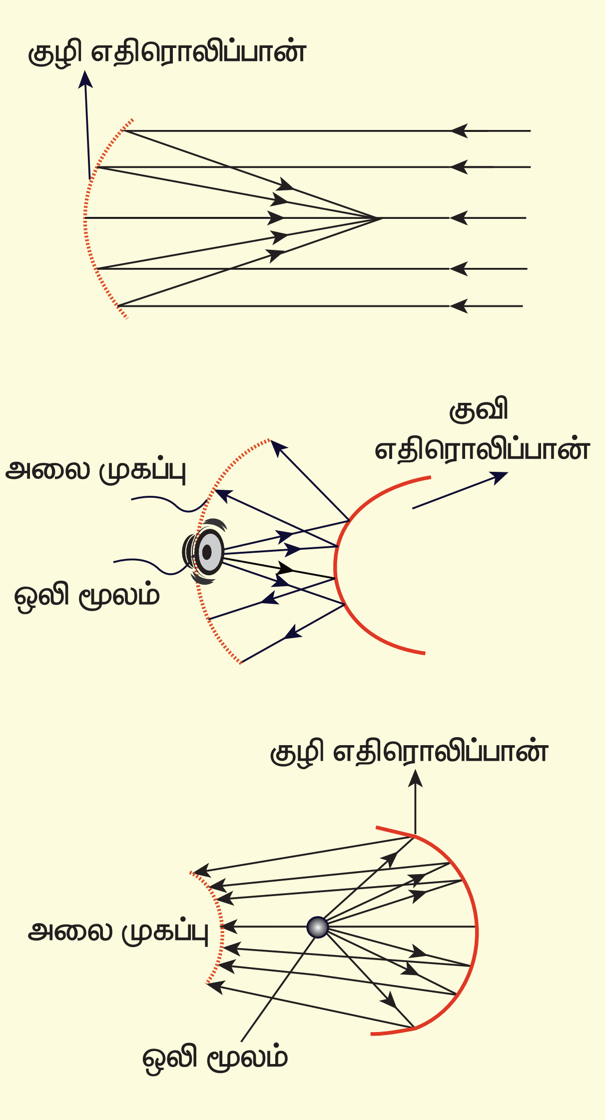
ஒலியின் பண்பு எதிரொலிக்கப்பட்ட பரப்பையும் பொருத்தது. குழி, குவி மற்றும் சமதள பரப்புகளால் எதிரொலிக்கப்பட்ட ஒலி அலைகளின் பண்புகள் வெவ்வேறாக உள்ளன. குவி பரப்பால் எதிரொலிக்கப்பட்ட ஒலி விரிந்து செல்வதால், அதன் வலிமை (ஆற்றல்) குறைந்து விடுகிறது.

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.

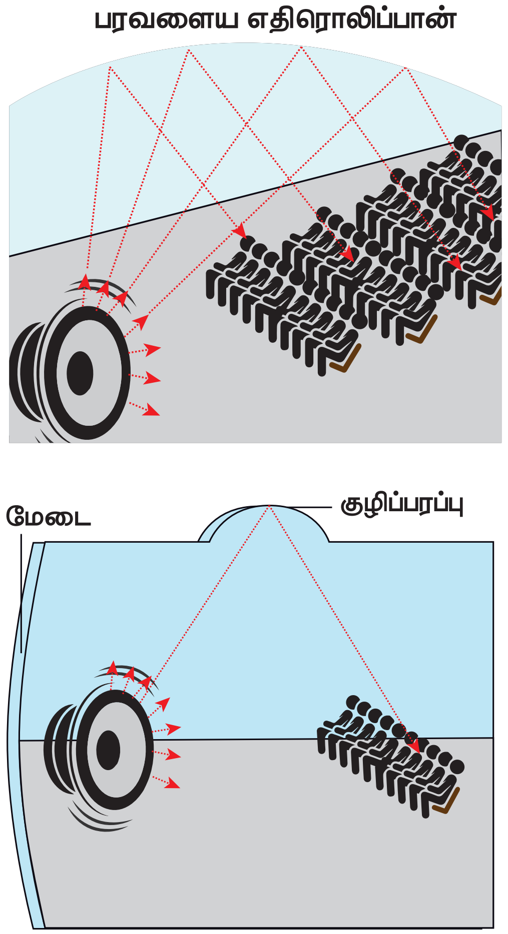
எந்த ஒரு பரப்பும் (வழுவழுப்பானது அல்லது சொர சொரப்பானது) ஒலியை உட்கவரும் என நாம் அறிவோம். எடுத்துக்காட்டாக பெரிய அறைகள் அல்லது கலையரங்கங்கள் அல்லது திரையரங்குகள் ஆகியவற்றில் ஏற்படுத்தப்படும் ஒலி அதன் சுவர்கள், மேற்கூரைகள், தரை மற்றும்

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 247 25-08-2020 15:15:18

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.



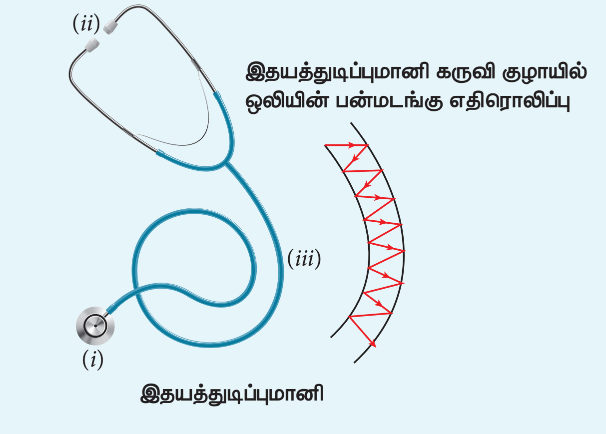
படம் 11.20 வளைவு பரப்புகளில் ஒலியின் எதிரொலிப்பு



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

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 248 25-08-2020 15:15:19

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.

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 249 25-08-2020 15:15:19

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.

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

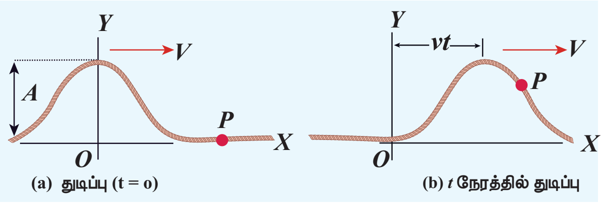
11.6 முன்னேறு அலை அல்லது இயங்கும் அலை

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 25-08-2020 15:15:20

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

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

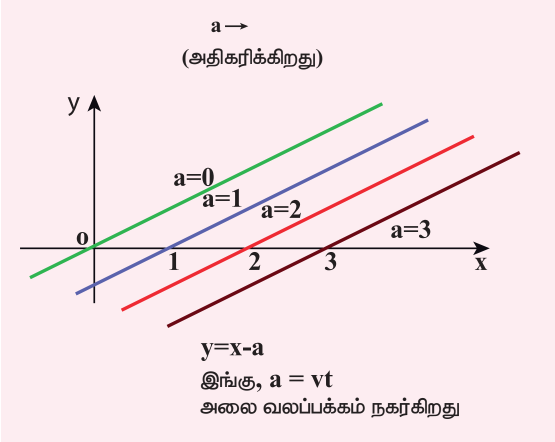
இதை ஒரு பரிமாணத்திற்கு மேலும் (இரண்டு, மூன்று, மேலும்....) எழுதலாம். எளிமைக்காக ஒரு பரிமாண அலைச்சமன்பாட்டை மட்டும் கருதுவோம்.

எடுத்துக்காட்டு 11.11

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

தீர்வு:

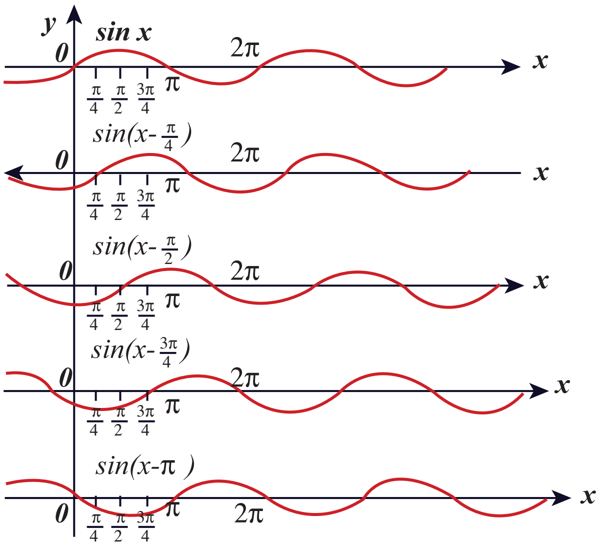
இதிலிருந்து நாம் அறிவது, a மதிப்பை அதிகரிக்கும்போது, கோடானது வலப்பக்கம் நகர்கிறது. $a = vt$, $y = x - vt$ வகைக்கெழு சமன்பாட்டிற்கு பொருந்துகிறது. இந்த சார்பு, வகைக்கெழு சமன்பாட்டிற்கு பொருந்தினாலும், இது x மற்றும் t க்கான அனைத்து மதிப்புகளுக்கும் நிலையாக இல்லை. எனவே, இது அலையை குறிக்கவில்லை. எனவே, இந்தச் 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 25-08-2020 15:15:21

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.

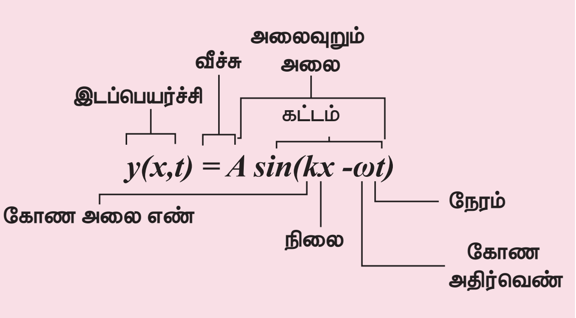
$y = \sin(x+vt)$ எனக் கொண்டால் முன்னேறு (பயணிக்கும்) அலை இடப்பக்கம் நகர்கிறது. இதனால் சார்பு $y = f(x-vt)$ என்பது அலை வலப்பக்கம் நகர்வதையும், சார்பு $y = f(x+vt)$ என்பது அலை இடப்பக்கம் நகர்வதையும் குறிக்கிறது.

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



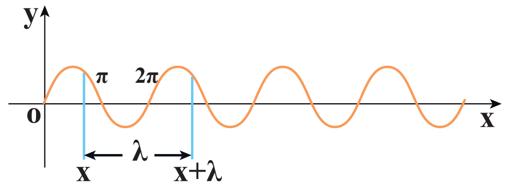
11.6.3 அலை ஒன்றின் வரைபட வடிவம்

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,

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

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

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

சமன்பாடு (11.38), (11.39) யை ஒப்பிட,

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

இது காட்டுகிறது,

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

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 25-08-2020 15:15:22

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

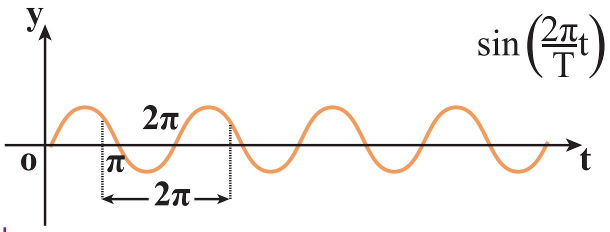
இரு அலைகளின் அலைநீளங்கள் முறையே $\lambda_1 = 1\text{m}$, $\lambda_2 = 6\text{m}$ எனில் அவற்றின் அலை எண்களைக் காண்க.

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 25-08-2020 15:15:24

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

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:

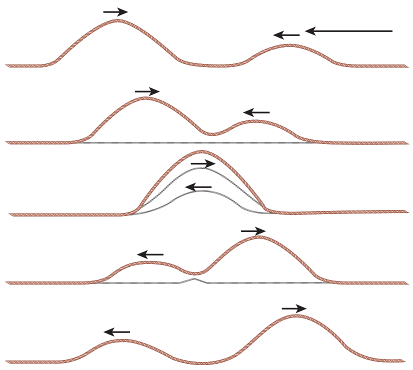
அதிர்வெண், $f = 900\ MHz = 900 \times 10^6\ Hz$

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 25-08-2020 15:15:26

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)

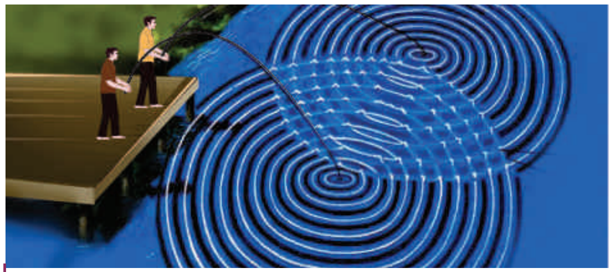
(b) நேரம் அல்லது நேரஞ்சார்ந்த குறுக்கீட்டு விளைவு (விம்மல்கள் எனவும் அழைக்கப்படுகிறது).

(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.

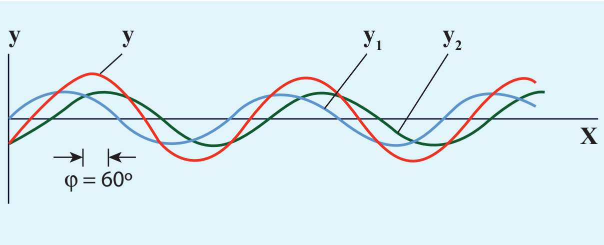
11.7.1 அலைகளின் குறுக்கீட்டு விளைவு



படம் 11.27 அலைகளின் குறுக்கீட்டு விளைவு

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 255 25-08-2020 15:15:27

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 அலைகளின் 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 $A \sin\theta = A_2 \sin\varphi \qquad (11.52)$

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

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

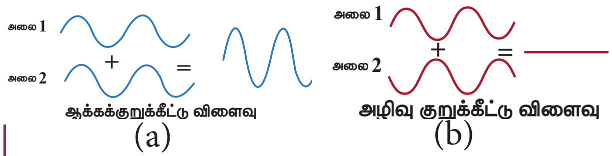
இங்கு $n = 0,1,2,\ldots$

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

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,

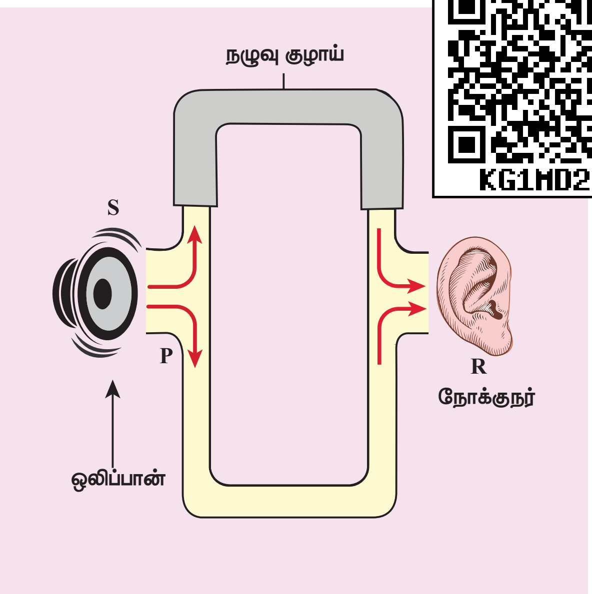
$$I_{\text{சிறுமம்}} = \left(\sqrt{I_1} - \sqrt{I_2}\right)^2 = \left(A_1 - A_2\right)^2$$

தொகுபயன் வீச்சு

$$A = |A_1 - A_2|$$

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

KG1MD2



படம் 11.30 அழிவு குறுக்கீட்டு விளைவுக்கான ஒரு எளிய காட்சி விளக்கம்

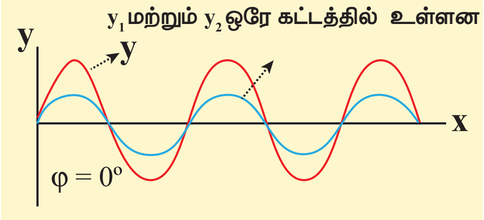
S என்ற ஒலிப்பானிலிருந்து (speaker) ஒலி அலைகள் P என்ற குழாய் மூலம் அனுப்பப்படுகிறது. P ஆனது T வடிவிலான ஒரு சந்தியாக உள்ளது. எனவே ஒலி அலையின் பாதி ஆற்றல் ஒரு திசையிலும் மறு பாதி ஆற்றல் எதிர் திசையிலும் செல்கிறது. இதேபோல் ஒலி ஆற்றல் நோக்குநரையும் இருபாதைகளின் வழியே சென்றடைகிறது. ஒலி அலையானது ஒலிப்பானிலிருந்து, 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.



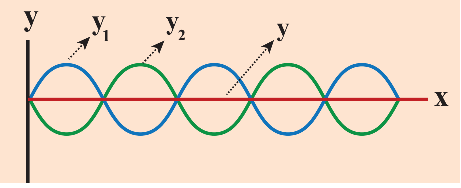
படம் 11.31 பாதை வேறுபாடு $0°$ ஆகும்போது ஏற்படும் பெரும் செறிவு

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

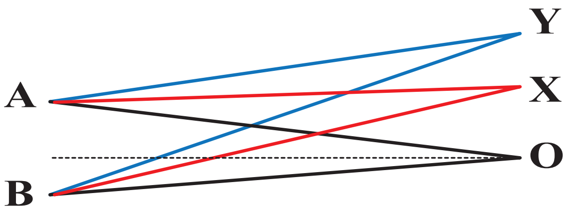
இந்நிகழ்வுகளில், நோக்குநரால் சிறும செறிவு (அல்லது சுழி செறிவு அதாவது ஒலியே இருக்காது) உணரப்படும். பாதை வேறுபாடு, கட்ட வேறுபாடுகளுக்கிடையேயான தொடர்பு

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

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.

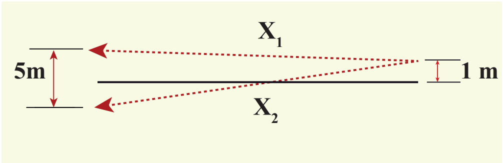
X புள்ளியைக் கருதுக. பாதை வேறுபாடு $\frac{\lambda}{2}$ வாக இருந்தால் கட்ட வேறுபாடு

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

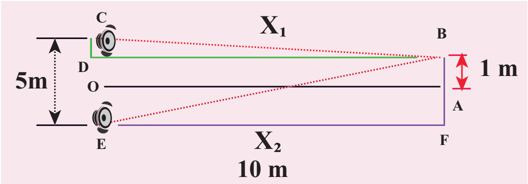
எனவே, X ல் சந்திக்கும் அலைகள் எதிர்க்கட்டத்தில் உள்ளதால், செறிவு சிறுமமாக இருக்கும்.

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 25-08-2020 15:15:30

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

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

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

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

செங்கோண முக்கோணம் EFB ல்,

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

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

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

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

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.

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

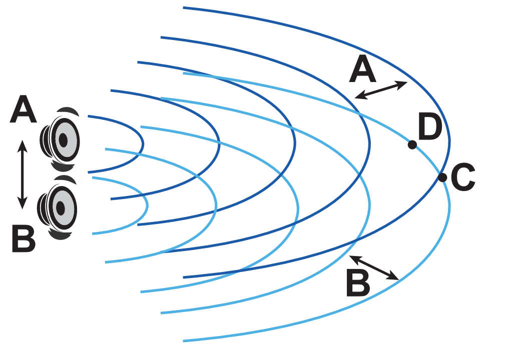
ஒலி மூலத்தின் அதிர்வெண் காண,

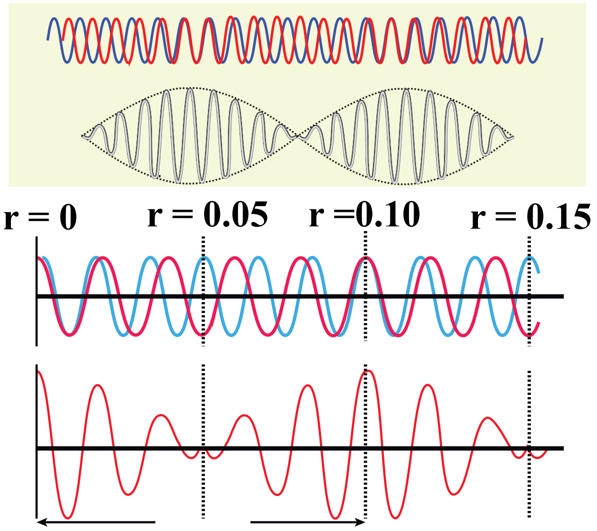
$$v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343}{1} = 343\text{ Hz}$$

$$= 0.3\ k\text{Hz}$$

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 மேற்பொருந்தும்போது, ஆக்க, அழிவு குறுக்கீட்டு விளைவுகளுக்கு இடையே ஒரு சமகால மாறுபாடு உள்ளது. அதாவது அவை கால முறையாக ஒத்த மற்றும் எதிர் கட்டத்தில் அமைகின்றன.

11.7.2 விம்மல்கள் தோன்றும் விதம்:

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

KGAIEP

$$n = |f_1 - f_2|$$

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 259 25-08-2020 15:15:33

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

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.

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

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.

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

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

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

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

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.

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

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

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

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

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 25-08-2020 15:15:39

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

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

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

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,

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

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 25-08-2020 15:15:39

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.

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

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.

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 262 25-08-2020 15:15:41

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 $\frac{\lambda}{2}$.

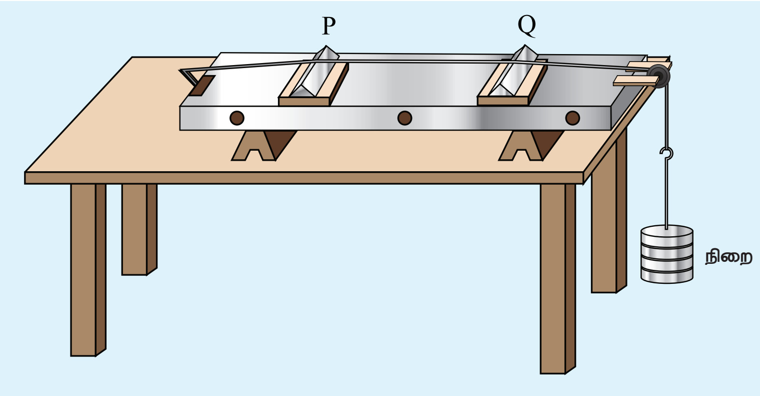
(4) ஒரு கணு, அதற்கு அடுத்த எதிர்க்கணுவிற்கு இடையேயான தொலைவு $\frac{\lambda}{4}$.

(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

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 263 25-08-2020 15:15:42

(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 25-08-2020 15:15:46

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 25-08-2020 15:15:49

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.

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

$\Rightarrow f = A\sqrt{T}$, 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.

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

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

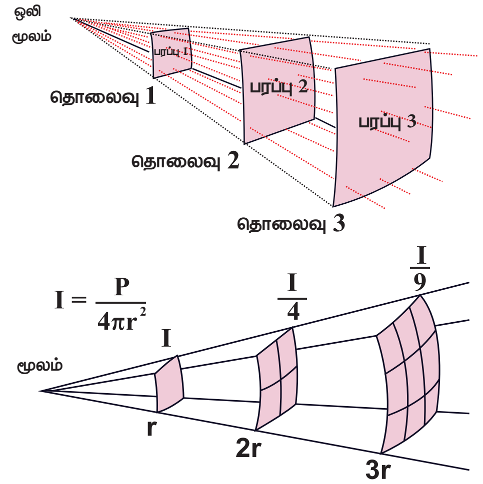
11.9 செறிவு (INTENSITY) மற்றும் உரப்பு (LOUDNESS):

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.

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, $I \propto \dfrac{1}{r^2}$

வெளியீடு திறன் கேட்பவரை பொறுத்தது அல்ல, குழந்தையை மட்டுமே பொறுத்தது.

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

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

KGTAHZ

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

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

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 267 25-08-2020 15:15:52

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.

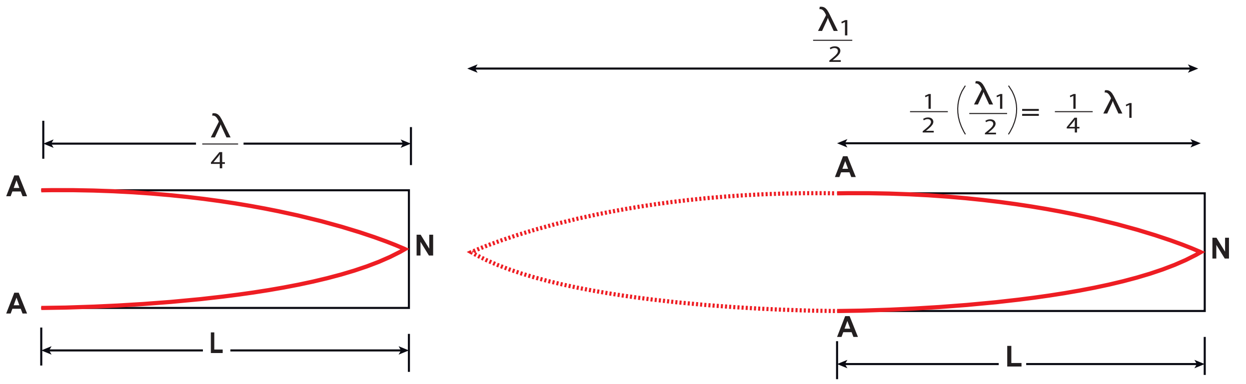
ஆர்கன் குழாய் இரு வகைப்படும்.

(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 25-08-2020 15:15:57



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

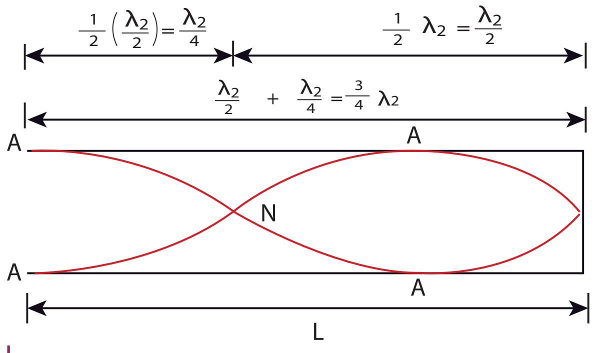
அலைகளின் அலைநீளம் λ_1 எனில்,

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

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

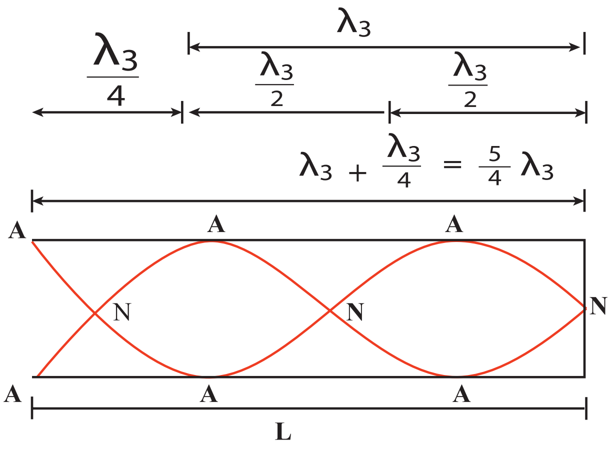
$$4L = 3\lambda_2$$

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

அதிர்வெண்

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

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



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 25-08-2020 15:16:01

$$4L = 5\lambda_3$$

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

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.

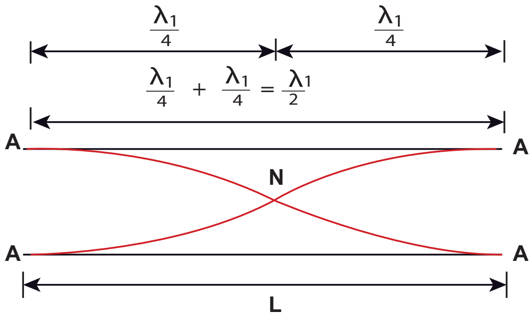
$$f_1 : f_2 : f_3 : f_4 : \ldots = 1 : 3 : 5 : 7 : \ldots \qquad (11.76)$$

(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,

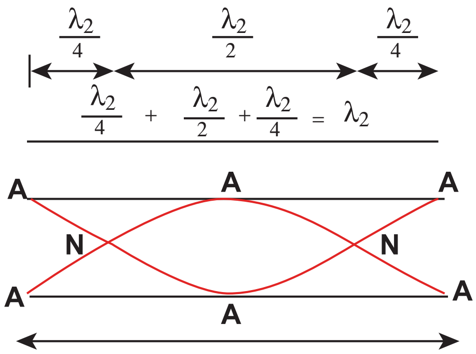
$$L = \frac{\lambda_1}{2} \text{ or } \lambda_1 = 2L \qquad (11.77)$$

ஏற்படும் அதிர்வின், அதிர்வெண்

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

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 25-08-2020 15:16:04

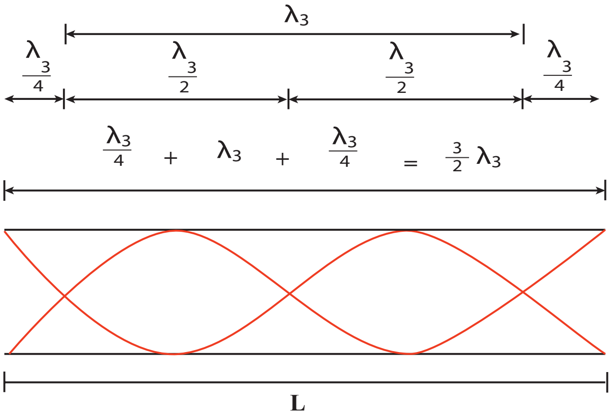
படம் 11.42 திறந்த ஆர்கன் குழாயில் ஏற்படும் இரண்டாம் நிலை அதிர்வைக் காட்டுகிறது. இது இரு கணுவையும் மூன்று எதிர்க்கணுவையும் உடையது.

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

அதிர்வெண்

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

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

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

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

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

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 271 25-08-2020 15:16:06

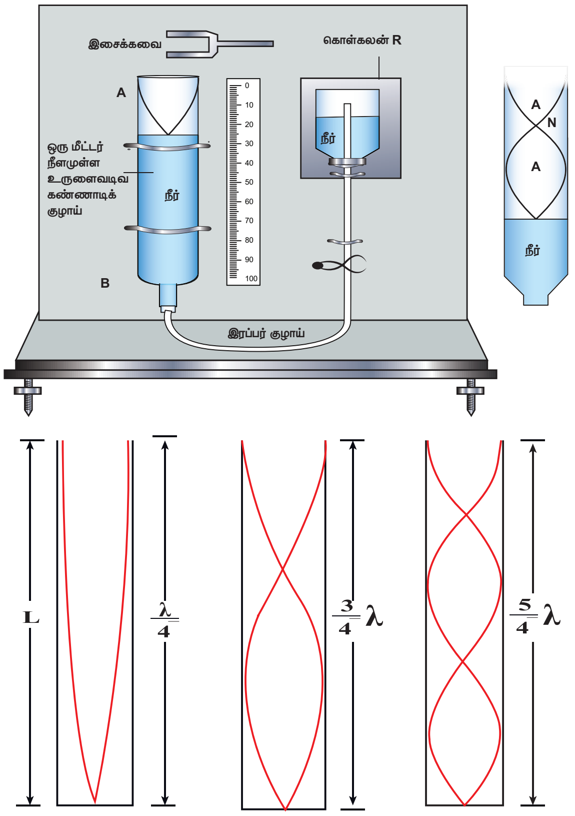
திறந்த ஆர்கன் குழாயின் அடிப்படை அதிர்வெண்

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

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 $\lambda = \dfrac{343\,ms^{-1}}{343\,Hz} = 1.0$ 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.

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 273 25-08-2020 15:16:12

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.

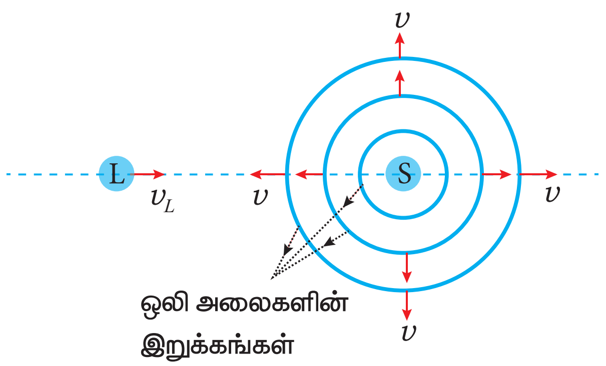
ஒலிமூலத்திற்கும் கேட்பவருக்கும் இடையே ஒரு சார்பு இயக்கம் உள்ளபோது ஒலி மூலத்தில் இருந்து வரும் ஒலியின் அதிர்வெண்ணும் அதைக் கேட்பவரால் உணரப்படும் ஒலியின் அதிர்வெண்ணும் மாறுபட்டு இருக்கும். இதுவே டாப்ளர் விளைவு எனப்படும்.

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 25-08-2020 15:16:13

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.

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

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

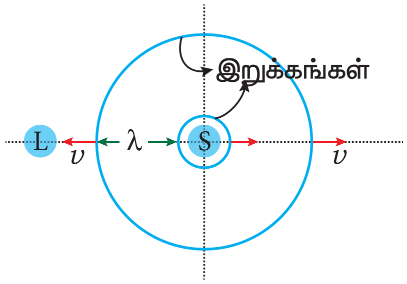
(மூலத்தை விட்டு கேட்பவர் விலகிச் செல்லும்போது)

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

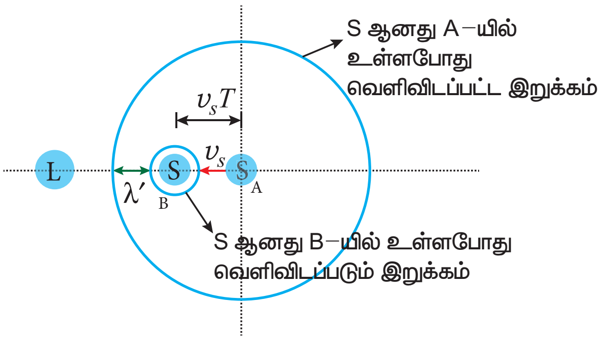
ii) கேட்டுணர் அதிர்வெண்: நகரும் மூலம் மற்றும் நிலையான கேட்பவர்

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 25-08-2020 15:16:15

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 25-08-2020 15:16:16

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 25-08-2020 15:16:18

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 நடைமேடையில் 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 25-08-2020 15:16:20

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

  அழிவு குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு, $I_{சிறுமம்} = \left(\sqrt{I_1}-\sqrt{I_2}\right)^2 = (A_1 - A_2)^2$.
- 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 25-08-2020 15:16:23

- அதிர்வெண்கள், அடிப்படை அதிர்வெண்ணின் முழு எண் மடங்குகளாக அமைந்தால் அவை சீரிசைகள் எனப்படும். முதல் சீரிசை $\nu_1 = \nu_1$, இரண்டாவது சீரிசை $\nu_2 = 2\ \nu_1$, மூன்றாவது சீரிசை $\nu_3 = 3\ \nu_1$, 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

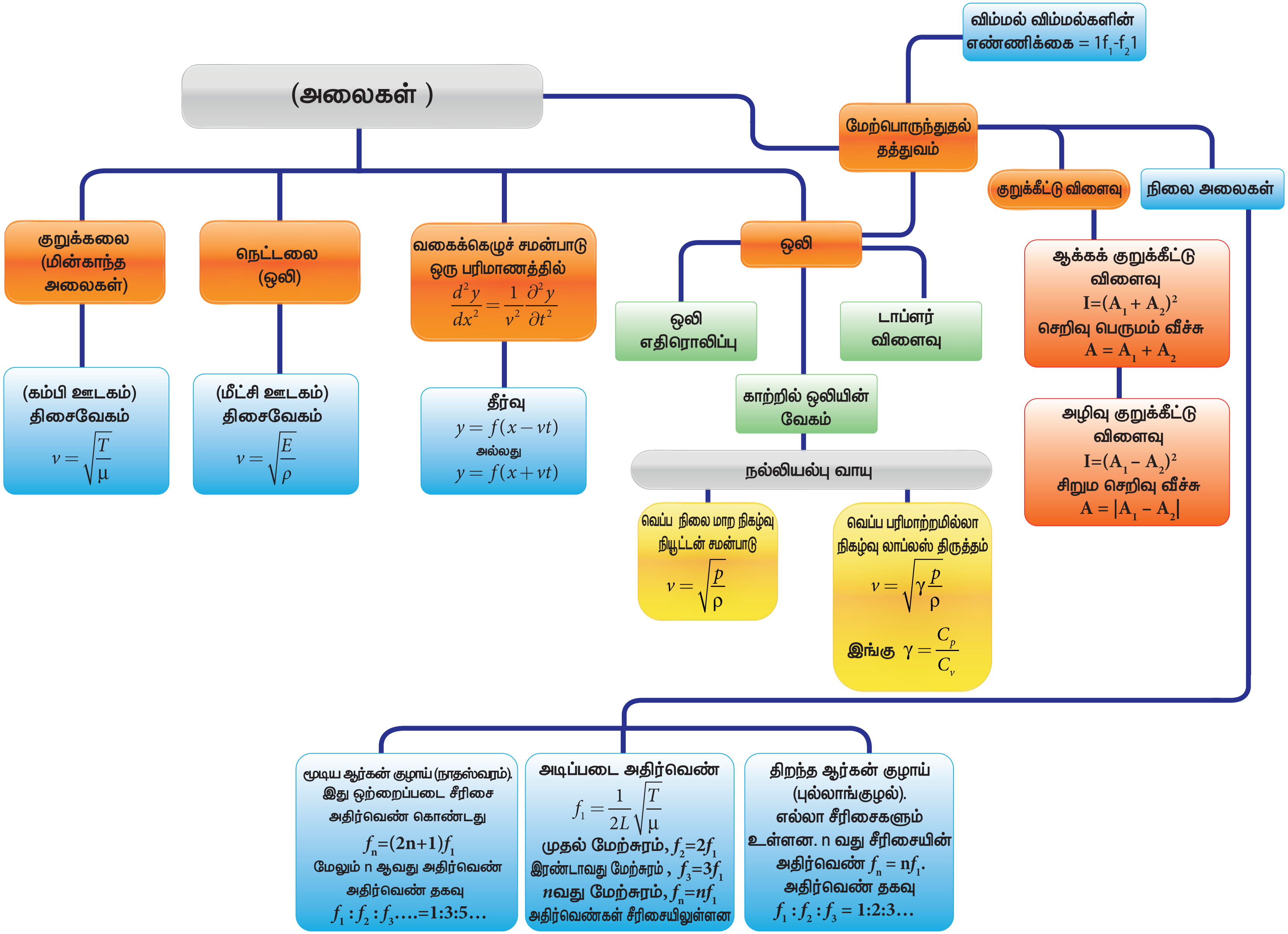
  $f_n = (2n+1) f_1$.
- மூடிய ஆர்கன் குழாயில் சீரிசைகளின் அதிர்வெண் தகவு

  $f_1 : f_2 : f_3 : f_4 :... = 1 : 3 : 5 : 7 :...$
- 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.

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 280 25-08-2020 15:16:24

கருத்து வரைபடம்



UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 281
25-08-2020 15:16:25

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

KGYIVQ

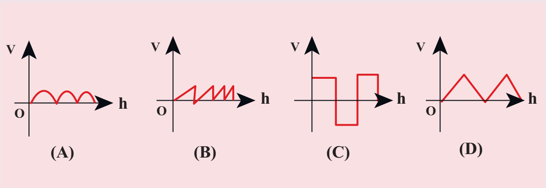
4. கீழ்க்கண்டவற்றுள் எது சரி?.

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. கீழ்க்கண்ட அலைகளில் எது அதிக திசைவேகத்தில் செல்லும்?



   இங்கு, v_A, v_B, v_C மற்றும் v_D என்பன (A), (B), (C), (D) யின் திசைவேகங்கள்

   a) $v_A > v_B > v_D > v_C$
   b) $v_A < v_B < v_D < v_C$
   c) $v_A = v_B = v_D = v_C$
   d) $v_A > v_B = v_D > v_C$

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

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

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 25-08-2020 15:16:27

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 kHz (b) 1.974 kHz

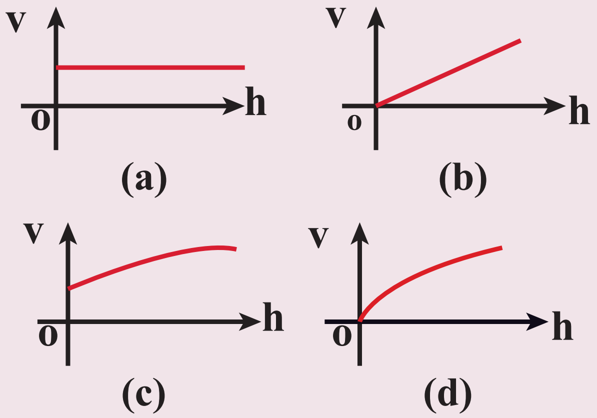
(c) 9.74 kHz (d) 1.011 kHz

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) c	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 25-08-2020 15:16:31

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

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 284 25-08-2020 15:16:31

(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.

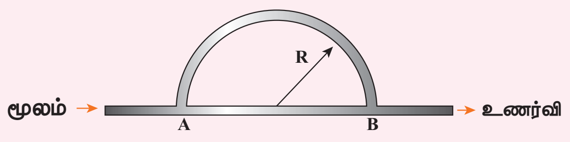
விடை : 400.9 ms^{-1}

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 25-08-2020 15:16:32

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 $v_{\text{திருடன்}} = 10\ m\,s^{-1}$

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

V. கருத்துரு வினாக்கள்

1. வாயுவில் குறுக்கலைகள் ஏற்படாது ஏன்? திண்மத்திலும், நீர்மத்திலும் குறுக்கலைகள் ஏற்படுமா?

2. நமது தேசிய விலங்கின் முழக்கம்அல்லது உறுமல் (roar) கொசு ஏற்படுத்தும் ஒலியிலிருந்து வேறுபடுகிறது. ஏன்?

3. மூலமும் கேட்பவரும் ஓய்வில் இருக்கும்போது, ஒரு வலிமையான காற்று வீசுகிறது. இதில் டாப்ளர் விளைவு உள்ளதா?

4. காலியான அறையில் ஒரு ஒலி உரப்பாகவும் (louder) அதே ஒலி தட்டு முட்டுப் பொருள்கள், இருக்கைகள் உள்ள அறையில் உரப்பு குறைவாகவும் இருக்க காரணம் என்ன?

5. சூறாவளி, கொந்தளிப்பு, புயல் ஆகியவை வரவிருப்பதை விலங்குகள் எவ்வாறு முன் கூட்டியே உணர்கின்றன?

6. நீர்வரும் திறந்த குழாயின் அடியில் வைக்கப்பட்ட பாத்திரம் ஒன்று நிரம்ப இருப்பதை எவ்வாறு சற்று முன்னரே அறிய முடியுமா ? காரணம் தருக?

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 25-08-2020 15:16:32

இணையச் செயல்பாடு

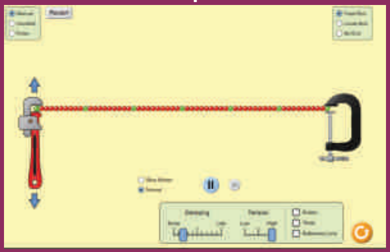
அலை இயக்கம்

அலை இயக்கம் பற்றி அறிவோமா!

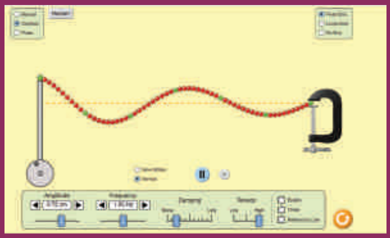
படிகள்

- கீழ்க்காணும் உரலி / விரைவுக் குறியீட்டைப் பயன்படுத்தி "waves on a string" என்ற இணையப் பக்கத்திற்குச் சென்று 'Play' பொத்தானை அழுத்தவும்.
- இச்செயல்பாட்டு பக்கத்தில் ஒரு கோவை (string) படம் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும். அலை இயக்கத்தைக் காண 'Play' வைஅழுத்தவும்.
- மேல் இடப்பக்கத்தில் உள்ள 'oscillations' மற்றும் 'pulse' போன்றவற்றைத் தெரிவு செய்தும், கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள 'amplitude' மற்றும் 'frequency' என்பதை மாற்றியும் கோவையில் மாற்றங்களைக் காணலாம்
- மேல் வலப்பக்கத்தில் உள்ள சாளரத்தில் 'End types' என்பதைத் தெரிவு செய்து இதை மீண்டும் செய்யவும்.

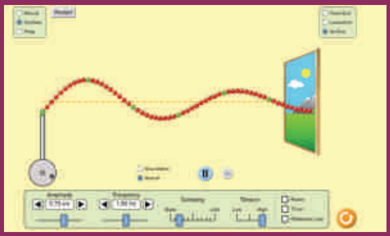
படி 1



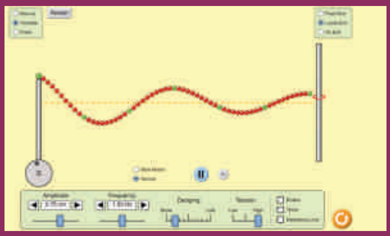
படி 2



படி 3



படி 4



உரலி:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-on-a-string

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

B126_11_PHY_TM

UNIT-11(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 287 25-08-2020 15:16:35

செய்முறை

மேல்நிலை முதலாம் ஆண்டு

இயற்பியல்

செய்முறை

செய்முறைகளின் பட்டியல்

1. தெரிந்த நிறை கொண்ட ஒரு திண்மக் கோளத்தின் நிலைமத் திருப்புத்திறனை வெர்னியர் அளவியைப் பயன்படுத்திக் காணல்.

2 சீரற்ற வளைவு – ஊசி மற்றும் நுண்ணோக்கியைப் பயன்படுத்தி பளுவிற்கும் இறக்கத்திற்கும் இடையேயான தொடர்பைச் சரிபார்த்தல்.

3. சுருள்வில்லின் சுருள் மாறிலியைக் காணல்.

4 தனிஊசலைப் பயன்படுத்தி புவிஈர்ப்பு முடுக்கம் காணல்.

5. ஒத்ததிர்வு காற்றுத் தம்பத்தை பயன்படுத்தி காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் காணல்.

6. திரவத்தின் பாகுநிலையைக் காணல் (ஸ்டோக்ஸ் முறை).

7. நுண்புழை ஏற்ற முறையில் பரப்பு இழுவிசை காணல்.

8. கலோரிமானியைக் கொண்டு நியூட்டனின் குளிர்வு விதியை சரிபார்த்தல்.

9. மாறா இழுவிசையில் அதிர்வெண்ணிற்கும் கொடுக்கப்பட்ட கம்பியின் அதிர்வடையும் நீளத்திற்கும் இடையேயான தொடர்பை அறிதல் – சுரமானி.

10. சுரமானியைப் பயன்படுத்தி மாறா அதிர்வெண்ணிற்கு கொடுக்கப்பட்ட கம்பியின் அதிர்வடையும் பிரிவின் நீளத்திற்கும் இழுவிசைக்கும் இடையேயான தொடர்பை அறிதல்.

11. விசைகளின் இணைகர விதியை சரிபார்த்தல் (செய்து காட்டல் மட்டுமே தேர்விற்கு உரியதன்று).

12. திருகு அளவி மற்றும் இயற்பியல் தராசினைக் கொண்டு கம்பிப் பொருளின் அடர்த்தியைக் காணல் (செய்து காட்டல் மட்டுமே தேர்விற்கு உரியதன்று).

குறிப்பு: ஒவ்வொரு அலகின் இறுதியிலும் வடிவமைக்கப்பட்டுள்ள இணையவழிச் செயல்பாடுகளை செய்து பார்க்க மாணவர்களை வலியுறுத்த வேண்டும். (செய்து காட்டல் மட்டுமே தேர்விற்கு உரியதன்று).

KH36JH

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 290 25-08-2020 11:39:57

1. தெரிந்த நிறை கொண்ட ஒரு திண்மக் கோளத்தின் நிலைமத் திருப்புத்திறனை வெர்னியர் அளவியைப் பயன்படுத்திக் காணல்

நோக்கம் வெர்னியர் அளவியைப் பயன்படுத்தி நிறை தெரிந்த ஒரு திண்மக் கோளத்தின் நிலைமத் திருப்புத்திறனைக் கணக்கிடல்.

தேவையான கருவிகள் வெர்னியர் அளவி, திண்மக் கோளம்.

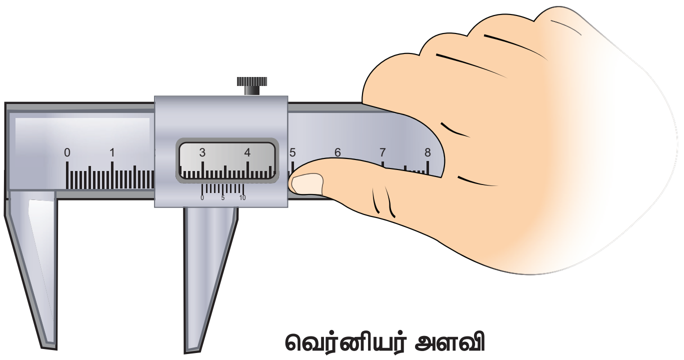
வாய்ப்பாடு ஒரு திண்மக் கோளத்தின் விட்டத்தைப் பற்றிய நிலைமத் திருப்புத்திறன்

$$I_d = \frac{2}{5} MR^2 \text{ kg m}^2$$

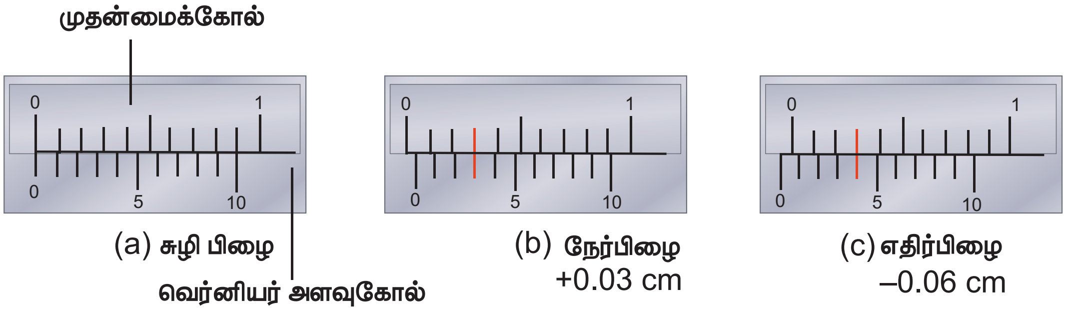
இங்கு M → கோளத்தின் நிறை (kg) (தெரிந்த மதிப்பு கொடுக்கப்பட வேண்டும்)

R → கோளத்தின் ஆரம் (m)

விளக்கப்படம்



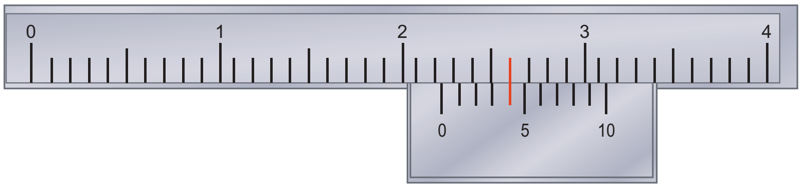
வெர்னியர் அளவி



(a) சுழி பிழை

(b) நேர்பிழை +0.03 cm

(c) எதிர்பிழை –0.06 cm



(d) வெர்னியர் அளவீடு

மாதிரி அளவீடு

MSR = 2.2 cm ; VSC = 4 பிரிவுகள்;

அளவீடு = [2.2 cm +(4x0.01 cm)] = 2.24 cm

செய்முறை

- வெர்னியர் அளவியின் சுழிப்பிழைகள் கண்டறியப்பட வேண்டும். பிழைகள் இருப்பின் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.
- கோளமானது வெர்னியர் அளவியின் இரு புயங்களுக்கு இடையில் பொருத்தப்பட்டு முதன்மைக் கோல் அளவு (மு.கோ.அ) குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது.
- எந்த வெர்னியர் கோல் பிரிவு(வெ.கோ.பி) முதன்மைக்கோல் அளவுடன் சரியாக பொருந்தியுள்ளது என்பதைக் குறித்துக் கொண்டு இந்த வெ.கோ. பிரிவுடன் மீச்சிற்றளவு பெருக்கப்பட்டால் அது வெர்னியர் கோல் அளவைத் தருகிறது. (வெ.கோ.அ)
- இந்த வெர்னியர் கோல் அளவுடன் சுழித்திருத்தத்தை மேற்கொண்டால் அது திருத்தப்பட்ட வெர்னியர் கோல் அளவைத் தருகிறது. முதன்மைக்கோல் அளவுடன் கூட்டப்படுகிறது. இந்த மதிப்பு கோளத்தின் விட்டமாகும்.
- கோளத்தின் வெவ்வேறு நிலைகளுக்கு விட்டம் உற்றுநோக்கப்பட்டு அட்டவணையில் குறித்து அதன் சராசரி விட்டம் கண்டறியப்படுகிறது. இதிலிருந்து கோளத்தின் ஆரம் (R) கணக்கிடப்படுகிறது.
- கோளத்தின் தெரிந்த நிறையின் மதிப்பு M மற்றும் கணக்கிடப்பட்ட கோளத்தின் ஆரம் R ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தி கொடுக்கப்பட்ட வாய்ப்பாட்டின் மூலம் அதன் விட்டத்தின் வழியேச் செல்லக்கூடிய அச்சைப் பொருத்துள்ள நிலைமத்திருப்புத்திறனைக் கணக்கிடலாம் .

மீச்சிற்றளவு (LC)

ஒரு முதன்மைக்கோல் பிரிவு (MSD) = ... cm

வெர்னியர் கோல் பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை = ...

மீச்சிற்றளவு (LC) = $\dfrac{\text{1 முதன்மைக்கோல் பிரிவு (MSD)}}{\text{மொத்த வெர்னியர் பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை}}$

= .... cm

காட்சிப்பதிவுகள்

சுழிப்பிழை =

சுழித்திருத்தம் (சு.தி) = சுழிப்பிழை × மீச்சிற்றளவு

வ.எண்.	(மு.கோ.அ) $\times 10^{-2}$ m	வெர்னியர் பிரிவு ஒன்றிப்பு (வெ.பி.ஒ) (div)	வெ.கோ.அ = (வெ.பி.ஒ × மீ.சி) $\times 10^{-2}$ m	மொத்த அளவு = (மு.கோ.அ + வெ. கோ.அ) $\times 10^{-2}$ m	கோளத்தின் விட்டம் = 2R சரியான அளவு = (மொ.அ ± சு.தி) $\times 10^{-2}$ m
1					
2					
3					
4					
5					
6					

சராசரி விட்டம் 2R = ... m

கோளத்தின் ஆரம் R = ... m

R = ... m

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 292 25-08-2020 11:39:58

கணக்கீடு

கோளத்தின் நிறை M = ... kg

(கொடுக்கப்பட்ட தெரிந்த மதிப்பு)

கோளத்தின் ஆரம் R =. . . . . m

திண்மக்கோளத்தின் விட்டம் வழியே செல்லக்கூடிய

அச்சைப் பொருத்து உள்ள நிலைமத்திருப்புத்திறன் $I_d = \frac{2}{5} MR^2$ = ... $kg\ m^2$

முடிவு

வெர்னியர் அளவியைப் பயன்படுத்தி கொடுக்கப்பட்ட திண்மக்கோளத்தின் விட்டம் வழியே செல்லக்கூடிய அச்சைப் பொருத்து உள்ள நிலைமத்திருப்புத்திறன். I_d = …………………….. $kg\ m^2$

2. சீரற்ற வளைவு – ஊசி மற்றும் நுண்ணோக்கியைப் பயன்படுத்தி பளுவிற்கும் இறக்கத்திற்கும் இடையேயான தொடர்பைச் சரிபார்த்தல்.

நோக்கம் ஒரு சட்டத்தின் சீரற்ற வளைவைப் பயன்படுத்தி பளு மற்றும் இறக்கத்திற்கிடையேயான தொடர்பைச் சரிபார்த்தல்

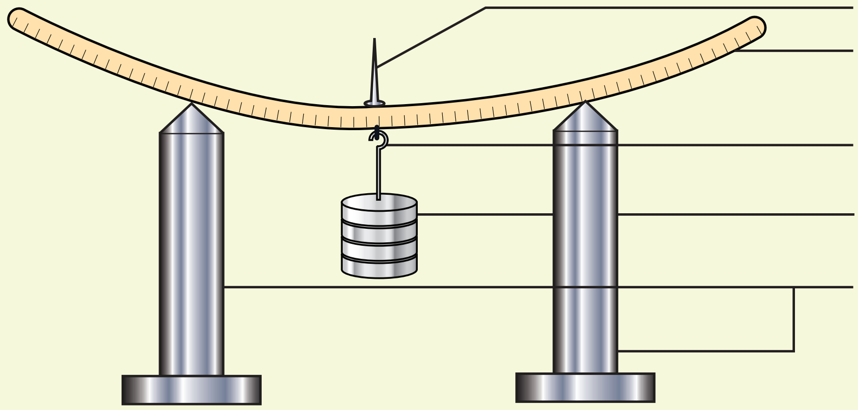
தேவையான கருவிகள் ஒரு நீண்ட சீரான சட்டம் [மீட்டர் அளவுகோல்], இரு கத்தி விளிம்புகள், நிறைத் தாங்கி, நிறைகள், ஊசி, மற்றும் வெர்னியர் நுண்ணோக்கி.

வாய்ப்பாடு $\frac{M}{s}$ = மாறிலி

இங்கு M → தொங்கவிடப்பட்ட பளு (நிறை) (kg)

s → கொடுக்கப்பட்ட பளுவில் சட்டத்தில் ஏற்படும் இறக்கம் (m)

விளக்கப்படம்



சீரற்ற வளைவிற்கான ஊசி மற்றும் நுண்ணோக்கியின் சோதனை அமைப்பு

செய்முறை

- இரு கத்தி விளிம்புகளையும் மேஜையின் மீது வைக்கவேண்டும்.
- சீரான சட்டத்தை (மீட்டர் அளவு கோலை) கத்தி விளிம்புகளின் மேற்பகுதியில் வைக்க வேண்டும்
- நிறைத்தாங்கியை அளவுகோலின் மையத்தில் தொங்கவிட வேண்டும். தாங்கி தொங்கிவிடப்பட்டுள்ள, அளவுகோலின் மையத்தில் ஒரு ஊசியைப் பொருத்த வேண்டும்.

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 294 25-08-2020 11:39:58

- இந்த அமைப்பின் முன்னே ஒரு வெர்னியர் நுண்ணோக்கியை வைக்கவேண்டும்.
- நுண்ணோக்கியை சரிசெய்து, ஊசியின் தெளிவான பிம்பத்தைப் பெறவேண்டும். நுண்ணோக்கியின் கிடைத்தளக் குறுக்குக்கம்பி ஊசி முனையுடன் பொருந்துமாறு செய்ய வேண்டும் .(இங்கு நிறைதாங்கியானது கணக்கில் கொள்ளப்படாத பளு (Dead Load) M ஆகும்).
- நுண்ணோக்கியின் செங்குத்து அளவுகோலின் அளவீடுகளை குறித்துக்கொள்ள வேண்டும்.
- நிறைத்தாங்கியில் 0.05 kg (50 gm) நிறைகளை ஒன்றன் பின் ஒன்றாக அதிகரித்து அளவீடுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.
- பிறகு நிறைத்தாங்கியில் இருந்த நிறைகளை ஒன்றன் பின் ஒன்றாக குறைத்து அளவீடுகளை குறித்துக்கொள்ள வேண்டும்.
- ஒவ்வொரு பளுவிற்குமான சராசரி அளவீட்டை நிலைப்பளு அளவீட்டுடன் கழிக்கவேண்டும். இந்த அளவு குறிப்பிட்ட நிறை M – இற்கான இறக்கமாகும்.

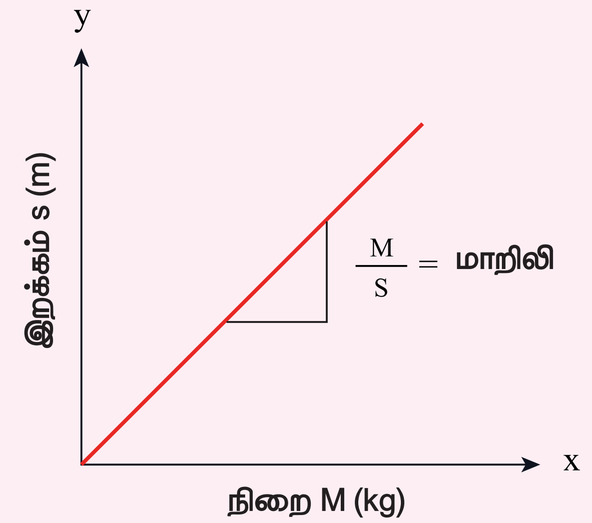
அட்டவணை 1 : M/s காணல்

பளு (kg)	நுண்ணோக்கி அளவீடு $\times 10^{-2}$ m								நிறை M (kg) கான இறக்கம் (s)	M/s kg m^{-1}
	பளு ஏற்றத்தின் போது			பளு இறக்கத்தின் போது			சராசரி			
	மு.கோ.அ	வெ.கோ.அ	மொ.அ	மு.கோ.அ	வெ.கோ.அ	மொ.அ				
M								x_0		
M + 0.05								x_1	$x_1 - x_0 =$ ______	
M + 0.10								x_2	$x_2 - x_0 =$ ______	
M + 0.15								x_3	$x_3 - x_0 =$ ______	
M + 0.20								x_4	$x_4 - x_0 =$ ______	
M + 0.25								x_5	$x_5 - x_0 =$ ______	
									சராசரி =	

மாதிரி வரைபடம்

பளு (M) மற்றும் இறக்கம் (s) ஆகியவற்றுக்கு இடையான தொடர்பு

M ஆனது x – அச்சிலும் s ஆனது y – அச்சிலும் எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டு M மற்றும் s– க்கான வரைபடம் வரைய வேண்டும். இவ்வரைபடம் ஒரு நேர்கோடாகும்.



நிறை மற்றும் இறக்கத்திற்கிடையேயான தொடர்பு

கணக்கீடு

(i) $\frac{M}{s} =$

(ii) $\frac{M}{s} =$

(iii) $\frac{M}{s} =$

(iv) $\frac{M}{s} =$

(v) $\frac{M}{s} =$

முடிவு

- ஒவ்வொரு பளுவிற்கும் (நிறை) மற்றும் இறக்கத்திற்கு இடையே உள்ள தகவு கணக்கிடப்பட்டது. இதன் மதிப்பு ஒரு மாறிலியாக உள்ளது கண்டறியப்பட்டது.
- எனவே பளுவிற்கும் இறக்கத்திற்கிடையேயான தொடர்பு ஒரு சட்டத்தின் சீரற்ற வளைவைப் பயன்படுத்தி சரிபார்க்கப்பட்டது.

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 296 25-08-2020 11:39:59

3. சுருள்வில்லின் சுருள் மாறிலியைக் காணல்

நோக்கம் ஒரு சுருள்வில்லின் சுருள் மாறிலியை செங்குத்து அலைவுகள் மூலம் கணக்கிடல்

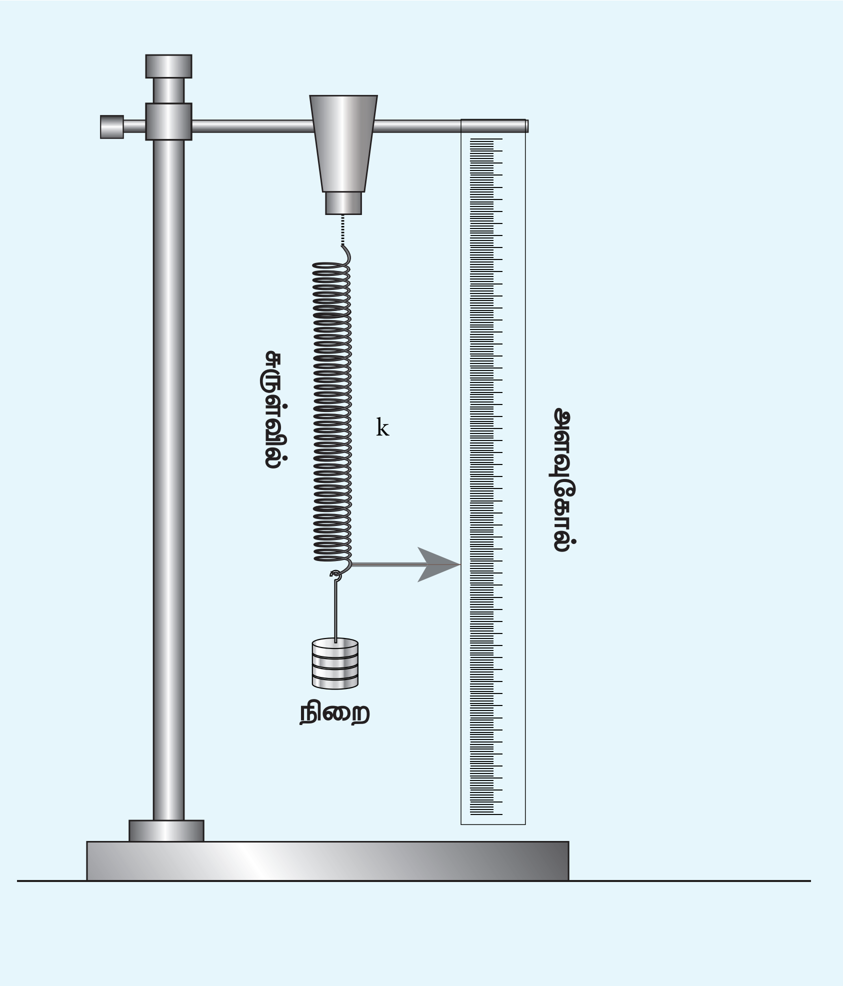
தேவையான கருவிகள் சுருள்வில், தாங்கி, கொக்கி, 50 கிராம் நிறைத்தாங்கி, 50 கிராம் கொண்ட நிறைக்கற்கள், நிறுத்துக் கடிகாரம், மீட்டர் அளவுகோல், குறிமுள்.

வாயப்பாடு சுருள்வில்லின் சுருள் மாறிலி $k = 4\pi^2 \left(\frac{M_2 - M_1}{T_2^2 - T_1^2}\right)$ kg s^{-2}

இங்கு $M_1, M_2 \rightarrow$ தெரிவு செய்யப்பட்ட நிறைகள் (kg)

$T_1, T_2 \rightarrow M_1, M_2$ நிறைகளுக்கான அலைவு காலங்கள் (s)

விளக்கப்படம்



செய்முறை

➢ மரத்தாங்கியில் உள்ள விறைப்பான பற்றுக்கருவியில் இருந்து ஒரு சுருள்வில்லின் மேல்முனை இறுக்கமாக பிணைக்கப்பட்டு செங்குத்தாக தொங்கவிடப்பட்டு அதன் மறுமுனையில் ஒரு நிறைத்தாங்கி இணைக்கப்படுகிறது. ஒரு குறிமுள் சுருள்வில்லின் கீழ்முனையில் இணைக்கப்பட்டு செங்குத்தாக பொருத்தப்பட்டு அளவுகோலில் நகரும் வண்ணம் அமைக்கப்படுகிறது.

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 297 25-08-2020 11:39:59

- ஒரு குறிப்பிட்ட பளு M (எ.கா: 100 g) நிறைத்தாங்கியில் ஏற்றப்படுகிறது. மேலும் குறிமுள்ளானது ஓய்வுநிலைக்கு வரும்போது அளவுகோலில் உள்ள அளவு குறித்துக்கொள்ளப்படுகிறது. இந்நிலை சமநிலை ஆகும்.
- நிறைத்தாங்கியில் உள்ள நிறை கீழ்நோக்கி இழுக்கப்பட்டு பின் விடப்படுகிறது. எனவே சுருள்வில்லானது சமநிலைப்புள்ளிக்கு இரு புறமும் செங்குத்தாக அலைவுறுகிறது.
- குறிமுள்ளானது சமநிலைப்புள்ளியை கடக்கும்போது ஒரு நிறுத்துக் கடிகாரம் இயக்கப்படுகிறது. மேலும் 10 அலைவுகளுக்கான நேரம் குறிக்கப்படுகிறது. பிறகு அலைவுக்காலம் T ஆனது கணக்கிடப்படுகிறது.
- நிறைத்தாங்கியில் படிப்படியாக 50 கிராம் நிறையை ஏற்றி இச்சோதனையானது மீண்டும் செய்யப்படுகிறது. ஒவ்வொரு நிகழ்விற்கும் அலைவுக்காலம் கணக்கிடப்படுகிறது.
- M_1 மற்றும் M_2 நிறைகளுக்கு (வேறுபாடு 50 கிராம் உள்ளபோது) T_1 மற்றும் T_2 என்பன முறையே அலைவுநேரங்கள் எனில் $\frac{M_2 - M_1}{T_2^2 - T_1^2}$ –இன் மதிப்பு கணக்கிடப்பட்டு அதன் சராசரி மதிப்பு கண்டறியப்படுகிறது.
- கொடுக்கப்பட்ட வாய்ப்பாட்டைப் பயன்படுத்தி சுருள்வில்லின் சுருள் மாறிலி கணக்கிடப்படுகிறது.

காட்சிப்பதிவுகள்

வ.எண்	நிறை M $\times 10^{-3}$ kg	10 அலைவுகளுக்கான நேரம் (t) (s)			அலைவுநேரம் $T = \frac{t}{10}$ (s)	T^2 (s^2)	$\frac{M_2 - M_1}{T_2^2 - T_1^2}$ $\times 10^{-3}\, kg\, s^{-2}$
		முயற்சி 1	முயற்சி 2	சராசரி			
1	100						
2	150						
3	200						
4	250						
5	300						

சராசரி = ... kg s^{-2}

கணக்கீடு

சுருள்வில்லின் சுருள்மாறிலி $K = 4\pi^2 \left(\frac{M_2 - M_1}{T_2^2 - T_1^2}\right)$

k = ... kg s^{-2}

முடிவு

கொடுக்கப்பட்ட சுருள்வில்லின் சுருள்மாறிலி k = ... kg s^{-2}

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 298 25-08-2020 11:40:00

4 தனிஊசலைப் பயன்படுத்தி புவிஈர்ப்பு முடுக்கம் காணல்

நோக்கம் — தனிஊசலைப் பயன்படுத்தி புவிஈர்ப்பு முடுக்கத்தைக் கணக்கிடுதல்.

தேவையான கருவி — தாங்கி, ஊசல்குண்டு, நூல், அளவுகோல், நிறுத்துக் கடிகாரம்

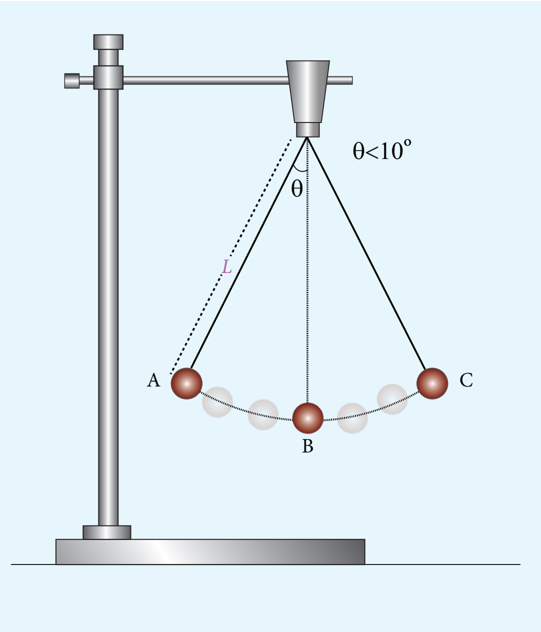
வாய்ப்பாடு — புவிஈர்ப்பு முடுக்கம் $g = 4\pi^2 \left(\frac{L}{T^2}\right)$ (m s^{-2})

இங்கு T $\rightarrow$ என்பது தனிஊசலின் அலைவுநேரம் (s)

g $\rightarrow$ என்பது புவிஈர்ப்பு முடுக்கம் (m s^{-2})

L $\rightarrow$ தனிஊசலின் நீளம் (m)

விளக்கப்படம்



செய்முறை

- ஒரு சிறிய பித்தளைக்குண்டினை நூலில் இணைக்கவும்.
- இந்த நூலானது தாங்கியுடன் பொருத்தப்படுகிறது.
- நூல் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள கொக்கியிலிருந்து ஊசல்குண்டின் மையப்பகுதிவரை உள்ள நீளம் அளவிடப்படுகிறது. கீழ்க்காணும் அட்டவணையில் ஊசலின் நீளமானது பதிவிடப்படுகிறது.
- நிறுத்துக் கடிகாரத்தைக் கொண்டு 10 அலைவுகளுக்கான நேரம் (t) குறிக்கப்படுகிறது.
- அலைவுநேரம் $T = \frac{t}{10}$ எனும் சமன்பாட்டிலிருந்து கணக்கிடப்படுகிறது.
- ஊசலின் வெவ்வேறு நீளங்களுக்கு (L) சோதனை மீண்டும் செய்யப்படுகிறது. கொடுக்கப்பட்ட வாய்ப்பாட்டினைப் பயன்படுத்தி புவிஈர்ப்பு முடுக்கம் (g) கண்டறியப்படுகிறது.

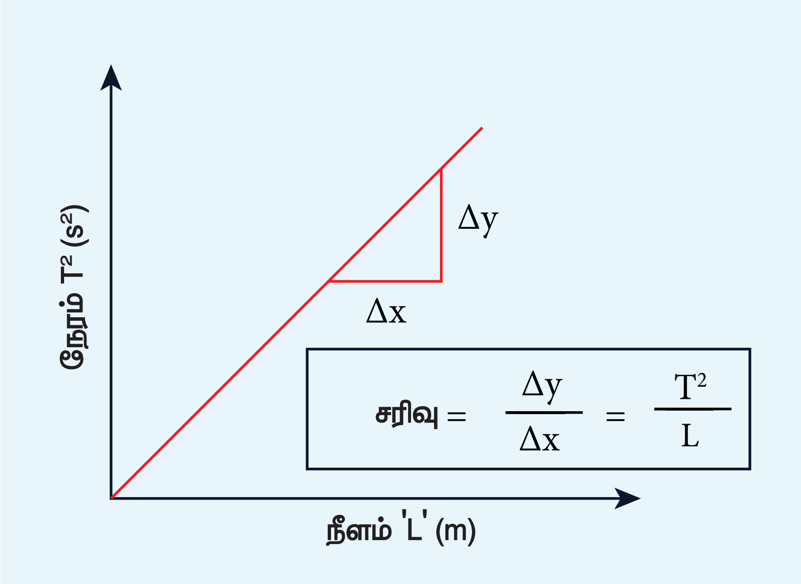
UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 299 25-08-2020 11:40:02

காட்சிப்பதிவுகள் புவிஈர்ப்பு முடுக்கம் 'g' ஐ க் கணக்கிடல்

தனிஊசலின் நீளம் L (m)	10 அலைவுகளுக்கான நேரம் (s)			அலைவுநேரம் $T = \frac{t}{10}$ (s)	T^2 (s^2)	$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$ $m\ s^{-2}$
	முயற்சி 1	முயற்சி 2	சராசரி			

சராசரி g = . . . $m\ s^{-2}$

மாதிரி வரைபடம்



சரிவு $= \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{T^2}{L}$; $\frac{1}{\text{சரிவு}} = \frac{L}{T^2}$

முடிவு

தனிஊசலைப் பயன்படுத்தி கண்டறியப்பட்ட புவிஈர்ப்பு முடுக்கத்தின் (g) மதிப்பு

i) கணக்கீட்டிலிருந்து = ... $m\ s^{-2}$

ii) வரைபடத்திலிருந்து = ... $m\ s^{-2}$

5. ஒத்ததிர்வு காற்றுத் தம்பத்தை பயன்படுத்தி காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் காணல்.

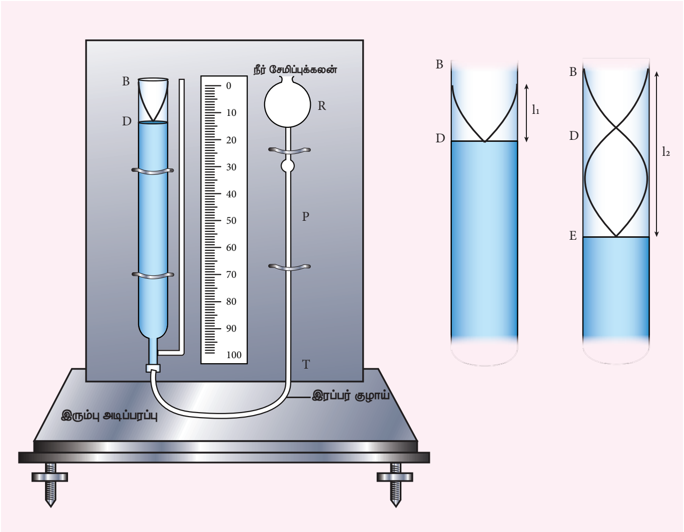
நோக்கம்	ஒத்ததிர்வு தத்துவத்தை பயன்படுத்தி அறை வெப்பநிலையில் காற்றில் ஒலியின் திசைவேத்தைக் கண்டறிதல்.
தேவையான கருவி	ஒத்ததிர்வுக்குழாய், அதிர்வெண் தெரிந்த மூன்று இசைக்கவைகள், இரப்பர் சுத்தியல் , வெப்பநிலைமானி குண்டு நூல், (plum line), நீர் உள்ள கொள்கலன்.
வாய்ப்பாடு	$V = 2v\left(l_2 - l_1\right)$ m s^{-1}

இங்கு ; V $\rightarrow$ காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் (m s^{-1})

$l_1, l_2 \rightarrow$ முதல் மற்றும் இரண்டாவது ஒத்ததிர்வு நீளங்கள்(m)

$v \rightarrow$ இசைக்கவையின் அதிர்வெண் (Hz)

விளக்கப்படம்



செய்முறை

- ➢ ஒத்ததிர்வுக் குழாயின் நிலையினை சரி செய்வதன் மூலம் குழாயினுள் காற்றுத்தம்பத்தின் நீளம் மிகவும் சிறியதாக அமைக்கலாம்.
- ➢ ஒத்ததிர்வு குழாயில் திறந்த முனைக்கு அருகில் ஒரு அதிர்வெண் தெரிந்த இசைக்கவையை கிடைத்தளமாக வைத்துக்கொண்டு ரப்பர் சுத்தியால் தட்டவேண்டும். இசைக்கவையானது அதன் இயல்பான அதிர்வெண்ணில் நெட்டலையை இப்பொழுது உருவாக்குகின்றது.
- ➢ ஒலி அலைகள் குழாயின் கீழ் வரை சென்று நீர்பரப்பினால் எதிரொலிப்பு அடைகிறது.
- ➢ ஒத்ததிர்வு குழாயின் நீர் சேமிப்புக்கலனை உயர்த்தியோ அல்லது இறக்கியோ பெரும ஒலி கேட்குமாறு செய்ய வேண்டும்.

- இந்த நிலையில் திரவத்தம்ப உயரம் அளவிடப்படுகிறது. இந்த அளவு முதல் ஒத்ததிர்வு நீளம் l_1 ஆக எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது.
- பிறகு முதல் ஒத்ததிர்வு நீளத்தின் இருமடங்கிற்கு குழாயானது தோராயமாக உயர்த்தப்படுகிறது. இசைக்கவையை சரியாக மறுபடியும் குழாயின் திறந்த முனையில் வைக்கவேண்டும்.
- பெரும ஒலியானது கேட்கும் வரை குழாயின் உயரத்தை மாற்ற வேண்டும்.
- இந்நிலையில் காற்றுத்தம்பத்தின் நீளத்தை அளவிட வேண்டும். இந்த அளவு இரண்டாவது ஒத்ததிர்வு நீளம் l_2 ஆகும். $V = 2v(l_2 - l_1)$ என்ற தொடர்பைப் பயன்படுத்தி அறை வெப்பநிலையில் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகத்தைக் கணக்கிடலாம் .
- வெவ்வேறு அதிர்வெண்கள் கொண்ட இசைக்கவைகளைப் பயன்படுத்தி சோதனையை மீண்டும் செய்து l_1 மற்றும் l_2 அளவீடுகளை அட்டவணைப்படுத்த வேண்டும். .
- கணக்கிடப்பட்ட மதிப்புகளின் சராசரி அறைவெப்பநிலையில் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகத்தினைத் தரும்.

காட்சிப்பதிவுகள்

வ. எண்.	இசைக் கவையின் அதிர்வெண் v (Hz)	முதல் ஒத்ததிர்வு நீளம் $l_1 (\times 10^{-2}$ m)			இரண்டாவது ஒத்ததிர்வு நீளம் l_2 $(\times 10^{-2}$ m)			$l_2 - l_1$ $(\times 10^{-2} m)$	ஒலியின் திசைவேகம் $V = 2v(l_2 - l_1)$ (m s^{-1})
		முயற்சி 1	முயற்சி 2	சராசரி	முயற்சி 1	முயற்சி 2	சராசரி		
1									
2									
3									
								சராசரி V =	

கணக்கீடு

அறைவெப்பநிலையில் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம், $V = 2v(l_2 - l_1)$ = _____________ m s^{-1}

முடிவு

அறைவெப்பநிலையில் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம், (V) = _____________ m s^{-1}

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 302 25-08-2020 11:40:05

6. திரவத்தின் பாகுநிலையைக் காணல் (ஸ்டோக்ஸ் முறை)

நோக்கம் — ஸ்டோக்ஸ் முறையில் கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தின் பாகியல் எண்ணைக் கணக்கிடுதல்.

தேவையான கருவிகள் — நீண்ட உருளை வடிவ கண்ணாடி ஜாடி, அதிக பாகுநிலை கொண்ட திரவம், மீட்டர் அளவுகோல், கோளவடிவக் குண்டு, நிறுத்துக்கடிகாரம் ,நூல்

வாய்ப்பாடு

$$\eta = \frac{2r^2(\delta - \sigma)g}{9V} \ \mathrm{N\,s\,m^{-2}}$$

இங்கு η – திரவத்தின் பாகியல் எண் ($\mathrm{N\,s\,m^{-2}}$)

$r \rightarrow$ கோளவடிவ குண்டின் ஆரம் (m)

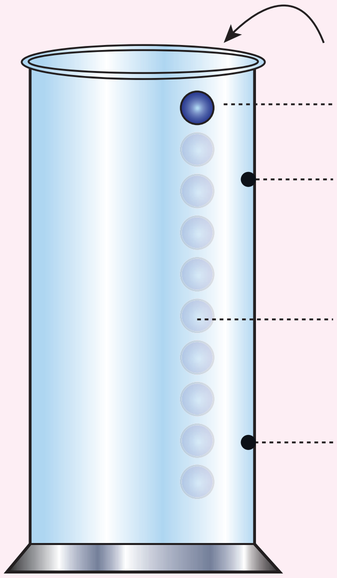
$\delta \rightarrow$ எ ஃகு கோளத்தின் அடர்த்தி ($kg\ m^{-3}$)

$\sigma \rightarrow$ திரவத்தின் அடர்த்தி ($\mathrm{kg\ m^{-3}}$)

$g \rightarrow$ புவியீர்ப்பு முடுக்கம் (9.8 $\mathrm{m\ s^{-2}}$)

$V \rightarrow$ சராசரி முற்றுத்திசைவேகம் ($\mathrm{m\ s^{-1}}$)

விளக்கப்படம்



ஸ்டோக்ஸ் முறையில் பாகுநிலையை அளவிடுவதற்கான சோதனை அமைப்பு

செய்முறை

- அளவீடுகள் குறிக்கப்பட்ட நீண்ட உருளை வடிவ கண்ணாடி ஜாடி ஒன்றினை எடுத்து அதனுள் கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தை நிரப்பவேண்டும்.
- A,B என்ற இரு புள்ளிகள் கண்ணாடி ஜாடியில் குறிக்கப்படுகிறது. உலோகக் குண்டானது Aயை அடையும்போது அது முற்றுத் திசைவேகத்தைப் பெறும் வகையில் புள்ளி A திரவத்தின் பரப்பிற்கு அதிக ஆழத்தில் குறிக்கப்படவேண்டும்.
- திருகு அளவி கொண்டு, கோளவடிவ உலோகக்குண்டின் ஆரத்தைக் கணக்கிட வேண்டும்.
- கோளவடிவக்குண்டாது திரவத்தில் மெதுவாக விழச்செய்யப்பட வேண்டும்.
- கோளமானது புள்ளி A–யை கடக்கும் போது ஓர் நிறுத்துக்கடிகாரத்தை இயக்கவேண்டும். கோளமானது புள்ளி B–யை கடக்கும் போது நிறுத்துக் கடிகாரத்தை நிறுத்த வேண்டும். A மற்றும் B –க்கு இடையேயான தொலைவை அளந்து t மதிப்பை அட்டவணையில் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்.
- A மற்றும் B–க்கு இடையேயான தொலைவினை அளந்து கொள்ள வேண்டும். வெவ்வேறு தொலைவுகளுக்கு சோதனை திரும்பச் செய்யப்படவேண்டும். புள்ளி Aயானது கண்டிப்பாக முற்றுத்திசைவேகத்தை அடையும் நிலைக்கு கீழே குறிக்கப்படுவதை உறுதிப்படுத்த வேண்டும்.

காட்சிப்பதிவுகள்

முற்றுத் திசைவேகத்தைக் காணல்

வ. எண்.	கோளவடிவக் குண்டு கடந்த தொலைவு (d) m	எடுத்துக்கொண்ட காலம் (t) (s)	முற்றுத்திசைவேகம் (V) d/t (m s^{-1})
		சராசரி=	

கணக்கீடு

கோளவடிவ உலோகக் குண்டின் அடர்த்தி δ = ________ $kg\ m^{-3}$

கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தின் அடர்த்தி σ = ________ $kg\ m^{-3}$

கோளத்தின் ஆரம் r_________ m

திரவத்தின் பாகியல் எண் $\eta = \dfrac{2r^2 g(\delta - \sigma)}{9V}$ = ________ N s m^{-2}

முடிவு

ஸ்டோக்ஸ் முறையில் கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தின் பாகியல் எண் η = ________ N s m^{-2}

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 304 25-08-2020 11:40:07

7. நுண்புழை ஏற்ற முறையில் பரப்பு இழுவிசை காணல்

நோக்கம் நுண்புழை ஏற்ற முறையில் ஒரு திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசையைக் கணக்கிடுதல்

தேவையான கருவிகள் நீர் உள்ள முகவை, நுண்புழைக்குழாய், வெர்னியர் நுண்ணோக்கி, இருதுளையிடப்பட்ட இரப்பர் அடைப்பான், நீண்ட பின்னலூசி, ஓர் குட்டையான இரப்பர் குழாய் மற்றும் பற்றுக்கருவி

வாய்ப்பாடு திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசை $T = \frac{hr\sigma g}{2}$ $N m^{-1}$

இங்கு $T \rightarrow$ திரவத்தின் பரப்புஇழுவிசை ($N m^{-1}$)

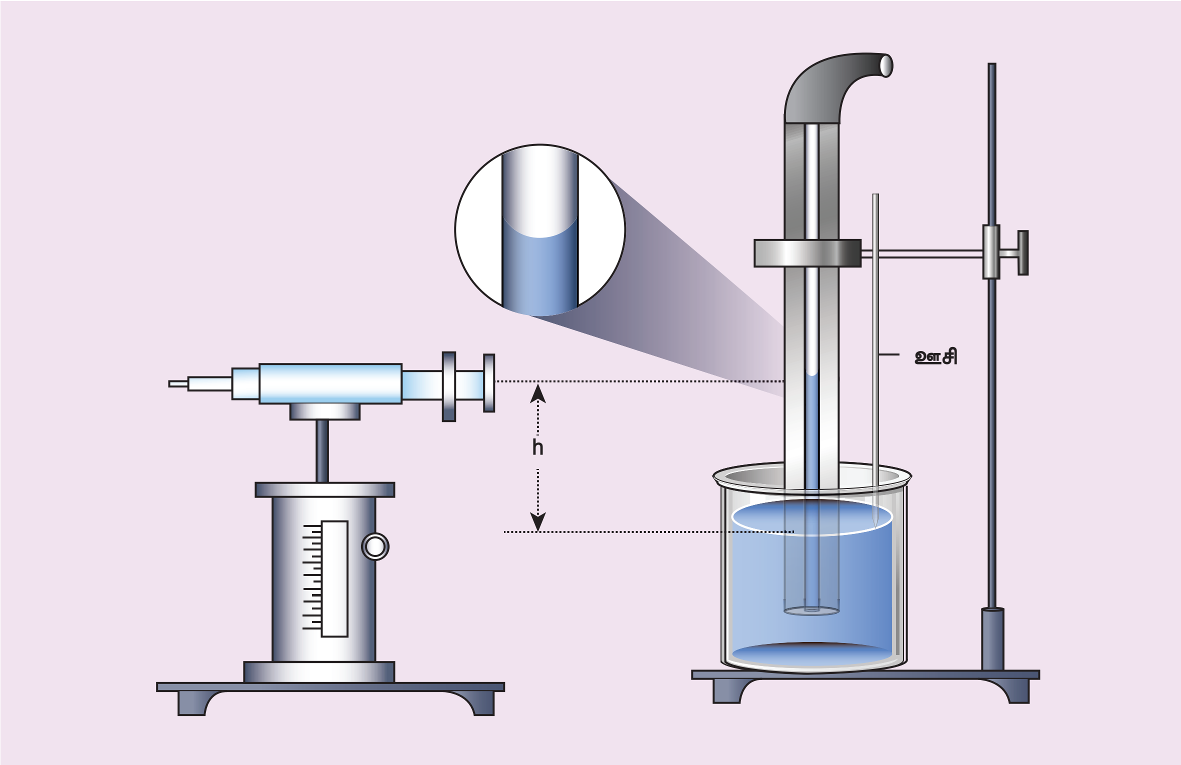
$h \rightarrow$ நுண்புழைக்குழாயில் திரவத்தின் உயரம் (m)

$r \rightarrow$ நுண்புழைக்குழாயின் ஆரம் (m)

$\sigma \rightarrow$ நீரின் அடர்த்தி ($\sigma = 1000\ kg\ m^{-3}$)

$g \rightarrow$ புவியீர்ப்பு முடுக்கம் ($g = 9.8\ m\ s^{-2}$)

விளக்கப்படம்



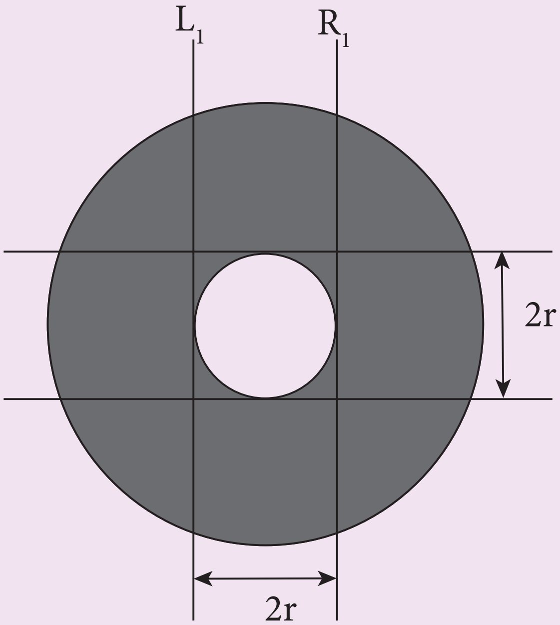
நுண்புழை ஏற்றமுறையில் பரப்பு இழுவிசை காணும் சோதனை அமைப்பு

செய்முறை

- ஒரு தூய்மையான மற்றும் உலர்ந்த நுண்புழைக்குழாய் ஒரு தாங்கியில் பொருத்தப்படுகிறது.
- ஒரு நீர்நிரம்பியுள்ள முகவை சரி செய்யக்கூடிய மேடையில் சிறிய அளவிலான நீர் குழாயினுள் உயரும் வகையில் வைக்கப்படுகிறது. எனவே திரவத்தின் பரப்பை தொடுமாறு நுண்புழைக்குழாயின் அருகில் ஊசியை பொருத்தவேண்டும்.
- வெர்னியர் நுண்ணோக்கியால் நீரின் பிறைத்தின் கீழ்ப்பகுதி நோக்கப்படுகிறது. பிறைத்தள மட்டமானது குறுக்குக்கம்பியுடன் பொருந்தும் நிலையில் அளவீடு எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது.

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 305 25-08-2020 11:40:07

- வெர்னியர் நுண்ணோக்கியால் ஊசியின் முனை நோக்கப்பட்டு மீண்டும் அளவீடு குறிக்கப்படுகிறது.
- செங்குத்து அளவு கோலின் இரு அளவீடுகளுக்கான வேறுபாடு நுண்புழைக்குழாயில் மேலேறிய நீர்மத்தின் உயரம் h ஆகும்.
- நுண்புழைக்குழாயின் ஆரத்தைக் கணக்கிட நகரும் மேடையின் உயரத்தை தாழ்த்தி முகவையானது அகற்றப்படவேண்டும். நுண்புழைக்குழாயைக் கவனமாக சுழற்றி மூழ்கியிருந்த கீழ்முனைப்பகுதி உங்களை நோக்கி இருக்குமாறு செய்யவேண்டும்.
- வெர்னியர் நுண்ணோக்கியால் குழாயானது நோக்கப்பட்டு குழாயின் உட்சுவர் தெளிவாகத் தெரியும்படி சரி செய்யப்படுகிறது.
- குழாயின் இடப்புற உட்சுவர் வெர்னியர் நுண்ணோக்கியின் செங்குத்துக் குறுக்கு கம்பியுடன் பொருந்துமாறு சரி செய்யப்படுகிறது. இந்த அளவு L_1 என குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது.
- நுண்ணோக்கியின் திருகுகளைத் திருகி கிடைத்தளத்திசையில் நகர்த்தி குழாயின் வலப்புற உட்சுவர் நோக்கப்படுகிறது. இதன் அளவு R_1 குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது. எனவே குழாயின் ஆரத்தை $\frac{1}{2}(L_1 - R_1)$ என்ற வாய்ப்பாட்டின் மூலம் கணக்கிடலாம்.
- இறுதியாக கொடுக்கப்பட்ட வாய்ப்பாட்டைப் பயன்படுத்தி பரப்பு இழுவிசை கணக்கிடப்படுகிறது.



நுண்புழைக்குழாயின் ஆரம்

காட்சிப்பதிவுகள்

திரவத்தின் உயரத்தைக் காணல் 'h'

நுண்ணோக்கியின் மீச்சிற்றளவு (LC) = _________

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 306 25-08-2020 11:40:08

வ.எண்	திரவத்தின் பிறைத்தளத்தில் நுண்ணோக்கி அளவீடு (a)			குறிமுள்ளின் கீழ் முனைக்கான நுண்ணோக்கி அளவீடு (b)			திரவத்தின் உயரம் $h = (a \sim b)$ $\times 10^{-2}$ m
	(மு.கோ.அ)	வெ.கோ.அ (வெ.பி.ஓ × மீ.சி)	மொ.அ $\times 10^{-2}$ m	(மு.கோ.அ)	வெ.கோ.அ (வெ.பி.ஓ × மீ.சி)	மொ.அ $\times 10^{-2}$ m	
						சராசரி h =	

நுண்புழைக்குழாயின் ஆரம்

குழாய்	குழாயின் இடப்புற உட்சுவர் நிலைக்கான வெர்னியர் அளவீடு L_1			குழாயின் வலப்புற உட்சுவர் நிலைக்கான வெர்னியர் அளவீடு R_1			நுண்புழைக் குழாயின் ஆரம் $r = \frac{1}{2}(L_1 \sim R_1)$ $\times 10^{-2}$ m
	(மு.கோ.அ)	வெ.கோ.அ (வெ.பி.ஓ × மீ.சி)	மொ.அ $\times 10^{-2}$ m	(மு.கோ.அ)	வெ.கோ.அ (வெ.பி.ஓ × மீ.சி)	மொ.அ $\times 10^{-2}$ m	

கணக்கீடு

நுண்புழைக்குழாயினுள் திரவத்தின் சராசரி உயரம் h = __________ $\times 10^{-2}$ m

நுண்புழைக்குழாயின் விட்டம் 2r = __________ $\times 10^{-2}$ m

நுண்புழைக்குழாயின் ஆரம் r = __________ $\times 10^{-2}$ m

நீரின் அடர்த்தி $\sigma = 1000$ kg m^{-3}

புவிஈர்ப்பு முடுக்கம் $g = 9.8$ m s^{-2}

பரப்பு இழுவிசை $$T = \frac{hr\sigma g}{2}$$

= __________ N m^{-1}

முடிவு

நுண்புழை ஏற்றமுறையில் கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசை T = __________ $N\,m^{-1}$

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 307 25-08-2020 11:40:09

8. கலோரிமானியைக் கொண்டு நியூட்டனின் குளிர்வு விதியை சரிபார்த்தல்

நோக்கம் : வெப்பப்படுத்தப்பட்ட பொருளின் வெப்பநிலைக்கும் நேரத்திற்கும் இடையேயான தொடர்பினைப் பெறுதல்.

தேவையான கருவிகள் : கலக்கியுடன் கூடிய ஒரு கலோரிமானி, ஒரு துளையிடப்பட்ட இரப்பர் தக்கை, வெப்பநிலைமானி, நிறுத்துக்கடிகாரம், சூடேற்றும் சாதனம், நீர் பற்றுக்கருவி மற்றும் தாங்கி

நியூட்டன் குளிர்வு விதி : உயர்வெப்பநிலையில் உள்ள ஒரு பொருள் வெப்பத்தை இழக்கும் வீதம் அப்பொருளுக்கும் சுற்றுப்புறச் சூழலுக்கும் இடையிலுள்ள வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

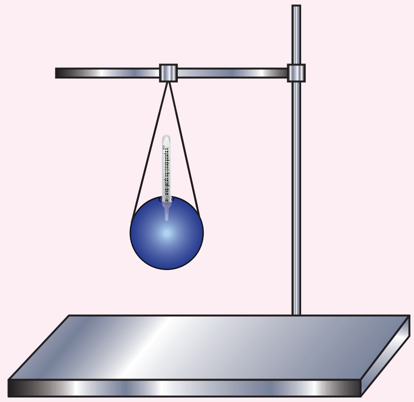
$$\frac{dT}{dt} \propto (T - T_0)$$

இங்கு $\frac{dT}{dt} \rightarrow$ வெப்பத்தை இழக்கும் வீதம் (குளிர்வு வீதம்) (°C)

$T \rightarrow$ நீரின் வெப்பநிலை(°C)

$T_0 \rightarrow$ அறை வெப்ப நிலை (°C)

விளக்கப்படம்



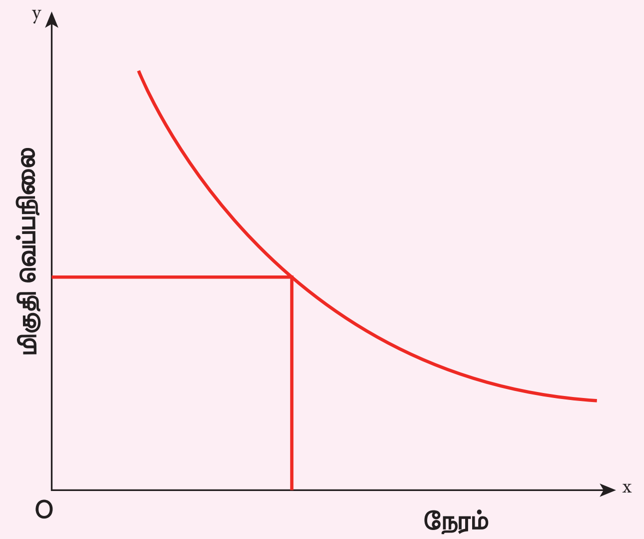
நியூட்டன் குளிர்வு விதி சோதனை அமைப்பு

செய்முறை:

- வெப்பநிலைமானியைப் பயன்படுத்தி அறைவெப்பநிலை (T_0) ஐ குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.
- ஏறத்தாழ 90°C வெப்பநிலையில் உள்ள சூடான நீர் கலோரிமானியில் நிரப்பப்படுகிறது.
- ஒரு துளை கொண்ட இரப்பர் தக்கையினால் கலோரிமானி மூடப்படுகிறது.
- தக்கையில் உள்ள துளையின் வழியாக கலோரிமானிக்குள் ஒரு வெப்பநிலைமானியை சொருக வேண்டும்.
- நிறுத்துக்கடிகாரத்தை இயக்கி, 80°C முதல் ஒவ்வொரு ஒரு டிகிரி செல்சியஸ் வெப்பநிலைக் குறைவிற்கும் ஆகும் நேரம் உற்றுநோக்கப்படுகிறது.

- அறைவெப்பநிலை வரும் வரை தேவையான அளவீடுகளைக் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும்.
- அளவீடுகள் அட்டவணைப்படுத்தப்படுகிறது.
- நேரத்தை x அச்சிலும், மிகுதி வெப்பநிலையை y அச்சிலும் கொண்டு வரைபடம் வரையப்படுகிறது.

மாதிரி வரைபடம்



வெப்பநிலை மற்றும் நேரத்திற்கு இடையேயான தொடர்பு காணல்

அறைவெப்பநிலை (T_0) = ________°C

காட்சிப்பதிவுகள்

நேரத்தைப் பொருத்து வெப்பநிலை மாறும் வீதத்தினை அளவிடல்

நேரம் (s)	நீரின் வெப்பநிலை (T) °C	மிகுதி வெப்பநிலை ($T - T_0$) °C

முடிவு

குளிர்வு வரைகோடு வரையப்பட்டு நியூட்டன் குளிர்வு விதி சரிபார்க்கப்பட்டது.

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 309 25-08-2020 11:40:09

9. மாறா இழுவிசையில் அதிர்வெண்ணிற்கும் கொடுக்கப்பட்ட கம்பியின் அதிர்வடையும் நீளத்திற்கும் இடையேயான தொடர்பை அறிதல் – சுரமானி

நோக்கம் : சுரமானியைப் பயன்படுத்தி, மாறாத இழுவிசையில் அதிர்வெண்ணிற்கும், கொடுக்கப்பட்ட கம்பியின் அதிர்வடையும் நீளத்திற்கும் இடையேயான தொடர்பை அறிதல்.

தேவையான கருவிகள் : சுரமானி, அதிர்வெண் தெரிந்த ஆறு இசைக்கவைகள், மீட்டர் அளவுகோல், இரப்பர்அட்டை, சிறுகாகிதத் துண்டுகள், நிறைத்தாங்கி மற்றும் ½ kg நிறைக்கற்கள், கூரிய விளிம்புக்கட்டைகள்.

வாய்ப்பாடு : அதிர்வடையும் கம்பியின் அடிப்படைச் சுரத்திற்கான அதிர்வெண்

$$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}} \quad Hz$$

a) கொடுக்கப்பட்ட நிறை m மற்றும் நிலையான இழுவிசை T மதிப்பிற்கு

$n \propto \frac{1}{l}$ (அல்லது) nl = மாறிலி

இங்கு $n \rightarrow$ அதிர்வடையும் கம்பியின் அடிப்படைச் சுரத்திற்கான அதிர்வெண் (Hz)

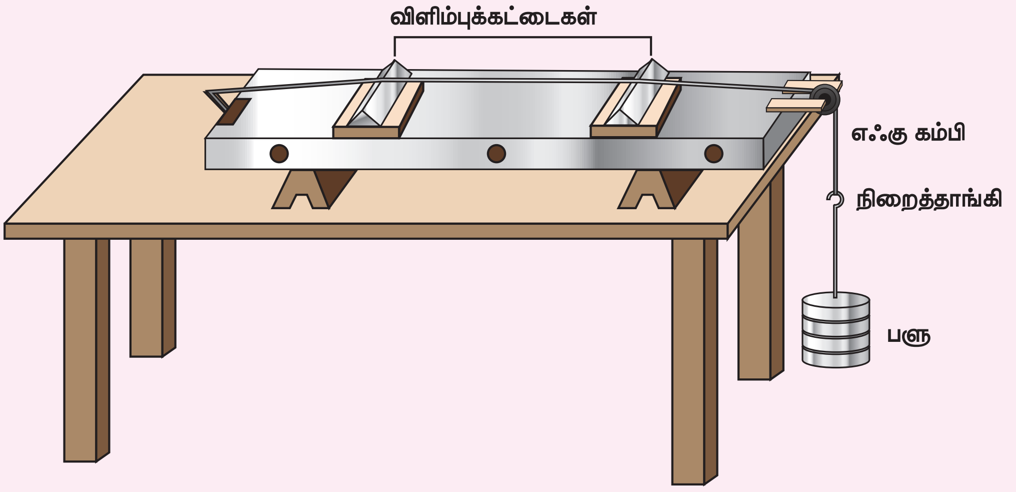
$m \rightarrow$ கம்பியின் ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை (kg m^{-1})

$l \rightarrow$ இரு விளிம்புகளுக்கு இடையேயான நீளம் (m)

$T \rightarrow$ கம்பியின் இழுவிசை (நிறைத்தாங்கியின் நிறையும் சேர்ந்தது) = Mg (N)

$M \rightarrow$ தொங்கவிடப்பட்ட நிறை (நிறைத்தாங்கியின் நிறையும் சேர்ந்தது) (Kg)

விளக்கப்படம்



சுரமானியைப் பயன்படுத்தி மாறாத இழுவிசைக்கு கொடுக்கப்பட்ட கம்பியின் அதிர்வடையும் பிரிவின் நீளத்திற்கும், அதிர்வெண்ணிற்கும் இடையேயான தொடர்பைக் கண்டறிதல்

செய்முறை

- சுரமானியினை ஒரு மேஜையின் மீது வைத்து அதனுடன் இணைக்கப்பட்ட கப்பியின் பள்ளம் தூய்மையாகவும், குறைந்த உராய்வில் உள்ளதையும் உறுதிசெய்க.
- தகுந்த நிறையினை நிறைத்தாங்கியில் இட்டு கம்பியை விறைப்பாக்கவேண்டும்.
- இசைக்கவையை இரப்பர் அட்டையில் தட்டி அதிர்வுறச்செய்ய வேண்டும்.
- சுரமானிக் கம்பியை அதிர்வுறச்செய்து இரு அதிர்வு ஒலிகளையும் ஒப்பிடுக.
- ஒலியானது சம அளவுகேட்கும் வரை விளிம்புக்கட்டை B யை நகர்த்தி கம்பியின் அதிர்வடையும் பிரிவின் நீளத்தை சரிசெய்யவேண்டும்.
- இறுதியாக சரி செய்தபிறகு ஒரு சிறிய காகிதத்துண்டை AB கம்பியின் மையத்தில் வைக்க வேண்டும்.
- இசைக்கவையை அதிர்வுறச்செய்து அதன் அடிப்பகுதியை விளிம்புக்கட்டை A யின் மீது வைத்து அல்லது சுரமானி பெட்டி மீது வைத்து விளிம்புக்கட்டை B யை நகர்த்தி ஒத்ததிர்வினால் காகிதத்துண்டை கிளர்ந்தெழச் செய்யவேண்டும்.
- மீட்டர் அளவுகோல் கொண்டு AB விளிம்புக்கட்டைகளுக்கு இடையேயான நீளம் அளவிடப்படுகிறது. இதுவே ஒத்ததிர்வு நீளமாகும். இப்பொழுது அதிர்வடையும் கம்பியின் அடிப்படைச்சுரத்தின் அதிர்வெண் இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமம்.
- மற்ற இசைக்கவைகளுக்கும் பளுவை மாறாமல் வைத்துக்கொண்டு சோதனையை மீண்டும் செய்ய வேண்டும்.

காட்சிப்பதிவுகள்

கம்பியின் இழுவிசை T = Mg = ________ N (மாறலி)

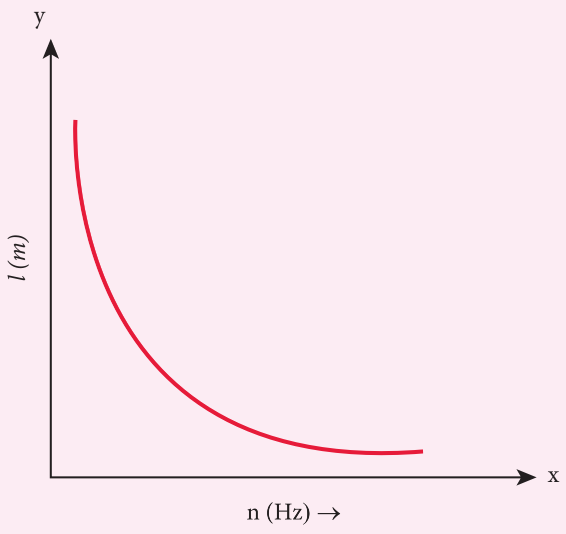
(நிறைத்தாங்கியின் நிறையுடன் சேர்த்து தொங்கவிடப்பட்ட மொத்த நிறை M என்க.)

$$T = (\text{தொங்கவிடப்பட்ட நிறை} \times 9.8)\ N$$

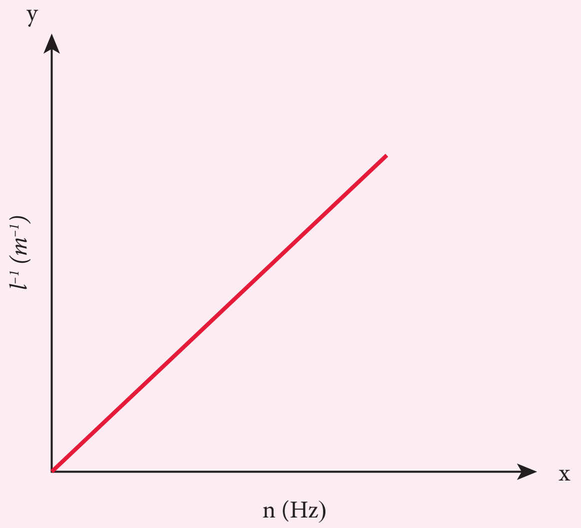
நீளத்தைப் பொருத்து அதிர்வெண் மாறுபாடு		
இசைக்கவையின் அதிர்வெண் n (Hz)	ஒத்ததிர்வு நீளம் l $\times 10^{-2}$ m	nl
n_1 =		
n_2 =		
n_3 =		
n_4 =		
n_5 =		
n_6 =		

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 311 25-08-2020 11:40:11

வரைபடம்



வரைபடம் 1: அதிர்வெண்ணுக்கும் நீளத்திற்கும் இடையேயான தொடர்பு



வரைபடம் 2 : அதிர்வெண்ணிற்கும் நீளத்தின் தலைகீழிக்கும் இடையேயான தொடர்பு

கணக்கீடு

அனைத்து இசைக்கவைகளின் n மற்றும் l இன் பெருக்குத்தொகை (nl) மாறிலியாக இருக்கும் (அட்டவணையின் கடைசி பகுதி)

முடிவு

- கொடுக்கப்பட்ட இழுவிசைக்கு கொடுக்கப்பட்ட விரைப்பான கம்பி ஒத்ததிர்வடையும் நீளம் அதிர்வெண்ணிற்கு எதிர்விகிதத்தில் இருக்கும் (அதாவது $n \propto \frac{1}{l}$)
- nl –இன் பெருக்குத்தொகை மாறிலி மற்றும் அதன் கண்டறியப்பட்ட மதிப்பு _______ (Hz m)

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 312 25-08-2020 11:40:11

10. சுரமானியைப் பயன்படுத்தி மாறா அதிர்வெண்ணிற்கு கொடுக்கப்பட்ட கம்பியின் அதிர்வடையும் பிரிவின் நீளத்திற்கும் இழுவிசைக்கும் இடையேயான தொடர்பை அறிதல்

நோக்கம் : சுரமானியைப் பயன்படுத்தி, மாறா அதிர்வெண்ணிற்கு கொடுக்கப்பட்ட கம்பியின் அதிர்வடையும் பிரிவின் நீளத்திற்கும் இழுவிசைக்கும் இடையேயான தொடர்பினை அறிதல்.

தேவையான கருவிகள் : சுரமானி, அதிர்வெண் தெரிந்த ஆறு இசைக்கவைகள், மீட்டர் அளவுகோல், இரப்பர்அட்டை, சிறுகாகிதத் துண்டுகள், எடைத்தாங்கி மற்றும் 0.5 kg எடைக்கற்கள், கூரிய விளிம்புக்கட்டைகள்.

வாய்ப்பாடு : அதிர்வடையும் கம்பியின் அடிப்படைச்சுரத்திற்கான அதிர்வெண்

$$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}} \text{ Hz}$$

மாறா நிறைகொண்ட கொடுக்கப்பட்ட கம்பிக்கு n– என்பது மாறிலி எனில்

$$\frac{\sqrt{T}}{l} = \text{மாறிலி}$$

இங்கு $n \rightarrow$ அதிர்வடையும் கம்பியின் அடிப்படைச் சுரத்திற்கான அதிர்வெண் (Hz)

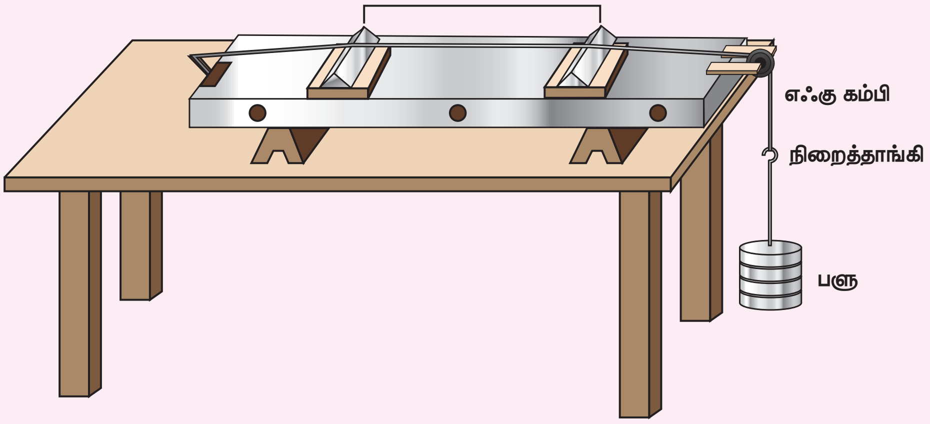
$m \rightarrow$ கம்பியின் ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை ($kg\ m^{-1}$)

$l \rightarrow$ இரு விளிம்புகளுக்கு இடையேயான நீளம் (m)

$T \rightarrow$ கம்பியின் இழுவிசை (நிறைத்தாங்கியின் நிறையும் சேர்ந்தது) = Mg (N)

$M \rightarrow$ தொங்கவிடப்பட்ட நிறை (நிறைத்தாங்கியின் நிறையும் சேர்ந்தது) (kg)

விளக்கப்படம்



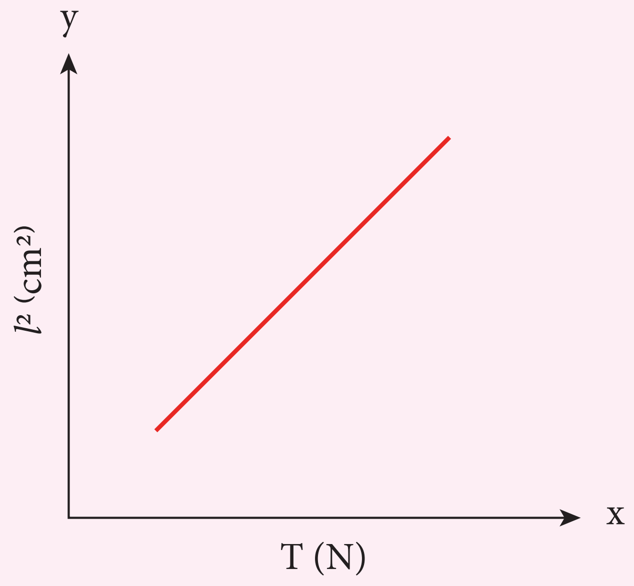
சுரமானியைப் பயன்படுத்தி மாறாத இழுவிசைக்கு கொடுக்கப்பட்ட கம்பியின் அதிர்வடையும் பிரிவின் நீளத்திற்கும், அதிர்வெண்ணிற்கும் இடையேயான தொடர்பைக் கண்டறிதல்

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 313 25-08-2020 11:40:12

செய்முறை

- சுரமானியை மேஜையின் மீது வைத்து அதனுடன் இணைக்கப்பட்ட கப்பியின் பள்ளம் தூய்மையாகவும் குறைந்த உராய்விலும் இருப்பதை உறுதி செய்தல் வேண்டும்.
- தெரிந்த அதிர்வெண் கொண்ட இசைக்கவையை இரப்பர் அட்டையால் தட்டி அதிர்வுறச் செய்யவேண்டும். சுரமானி கம்பியை அதிர்வுறச் செய்து, இரு அதிர்வு ஒலிகளையும் ஒப்பிடவேண்டும்.
- ஒலியானது ஒரே அளவாக கேட்கும் வரை விளிம்புக்கட்டை B–யை நகர்த்தி அதிர்வடையும் பிரிவின் நீளத்தை சரிசெய்யவேண்டும்.
- எடைதாங்கியில், ஆரம்ப நிறை 1 kg ஐ ஏற்றவேண்டும்.
- இறுதியாக சரிசெய்தபிறகு AB–கம்பியின் மையத்தில் சிறிய காகிதத்துண்டு (R) ஐ வைக்க வேண்டும்.
- இப்பொழுது இசைக்கவையை அதிர்வுறச் செய்து அதன் அடிப்பகுதியை விளிம்புக்கட்டை A–யின் மீது வைத்து, விளிம்புக்கட்டை B–யைச் சரிசெய்து காகிதத்துண்டு ஒத்ததிர்வினால் கிளர்ந்துறச் செய்யவேண்டும்
- விளிம்புக்கட்டை A, B – க்கிடையேயான நீளத்தை அளவிடவேண்டும். இந்த அளவானது இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணிற்கான அடிப்படைச் சுரமாகும்.
- நிறைத்தாங்கியில் 0.5 kg எடைகளை படிப்படியாக உயர்த்தி, அதே இசைக்கவைக்கு ஒவ்வொரு நிறைக்கும் ஒத்ததிர்வு நீளம் கணக்கிடப்படுகிறது.
- உற்றுநோக்கிய அளவீடுகள் பதியப்பட்டு அட்டவணைப்படுத்தப்படுகிறது.

மாதிரி வரைபடம்



இழுவிசை T (N); நீளம் (l^2 (cm^2) க்கும் இடையேயானதொடர்பு

காட்சிப்பதிவுகள்

இசைக்கவையின் அதிர்வெண் = _________ Hz

இழுவிசையுடன் ஒத்ததிர்வு நீள மாறுபாடு

வ.எண்.	**நிறை** M (kg)	**இழுவிசை** T=Mg (N)	$\sqrt{T}$	**அதிர்வடையும் பிரிவின் நீளம்** $l(m)$	$\frac{\sqrt{T}}{l}$

கணக்கீடு

ஒவ்வொரு நிகழ்விற்கான இழுவிசைக்கும் $\frac{\sqrt{T}}{l}$ மதிப்பு கணக்கிடப்படவேண்டும்.

முடிவு

- கொடுக்கப்பட்ட அதிர்வெண்ணின் அதிர்வுகளுக்கு ஒத்ததிர்வின் நீளம் இழுவிசையின் இருமடிமூலத்திற்கேற்ப மாற்றமடைகிறது.
- கண்டறியப்பட்ட $\frac{\sqrt{T}}{l}$ ஓர் மாறிலி.

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 315 25-08-2020 11:40:12

இயற்பியலில் சில முக்கியமான மாறிலிகள்

(Some important constants in physics)

பெயர்	குறியீடு	மதிப்பு
வெற்றிடத்தில் ஒளியின் திசைவேகம்	c	2.9979×10^{8} m s^{-1}
ஈர்ப்பியல் மாறிலி	G	6.67×10^{-11} N m^{2} kg^{-2}
புவிஈர்ப்புமுடுக்கம் (கடல் மட்டத்தில் 45° குறுக்குக் கோட்டில்)	g	9.8 m s^{-2}
பிளாங்க் மாறிலி	h	6.626×10^{-34} J s
போல்ட்ஸ்மேன் மாறிலி	k	1.38×10^{-23} J K^{-1}
அவகட்ரோ எண்	N_A	6.023×10^{23} mol^{-1}
பொது வாயு மாறிலி	R	8.31 J mol^{-1} K^{-1}
ஸ்டீபன் – போல்ட்ஸ்மேன் மாறிலி	σ	5.67×10^{-8} W m^{-2} K^{-4}
வியனின் மாறிலி (Wien's constant)	b	2.898×10^{-3} m K
வெற்றிடத்தின் உட்புகு திறன்	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ H m^{-1}
படித்தர வளிமண்டல அழுத்தம்	1 *atm*	1.013×10^{5} Pa

தீர்க்கப்பட்டகணக்குகள்

KH8EXD

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 316 25-08-2020 11:40:13

கிரேக்க எழுத்துகள்
(The Greek Alphabet)

கிரேக்க எழுத்துகள்	பெரிய எழுத்து	சிறிய எழுத்து
Alpha	A	α
Beta	B	β
Gamma	Γ	γ
Delta	Δ	δ
Epsilon	E	ε
Zeta	Z	ζ
Eta	H	η
Theta	Θ	θ
Iota	I	ι
Kappa	K	κ
Lambda	Λ	λ
Mu	M	μ
Nu	N	ν
Xi	€	ξ
Omicron	O	ο
Pi	∏	π
Rho	P	ρ
Sigma	∑	σ
Tau	T	τ
Upsilon	Y	υ
Phi	Φ	ϕ
Chi	X	χ
Psi	Ψ	ψ
Omega	Ω	ω

போட்டித்தேர்வு பகுதி

KHC2LA

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 317 25-08-2020 11:40:13

மடக்கை அட்டவணை (LOGARITHM TABLE)

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.000	0.004	0.009	0.013	0.017	0.021	0.025	0.029	0.033	0.037	4	8	11	17	21	25	29	33	37
11	0.041	0.045	0.049	0.053	0.057	0.061	0.064	0.068	0.072	0.076	4	8	11	15	19	23	26	30	34
12	0.079	0.083	0.086	0.090	0.093	0.097	0.100	0.104	0.107	0.111	3	7	10	14	17	21	24	28	31
13	0.114	0.117	0.121	0.124	0.127	0.130	0.134	0.137	0.140	0.143	3	6	10	13	16	19	23	26	29
14	0.146	0.149	0.152	0.155	0.158	0.161	0.164	0.167	0.170	0.173	3	6	9	12	15	18	21	24	27
15	0.176	0.179	0.182	0.185	0.188	0.190	0.193	0.196	0.199	0.201	3	6	8	11	14	17	20	22	25
16	0.204	0.207	0.210	0.212	0.215	0.217	0.220	0.223	0.225	0.228	3	5	8	11	13	16	18	21	24
17	0.230	0.233	0.236	0.238	0.241	0.243	0.246	0.248	0.250	0.253	2	5	7	10	12	15	17	20	22
18	0.255	0.258	0.260	0.262	0.265	0.267	0.270	0.272	0.274	0.276	2	5	7	9	12	14	16	19	21
19	0.279	0.281	0.283	0.286	0.288	0.290	0.292	0.294	0.297	0.299	2	4	7	9	11	13	16	18	20
20	0.301	0.303	0.305	0.307	0.310	0.312	0.314	0.316	0.318	0.320	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	0.322	0.324	0.326	0.328	0.330	0.332	0.334	0.336	0.338	0.340	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	0.342	0.344	0.346	0.348	0.350	0.352	0.354	0.356	0.358	0.360	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	0.362	0.364	0.365	0.367	0.369	0.371	0.373	0.375	0.377	0.378	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	0.380	0.382	0.384	0.386	0.387	0.389	0.391	0.393	0.394	0.396	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	0.398	0.400	0.401	0.403	0.405	0.407	0.408	0.410	0.412	0.413	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	0.415	0.417	0.418	0.420	0.422	0.423	0.425	0.427	0.428	0.430	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	0.431	0.433	0.435	0.436	0.438	0.439	0.441	0.442	0.444	0.446	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	0.447	0.449	0.450	0.452	0.453	0.455	0.456	0.458	0.459	0.461	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	0.462	0.464	0.465	0.467	0.468	0.470	0.471	0.473	0.474	0.476	1	3	4	6	7	9	10	12	13
30	0.477	0.479	0.480	0.481	0.483	0.484	0.486	0.487	0.489	0.490	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	0.491	0.493	0.494	0.496	0.497	0.498	0.500	0.501	0.502	0.504	1	3	4	6	7	8	10	11	12
32	0.505	0.507	0.508	0.509	0.511	0.512	0.513	0.515	0.516	0.517	1	3	4	5	7	8	9	11	12
33	0.519	0.520	0.521	0.522	0.524	0.525	0.526	0.528	0.529	0.530	1	3	4	5	6	8	9	10	12
34	0.531	0.533	0.534	0.535	0.537	0.538	0.539	0.540	0.542	0.543	1	3	4	5	6	8	9	10	11
35	0.544	0.545	0.547	0.548	0.549	0.550	0.551	0.553	0.554	0.555	1	2	4	5	6	7	9	10	11
36	0.556	0.558	0.559	0.560	0.561	0.562	0.563	0.565	0.566	0.567	1	2	3	5	6	7	8	10	11
37	0.568	0.569	0.571	0.572	0.573	0.574	0.575	0.576	0.577	0.579	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	0.580	0.581	0.582	0.583	0.584	0.585	0.587	0.588	0.589	0.590	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	0.591	0.592	0.593	0.594	0.595	0.597	0.598	0.599	0.600	0.601	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	0.602	0.603	0.604	0.605	0.606	0.607	0.609	0.610	0.611	0.612	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	0.613	0.614	0.615	0.616	0.617	0.618	0.619	0.620	0.621	0.622	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	0.623	0.624	0.625	0.626	0.627	0.628	0.629	0.630	0.631	0.632	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	0.633	0.634	0.635	0.636	0.637	0.638	0.639	0.640	0.641	0.642	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	0.643	0.644	0.645	0.646	0.647	0.648	0.649	0.650	0.651	0.652	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	0.653	0.654	0.655	0.656	0.657	0.658	0.659	0.660	0.661	0.662	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	0.663	0.664	0.665	0.666	0.667	0.667	0.668	0.669	0.670	0.671	1	2	3	4	5	6	7	7	8
47	0.672	0.673	0.674	0.675	0.676	0.677	0.678	0.679	0.679	0.680	1	2	3	4	5	5	6	7	8
48	0.681	0.682	0.683	0.684	0.685	0.686	0.687	0.688	0.688	0.689	1	2	3	4	4	5	6	7	8
49	0.690	0.691	0.692	0.693	0.694	0.695	0.695	0.696	0.697	0.698	1	2	3	4	4	5	6	7	8
50	0.699	0.700	0.701	0.702	0.702	0.703	0.704	0.705	0.706	0.707	1	2	3	4	4	5	6	7	8
51	0.708	0.708	0.709	0.710	0.711	0.712	0.713	0.713	0.714	0.715	1	2	3	4	4	5	6	7	8
52	0.716	0.717	0.718	0.719	0.719	0.720	0.721	0.722	0.723	0.723	1	2	2	4	4	5	6	7	7
53	0.724	0.725	0.726	0.727	0.728	0.728	0.729	0.730	0.731	0.732	1	2	2	4	4	5	6	6	7
54	0.732	0.733	0.734	0.735	0.736	0.736	0.737	0.738	0.739	0.740	1	2	2	4	4	5	6	6	7

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 318 25-08-2020 11:40:14

மடக்கை அட்டவணை (LOGARITHM TABLE)

											Mean Difference								
55	0.740	0.741	0.742	0.743	0.744	0.744	0.745	0.746	0.747	0.747	1	2	2	4	4	5	5	6	7
56	0.748	0.749	0.750	0.751	0.751	0.752	0.753	0.754	0.754	0.755	1	2	2	4	4	5	5	6	7
57	0.756	0.757	0.757	0.758	0.759	0.760	0.760	0.761	0.762	0.763	1	2	2	4	4	5	5	6	7
58	0.763	0.764	0.765	0.766	0.766	0.767	0.768	0.769	0.769	0.770	1	1	2	4	4	4	5	6	7
59	0.771	0.772	0.772	0.773	0.774	0.775	0.775	0.776	0.777	0.777	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	0.778	0.779	0.780	0.780	0.781	0.782	0.782	0.783	0.784	0.785	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	0.785	0.786	0.787	0.787	0.788	0.789	0.790	0.790	0.791	0.792	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	0.792	0.793	0.794	0.794	0.795	0.796	0.797	0.797	0.798	0.799	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	0.799	0.800	0.801	0.801	0.802	0.803	0.803	0.804	0.805	0.806	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	0.806	0.807	0.808	0.808	0.809	0.810	0.810	0.811	0.812	0.812	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	0.813	0.814	0.814	0.815	0.816	0.816	0.817	0.818	0.818	0.819	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	0.820	0.820	0.821	0.822	0.822	0.823	0.823	0.824	0.825	0.825	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	0.826	0.827	0.827	0.828	0.829	0.829	0.830	0.831	0.831	0.832	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	0.833	0.833	0.834	0.834	0.835	0.836	0.836	0.837	0.838	0.838	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	0.839	0.839	0.840	0.841	0.841	0.842	0.843	0.843	0.844	0.844	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	0.845	0.846	0.846	0.847	0.848	0.848	0.849	0.849	0.850	0.851	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	0.851	0.852	0.852	0.853	0.854	0.854	0.855	0.856	0.856	0.857	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	0.857	0.858	0.859	0.859	0.860	0.860	0.861	0.862	0.862	0.863	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	0.863	0.864	0.865	0.865	0.866	0.866	0.867	0.867	0.868	0.869	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	0.869	0.870	0.870	0.871	0.872	0.872	0.873	0.873	0.874	0.874	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	0.875	0.876	0.876	0.877	0.877	0.878	0.879	0.879	0.880	0.880	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	0.881	0.881	0.882	0.883	0.883	0.884	0.884	0.885	0.885	0.886	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	0.886	0.887	0.888	0.888	0.889	0.889	0.890	0.890	0.891	0.892	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	0.892	0.893	0.893	0.894	0.894	0.895	0.895	0.896	0.897	0.897	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	0.898	0.898	0.899	0.899	0.900	0.900	0.901	0.901	0.902	0.903	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	0.903	0.904	0.904	0.905	0.905	0.906	0.906	0.907	0.907	0.908	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	0.908	0.909	0.910	0.910	0.911	0.911	0.912	0.912	0.913	0.913	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	0.914	0.914	0.915	0.915	0.916	0.916	0.917	0.918	0.918	0.919	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	0.919	0.920	0.920	0.921	0.921	0.922	0.922	0.923	0.923	0.924	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	0.924	0.925	0.925	0.926	0.926	0.927	0.927	0.928	0.928	0.929	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	0.929	0.930	0.930	0.931	0.931	0.932	0.932	0.933	0.933	0.934	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	0.934	0.935	0.936	0.936	0.937	0.937	0.938	0.938	0.939	0.939	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	0.940	0.940	0.941	0.941	0.942	0.942	0.943	0.943	0.943	0.944	0	1	1	2	2	3	3	4	5
88	0.944	0.945	0.945	0.946	0.946	0.947	0.947	0.948	0.948	0.949	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	0.949	0.950	0.950	0.951	0.951	0.952	0.952	0.953	0.953	0.954	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	0.954	0.955	0.955	0.956	0.956	0.957	0.957	0.958	0.958	0.959	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	0.959	0.960	0.960	0.960	0.961	0.961	0.962	0.962	0.963	0.963	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	0.964	0.964	0.965	0.965	0.966	0.966	0.967	0.967	0.968	0.968	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	0.968	0.969	0.969	0.970	0.970	0.971	0.971	0.972	0.972	0.973	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	0.973	0.974	0.974	0.975	0.975	0.975	0.976	0.976	0.977	0.977	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	0.978	0.978	0.979	0.979	0.980	0.980	0.980	0.981	0.981	0.982	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	0.982	0.983	0.983	0.984	0.984	0.985	0.985	0.985	0.986	0.986	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	0.987	0.987	0.988	0.988	0.989	0.989	0.989	0.990	0.990	0.991	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	0.991	0.992	0.992	0.993	0.993	0.993	0.994	0.994	0.995	0.995	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	0.996	0.996	0.997	0.997	0.997	0.998	0.998	0.999	0.999	1.000	0	1	1	2	2	3	3	3	4

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 319
25-08-2020 11:40:14

எதிர்மடக்கை அட்டவணை (ANTILOGARITHM TABLE)

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.00	1.000	1.002	1.005	1.007	1.009	1.012	1.014	1.016	1.019	1.021	0	0	1	1	1	1	2	2	2
0.01	1.023	1.026	1.028	1.030	1.033	1.035	1.038	1.040	1.042	1.045	0	0	1	1	1	1	2	2	2
0.02	1.047	1.050	1.052	1.054	1.057	1.059	1.062	1.064	1.067	1.069	0	0	1	1	1	1	2	2	2
0.03	1.072	1.074	1.076	1.079	1.081	1.084	1.086	1.089	1.091	1.094	0	0	1	1	1	1	2	2	2
0.04	1.096	1.099	1.102	1.104	1.107	1.109	1.112	1.114	1.117	1.119	0	1	1	1	1	2	2	2	2
0.05	1.122	1.125	1.127	1.130	1.132	1.135	1.138	1.140	1.143	1.146	0	1	1	1	1	2	2	2	2
0.06	1.148	1.151	1.153	1.156	1.159	1.161	1.164	1.167	1.169	1.172	0	1	1	1	1	2	2	2	2
0.07	1.175	1.178	1.180	1.183	1.186	1.189	1.191	1.194	1.197	1.199	0	1	1	1	1	2	2	2	2
0.08	1.202	1.205	1.208	1.211	1.213	1.216	1.219	1.222	1.225	1.227	0	1	1	1	1	2	2	2	3
0.09	1.230	1.233	1.236	1.239	1.242	1.245	1.247	1.250	1.253	1.256	0	1	1	1	1	2	2	2	3
0.10	1.259	1.262	1.265	1.268	1.271	1.274	1.276	1.279	1.282	1.285	0	1	1	1	1	2	2	2	3
0.11	1.288	1.291	1.294	1.297	1.300	1.303	1.306	1.309	1.312	1.315	0	1	1	1	2	2	2	2	3
0.12	1.318	1.321	1.324	1.327	1.330	1.334	1.337	1.340	1.343	1.346	0	1	1	1	2	2	2	2	3
0.13	1.349	1.352	1.355	1.358	1.361	1.365	1.368	1.371	1.374	1.377	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.14	1.380	1.384	1.387	1.390	1.393	1.396	1.400	1.403	1.406	1.409	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.15	1.413	1.416	1.419	1.422	1.426	1.429	1.432	1.435	1.439	1.442	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.16	1.445	1.449	1.452	1.455	1.459	1.462	1.466	1.469	1.472	1.476	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.17	1.479	1.483	1.486	1.489	1.493	1.496	1.500	1.503	1.507	1.510	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.18	1.514	1.517	1.521	1.524	1.528	1.531	1.535	1.538	1.542	1.545	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.19	1.549	1.552	1.556	1.560	1.563	1.567	1.570	1.574	1.578	1.581	0	1	1	1	2	2	3	3	3
0.20	1.585	1.589	1.592	1.596	1.600	1.603	1.607	1.611	1.614	1.618	0	1	1	1	2	2	3	3	3
0.21	1.622	1.626	1.629	1.633	1.637	1.641	1.644	1.648	1.652	1.656	0	1	1	2	2	2	3	3	3
0.22	1.660	1.663	1.667	1.671	1.675	1.679	1.683	1.687	1.690	1.694	0	1	1	2	2	2	3	3	3
0.23	1.698	1.702	1.706	1.710	1.714	1.718	1.722	1.726	1.730	1.734	0	1	1	2	2	2	3	3	4
0.24	1.738	1.742	1.746	1.750	1.754	1.758	1.762	1.766	1.770	1.774	0	1	1	2	2	2	3	3	4
0.25	1.778	1.782	1.786	1.791	1.795	1.799	1.803	1.807	1.811	1.816	0	1	1	2	2	2	3	3	4
0.26	1.820	1.824	1.828	1.832	1.837	1.841	1.845	1.849	1.854	1.858	0	1	1	2	2	3	3	3	4
0.27	1.862	1.866	1.871	1.875	1.879	1.884	1.888	1.892	1.897	1.901	0	1	1	2	2	3	3	3	4
0.28	1.905	1.910	1.914	1.919	1.923	1.928	1.932	1.936	1.941	1.945	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.29	1.950	1.954	1.959	1.963	1.968	1.972	1.977	1.982	1.986	1.991	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.30	1.995	2.000	2.004	2.009	2.014	2.018	2.023	2.028	2.032	2.037	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.31	2.042	2.046	2.051	2.056	2.061	2.065	2.070	2.075	2.080	2.084	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.32	2.089	2.094	2.099	2.104	2.109	2.113	2.118	2.123	2.128	2.133	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.33	2.138	2.143	2.148	2.153	2.158	2.163	2.168	2.173	2.178	2.183	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.34	2.188	2.193	2.198	2.203	2.208	2.213	2.218	2.223	2.228	2.234	1	1	2	2	3	3	4	4	5
0.35	2.239	2.244	2.249	2.254	2.259	2.265	2.270	2.275	2.280	2.286	1	1	2	2	3	3	4	4	5
0.36	2.291	2.296	2.301	2.307	2.312	2.317	2.323	2.328	2.333	2.339	1	1	2	2	3	3	4	4	5
0.37	2.344	2.350	2.355	2.360	2.366	2.371	2.377	2.382	2.388	2.393	1	1	2	2	3	3	4	4	5
0.38	2.399	2.404	2.410	2.415	2.421	2.427	2.432	2.438	2.443	2.449	1	1	2	2	3	3	4	4	5
0.39	2.455	2.460	2.466	2.472	2.477	2.483	2.489	2.495	2.500	2.506	1	1	2	2	3	3	4	5	5
0.40	2.512	2.518	2.523	2.529	2.535	2.541	2.547	2.553	2.559	2.564	1	1	2	2	3	4	4	5	5
0.41	2.570	2.576	2.582	2.588	2.594	2.600	2.606	2.612	2.618	2.624	1	1	2	2	3	4	4	5	5
0.42	2.630	2.636	2.642	2.649	2.655	2.661	2.667	2.673	2.679	2.685	1	1	2	2	3	4	4	5	6
0.43	2.692	2.698	2.704	2.710	2.716	2.723	2.729	2.735	2.742	2.748	1	1	2	3	3	4	4	5	6
0.44	2.754	2.761	2.767	2.773	2.780	2.786	2.793	2.799	2.805	2.812	1	1	2	3	3	4	4	5	6
0.45	2.818	2.825	2.831	2.838	2.844	2.851	2.858	2.864	2.871	2.877	1	1	2	3	3	4	5	5	6
0.46	2.884	2.891	2.897	2.904	2.911	2.917	2.924	2.931	2.938	2.944	1	1	2	3	3	4	5	5	6
0.47	2.951	2.958	2.965	2.972	2.979	2.985	2.992	2.999	3.006	3.013	1	1	2	3	3	4	5	5	6
0.48	3.020	3.027	3.034	3.041	3.048	3.055	3.062	3.069	3.076	3.083	1	1	2	3	4	4	5	6	6
0.49	3.090	3.097	3.105	3.112	3.119	3.126	3.133	3.141	3.148	3.155	1	1	2	3	4	4	5	6	6

எதிர்மடக்கை அட்டவணை (ANTILOGARITHM TABLE)

											Mean Difference								
0.50	3.162	3.170	3.177	3.184	3.192	3.199	3.206	3.214	3.221	3.228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
0.51	3.236	3.243	3.251	3.258	3.266	3.273	3.281	3.289	3.296	3.304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
0.52	3.311	3.319	3.327	3.334	3.342	3.350	3.357	3.365	3.373	3.381	1	2	2	3	4	5	5	6	7
0.53	3.388	3.396	3.404	3.412	3.420	3.428	3.436	3.443	3.451	3.459	1	2	2	3	4	5	6	6	7
0.54	3.467	3.475	3.483	3.491	3.499	3.508	3.516	3.524	3.532	3.540	1	2	2	3	4	5	6	6	7
0.55	3.548	3.556	3.565	3.573	3.581	3.589	3.597	3.606	3.614	3.622	1	2	2	3	4	5	6	7	7
0.56	3.631	3.639	3.648	3.656	3.664	3.673	3.681	3.690	3.698	3.707	1	2	2	3	4	5	6	7	8
0.57	3.715	3.724	3.733	3.741	3.750	3.758	3.767	3.776	3.784	3.793	1	2	3	3	4	5	6	7	8
0.58	3.802	3.811	3.819	3.828	3.837	3.846	3.855	3.864	3.873	3.882	1	2	3	4	4	5	6	7	8
0.59	3.890	3.899	3.908	3.917	3.926	3.936	3.945	3.954	3.963	3.972	1	2	3	4	5	5	6	7	8
0.60	3.981	3.990	3.999	4.009	4.018	4.027	4.036	4.046	4.055	4.064	1	2	3	4	5	6	6	7	8
0.61	4.074	4.083	4.093	4.102	4.111	4.121	4.130	4.140	4.150	4.159	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.62	4.169	4.178	4.188	4.198	4.207	4.217	4.227	4.236	4.246	4.256	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.63	4.266	4.276	4.285	4.295	4.305	4.315	4.325	4.335	4.345	4.355	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.64	4.365	4.375	4.385	4.395	4.406	4.416	4.426	4.436	4.446	4.457	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.65	4.467	4.477	4.487	4.498	4.508	4.519	4.529	4.539	4.550	4.560	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.66	4.571	4.581	4.592	4.603	4.613	4.624	4.634	4.645	4.656	4.667	1	2	3	4	5	6	7	9	10
0.67	4.677	4.688	4.699	4.710	4.721	4.732	4.742	4.753	4.764	4.775	1	2	3	4	5	7	7	9	10
0.68	4.786	4.797	4.808	4.819	4.831	4.842	4.853	4.864	4.875	4.887	1	2	3	4	5	7	8	9	10
0.69	4.898	4.909	4.920	4.932	4.943	4.955	4.966	4.977	4.989	5.000	1	2	3	4	5	7	8	9	10
0.70	5.012	5.023	5.035	5.047	5.058	5.070	5.082	5.093	5.105	5.117	1	2	3	4	5	7	8	9	11
0.71	5.129	5.140	5.152	5.164	5.176	5.188	5.200	5.212	5.224	5.236	1	2	4	5	6	7	8	10	11
0.72	5.248	5.260	5.272	5.284	5.297	5.309	5.321	5.333	5.346	5.358	1	2	4	5	6	7	9	10	11
0.73	5.370	5.383	5.395	5.408	5.420	5.433	5.445	5.458	5.470	5.483	1	3	4	5	6	8	9	10	11
0.74	5.495	5.508	5.521	5.534	5.546	5.559	5.572	5.585	5.598	5.610	1	3	4	5	6	8	9	10	12
0.75	5.623	5.636	5.649	5.662	5.675	5.689	5.702	5.715	5.728	5.741	1	3	4	5	7	8	9	10	12
0.76	5.754	5.768	5.781	5.794	5.808	5.821	5.834	5.848	5.861	5.875	1	3	4	5	7	8	9	11	12
0.77	5.888	5.902	5.916	5.929	5.943	5.957	5.970	5.984	5.998	6.012	1	3	4	5	7	8	10	11	12
0.78	6.026	6.039	6.053	6.067	6.081	6.095	6.109	6.124	6.138	6.152	1	3	4	6	7	8	10	11	13
0.79	6.166	6.180	6.194	6.209	6.223	6.237	6.252	6.266	6.281	6.295	1	3	4	6	7	9	10	11	13
0.80	6.310	6.324	6.339	6.353	6.368	6.383	6.397	6.412	6.427	6.442	1	3	4	6	7	9	10	12	13
0.81	6.457	6.471	6.486	6.501	6.516	6.531	6.546	6.561	6.577	6.592	2	3	5	6	8	9	11	12	14
0.82	6.607	6.622	6.637	6.653	6.668	6.683	6.699	6.714	6.730	6.745	2	3	5	6	8	9	11	12	14
0.83	6.761	6.776	6.792	6.808	6.823	6.839	6.855	6.871	6.887	6.902	2	3	5	6	8	9	11	13	14
0.84	6.918	6.934	6.950	6.966	6.982	6.998	7.015	7.031	7.047	7.063	2	3	5	6	8	10	11	13	15
0.85	7.079	7.096	7.112	7.129	7.145	7.161	7.178	7.194	7.211	7.228	2	3	5	7	8	10	12	13	15
0.86	7.244	7.261	7.278	7.295	7.311	7.328	7.345	7.362	7.379	7.396	2	3	5	7	8	10	12	13	15
0.87	7.413	7.430	7.447	7.464	7.482	7.499	7.516	7.534	7.551	7.568	2	3	5	7	9	10	12	14	16
0.88	7.586	7.603	7.621	7.638	7.656	7.674	7.691	7.709	7.727	7.745	2	3	5	7	9	10	12	14	16
0.89	7.762	7.780	7.798	7.816	7.834	7.852	7.870	7.889	7.907	7.925	2	4	5	7	9	11	12	14	16
0.90	7.943	7.962	7.980	7.998	8.017	8.035	8.054	8.072	8.091	8.110	2	4	6	7	9	11	13	15	17
0.91	8.128	8.147	8.166	8.185	8.204	8.222	8.241	8.260	8.279	8.299	2	4	6	8	9	11	13	15	17
0.92	8.318	8.337	8.356	8.375	8.395	8.414	8.433	8.453	8.472	8.492	2	4	6	8	10	12	14	15	17
0.93	8.511	8.531	8.551	8.570	8.590	8.610	8.630	8.650	8.670	8.690	2	4	6	8	10	12	14	16	18
0.94	8.710	8.730	8.750	8.770	8.790	8.810	8.831	8.851	8.872	8.892	2	4	6	8	10	12	14	16	18
0.95	8.913	8.933	8.954	8.974	8.995	9.016	9.036	9.057	9.078	9.099	2	4	6	8	10	12	15	17	19
0.96	9.120	9.141	9.162	9.183	9.204	9.226	9.247	9.268	9.290	9.311	2	4	6	8	11	13	15	17	19
0.97	9.333	9.354	9.376	9.397	9.419	9.441	9.462	9.484	9.506	9.528	2	4	7	9	11	13	15	17	20
0.98	9.550	9.572	9.594	9.616	9.638	9.661	9.683	9.705	9.727	9.750	2	4	7	9	11	13	16	18	20
0.99	9.772	9.795	9.817	9.840	9.863	9.886	9.908	9.931	9.954	9.977	2	5	7	9	11	14	16	18	20

UNIT-12(XI-Physics_Vol-2) PRACTICAL FIRST YEAR.indd 321 25-08-2020 11:40:16

GLOSSARY
கலைச்சொற்கள்

KHHAZ1

1.	குத்துயரம்	-	Altitude
2.	வானியல்	-	Astronomy
3.	தொடுகோணம்	-	Angle of Contact
4.	விமான இறக்கை உயர்த்தல்	-	Aerofoil lift
5.	வெப்ப பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு	-	Adiabatic process
6.	சராசரி வேகம்	-	Average (or) Mean speed
7.	கோணச்சீரிசை இயக்கம்	-	Angular Harmonic motion
8.	விம்மல்கள்	-	Beats
9.	மிதப்பு விசை	-	Buoyant force
10.	முறிவுப்புள்ளி	-	Breaking of rupture point
11.	அமுக்கத்தகைவு	-	Compressive stress
12.	வெப்ப அளவீட்டியல்	-	Calorimeter
13.	வெப்பக்கடத்தல்	-	Conduction
14.	நிலை மாற்றம்	-	Change of state
15.	நுண்புழை ஏற்றம் அல்லது இறக்கம்	-	Capillary rise or fall
16.	அமுக்கம் / இறுக்கம்	-	Compress
17.	இணக்கம்	-	Compliance
18.	செயல்திறன் குணகம்	-	Coefficient of performance
19.	சுதந்திர இயக்கக்கூறு	-	Degrees of freedom
20.	தடையுறு இயல்பு அதிர்வுகள்	-	Damped oscillation
21.	நீட்சி	-	Elongate
22.	மீட்சி எல்லை	-	Elastic limit
23.	விடுபடு வேகம்	-	Escape speed
24.	பெரு வட்டத்தில் அமையும் சிறு வட்டச் சுழற்சி	-	Epicycle
25.	தொடக்கக்கட்டம்	-	Epoch
26.	சமநிலை	-	Equilibrium
27.	நெகிழ்வு தன்மை மாறிலி	-	Flexible constant
28.	தனி அலைவியக்கம்	-	Free oscillations
29.	விசை மாறிலி	-	Force constant
30.	திணிக்கப்பட்ட அலைவுகள்	-	Forced Oscillation
31.	அதிர்வெண்	-	Frequency
32.	புவிமையக் கோட்பாட்டு மாதிரி	-	Geocentric model

XI-Physics_Vol-2_Glossary.indd 322 21-08-2020 15:19:14

33.	ஈர்ப்பு புலச்செறிவு (அல்லது) ஈர்ப்புப்புலம்	-	Gravitational field
34.	ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல்	-	Gravitational Potential
35.	ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல்	-	Gravitational Potential energy
36.	புவி நிலைத் துணைக்கோள்	-	Geo- Stationary satellite
37.	நீர்ம நிலையியல் முரண்பாடு	-	Hydrostatic paradox
38.	வெப்ப இயந்திரம்	-	Heat engine
39.	நீரியல் தூக்கி	-	Hydraulic lift
40.	சீரிசை	-	Harmonics
41.	சூரிய மையக்கோட்பாடு	-	Heliocentric model
42.	குறுக்கீட்டு விளைவு	-	Interference
43.	வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு	-	Isothermal process
44.	அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு	-	Isobaric process
45.	பருமன் மாறா நிகழ்வு	-	Isochoric process
46.	பக்கவாட்டுத்திரிபு	-	Lateral strain
47.	நீளவாட்டுத்திரிபு	-	Longitudinal strain
48.	நீட்சித்தகைவு	-	Longitudinal stress
49.	உரப்பு / ஒலி உரப்பு	-	Loudness
50.	சந்திர கிரகணம்	-	Lunar Eclipse
51.	உள்ளுறை வெப்பம்	-	Latent heat
52.	குறுக்குக்கோடு / அட்சக்கோடு	-	Latitude
53.	ஆற்றல் சமபங்கீட்டு விதி	-	Law of equipartition of energy
54.	சராசரி இருமடிவேகம்	-	Mean square speed
55.	மிகவும் சாத்தியமான வேகம்	-	Most probable speed
56.	சராசரி மோதலிடைத்தூரம்	-	Mean free path
57.	நிலைநிறுத்தப்பட்ட அதிர்வுகள்	-	Maintained Oscillation
58.	நடுநிலை	-	Mean position
59.	எண் அடர்த்தி	-	Number density
60.	கணு	-	Node
61.	இயல்பு அதிர்வுகள்	-	Natural oscillation
62.	சீரலைவற்ற இயக்கம்	-	Non-periodic motion
63.	அலைவியக்கம்	-	Oscillatory motion
64.	சுற்றியக்க திசைவேகம்	-	Orbital velocity
65.	மேற்சுரம்	-	Overtone
66.	துருவ துணைக்கோள்	-	Polar satellite
67.	கட்டம்	-	Phase
68.	சீரலைவு இயக்கம்	-	Periodic motion
69.	கட்ட வேறுபாடு	-	Phase difference
70.	பகுதி நிழல்	-	Penumbra
71.	பின்னோக்கு இயக்கம்	-	Retrograde motion
72.	மீள்விசை	-	Restoring force
73 .	மீள்திருப்பு விசை	-	Restoring Torque
74.	ஒழுங்கற்ற இயக்கம் / சீரற்ற இயக்கம்	-	Random motion

XI-Physics_Vol-2_Glossary.indd 323 21-08-2020 15:19:14

75. சராசரி இருமடிமூல வேகம் - Root mean square speed (Vrms)
76. வெப்பக்கதிர்வீச்சு - Radiation
77. ஒத்ததிர்வு - Resonance
78. சிற்றலைகள் - Ripples
79. படித்தர (அல்லது) இயல்பு வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தம் - Standard (or) Normal temperature and pressure
80. இதயத்துடிப்பு அறியும் கருவி - Stethoscope
81. சுரமானி - Sonometer
82. மேற்பொருந்துதல் - Superposition
83. சுருள்மாறிலி - Spring constant / force constant
84. முறுக்கு மாறிலி - Stiffness constant
85. தனி ஊசல் - Simple pendulum
86. துணைக்கோள் - Satellite
87. நிலை அலைகள் - Stationary waves
88. சறுக்குப்பெயர்ச்சித் தகைவு - Shearing Stress
89. பரப்பு இழுவிசை - Surface tension
90. வரிச்சீர் ஓட்டம் - Streamlined flow
91. தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் - Specific heat capacity
92. வேகப் பகிர்வுச் சார்பு - Speed distribution function
93. அழுத்தம் மாறா தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் - Specific heat capacity at constant pressure
94. பருமன் மாறா தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் - Specific heat capacity at constant volume
95. தனிச்சீரிசை இயக்கம் - Simple Hormonic motion
96. இழுவிசைத்தகைவு - Tensile stress
97. முற்றுத் திசைவேகம் - Terminal velocity
98. அலைவுக்காலம் - Time period
99. சுழற்சி ஓட்டம் - Turbulent flow
100. ஆழிப்பேரலை - Tsunami
101. வெப்பக்கடத்துத்திறன் - Thermal conductivity
102. வெப்பநிலைமானி - Thermometer
103. முப்புள்ளி - Triple Point
104. பொது வாயுமாறிலி - Universal gas constant
105. கருநிழல் - Umbra
106. பாகுநிலை - Viscosity
107. நீர்தாண்டிப்பூச்சிகள் - Water striders
108. அலைத்துகள் - Wavicle
109. குறுக்கு – நெடுக்கானப் பாதை - Zig – Zag path
110. மீ மெது நிகழ்வு - Quasi static process
111. அளவுச் சார்புள்ள மாறி - Extensive variables
112. அளவு சார்பற்ற மாறி - Intensive variables

XI-Physics_Vol-2_Glossary.indd 324 21-08-2020 15:19:14

113. வெப்ப இயந்திரவியல் சமானம் - Mechanical equivalent
114. வெப்ப பரிமாற்றமில்லா அமுக்கம் - Adiabatic compression
115. வெப்பபரிமாற்றமில்லா விரிவு - Adiabatic expansion
116. கெல்வின் வெப்பநிலை அல்லது வெப்பநிலை (கெல்வினில்) - Absolute temperature
117. நல்லியல்புவாயு - Ideal gas
118. வெப்பமூலம் - Hot reservoir (or) source
119. வெப்ப ஏற்பி - Cold reservoir (or) Sink
120. வெப்பக்காப்புப்பெற்ற மேடை - Insulating stand
121. வெப்பம் வெளியேற்றும் சுருள் - Condenser coil

XI-Physics_Vol-2_Glossary.indd 325 21-08-2020 15:19:14

மாநிலக் கல்வியியல் ஆராய்ச்சி மற்றும் பயிற்சி நிறுவனம்
மேல்நிலை முதலாம் ஆண்டு இயற்பியல், தொகுதி–2
பாடநூல் தயாரிப்பில் பணியாற்றியவர்கள்

பாட வல்லுநர் மற்றும் நெறியாளர்

பேராசிரியர் முனைவர். ரீட்டா ஜான்
பேராசிரியர் மற்றும் துறைத்தலைவர்
கோட்பாட்டு இயற்பியல் துறை
சென்னைப் பல்கலைக்கழகம், சென்னை.

மேலாய்வாளர்கள்

முனைவர். வி.என். மணி
முதன்மை அறிவியல் அறிஞர் F. Head (C– MET)
மின்னணுவியல் மற்றும் தகவல் தொழில்நுட்பத் துறை
ஹைதராபாத், இந்திய அரசு.

பேராசிரியர் முனைவர். பி. ரவீந்திரன்
இயற்பியல் துறை அடிப்படை மற்றும்
பயன்பாட்டு அறிவியல் துறை
தமிழ்நாடு மத்திய பல்கலைக்கழகம், திருவாரூர்.

முனைவர். ரஜீவ் ஷேஷா ஜோஷி
உதவிப் பேராசிரியர்
இயற்பியல் புலம்
கர்நாடகா மத்தியப்பல்கலைக்கழகம்.

பாடநூல் ஆசிரியர்கள்

திரு சி. ஜோசப் பிரபாகர்
உதவிப் பேராசிரியர்
முதுகலை மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை
லயோலா கல்லூரி, சென்னை.

முனைவர். சா. ச. நெய்னா முஹம்மது
உதவிப் பேராசிரியர்
முதுகலை மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை
அரசுக் கலைக் கல்லூரி
உடுமலைப்பேட்டை, திருப்பூர் மாவட்டம்.

முனைவர். க. இராஜராஜன்
இணைப் பேராசிரியர்
இயற்பியல் துறை, இராஜேஸ்வரி வேதாச்சலம்
அரசுக் கலைக் கல்லூரி செங்கல்பட்டு.

பாடநூல் மேம்படுத்துநர் குழு

பேராசிரியர் முனைவர். ரீட்டா ஜான்
பேராசிரியர் முனைவர். பி. ரவீந்திரன்
முனைவர். ரஜீவ் ஷேஷா ஜோசி

தமிழாக்கம் செய்தோர்

திரு. சி. ஸ்ரீதரன்
தலைமை ஆசிரியர்
அரசு மேல்நிலைப் பள்ளி
காரைக்குறிச்சிபுதூர், நாமக்கல் மாவட்டம்.

திரு. அ. கணேஷ்
தலைமை ஆசிரியர், அரசு மேல்நிலைப் பள்ளி
சோமங்கலம், காஞ்சிபுரம் மாவட்டம்.

திரு.ஏ. இளங்கோவன்
தலைமை ஆசிரியர், அரசு மேல்நிலைப் பள்ளி
இராமநாயக்கன் பேட்டை, வேலூர் மாவட்டம்.

திரு. மா. பழனிகுமார்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
எம்.என்.எம்.எஸ்.பி செந்தில் குமார நாடார் மேல்நிலைப் பள்ளி
மல்லாங்கிணறு, விருதுநகர் மாவட்டம்.

முனைவர்.கொ. வாசுதேவன்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
அரசு ஆ. தி. நல மேல்நிலைப் பள்ளி
களங்காணி, நாமக்கல் மாவட்டம்.

திரு த. தாமரைச்செல்வன்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
மு.க.ஆ. அரசு ஆண்கள் மேல்நிலைப் பள்ளி
அறந்தாங்கி, புதுக்கோட்டை மாவட்டம்.

கலை மற்றும் வடிவமைப்புக் குழு

வரைபடம்

சசிகுமார்.K
துர்காதேவி.S

வடிவமைப்பு

அஸ்கர் அலி.மு, யோகேஷ். B, ஸ்ரீதர் வேலு

அட்டை வடிவமைப்பு– கதிர் ஆறுமுகம்

ஒருங்கிணைப்பாளர்

ரமேஷ் முனிசாமி

பாடநூல் கருத்துரைஞர் குழு

முனைவர் ப.பாலமுருகன்
உதவிப்பேராசிரியர்
இயற்பியல் முதுகலை மற்றும் ஆராய்ச்சி துறை
அரசினர் ஆடவர் கலைக்கல்லூரி (தன்னாட்சி)
நந்தனம், சென்னை

முனைவர். வே. சிவமாதவி
இணைப்பேராசிரியர் (இயற்பியல்)
பாரதி மகளிர் கல்லூரி (தன்னாட்சி), சென்னை.

மு. பழனிச்சாமி
தலைமை ஆசிரியர்
அரசு மேல்நிலைப்பள்ளி
கிருஷ்ணராயபுரம், கரூர் மாவட்டம்.

முனைவர். சீ. ரவி காசிவெங்கட்ராமன்
தலைமை ஆசிரியர்
அரசு பெண்கள் மேல்நிலைப் பள்ளி
தேசூர், திருவண்ணாமலை மாவட்டம்.

திரு.ந. தாமரைக்கண்ணன்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
ஜெய்கோபால் கரோடியா தேசிய மேல்நிலைப் பள்ளி
தாம்பரம், சென்னை.

திரு.தி. சுப்பையா
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
அரசு மகளிர் மேல்நிலைப் பள்ளி
அச்சிறுப்பாக்கம், காஞ்சிபுரம் மாவட்டம்.

பாட ஒருங்கிணைப்பாளர்கள்

திருமதி. பா. நந்தா
முதுநிலை விரிவுரையாளர்
மாநிலக் கல்வியியல் ஆராய்ச்சி மற்றும் பயிற்சி நிறுவனம்
சென்னை.

திருமதி. த. சண்முகசுந்தரி
பட்டதாரி ஆசிரியை (அறிவியல்)
ஊராட்சி ஒன்றிய நடுநிலைப் பள்ளி
மேலதுலுக்கன்குளம், காரியாபட்டி ஒன்றியம்
விருதுநகர் மாவட்டம்.

திரு. ஞா. அருள்ராஜா
பட்டதாரி ஆசிரியர் (கணிதம்)
ம.க.வி. அரசு ஆண்கள் மேல்நிலைப் பள்ளி
ஆரணி, திருவள்ளூர் மாவட்டம்.

தகவல் தொழிநுட்ப ஒருங்கிணைப்பாளர்கள்

திரு.ஞா. பெர்ஜின்
முதுகலைப் ஆசிரியர் இயற்பியல்
அரசு ஆண்கள் மேல்நிலைப் பள்ளி
சாயல்குடி, இராமநாதபுரம் மாவட்டம்.

திருமதி. A. சரண்யா
இடைநிலை ஆசிரியை
ஊராட்சி ஒன்றிய ஆரம்பப் பள்ளி, செல்லத்தாபாளையம்,
முடக்குறிச்சி ஒன்றியம், ஈரோடு மாவட்டம்.

திரு. காமேஷ்
இடைநிலை ஆசிரியர்
பிஞ்சனூர், நல்லூர் ஒன்றியம், கடலூர் மாவட்டம்.

விரைவுக் குறியீடு மேலாண்மைக் குழு

திரு. R. ஜெகநாதன்
ஊராட்சி ஒன்றிய நடுநிலைப் பள்ளி
கணேசபுரம், போளூர்
திருவண்ணாமலை மாவட்டம்.

திரு. N. ஜெகன்
அரசு ஆண்கள் மேல்நிலைப் பள்ளி
உத்திரமேரூர், காஞ்சிபுரம் மாவட்டம்.

திரு. J. F. பால் எட்வின் ராய்
ஊராட்சி ஒன்றிய நடுநிலைப் பள்ளி
இராக்கிப்பட்டி, சேலம் மாவட்டம்.

தட்டச்சு செய்தவர்

திருமதி. தெ. கவிதா

இந்நூல் 80ஜி.எஸ்.எம். எலிகண்ட் மேப்லித்தோ தாளில் அச்சிடப்பட்டுள்ளது.

ஆப்செட் முறையில் அச்சிட்டோர்:

PH XI Std Acknowledgement.indd 326 25-08-2020 15:05:35

குறிப்பு

PH XI Std Acknowledgement.indd 327 25-08-2020 15:05:35

குறிப்பு

PH XI Std Acknowledgement.indd 328 25-08-2020 15:05:35