தமிழ்நாடு அரசு

இயற்பியல்

தொகுதி 2

மேல்நிலை முதலாம் ஆண்டு

தமிழ்நாடு அரசு விலையில்லாப் பாடநூல் வழங்கும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்பட்டது

பள்ளிக் கல்வித்துறை

தீண்டாமை மனித நேயமற்ற செயலும் பெருங்குற்றமும் ஆகும்

PHYSICS_FM_Tamil.indd 1 07-09-2018 17:38:50

தமிழ்நாடு அரசு

முதல்பதிப்பு - *2018*

(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

பொருளடக்கம்

இயற்பியல்

அலகு 6	ஈர்ப்பியல்	01
அலகு 7	பருப்பொருளின் பண்புகள்	49
அலகு 8	வெப்பமும் வெப்ப இயக்கவியலும்	95
அலகு 9	வாயுக்களின் இயக்கவியற் கொள்கை	169
அலகு 10	அலைவுகள்	195
அலகு 11	அலைகள்	231
	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 07-09-2018 17:38:51

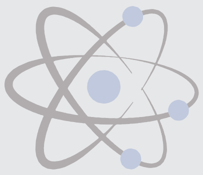
இயற்பியல் உயர்கல்வி வாய்ப்புகள்
(Scope of Physics - Higher Education)

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

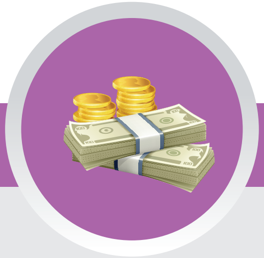
- M.Sc. Physics (மத்திய, மாநில பல்கலைக்கழகங்கள் மற்றும் கல்லூரிகள்)
- M.Sc. Physics (IISc ,IITs and NITs)
- வானியல் மற்றும் வான் இயற்பியல் Astronomy and Astrophysics
- பொருள் இயற்பியல்-Materials Science
- விண்வெளி அறிவியல்-Space science
- மருத்துவ இயற்பியல்-Medical Physics
- ஆற்றல் இயற்பியல்-Energy Science
- 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

PHYSICS_FM_Tamil.indd 5 07-09-2018 17:38:52

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
07-09-2018 17:38:52

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 8 07-09-2018 17:38:53

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 மையக்கொள்கையையின் 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 அரிஸ்டாடில் 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 10-09-2018 14:33:40

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 நிக்கோலாஸ் 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.

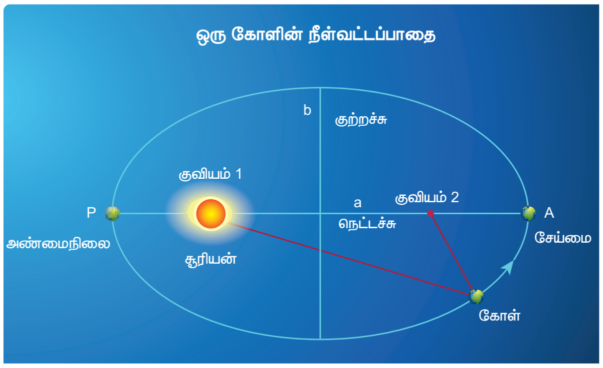
இதற்கிடையில் டைகோ பிராஹே (1546 –1601) தன் வாழ்நாள் முழுவதையும் விண்மீன்கள் மற்றும் கோள்கள் ஆகியவற்றின் நிலை மற்றும் இயக்கம் குறித்து வெறும் கண்களால் கண்டறிந்து பதிவுகள் செய்வதில் செலவழித்தார். பிராஹே சேகரித்த வானியல் தரவுகளை அவரது உதவியாளர் ஜோகன் கெப்ளர் (1571–1630) பகுத்தாய்வு செய்து கோள்களின் இயக்கம்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

6.1.1. கோள்களின் இயக்கத்திற்கான கெப்ளர் விதிகள்

கெப்ளரின் விதிகளை கீழ்க்கண்டவாறு கூறலாம்

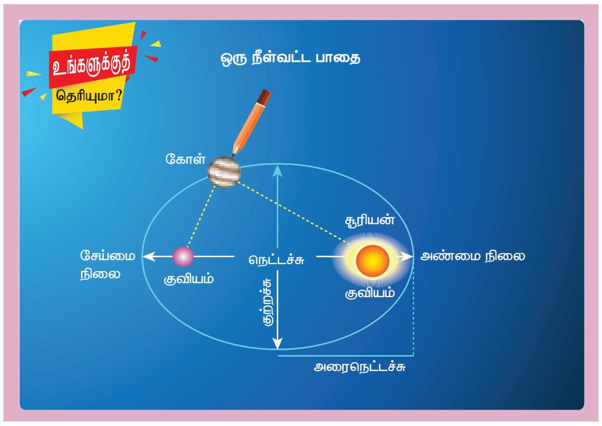
1. **சுற்றுப் பாதைகளுக்கான விதி**

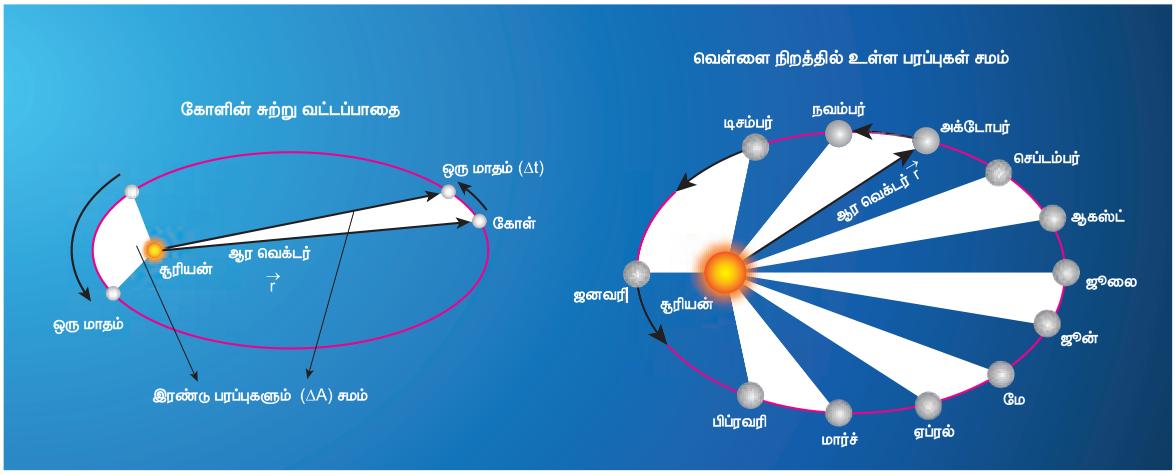
சூரியனை ஒரு குவியப் புள்ளியில் கொண்டு ஒவ்வொரு கோளும் சூரியனை நீள்வட்டப்பாதையில் சுற்றி வருகிறது.



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.

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

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

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

K7EGRP

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.

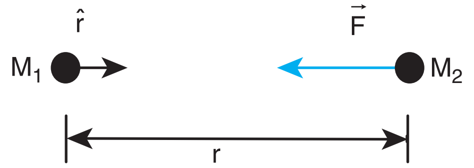
M நிறை உடைய துகள், அண்டத்தில் உள்ள அனைத்து துகள்களையும் குறிப்பிட்ட விசையுடன் ஈர்க்கிறது. அந்த ஈர்ப்பு விசையின் வலிமையானது, அவற்றின் நிறைகளின் பெருக்கற்பலனுக்கு நேர்த்தகவிலும், அவற்றுக்கு இடையேயான தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும் என்பதே நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதியாகும்.

கணிதவியல் வடிவில் ஈர்ப்பியல் விசையினை கீழ்கண்டவாறு எழுதலாம்.

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

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

G ஈர்ப்பியல் மாறிலி; G ன் மதிப்பு $6.626 \times 10^{-11}\, Nm^2kg^{-2}$. 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.

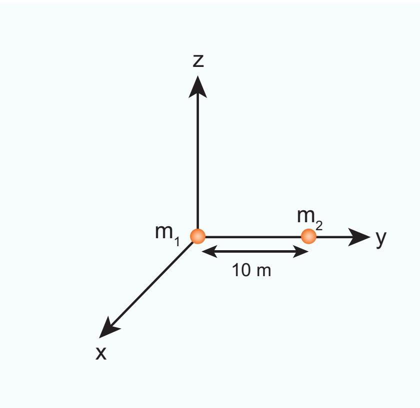


படம் 6.3 இருநிறைகள் ஒன்றை ஒன்று ஈர்த்தல்

கார்டீசியன் ஆய அச்சுகளில் 'r' என்ற தொலைவின் இருமடி $r^2 = (x^2 + y^2 + z^2)$ 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. ($m_1 = 1\,kg$; $m_2 = 2\,kg$)



படத்திலிருந்து $r = 10$ m

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

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 4 10-09-2018 14:33:44

∴ விசையின் எண் மதிப்பு

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

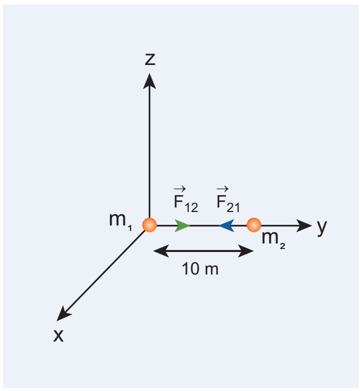
இவ்விசையின் எண் மதிப்பு மிகக்குறைவாக உள்ளது என்பது கவனிக்கத்தக்கது. இதனால் தான் இரு மனிதர்களுக்கிடையேயான ஈர்ப்பியல் விசையை நாம் உணர முடிவது இல்லை. ஈர்ப்பியல் விசையின் வலிமையை நிர்ணயம் செய்வதில் G–ன் மிகக்குறைந்த மதிப்பு முக்கியப் பங்காற்றுகிறது.

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., $\hat{r} = +\hat{j}$

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

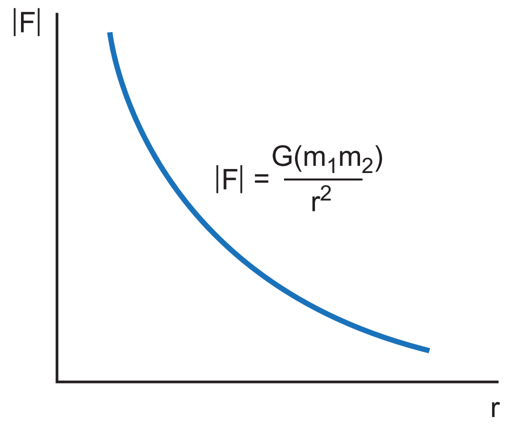
$$\vec{F}_{12} = 13.34\times10^{-13}\,\mathrm{N}\hat{j}$$



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.

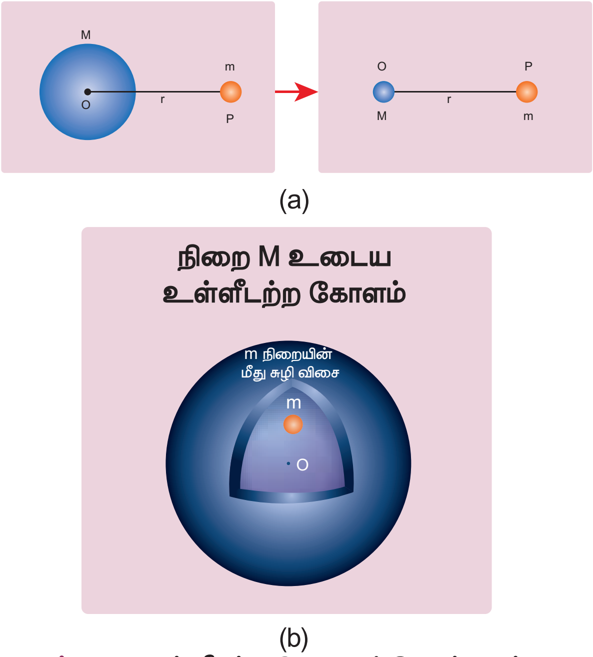
UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 5 10-09-2018 14:33:46

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 பயன்படுத்தப்–படுகிறது. 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.



படம் 6.5 உள்ளீடற்ற கோளகத்தினுள் உள்ள நிறை

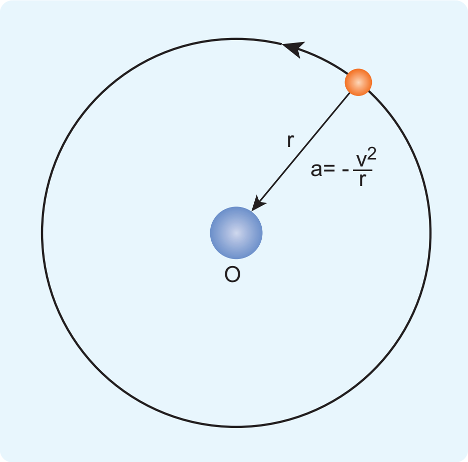
- நன்கு பழுத்த மாங்கனி, மரத்திலிருந்து கீழே விழுவதற்கும், நிலா புவியை சுற்றுவதற்கும் காரணம் ஒரே ஈர்ப்பியில் விசைதான் என்று விளக்கியதே ஈர்ப்பியல் விதியின் வெற்றியாகும்.

நியூட்டனின் எதிர்த்தகவு இருமடி விதி

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

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

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



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 10-09-2018 14:33:48

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

$$F = -\frac{GM_E M_A}{R^2}$$

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

நியூட்டன் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்த

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

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

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

இதேபோல் புவியினால் நிலா உணரும் விசை

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

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.

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 விவரங்கள் 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

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

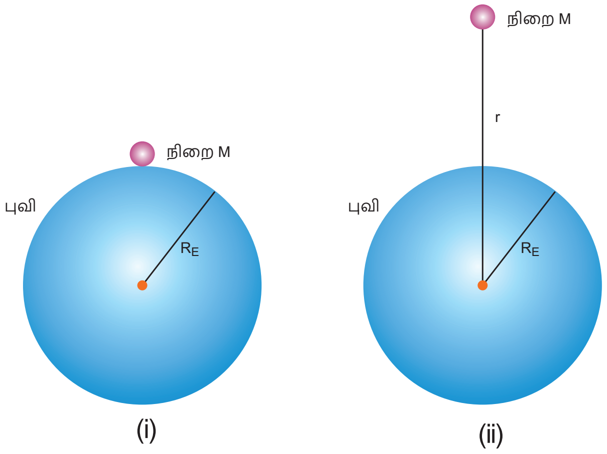
இங்கு M_E–புவியின் நிறை, m – பொருளின் நிறை, R_E– புவியின் ஆரம் ஆகும்.

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.

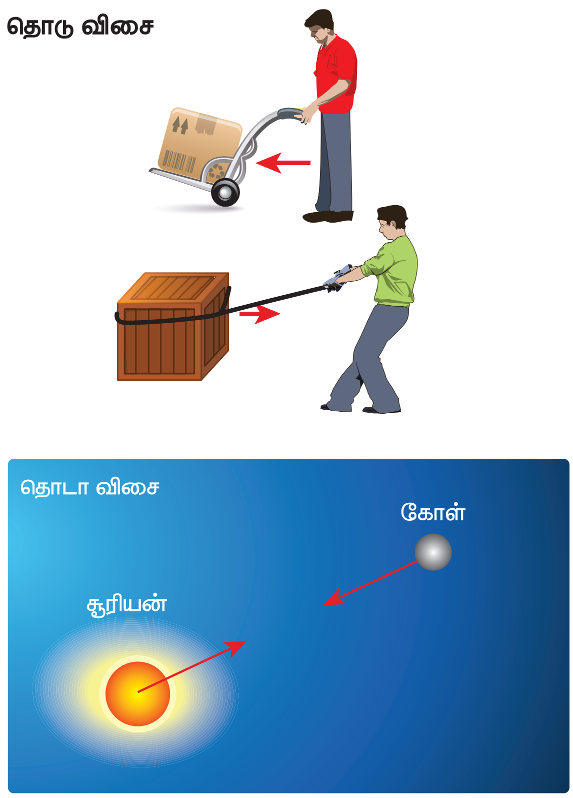
உங்களுக்குத் தெரியுமா?

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.

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.

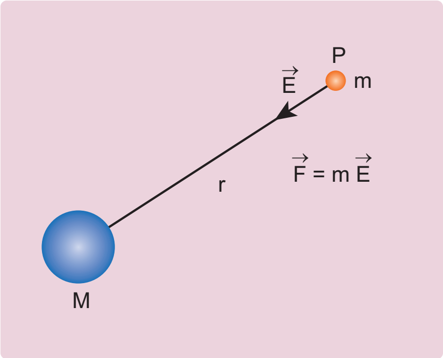
பொதுவாக, நிறை M ஆல் r தொலைவில் ஏற்படும் ஈர்ப்புபுலம், பின்வருமாறு குறிக்கப்படுகிறது

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

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

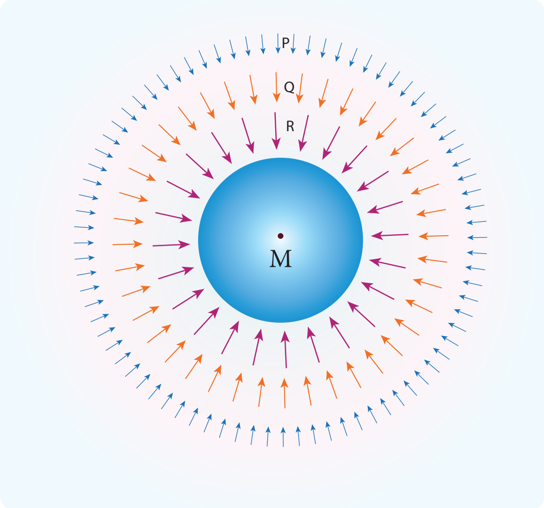
$$m\vec{a} = m\vec{E} \quad (6.18)$$

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

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}.

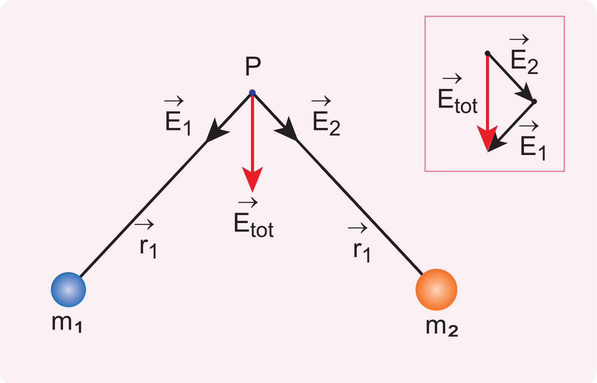
6.2.2 ஈர்ப்பு புலத்தின் மேற் பொருந்துதல் தத்துவம்

$m_1, m_2, \ldots m_n$ 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.

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

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

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

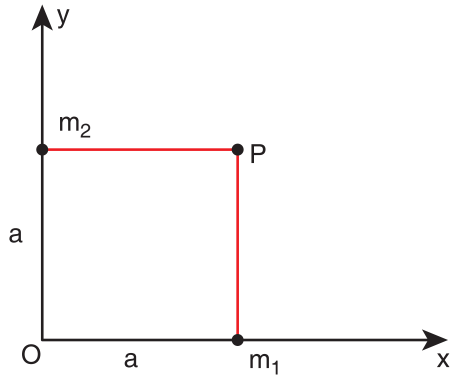


படம் 6.11 இரு ஈர்ப்பு புலங்கள் மேற்பொருந்துவதால் ஏற்படும் தொகுபயன் ஈர்ப்பு புலம்

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,

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

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

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

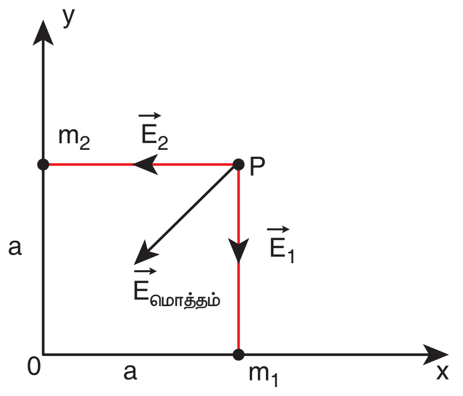
தொகுபயன் ஈர்ப்பு புலச்செறிவின் திசையானது m_1 மற்றும் m_2 ஒப்பீட்டு மதிப்பை பொறுத்து அமையும்.

$m_1 = m_2 = m$ எனில்

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

குறிப்பு: வெக்டர் கூட்டல் பரிமாற்று தன்மையுடையது

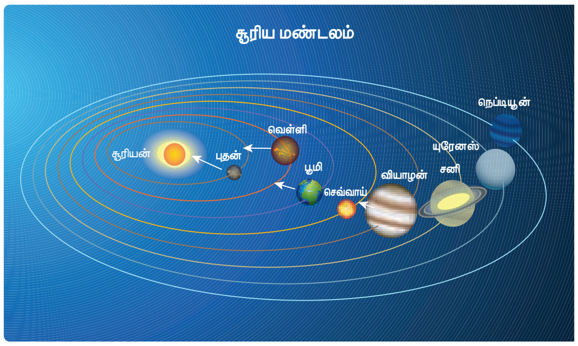
$\vec{E}_{\text{மொத்தம்}}$–இன் எண்மதிப்பு $\frac{Gm}{a^2}$ மேலும் $\vec{E}_{\text{மொத்தம்}}$–இன் திசை ஆதிப்புள்ளி 0 வை நோக்கி அமைந்துள்ளது. இது அடுத்து உள்ள படத்தில் காட்டப்படுகிறது.



எடுத்துக்காட்டு 6.4

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

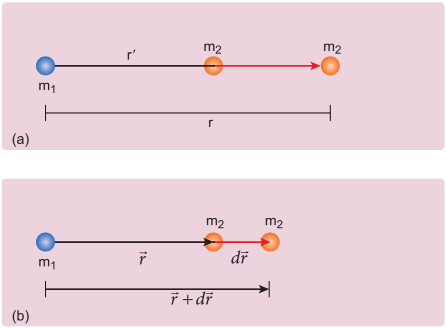
தொலைவு அதிகரித்தால் ஈர்ப்பு புலம் குறையும். எனவே சூரியன் வியாழன் மீது ஏற்படுத்தும் ஈர்ப்பு புலம் குறைவாக இருக்கும். சூரியனுக்கு மிக அருகே உள்ள புதனின் மீது செயல்படும் ஈர்ப்பு புலம் அதிகமாக இருக்கும்.



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

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

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

என்பதை நாம் அறிவோம்.

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 13 10-09-2018 14:34:00

$$\Rightarrow dW = \frac{Gm_1m_2}{r^2}\hat{r}.(dr\hat{r}) \quad (6.25)$$

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

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

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

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

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

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

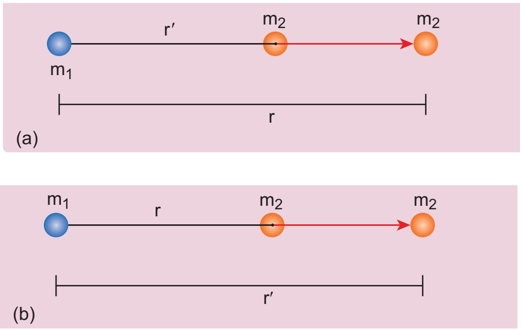
$$W = U(r) - U(r')$$

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

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

r தொலைவில் அமைந்த நிறைகள் m_1 மற்றும் m_2 உடைய அமைப்பின் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றலானது, நிறை m_1 நிலையாக உள்ளபோது, நிறை m_2 வை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து r தொலைவு கொண்டு வர 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

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

அதாவது $U(r) = U(r) - U(\infty)$.

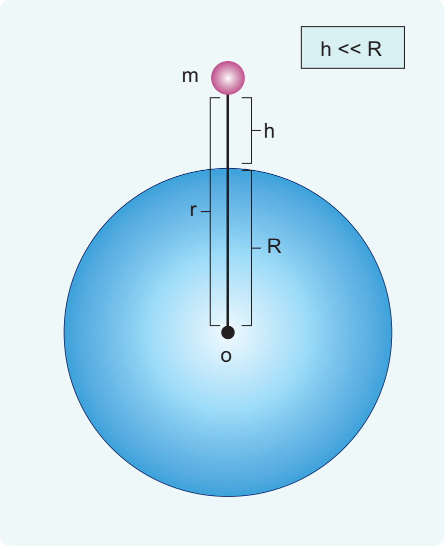
ஆனால் இங்கு $U(\infty) = 0$ என ஆதாரப்புள்ளியை நாம் தேர்ந்தெடுத்து உள்ளோம்.

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

ஈருறுப்பு 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

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

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

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

h_2 உயரத்தில் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல்

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

h_1 மற்றும் h_2 இடையே ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் வேறுபாடு

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

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

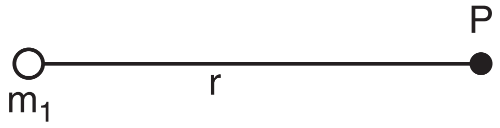
ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றலிருந்து ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றலை நாம் வரையறுக்க முடியும்.

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

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

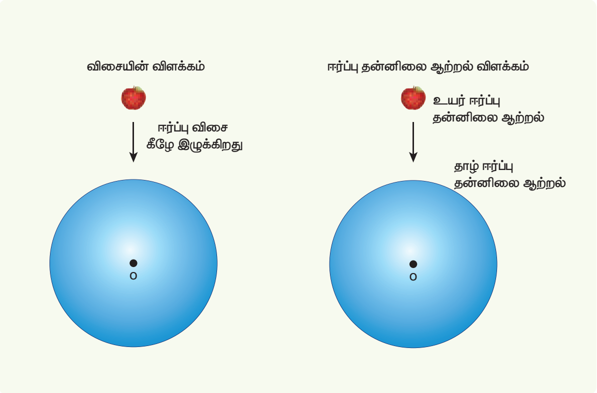
$$V(r) = -\frac{Gm_1}{r} \quad (6.39)$$



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.



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

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

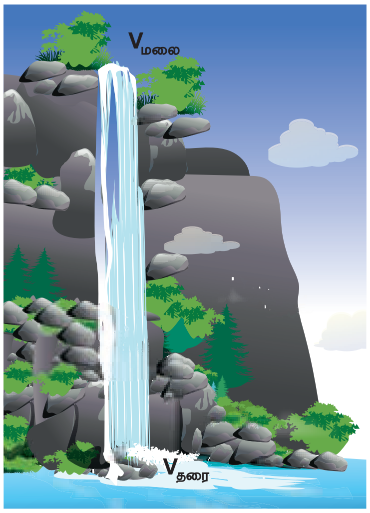
புவிப்பரப்புக்கு அருகே h உயரத்தில் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் mgh என்பதை நாம் முன் பகுதியில் விவாதித்தோம். அப்புள்ளியில் ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் $V(h)=U(h)/m = gh$. புவியின் பரப்பில் h சுழி என்பதால் புவிப்பரப்பில் ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் சுழி ஆகும். எனவேதான் ஆப்பிளானது அதிக ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல் உள்ள பகுதியிலிருந்து 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 $V_{\text{குன்று}} > V_{\text{தரை}}$

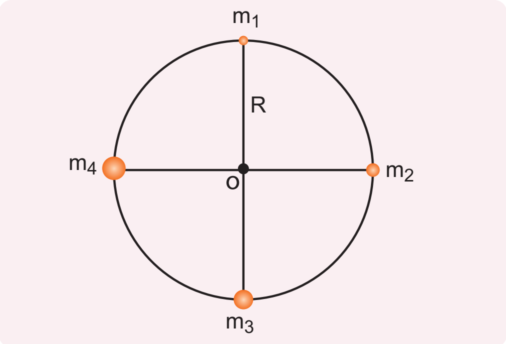


குன்றின் உச்சியிலிருந்து விழும் அருவி

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 10-09-2018 14:34:08

(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

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

எனவே, முடுக்கம்

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

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

ஈர்ப்பு முடுக்கத்தின் எண் மதிப்பு

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

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.

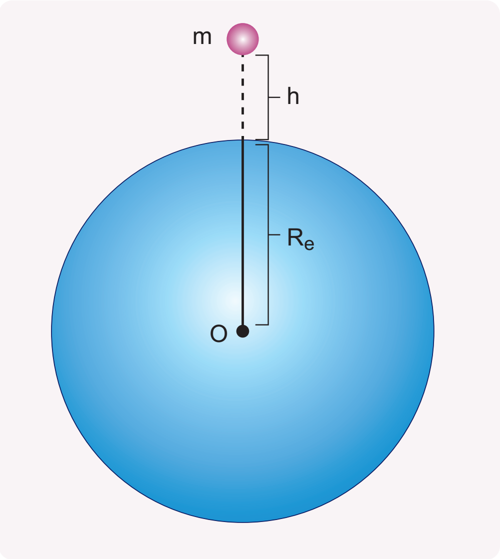
6.3.1 குத்துயரம், ஆழம் மற்றும் குறுக்குக்கோடு ஆகியவற்றைச் சார்ந்து ஈர்ப்பின் முடுக்கம் மாறுபடுதல்

புவிபரப்பிலிருந்து h உயரத்தில் உள்ள நிறை m ஐ கருதுவோம்.

புவியின் ஈர்ப்பு விசையால் அப்பொருள் உணரும் முடுக்கம்

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

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



படம் 6.16 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.

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

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

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)

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 19 10-09-2018 14:34:14

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

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

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

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

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

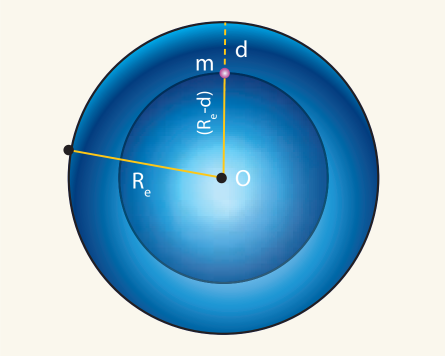
இந்த இரு எடுத்துக்காட்டுகள் மூலம் புவிக்கு அருகே ஈர்ப்பின் முடுக்கம் மாறிலியாக உள்ளது எனத்தெரிகிறது.

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 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

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

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

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

இங்கு M – புவியின் நிறை மற்றும்

V – புவியின் பருமன் ஆகும்

மேலும் அடர்த்தி சீராக உள்ளதால்

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

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

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

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

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

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

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

எனவே

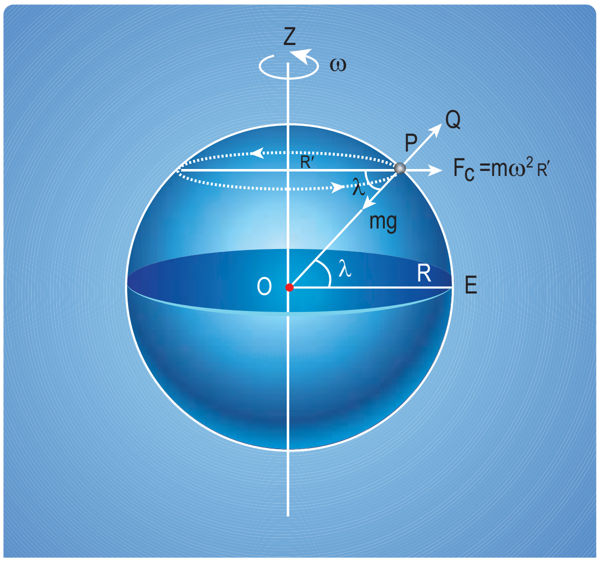
$$g' = g\left(1 - \frac{d}{R_e}\right) \quad (6.50)$$

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 உண்மையிலேயே 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 = $m\omega^2 R'$.

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

இங்கு λ என்பது குறுக்குகோட்டின் மதிப்பு

பொருளின்மீது g க்கு எதிர்திசையில் செயல்படும் மையவிலக்கு முடுக்கத்தின் கூறு

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

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

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

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

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

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

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

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

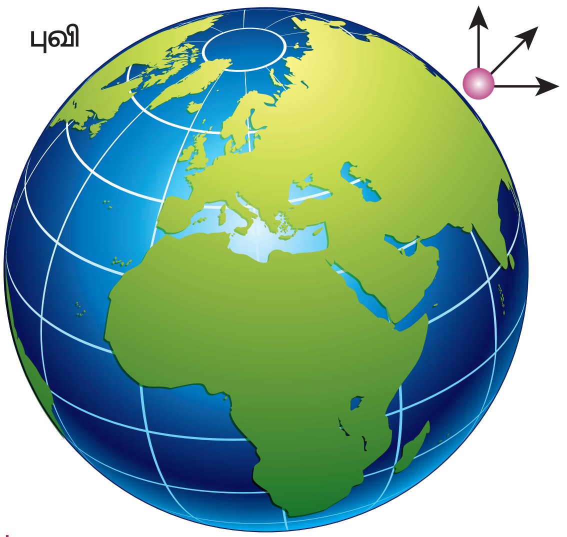
$$v_e^2 = \frac{2GM_E}{R_E}$$

$g = \frac{GM_E}{R_e^2}$ 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.



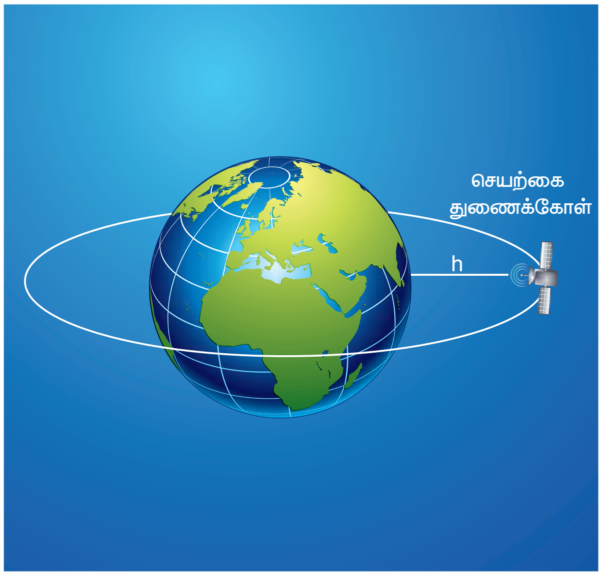
படம் 6.19 விடுபடுவேகம் எறியப்படும் கோணத்தை சார்ந்தது அல்ல

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 10-09-2018 14:34:25



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

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

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 $GM_E/R_E^2 = g$

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

$R_E = 6.4\times10^6 m$ மற்றும் $g = 9.8$ m/s², 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

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

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

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

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

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

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

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

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

இங்கு M_s – துணைக்கோளின் நிறை,

M_E – புவியின் நிறை,

R_E – புவியின் ஆரம்.

துணைக்கோளின் இயக்க ஆற்றல்

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

இங்கு v என்பது துணைக்கோளின் சுற்றியக்க வேகம் மேலும் அதன் மதிப்பு

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

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

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

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

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 $G = 6.67 \times 10^{-11} Nm^2/kg^2$.

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

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

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

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.

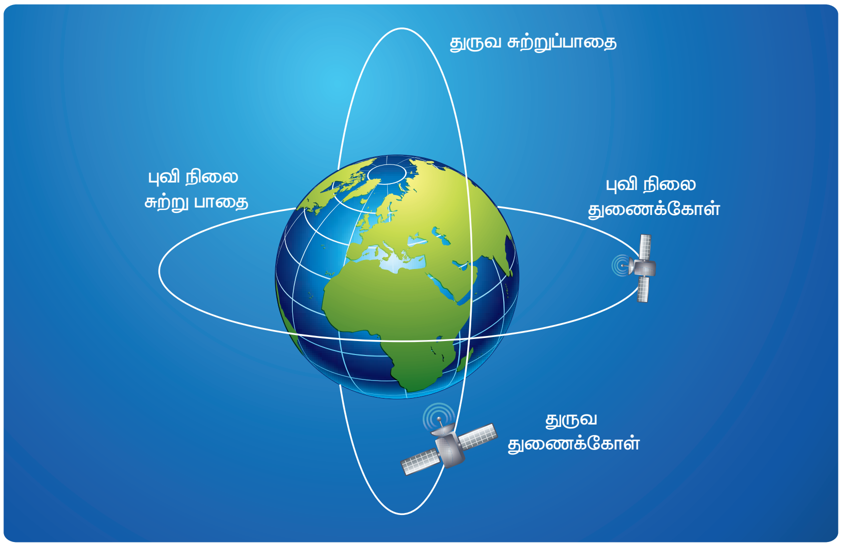
$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM_E}(R_E + h)^3$$

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

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

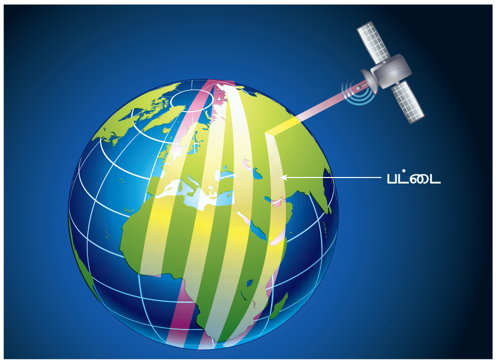
புவியின் நிறை, ஆரம் மற்றும் சுற்றுக்காலம் T (= 24 மணி = 86400 வினாடிகள்) ஆகியவற்றின் மதிப்புகளை பிரதியிட்டு கணக்கிட h ன் மதிப்பு 36,000 km எனக் கிடைக்கிறது. இவ்வகை துணைக்கோள்கள் புவிநிலைத் துணைக்கோள்கள் (geo – statinary satellites) எனப்படுகின்றன. ஏனென்றால் புவியிலிருந்து பார்க்கும் போது இவை நிலையாக இருப்பது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

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

என எழுதலாம்.

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

நிகழ்வு (ii) மேல்நோக்கி அல்லது கீழ்நோக்கி மின்உயர்த்தி சீராக இயங்கும்போது

சீரான இயக்கத்தின் போதும் (மாறாத திசைவேகம்) 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

மேல்நோக்கிய 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

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

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

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

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

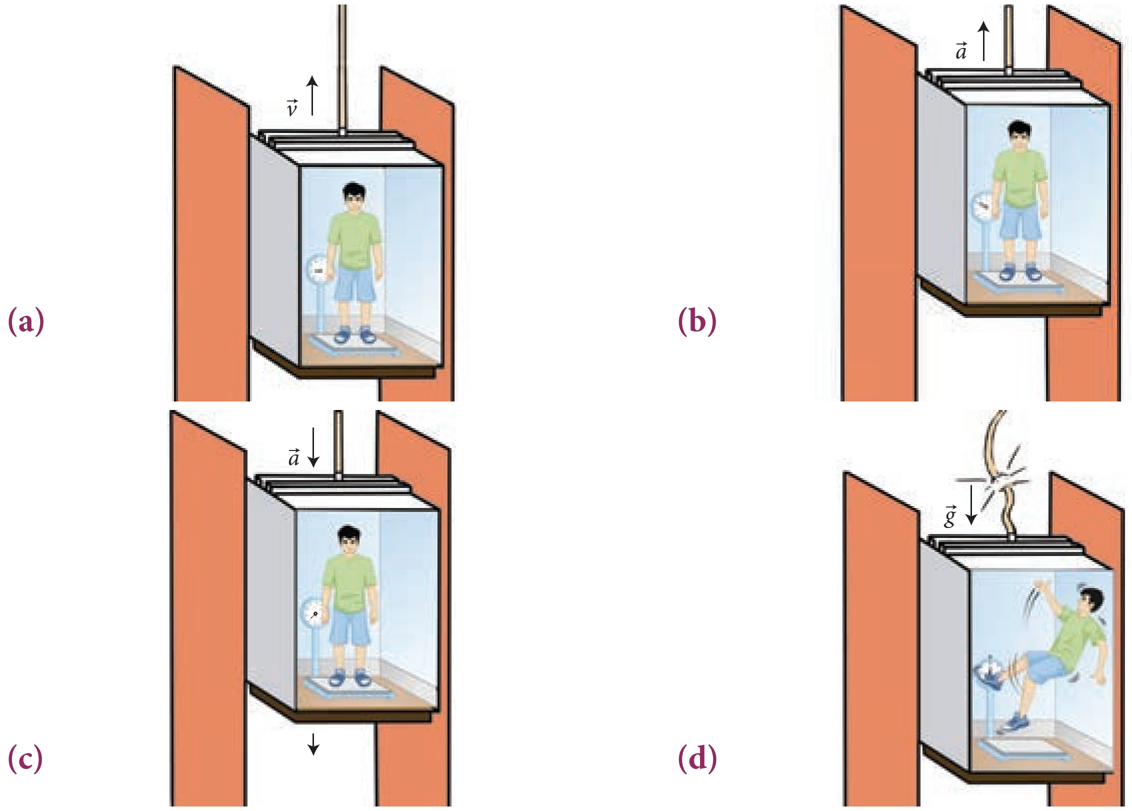
$$\therefore N = m(g - g) = 0.$$

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 10-09-2018 14:34:40

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 நியுட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதிகளும் உருவாக்கப்பட்டன, உறுதி செய்யப்பட்டன. டைகோ பிராஹே – வின் வானியல் தரவுகள் உதவியின்றி கெப்ளர் விதிகள் உருவாகி இருக்காது. கெப்ளர் விதிகளின் உதவியின்றி நியுட்டன் ஈர்ப்பியல் விதியை உருவாக்கி இருக்க முடியாது.

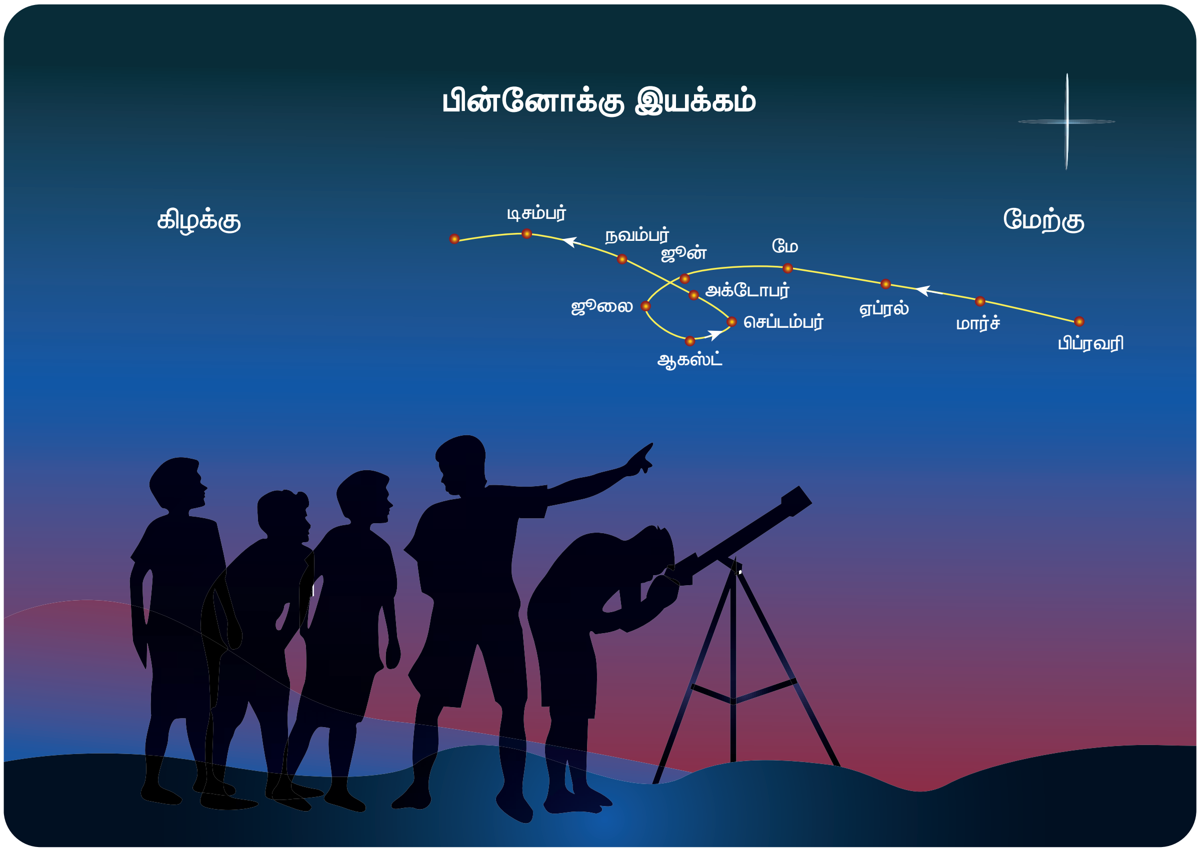
பாட ஆரம்பத்தில் கோபர்நிகஸின் சூரிய மையக் கொள்கையானது தாலமியின் புவிமையக் கொள்கைக்கு பதிலாக அமைந்தது எனப் பார்த்தோம். எனவே புவிமையக் கோட்பாட்டின் குறைகளை நாம் பகுத்தாய்ந்து விளக்குவது முக்கியமானதாகும்.

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.

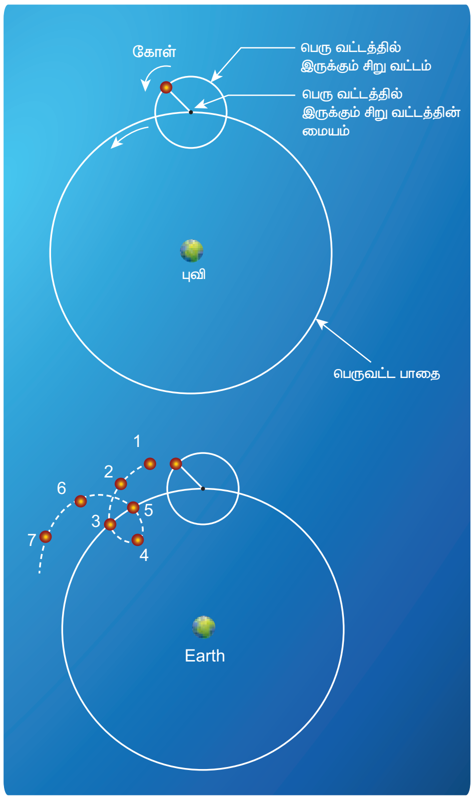
UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 30 10-09-2018 14:34:41



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 10-09-2018 14:34:41

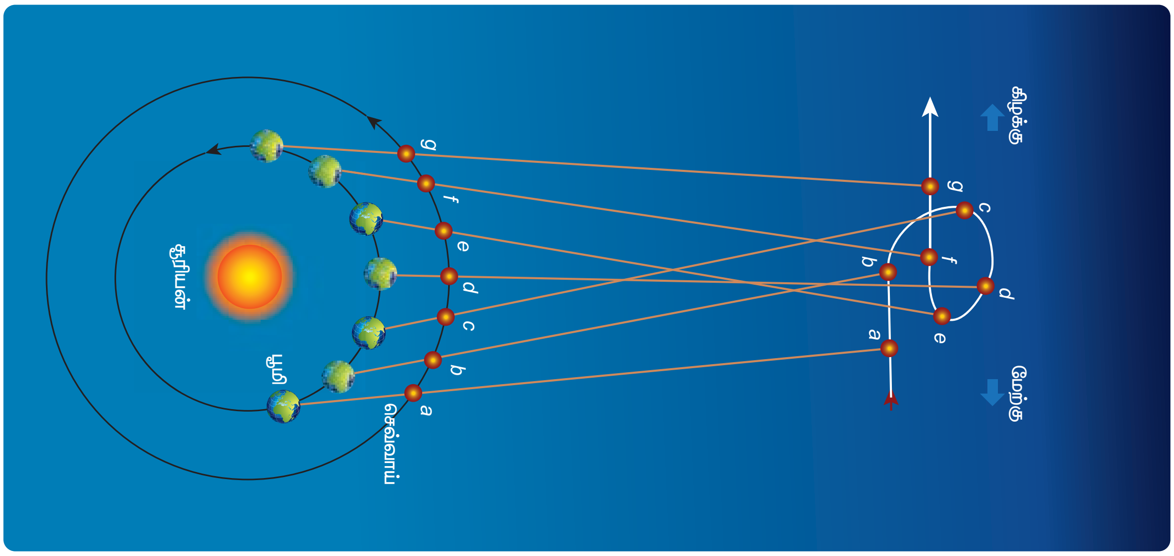
குடும்ப அமைப்பின் மையம் சூரியனே. அனைத்து கோள்களும் சூரியனைச் சுற்றி வருகின்றன. புவியினைச் சார்ந்து கோள்களின் சார்பு இயக்கத்தின் காரணமாக கோள்கள் "பின் நோக்கி செல்வது போன்ற இயக்கத்தை" (Retrograde motion) பெறுகின்றன. சூரிய மையக் கொள்கையின் அடிப்படையில் கோள்களின் இந்த பின்நோக்கி செல்வது போன்ற இயக்கம் படம்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



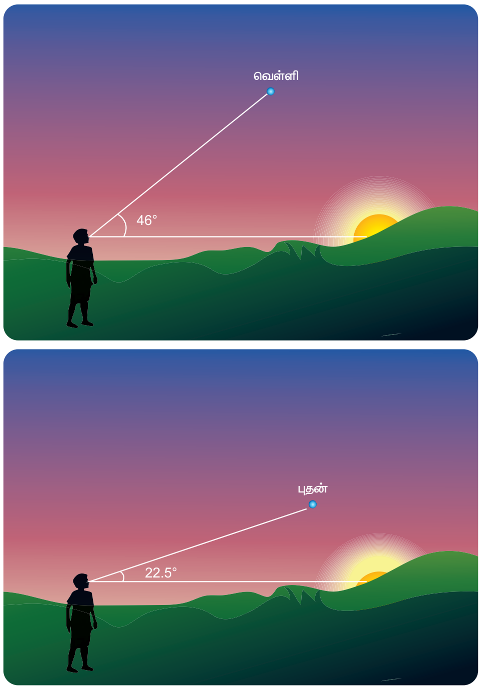
படம் 6.27 சூரியமையக் கொள்கைப்படி பின்நோக்கி செல்வது போல தோன்றும் இயக்கம் (Retrograde motion)

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 32
10-09-2018 14:34:42

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.



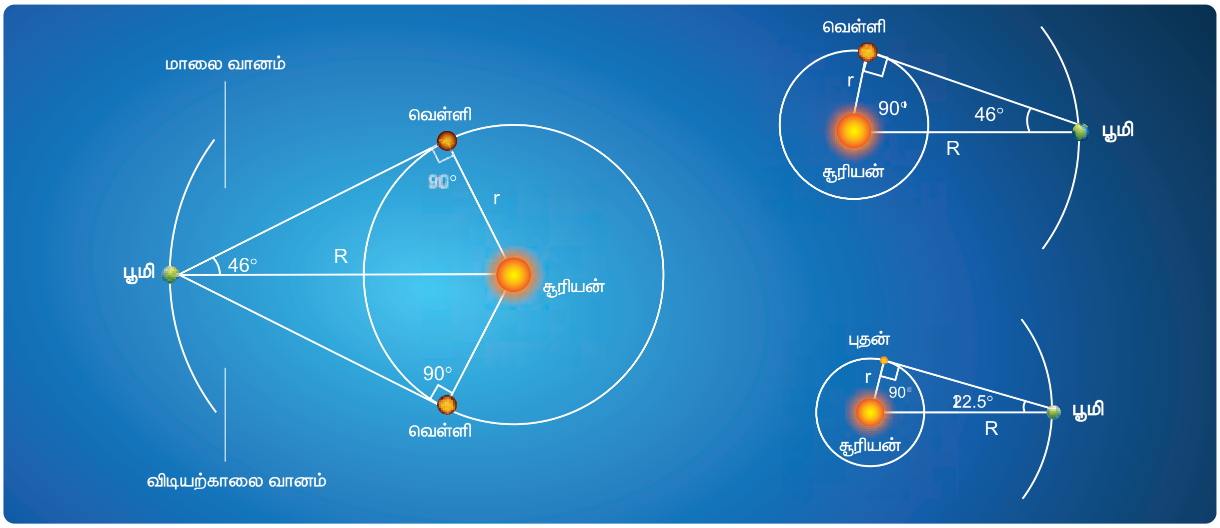
படம் 6.28 அடிவானத்திலிருந்து வெள்ளியின் ஏற்றக் கோணம்

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

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 33 10-09-2018 14:34:43

$\sin 46° = 0.77$ என்பதிலிருந்து வெள்ளி சூரியனிலிருந்து 0.77 AU தொலைவில் உள்ளது என கணக்கிடப்பட்டது. இதே போல் θ = 22.5° 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 வெவ்வேறுகோள்களுக்கான $\frac{a^3}{T^2}$

கோள்கள்	சுற்றுப்பாதை ஆரம் (r)	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.

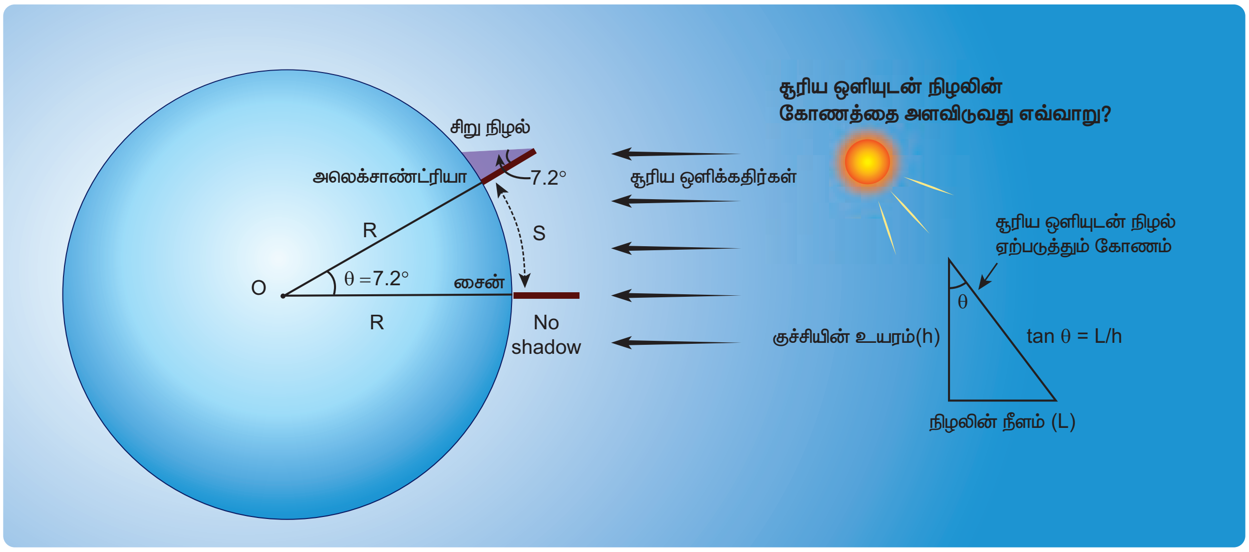
K874WH

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

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

$$S = R\theta = 500 \text{ மைல்},$$

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

$$R = 500 \frac{\text{மைல்}}{\frac{1}{8}}$$

$$R = 4000 \text{ மைல்}$$

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

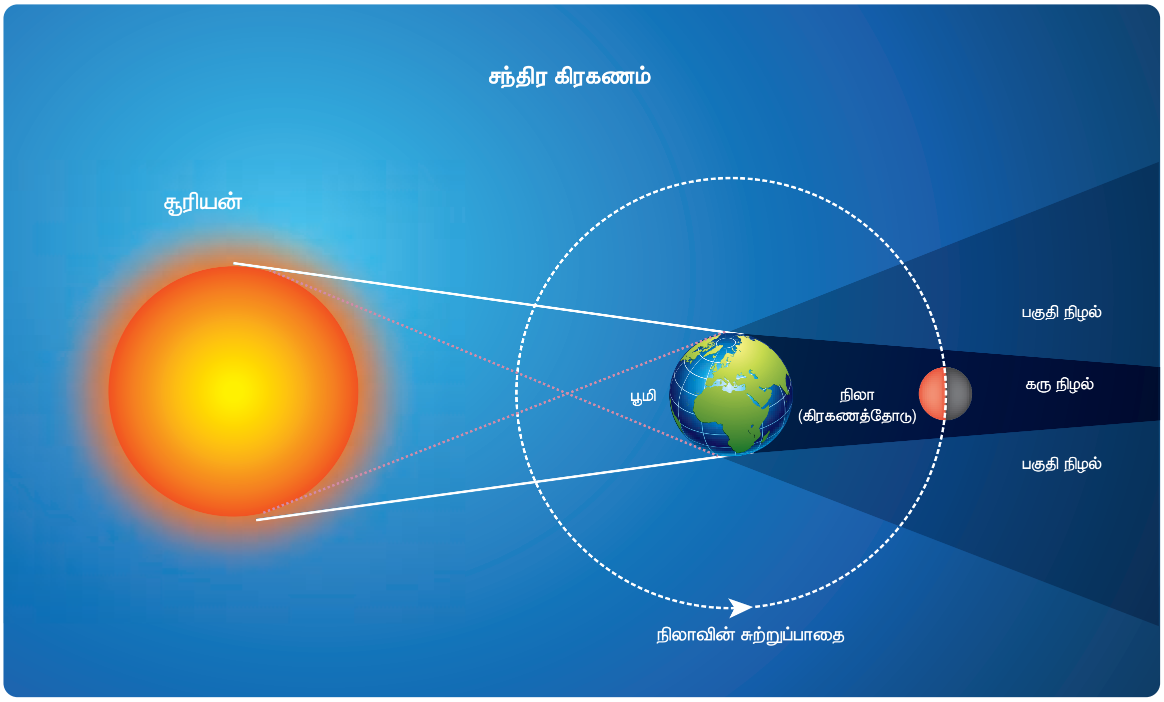
புவியின் ஆரத்தை அளப்பதற்கு, குறைந்தது 500 km தொலைவில் அமைந்த இரு இடங்களை (பள்ளிகளை) தேர்ந்தெடுக்கவும். இவ்விடங்கள் ஒரே தீர்க்க ரேகையால் (longitude) அமைந்திருக்க வேண்டும். (எடுத்துக்காட்டாக ஒசூரும் கன்னியாகுமரியும் ஒரே குறுக்கு கோட்டில் 77.82° E) அமைந்துள்ளன. h உயரம் உடைய குச்சியை ஒரு மைதானத்தில் செங்குத்தாக 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.இரு கோணங்களுக்கும் 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

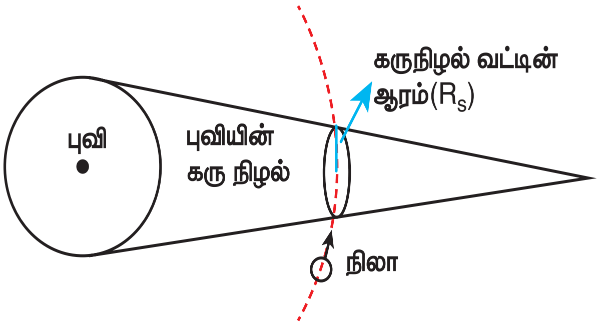


படம் 6.31 முழு சந்திர கிரகணம்

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 $\frac{R_s}{R_m} \approx 2.56$

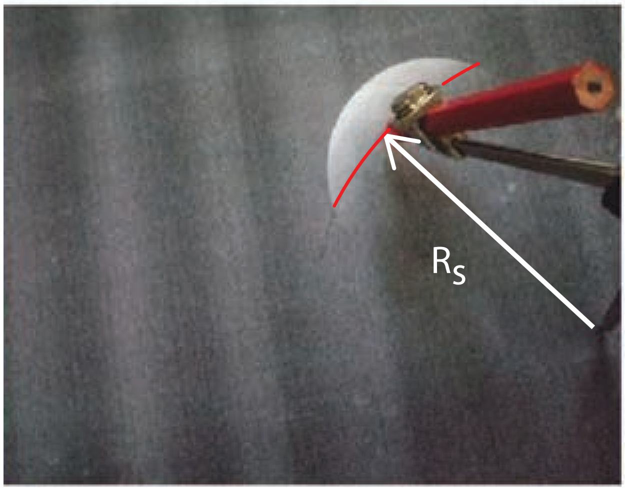
புவியின் கருநிழலின் ஆரம் $R_s = 2.56 \times R_m$

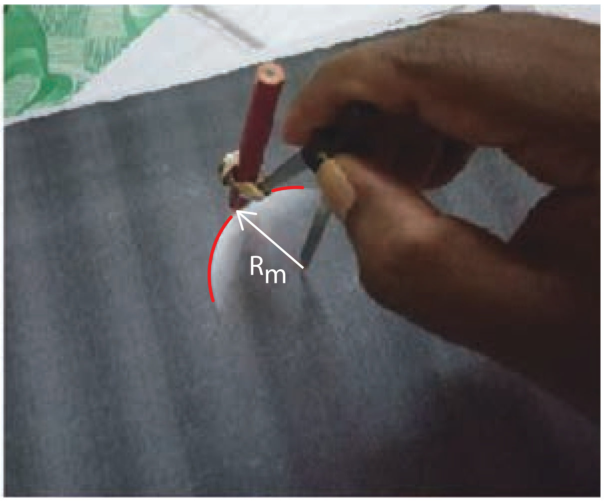
நிலாவின் ஆரம் $R_m = 1737\, km$

புவி கருநிழலின் ஆரம்

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

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 36 10-09-2018 14:34:46





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?

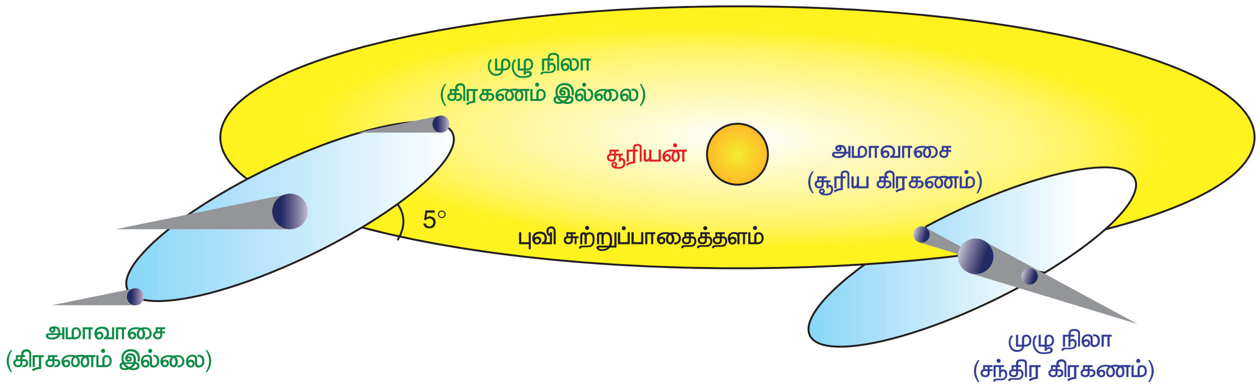
சூரியனை புவி நீள்வட்டப்பாதையில் சுற்றுகிறது. எனவே சூரியனுக்கு அண்மையில் புவி உள்ளபோது கோடைகாலமும் சேய்மையில் உள்ளபோது குளிர்காலமும் தோன்றுகிறது" என்பது தவறான கருத்தாகும். உண்மையில் புவியானது சூரியனை 23.5° கோண சாய்வுடன் சுற்றி வருவதாலேயே பருவ காலங்கள் தோன்றுகின்றன. இது படம் 6.36 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

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

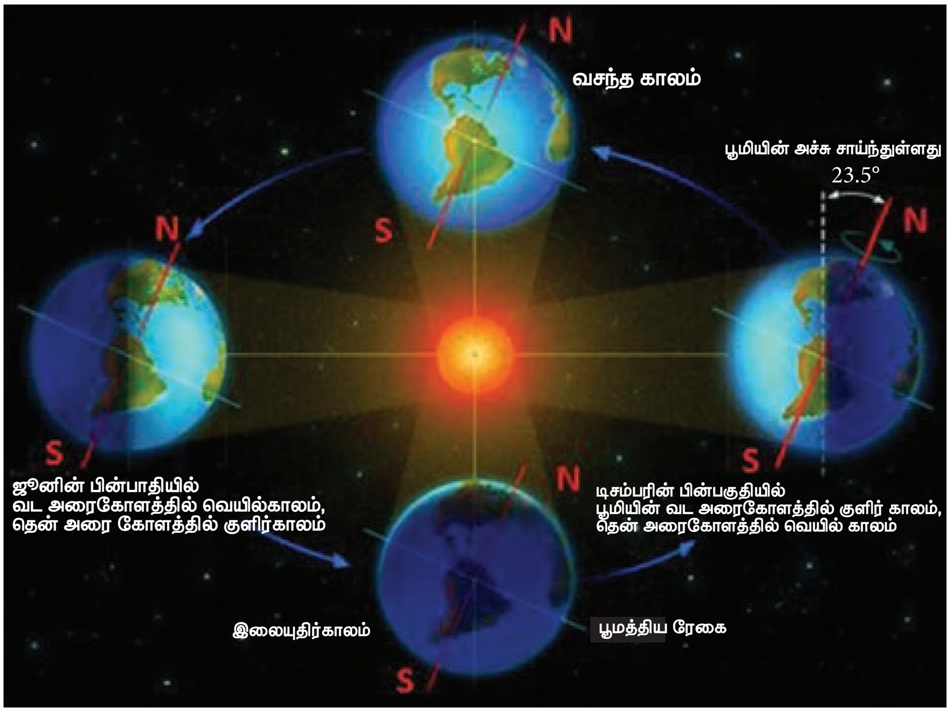
4. விண்மீனின் தோற்ற இயக்கமும் புவியின் சுழற்சியும்

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

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 37 10-09-2018 14:34:47



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.

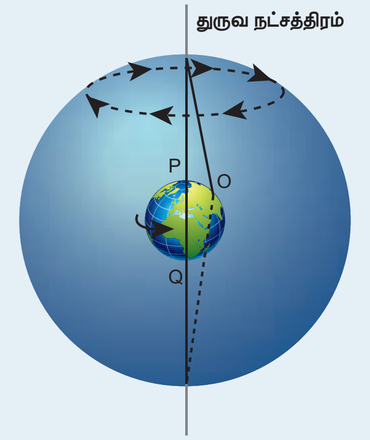
சிந்தனைக்கு

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

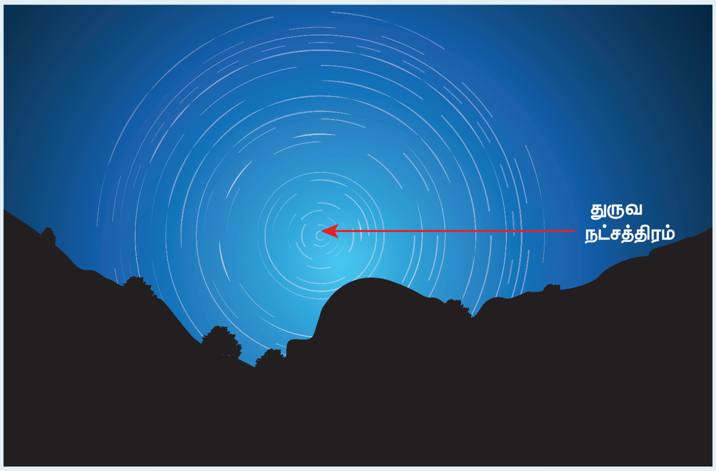
6.5.5 வானியல் மற்றும் ஈர்ப்பியலில் சமீபத்திய வளர்ச்சிகள்:

19 ஆம் நூற்றாண்டு வரை வானியலானது வெறும் கண்களால் அல்லது தொலைநோக்கி

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 38 10-09-2018 14:34:47



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.

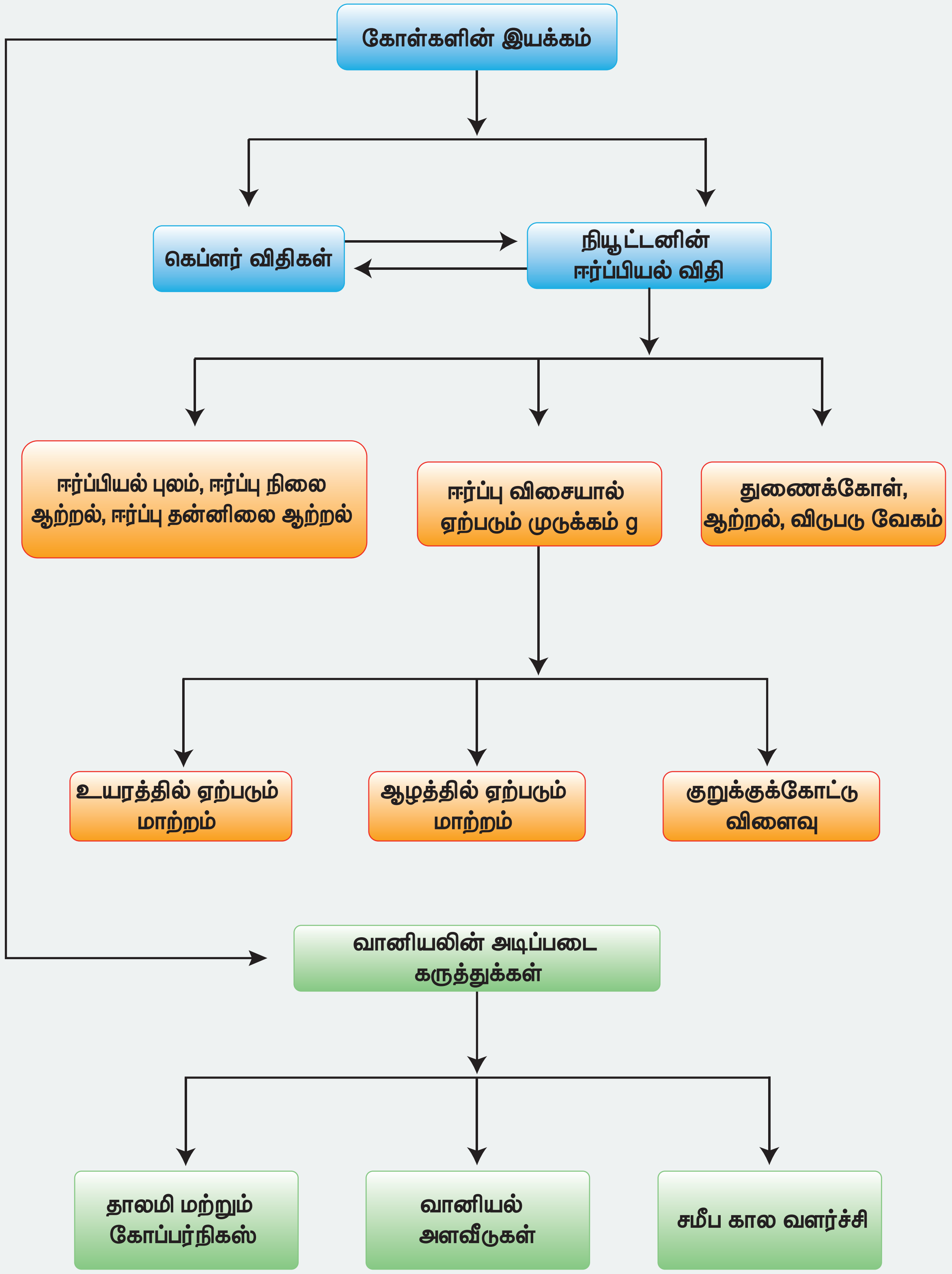
UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 39
10-09-2018 14:34:48

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 10-09-2018 14:34:48

கருத்து வரைபடம்



கோள்களின் இயக்கம்
கெப்ளர் விதிகள்
நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதி
ஈர்ப்பியல் புலம், ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல், ஈர்ப்பு தன்னிலை ஆற்றல்
ஈர்ப்பு விசையால் ஏற்படும் முடுக்கம் g
துணைக்கோள், ஆற்றல், விடுபடு வேகம்
உயரத்தில் ஏற்படும் மாற்றம்
ஆழத்தில் ஏற்படும் மாற்றம்
குறுக்குக்கோட்டு விளைவு
வானியலின் அடிப்படை கருத்துக்கள்
தாலமி மற்றும் கோப்பர்நிகஸ்
வானியல் அளவீடுகள்
சமீப கால வளர்ச்சி

பயிற்சி வினாக்கள்

I. சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக.

1. கோளின் நிலை வெக்டரும் கோண 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

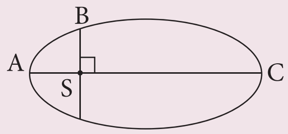
6. கெப்ளரின் இரண்டாம் விதிப்படி சூரியனையும் கோளையும் இணைக்கும் ஆர வெக்டர் சமகால அளவில் சமபரப்புகளை ஏற்படுத்துகின்றன. இவ்விதியானது ________ மாறா விதிப்படி அமைந்துள்ளது.
   (a) நேர்கோட்டு உந்தம் (Linear momentum)
   (b) கோண உந்தம் (Angular momentum)
   (c) ஆற்றல்
   (d) இயக்க ஆற்றல்

7. புவியினைப் பொறுத்து நிலவின் ஈர்ப்புநிலை ஆற்றல்
   (a) எப்பொழுதும் நேர்க்குறி உடையது
   (b) எப்பொழுதும எதிர்க்குறி உடையது
   (c) நேர்க்குறியாகவோ அல்லது எதிர்குறியாகவோ 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
10-09-2018 14:34:49

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) a	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 10-09-2018 14:34:50

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.

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.

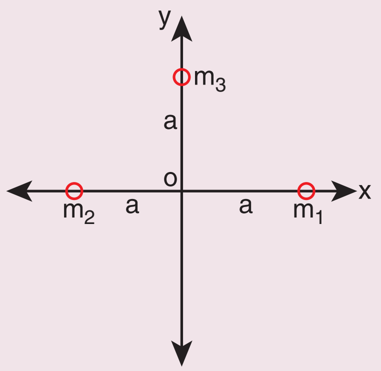
விடை: $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{GM}{R}\left(1+2\sqrt{2}\right)}$

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 45 10-09-2018 14:34:51

9. ஈர்ப்பியல் மாறிலி $G = 6.67\times10^{11}$ மதிப்புக்கு பதிலாக $G = 6.67\times10^{11}$ 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: $\vec{E} = \frac{GM}{a^2}\left[(m_1 - m_2)\hat{i} + m_3\hat{j}\right]$

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

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

விடை: $U = -49.84 \times 10^{32}$ 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: $g_{ஆழம்}$ = 0.96g

$g_{உயரம்}$ = 0.94g

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

விடை: $g_{சென்னை}$ = 9.767ms^{-2}

$g_{கன்னியாகுமரி}$ = 9.798ms^{-2}

Δg = 0.031ms^{-2}

UNIT-6(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 46 10-09-2018 14:34:53

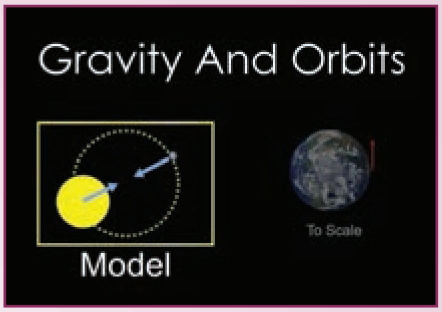
மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

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 10-09-2018 14:34:53

இணையச் செயல்பாடு

ஈர்ப்பியல்

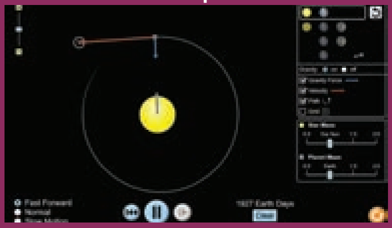


புவி ஈர்ப்புவிசை மற்றும் சுற்றுப்பாதைகள் பற்றி அறிந்து கொள்வோமா!

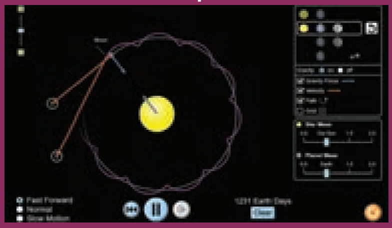
படிகள்

- 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

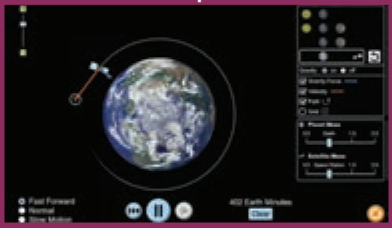


படி 2



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 10-09-2018 14:34:56

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 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

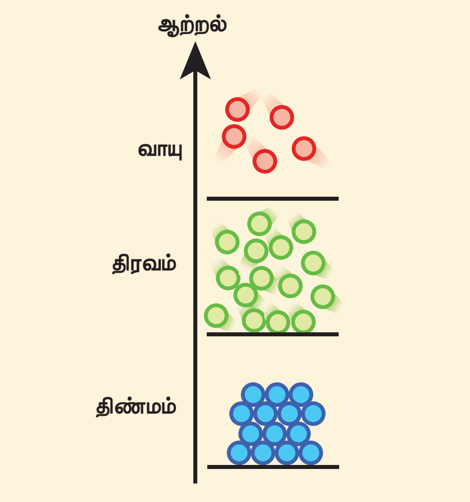
திண்மப்பொருளுக்கு வெப்பம் போன்ற எந்த புற ஆற்றலும் அளிக்கப்படாதபோது அணுக்களுக்கு இடையே உள்ள பிணைப்பின் காரணமாக அது தொடர்ந்து திண்மமாகவே இருக்கும். வெப்பப்படுத்தினால் திண்மத்தில் உள்ள அணுக்கள் வெப்ப ஆற்றலைப் பெற்று அவற்றின் நடுநிலைகளை பொறுத்து அதிர்வுறுகின்றன. திண்மமானது அதன் உருகுநிலைக்கு மேல் வெப்பப்படுத்தப்பட்டால், 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 10-09-2018 15:14:01

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?

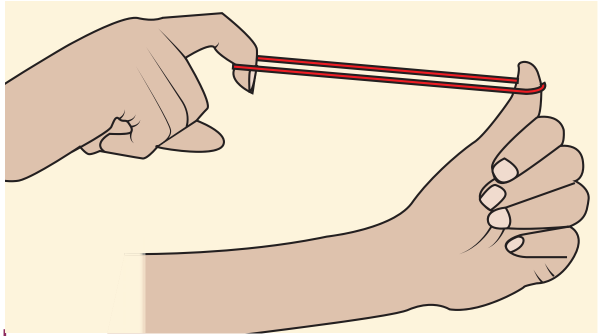
பருப்பொருளின் மூன்று இயல்பு நிலைகளுடன் (திண்மம், திரவம் மற்றும் வாயு) சேர்த்து அதீத சூழ்நிலைகளில், பருப்பொருளானது பிற நிலைகளான பிளாஸ்மா, போஸ்–ஐன்ஸ்டீன் வாயுப்பண்பு ஆகிய நிலைகளிலும் உள்ளது. கூடுதல் நிலைகளான குவார்க்–குளுவான் பிளாஸ்மா போன்ற நிலையிலும் உள்ளதாகக் கருதப்படுகிறது. அண்டத்தில் உள்ள அணுக்களால் 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 10-09-2018 15:14:02

7.2.2 தகைவு மற்றும் திரிபு (Stress and strain)

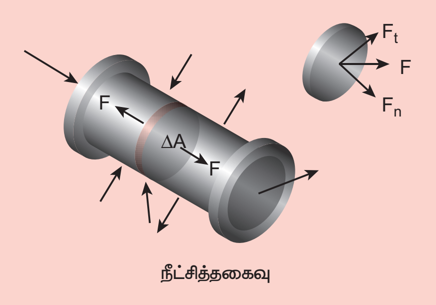
(அ) தகைவு:

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 நீட்சித்தகைவு

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

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

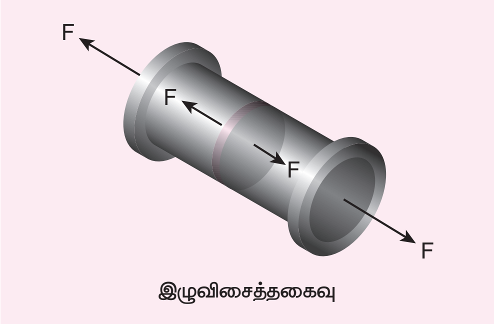
என வரையறுக்கப்படுகிறது. இதுபோன்றே பரப்பின் வழியே தொடுவரை தகைவு அல்லது சறுக்குப்பெயர்ச்சித் தகைவு (σ_t)

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

என வரையறுக்கப்படுகிறது.

நீட்சித்தகைவினை இழுவிசைத்தகைவு மற்றும் அமுக்கத்தகைவு என இரு வகையாகப் பிரிக்கலாம்.

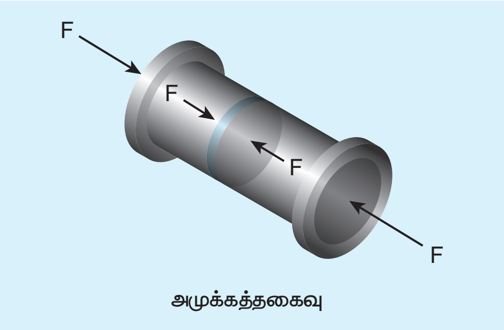
(அ) இழுவிசைத்தகைவு (Tensile stress)



படம் 7.4 இழுவிசைத்தகைவு

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

(ஆ) அமுக்கத்தகைவு (Compressive stress)



படம் 7.5 அமுக்கத்தகைவு

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.

(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

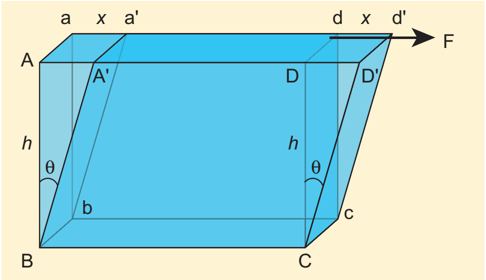
$$\varepsilon_l = \frac{\text{கம்பியில் அதிகரிக்கும் நீளம்}}{\text{கம்பியின் உண்மையான நீளம்}} = \frac{\Delta l}{l} \qquad (7.3)$$

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 சறுக்குப் பெயர்ச்சித்திரிபு

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)

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

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

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

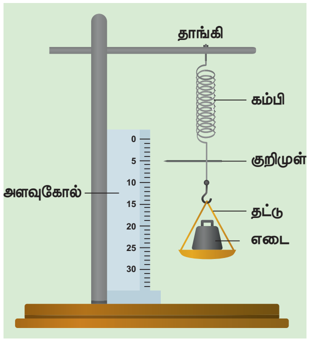
மீட்சி எல்லை (Elastic Limit)

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

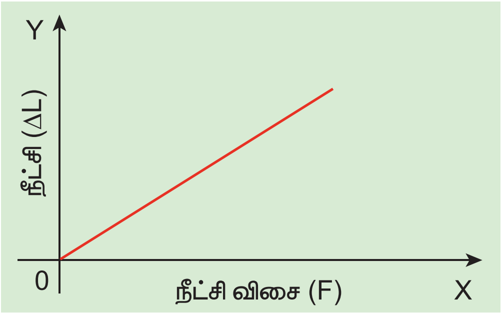
உருக்குலைவிக்கும் விசை மீட்சி எல்லையைவிட அதிகமானால், பொருளானது நிரந்தர உருக்குலைவை அடையும். உதாரணமாக, இரப்பர் பட்டை மிக அதிகமாக இழுக்கப்பட்டால் அதன் மீட்சிப்பண்பை இழக்கிறது. அதன் அளவு மாறிவிடுவதால் மீண்டும் பயன்படுத்த தகுதியற்றதாகிறது.

7.2.3 ஹுக் விதி மற்றும் அதன் சோதனை முறை சரிபார்ப்பு

ஹுக்விதி: "சிறிய அளவிலான உருக்குலைவிற்கு, தகைவு மற்றும் திரிபு ஒன்றுக்கொன்று நேர்விகிதத்தில் உள்ளது". 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 அளவுகோல் அமைப்பினைப் 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)ஹுக் 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

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

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

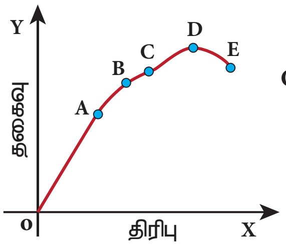
சமன்பாடுகள் (7.1) மற்றும் (7.2), ஐ ஒப்பிட நாம் பெறுவது

$$\sigma \propto \varepsilon$$

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

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 ஒரு பொருளில் தகைவானது மிகச்சிறிய உருக்குலைவின்போது தொடர்புடைய திரிபுக்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது. 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.

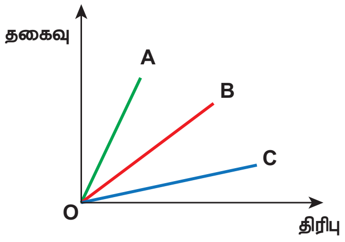
$$Y = \frac{\text{இழுவிசைத் தகைவு அல்லது அமுக்கத்தகைவு}}{\text{இழுவிசைத்திரிபு அல்லது அமுக்கத்திரிபு}}$$

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

யங் குணகத்தின் அலகு தகைவின் அலகே ஆகும். ஏனென்றால் திரிபுக்கு அலகு இல்லை. எனவே யங் குணகத்தின் SI அலகு Nm^{-2} அல்லது பாஸ்கல்.

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. எனவே மீட்சிக்குணகத்தை (இங்கு யங் குணகம்) நேர்க்கோட்டிற்கு சாய்வு எடுப்பதன்

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 55 10-09-2018 15:14:06

மூலம் கணக்கிடலாம். சாய்வைக் கணக்கிட நாம் பெறுவது

A யின் சாய்வு > B யின் சாய்வு > C யின் சாய்வு

இதன்மூலம்அறியப்படுவது,

A 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 x 10^{-4} m^2 குறுக்குவெட்டுப் பரப்பைக் கொண்டுள்ளது. அது 5 kg பளுவிற்கு உட்படுத்தப்படுகிறது. கம்பிப் பொருளின் யங் குணகம் 4 x 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 $$\varepsilon_v = \frac{\Delta V}{V}$$

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 திண்மப்பொருள்களைவிட எளிதாக அமுக்கப்படலாம் என்பதை நாம் அறிவோம். அதன் பொருள் வாயுக்கள் திண்மப்பொருள்களுடன் ஒப்பிட குறைவான பருமக்குணக மதிப்பைக் கொண்டுள்ளன என்பதாகும். K இன் SI அலகு அழுத்தத்தின் அலகே ஆகும். அதாவது Nm^{-2} அல்லது Pa (பாஸ்கல்).

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.

சமன்பாடு (7.7) இருந்து அமுக்கத்தன்மை

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

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: (The 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

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

மேலும் சமன்பாடு (7.9) குறிப்பது, ஒரு பொருளானது குறைந்த அளவு விறைப்புக்குணகத்தைக் கொண்டிருந்தால் அதனை எளிதாக முறுக்கலாம். உதாரணமாக, ஒரு கம்பியைக் கருதுக அதனை θ கோணம் முறுக்கினால் ஒரு மீள் திருப்பு விசை 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. விறைப்புக்குணகத்தின் SI அலகு அழுத்தத்தின் அலகாகும். அதாவது, $N\,m^{-2}$ அல்லது பாஸ்கல். இக்கொள்கையை சரிவரப் புரிந்துகொள்ளும் வகையில், சில முக்கியமான பொருள்களின் மீட்சிக்குணகங்கள் அட்டவணை 7.1 இல் தரப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 7.1 சில பொருள்களின் மீட்சிக்குணகங்கள் $N\,m^{-2}$ இல்

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	8.0	5.0
கண்ணாடி	7.0	3.6	3.0

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 57 10-09-2018 15:14:10

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

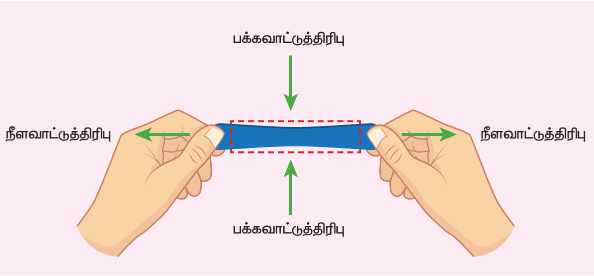
இங்கு L = 0.20 m, F = 4000 N, x = 0.50 cm = 0.005 m

மற்றும் பரப்பு A = L^2 = 0.04 m^2

எனவே சறுக்குப் பெயர்ச்சிக் குணகம்

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

7.2.5 பாய்சொய் 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.பாய்சொய் என்பவர் பாய்சொய் விகிதம் என அழைக்கப்படும் ஒரு விகிதத்தை முன்மொழிந்தார். "ஒப்புமைக் குறுக்கத்திற்கும் (பக்கவாட்டுத்திரிபு) ஒப்புமை விரிவாக்கத்திற்கும் (நீளவாட்டுத்திரிபு) இடையே உள்ள விகிதம்" என அது வரையறுக்கப்படுகிறது. அதன் குறியீடு μ ஆகும்.

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

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

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

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

அட்டவணை 7.2 சில பொருள்களின் பாய்சொய் விகிதங்கள்

பொருள்	பாய்சொய் 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

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) 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.

ஆற்றல் அடர்த்தி

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

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

எடுத்துக்காட்டு 7.5

2 m நீளமும் $10^{-6}\,m^2$ குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பும் கொண்ட ஒரு கம்பியில் 980 N பளு தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. (i) கம்பியில் உருவான தகைவு (ii) திரிபு மற்றும் (iii) சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

கொடுக்கப்பட்டது: $Y = 12 \times 10^{10}\ N\,m^{-2}$.

தீர்வு

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

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

(அலகற்றது)

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

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

$\frac{1}{2}(98 \times 10^7) \times (8.17 \times 10^{-3}) \times 2 \times 10^{-6} = 8$ ஜூல்

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 குணகம் (Y) 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.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

எஃகை விட இரப்பர்தான் அதிக மீட்சியுடையது என்று நாம் தவறாக நினைத்துக் கொண்டிருக்கிறோம். எது அதிக மீட்சிப்பண்பு உடையது? இரப்பரா? எஃகா? உண்மையில் எஃகுதான் 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. புவி 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 $N m^{-2}$ 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 x 10^5 Pa or $N m^{-2}$. 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 $4\,^{o}C$ 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 $\dfrac{13.6 \times 10^3\, kg\, m^{-3}}{1.0 \times 10^3\, kg\, m^{-3}} = 13.6$.

எடுத்துக்காட்டு 7.6

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

தீர்வு

கோளத்தின் ஆரம் R = 1.5 cm

நிறை m = 0.038 kg

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

$= \frac{4}{3} \times (3.14) \times (1.5\times10^{-2})^3 = 1.413 \times 10^{-5} m^3$

எனவே, அடர்த்தி

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0.038 kg}{1.413 \times 10^{-5} m^3} = 2690\, kg\, m^{-3}$$

எனவே, கோளகத்தின் ஒப்படர்த்தி

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

7.3.2 ஓய்வில் உள்ள பாய்மத்தம்பத்தினால் அழுத்தம்

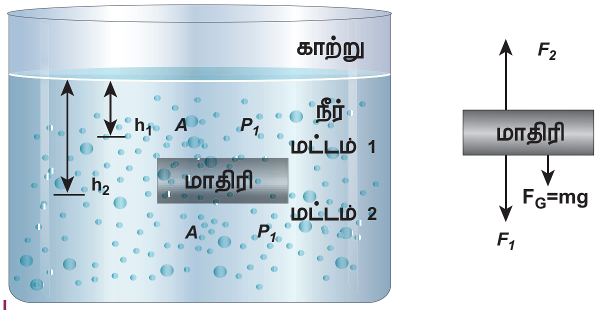
மலைமீது ஏறும் ஒரு மலையேற்ற வீரர் உயரத்தைப் பொறுத்து காற்றின் அழுத்தம் குறைவதை உணர இயலும். நீச்சல் குளத்தில் குதிக்கும் ஒருவர் நீர்ப்பரப்புக்கு கீழே ஆழமாக செல்லும்போது நீரின் அழுத்தம் அதிகரிப்பதை உணர்கிறார். இந்த இரு நேர்வுகளிலும், மலையேற்ற வீரர் மற்றும் நீச்சல் வீரர் எதிர்கொண்ட அழுத்தமானது நிலையாக உள்ள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

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

இங்கு m என்பது மாதிரியில் உள்ள நீரின் நிறை. 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

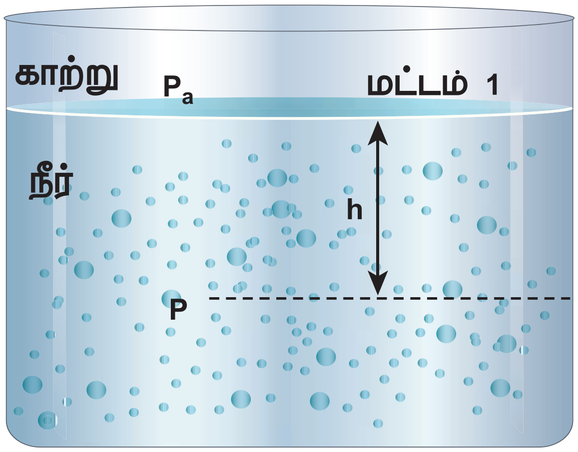
$$F_G = \rho A (h_2 - h_1) g$$

W இன் மதிப்பை சமன்பாடு (7.15) இல் பிரதியிட

$$F_2 = F_1 + mg \Rightarrow P_2 A = P_1 A + \rho A (h_2 - h_1) g$$

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

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

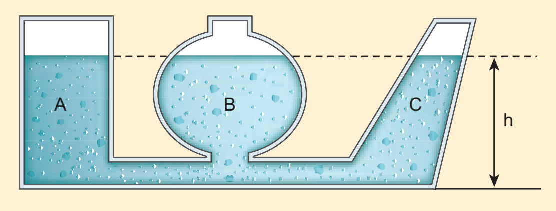
இதன் பொருளானது, h ஆழத்தில் உள்ள அழுத்தம் நீரின் மேற்பரப்பில் உள்ள அழுத்தத்தை விட அதிகமாகும். இங்கு P_a என்பது காற்றழுத்தம் மற்றும் அதன் மதிப்பு 1.013×10^5 Pa ஆகும்.

காற்றழுத்தம் புறக்கணிக்கப்பட்டால்,

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

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.

ஓய்வில் உள்ள திரவத்தைப் பற்றிக் கூறினால் ஒரே கிடைமட்டத்தில் உள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளிலும் (சம ஆழத்தில்) திரவ அழுத்தம் சமமாக உள்ளது. இந்த கூற்றை 'நீர்மநிலையியல் முரண்பாடு' 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 முரண்பாடு 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.

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 10-09-2018 15:14:16

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:

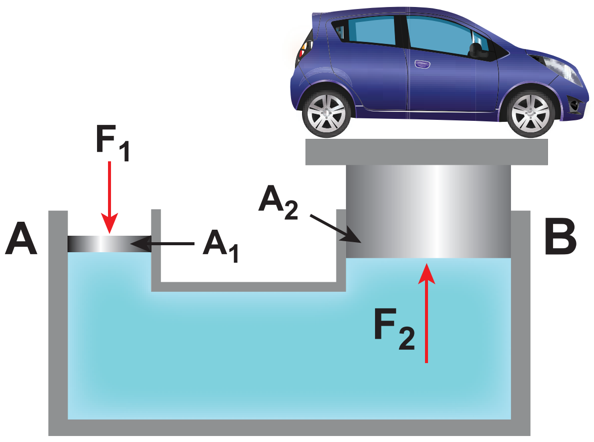
குவளையில் உள்ள நீரின் எடையை காற்றில் மோதிக்கொண்டுள்ள காகித அட்டையின் கீழ் பரப்பில் செயல்படும் மேல் நோக்கிய காற்றழுத்தம் காரணமாக கிடைக்கும் மேல்நோக்கிய விசை சமன்படுத்துவதால் இது நிகழ்கிறது..

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 கூற்றானது "ஒரு திரவத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் அழுத்தம் மாறினால் அந்த மாறுபாடு மதிப்பு குறையாமல் திரவம் முழுவதற்கும் பரப்பப்படுகிறது"

__பாஸ்கல் விதியின் பயன்பாடு__

நீரியல் தூக்கி



படம் 7.12 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. சிறிய பிஸ்டனின் மீது கீழ்நோக்கிய விசை F செலுத்தப்படுவதாகக் கொண்டால் இந்த பிஸ்டனுக்கு கீழ் உள்ள திரவத்தின் அழுத்தம் $P\left(where, P=\frac{F_1}{A_1}\right)$ என்ற மதிப்பிற்கு அதிகரிக்கிறது. ஆனால் 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

$$F_2 = P \times A_2 = \frac{F_1}{A_1} \times A_2 \Rightarrow F_2 = \frac{A_2}{A_1} \times F_1 \quad (7.19)$$

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

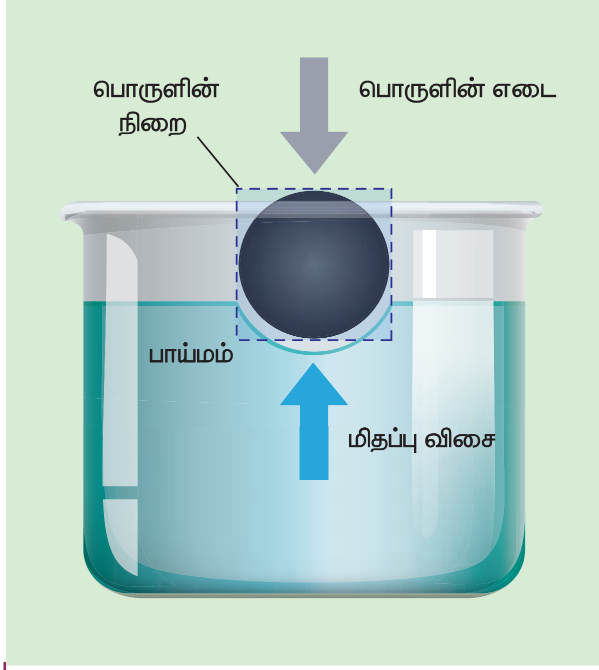
$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} \times F_1 = (50N) \times \left(\frac{30}{2.5}\right)^2 = 7200\,N$$

50 N விசையை செலுத்தி 7200 N விசையைப் பெறலாம். மேலும் அந்த அளவு பளுவை உயர்த்தலாம்.

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 அடர்த்தியைப் 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.

தீர்வு

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

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

மிதத்தல் விதிப்படி

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

$$\Rightarrow (3l^2\times 10^{-2}m)\times(1000\,kgm^{-3}) = 300\times10^{-3}kg$$

$$l^2 = \frac{300\times10^{-3}}{3\times10^{-2}\times1000}m^2 \Rightarrow l^2 = 100\times10^{-4}m^2$$

$$l = 10\times10^{-2}m = 10\,cm$$

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 நீரைவிட 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

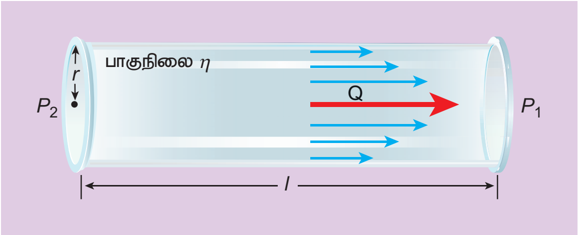
மூன்று உயரமான ஜாடிகளில் ஒரே அளவான மூன்று எஃகு பந்துகள் ஒரே நேரத்தில் விழச் செய்யப்படுகிறது. அது காற்றில் எளிதாக இயங்குகிறது ஆனால் நீரில் அவ்வளவு எளிதானதல்ல. எண்ணெயில் இயங்குவது இன்னும் கடினமானதாகும். விழும் பந்தினால் பாய்மத்தின் வெவ்வேறு ஏடுகளுக்கிடையே சார்பு இயக்கம் உருவாகி அதன் காரணமாக ஒரு விசை உருவாகிறது.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

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 65 10-09-2018 15:14:19

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

பாகுநிலைக்கான காரணம்

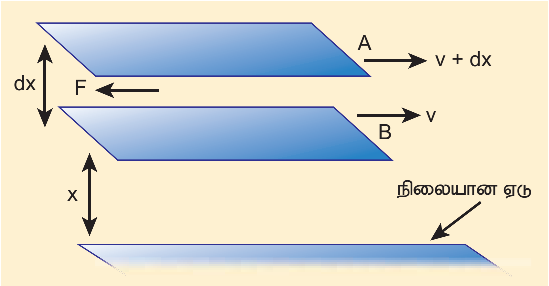
அருகில் அமைந்துள்ள இரு ஏடுகளைக் கொண்ட ஒரு திரவம் ஒரு கிடைமட்ட பரப்பில் பாய்வதாகக் கொள்க. மேல் ஏடானது கீழ் ஏட்டை முடுக்க முற்படும். அதைத் தொடர்ந்து கீழ் ஏடு மேல் ஏட்டை தடுக்க முற்படும். இதன் விளைவாக ஒரு பின்னோக்கிய தொடுவரை விசை தோன்றுகிறது. இது சார்பு இயக்கத்தைக் குலைக்கும். இதுவே பாய்மங்களின் பாகியல் 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 $[ML^{-1}T^{-1}]$ ஆகும்.

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

எடுத்துக்காட்டு 7.9

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

கொடுக்கப்பட்டவை:

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

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

தீர்வு

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

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

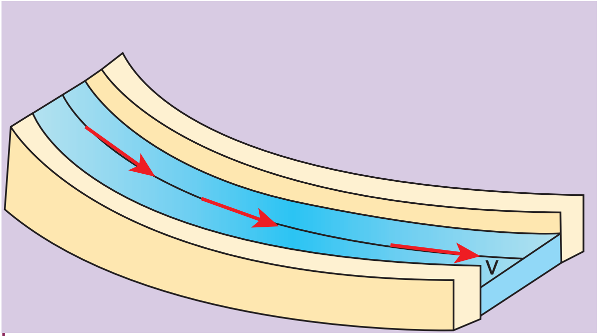
$$= \frac{(2.5N)}{(2.5\times10^{-4} m^2)} \frac{(0.25\times10^{-3} m)}{(3\times10^{-2} ms^{-1})}$$

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

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.



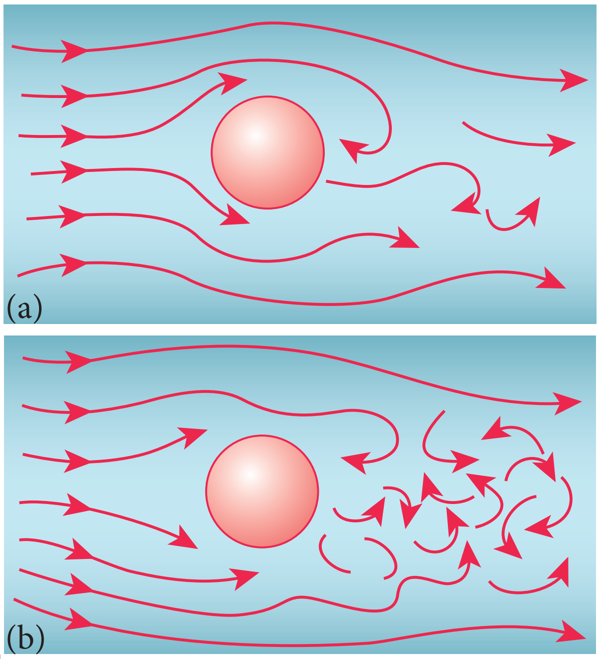
படம் 7.16 சீரான ஓட்டம் – நீர்மத்தில் எந்தப் புள்ளியிலும்திசைவேகம் மாறிலி

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. பாய்மத்தின் ஓட்டம் மாறுநிலைத் திசைவேகம் எனப்படும் ஒரு குறிப்பிட்ட திசைவேகம் வரை 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 10-09-2018 15:14:21



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 வடிவங்கள் அவற்றின் வேகம் பெரும மதிப்பைப் பெறும் வகையில் வடிவமைக்கப்படுகின்றன.

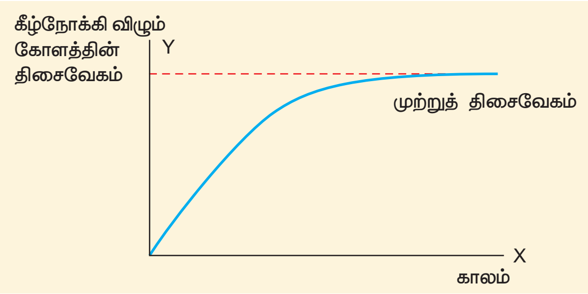
7.4.5 முற்றுத்திசைவேகம் (Terminal Velocity)

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.

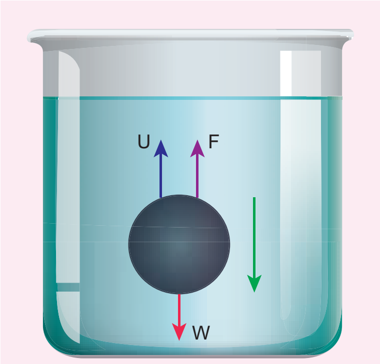
கோளகமானது தொடக்கத்தில் முடுக்கமடைகிறது மற்றும் சிறிது நேரத்தில் அது மாறா மதிப்புள்ள முற்றுத்திசைவேகத்தை (V_T) அடைகிறது என வரைபடத்திலிருந்து தெளிவாகிறது.



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

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

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

v_t முற்றுத்திசைவேகத்தில் பாகியல் விசை

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

(கீழ்நோக்கிய விசை)

தற்போது, கீழ்நோக்கிய நிகர விசை மேல்நோக்கிய விசைக்கு சமமாகும்.

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

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

இங்கு கவனிக்க வேண்டியது, கோளத்தின் முற்றுத் திசைவேகம் அதன் ஆரத்தின் இருமடிக்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது. ρ ஐ விட σ அதிகமெனில், $(\rho - \sigma)$ ஆனது எதிர்க்குறி மதிப்பபைப் பெறுவதால் முற்றுத்திசைவேகம் எதிர்க்குறியாகிறது. அதனால் தான் நீர் அல்லது எந்த திரவத்தின் வழியாகவும் காற்றுக்குமிழிகள் மேல்நோக்கி எழுகிறது.

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.

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

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

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

$$F = 6\pi\eta rv \quad (7.23)$$

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 பாய்சொய் 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

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

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

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

சமன்பாடு (7.24) இல் பிரதியிட

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

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

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 வெவ்வேறு திரவங்கள் ஒன்றாகக் கலப்பதில்லை. எடுத்துக்காட்டாக நீரும், மண்ணெண்ணையும் ஒன்றாக கலப்பதில்லை.

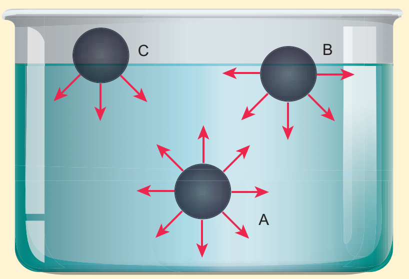
பாதரசம் கண்ணாடியில் ஒட்டுவதில்லை. ஆனால் நீரானது கண்ணாடியில் ஒட்டும். நீரானது தண்டுகள் வழியாக இலைகள் வரை மேலேறும். அவை பெரும்பாலும் திரவங்களின் மேற்பரப்புகளுடன் தொடர்பு கொண்டவையாக இருக்கின்றன. திரவங்களுக்கு வரையறுக்கப்பட்ட வடிவமில்லை. ஆனால் வரையறுக்கப்பட்ட பருமன் உண்டு. எனவே அவற்றை கொள்கலனில் ஊற்றும்போது 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

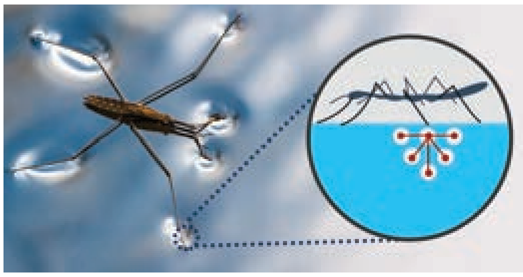
உட்பகுதியினுள் இருக்கும் எந்தமூலக்கூறையும் திரவத்தின் மேற்பரப்புக்குக் கொண்டுவர ஓரினக் கவர்ச்சி விசைக்கு எதிராக வேலை செய்ய வேண்டியுள்ளது. இவ்வேலையானது மூலுக்கூறுகளில் நிலையாற்றலாக சேமிக்கப்படுகிறது. எனவே, திரவ மேற்பரப்பில் உள்ள மூலக்கூறுகள் உட்பகுதியினுள் உள்ள மூலக்கூறுகளை விட அதிக நிலையாற்றலைப்பெற்றுள்ளன.ஆனால் 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

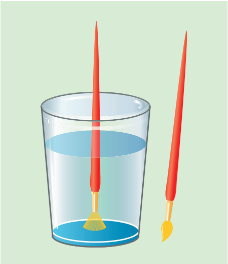
UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 72 10-09-2018 15:14:27

நடக்க உதவுகிறது. இந்த நிகழ்வை பரப்பு இழுவிசை என அழைக்கின்றோம்.



படம் 7.21 நீரின் பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக நீரின் மேற்பரப்பில் நடக்கும் நீர்தாண்டிப்பூச்சிகள்

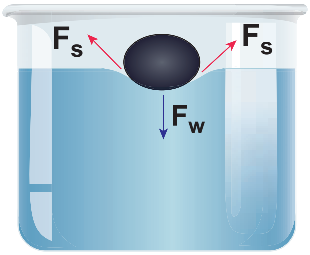
வண்ணம் பூசும் தூரிகையின் முடிகள் நீரிலிருந்து வெளியே எடுத்தால் ஒன்றாக ஒட்டிக்கொள்கின்றன. இதன் காரணம் அவற்றில் உருவான நீர் மெல்லேடுகள் ஒரு சிறும பரப்பிற்கு சுருங்க முனைவதாகும் (படம் 7.22).



படம் 7.22 பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக வண்ணம் பூசும் தூரிகையின் முடிகள் ஒன்றாக ஒட்டிக்கொள்ளுதல்

செயல்பாடு 1 : 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.

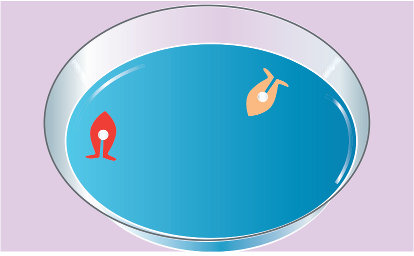


படம் 7.23 மிதக்கும் ஊசி

மிதக்கும் ஊசியானது நீரில் சிறிது தாழ்வை ஏற்படுத்துகிறது; வளைவுப்பரப்பின் பரப்பு இழுவிசையால் விசைகள் F, படம் 7.23 இல் காட்டியுள்ளவாறு சாய்வாக உள்ளன. இவ்விரு விசைகளின் செங்குத்துக்கூறுகள் ஊசியின் எடையைச் சமன்செய்யும். தற்போது நீரில் சிறிது திரவ சோப்பைக் கலக்கவும். இப்போது ஊசி மூழ்குவதைக் காணலாம்.

செயல்பாடு 2:

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 10-09-2018 15:14:28

நீரின் பரப்பு இழுவிசையை அதிகரிக்கிறது. ஆனால் குறைவாகக் கரையும் பினாயில் அல்லது சோப்புக் கரைசலானது நீரில் கலக்கப்படும்போது நீரின் பரப்பு இழுவிசையைக் குறைக்கிறது.

3. **மின்னூட்டமானது** பரப்பு இழுவிசையை பாதிக்கும். ஒரு திரவமானது மின்னூட்டப்படும்போது 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.வெப்பநிலைஅதிகரிக்கும்போது 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 பரப்பிற்கான ஆற்றல் 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

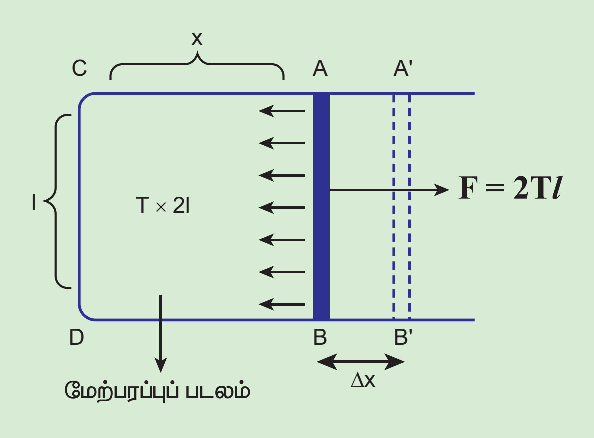
$$\Delta A = (2l)\,(\Delta x) = 2l\,\Delta x$$

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 $50\,cm^2$ லிருந்து $100\,cm^2$ 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

$$W = T \times \Delta A \Rightarrow T =$$

$$\frac{W}{\Delta A} = \frac{2.4\times10^{-4}\,J}{100\times10^{-4}\,m^2} = 2.4\times10^{-2}\,N\,m^{-1}$$

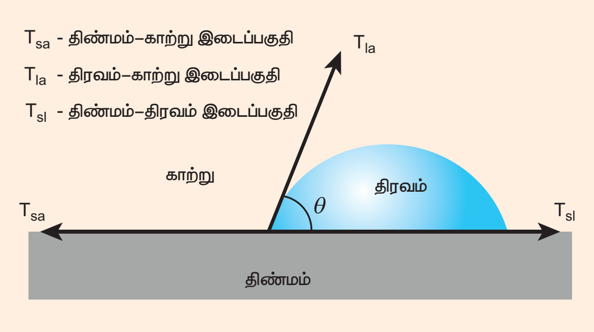
7.5.4 சேர்கோணம் (Angle of contact)

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. தொடும் புள்ளியில் திரவ மேற்பரப்பிற்கு வரையப்பட்ட

தொடுகோட்டிற்கும் திடப்பொருளின் பரப்பிற்கும் இடைப்பட்ட கோணமானது சேர்கோணம் θ எனப்படும். (கிரேக்க எழுத்தான இதனை "தீட்டா" என வாசிக்கவும்)

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

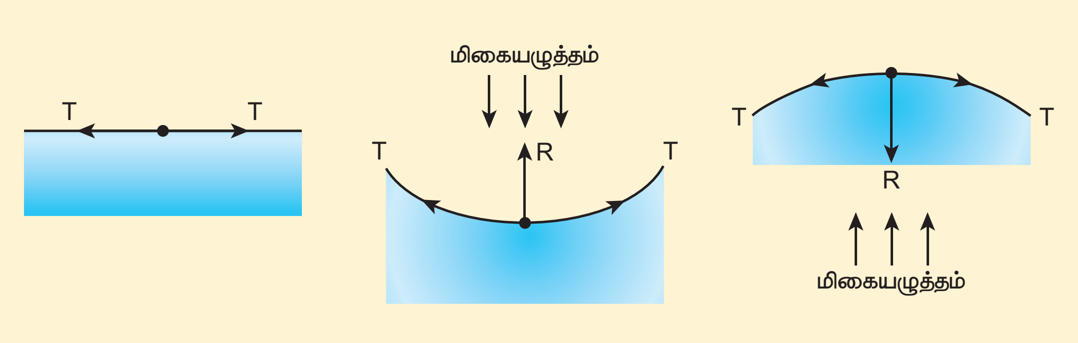
இதற்கு முன்னர் விவாதித்தவாறு, திரவத்தின் மேற்பரப்பு ஒரு திண்மத்தைத் தொடும்போது வளைவாக இருக்கிறது. திரவ – காற்று அல்லது திரவ – வாயு இடைப்பகுதியின் தன்மையைப் பொறுத்து இடைப்பகுதியில் பரப்பு இழுவிசையின் எண்மதிப்பு மாறுபடுகிறது. மாறாக, பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக மேற்கண்ட இடைப்பகுதிகள் ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளன. 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 10-09-2018 15:14:30



படம் 7.27 திரவ மேற்பரப்பில் மிகை அழுத்தம்

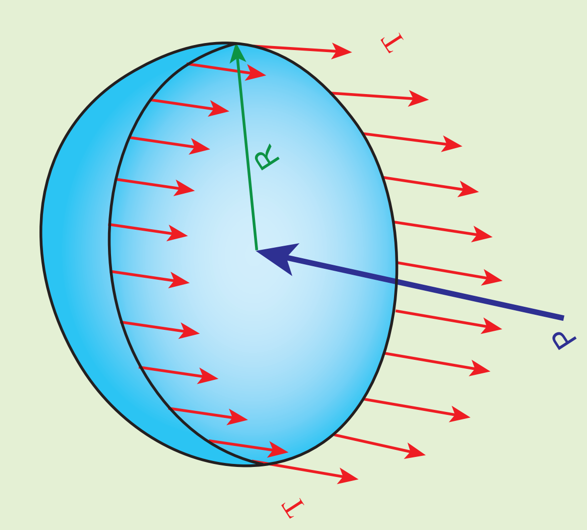
(F_T, F_T) என்ற விசைகளை உணரும். விசைகளை இரு செவ்வகக் கூறுகளாகப் பிரிக்க, கிடைத்தளக்கூறுகள் ஒன்றை ஒன்று சமன் செய்யப்பட்டு, செங்குத்துக் கூறுகள் கூட்டப்படுகின்றன. எனவே பரப்பிற்கு செங்குத்தாகச் செயல்படும் தொகுபயன் விசையானது நீர்மத்தின் வளைந்த பரப்பின்மீது செயல்படுகிறது. இதனால் ஒரு குவிந்த மேற்பரப்பின் மீது 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.

குமிழி மற்றும் நீர்மத்துளியினுள் மிகையழுத்தம்:

சிறுகுமிழிகளும் நீர்மத்துகள்களும் பரப்பு இழுவிசைகளின் காரணமாக கோளகவடிவைப் பெறுகின்றன. நீர்மத் துளி, குமிழி ஆகியவற்றில் உள் அழுத்தம் வெளி அழுத்தத்தை விட அதிகம்.

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.



படம் 7.28 (அ) காற்றுக்குமிழி

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

$$F_{P_2} = F_T + F_{P_1}$$

$$P_2\pi R^2 = 2\pi RT + P_1\pi R^2$$

$$\Rightarrow (P_2 - P_1)\pi R^2 = 2\pi RT$$

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 $2\times2\pi RT$. 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

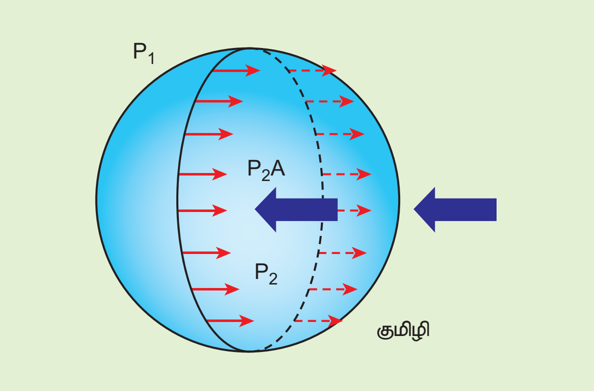
$$F_{P_2} = F_T + F_{P_1}$$

$$P_2\pi R^2 = 4\pi RT + P_1\pi R^2$$

$$\Rightarrow (P_2 - P_1)\pi R^2 = 4\pi RT$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{4T}{R} \quad (7.31)$$

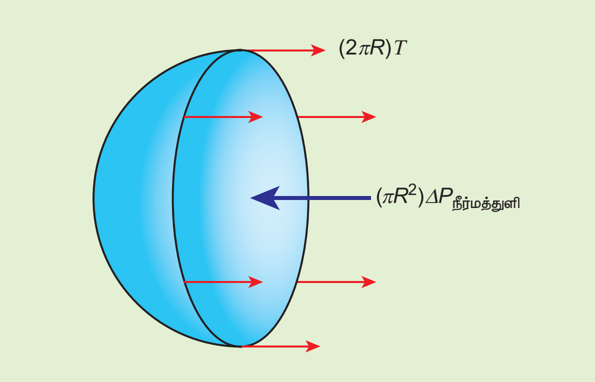
மிகையழுத்தம்



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 10-09-2018 15:14:32

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 $\Delta P = P_2 - P_1 = \rho g h \Rightarrow \rho g h = \dfrac{4T}{R}$

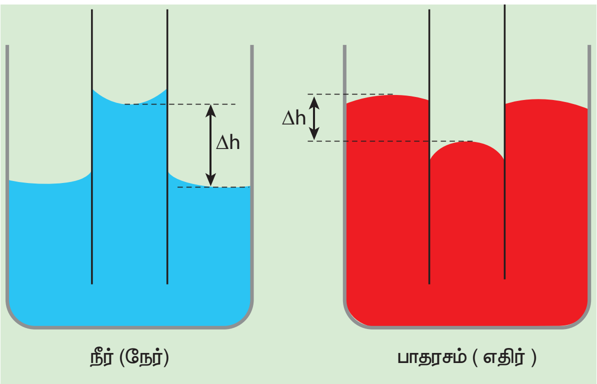
$\Rightarrow$ பரப்பு இழுவிசை,

$$T = \frac{\rho g R}{4} = \frac{(800)(9.8)(4\times10^{-3})(2\times10^{-2})}{4} =$$

பரப்பு இழுவிசை $T = 15.68\times10^{-2}\,N\,m^{-1}$

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.

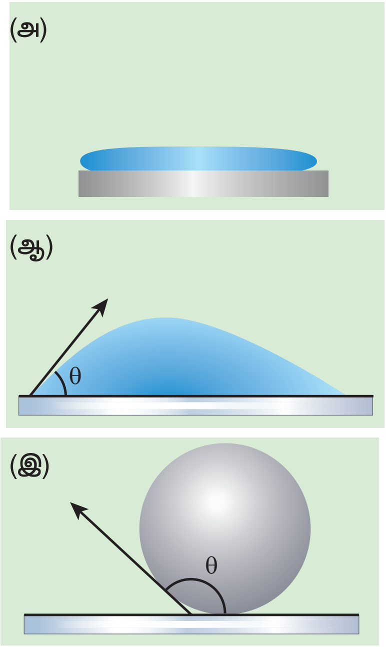


படம் 7.29 நுண்புழையேற்றம் மற்றும் இறக்கம்

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

UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 79 10-09-2018 15:14:33



K9RF7I

படம் 7.30 (அ) நீரானது வெள்ளியின் மேற்பரப்பின் மீது (ஆ) கண்ணாடித் தட்டு நீரின் மீது (இ) கண்ணாடியானது பாதரசத்தின் மீது

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

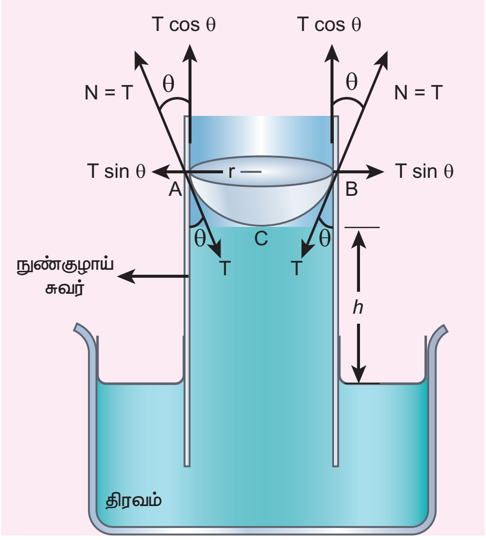
(ii) செங்குத்துக்கூறு $T\cos\theta$ பிறைத்தளத்தின் சுற்றளவு முழுவதும் மேல்நோக்கி செயல்படுகிறது.

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

$$V=\pi r^2h+\left(\pi r^2\times r-\frac{2}{3}\pi r^3\right)\Rightarrow V=\pi r^2h+\frac{1}{3}\pi r^3$$

மேல்நோக்கிய விசையானது நீரின் மேற்பரப்பிற்கு மேலே குழாயில் ஏறியுள்ள நீர்மத்தம்பத்தின் எடையைச் சமன் செய்கிறது.

எனவே,

$$2\pi rT\cos\theta=\pi r^2\left(h+\frac{1}{3}r\right)\rho g\Rightarrow T=\frac{r\left(h+\frac{1}{3}r\right)\rho g}{2\cos\theta}$$

நுண்புழைக் குழாயானது மிக நுண்ணியதாக r ஆரம் கொண்டிருப்பின் (மிகக் குறைவான ஆரம்) உயரம் h உடன் ஒப்பிட $\frac{r}{3}$ ஆனது புறக்கணிக்கத்தக்கது. எனவே

$$T=\frac{r\rho gh}{2\cos\theta} \qquad (7.33)$$

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,

$$h_1r_1=h_2r_2=\text{மாறிலி}$$

$$\Rightarrow h_2=\frac{h_1r_1}{r_2}=\frac{\left(2\times10^{-2}m\right)\times r}{\frac{r}{3}}\Rightarrow h_2=6\times10^{-2}m$$

எடுத்துக்காட்டு 7.13

சோடா லைம் 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.

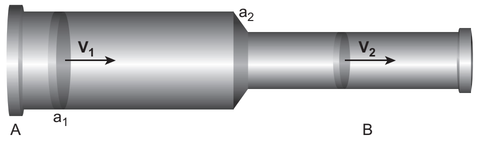
UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 81 10-09-2018 15:14:36

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 எண்கள் 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 10-09-2018 15:14:37

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

$$\text{அழுத்தம்} = \frac{\text{விசை}}{\text{பரப்பு}} \Rightarrow \text{விசை=அழுத்தம் x பரப்பு}$$

$$F \times d = (P\,A) \times d = P\,(A \times d)$$

$$\Rightarrow F \times d = \mathrm{W} = \mathrm{P\,V} = \text{அழுத்த ஆற்றல்}$$

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.

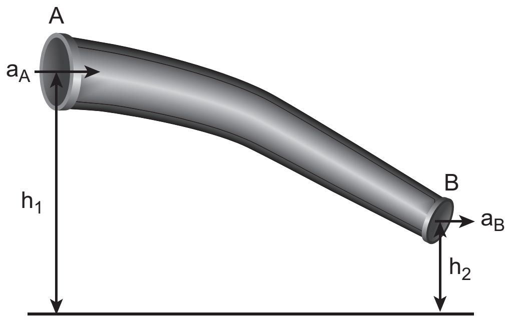
பெர்னௌலியின் தேற்றம்

பெர்னௌலியின் தேற்றத்தின்படி வரிச்சீர் ஓட்டத்தில் உள்ள அமுக்க இயலாத, பாகுநிலையற்ற, ஓரலகு நிறையுள்ள நீர்மத்தின் அழுத்த ஆற்றல், இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலையாற்றல் ஆகியவற்றின் கூட்டுத்தொகை 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 10-09-2018 15:14:39

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

$$E_A = EP_A + KE_A + PE_A$$

$$E_A = m\frac{P_A}{\rho} + \frac{1}{2}mv_A^2 + mg\,h_A$$

இதேபோல் a_B, v_B, மற்றும் P_B என்பவை முறையே B இல் குழாயின் குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு, நீர்ம திசைவேகம் மற்றும் நீர்ம அழுத்தம் என்க.

B இல் மொத்த ஆற்றல்

$$E_B = m\frac{P_B}{\rho} + \frac{1}{2}mv_B^2 + mg\,h_B$$

ஆற்றல் மாறா விதியிலிருந்து

$$E_A = E_B$$

$$m\frac{P_A}{\rho} + \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A = m\frac{P_B}{\rho} + \frac{1}{2}m\,v_B^2 + mgh_B$$

$$\frac{P_A}{\rho} + \frac{1}{2}v_A^2 + gh_A = \frac{P_B}{\rho} + \frac{1}{2}v_B^2 + gh_B = \text{மாறிலி}$$

மேலே உள்ள சமன்பாட்டை இவ்வாறும் எழுதலாம்.

$$\frac{P}{\rho g} + \frac{1}{2}\frac{v^2}{g} + h = \text{மாறிலி}$$

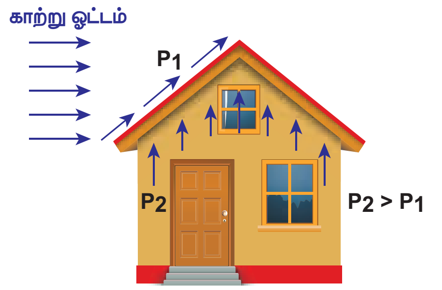
மேலே உள்ள சமன்பாடானது ஆற்றல் மாறா விதியின் விளைவாகும். உராய்வினால் ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படாதவரை இச்சமன்பாடு மெய்யானதாகும். ஆனால் இங்கு, நீர்மத்தின் ஏடுகள் வெவ்வேறு திசைவேகங்களில் செல்வதால் அவற்றிற்கிடையே ஏற்படும் உராய்வு விசையினால் ஆற்றல் இழப்பு உருவாகிறது. இத்தகைய ஆற்றல் இழப்பானது பொதுவாக வெப்ப ஆற்றலாக 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. அறிவியல் காரணம் என்னவெனில் பெர்னௌலியின் தத்துவத்தின்படி வீடுகள் சூறைக்காற்று அல்லது புயலில் இருந்து பாதுகாக்கப்படுகின்றன.



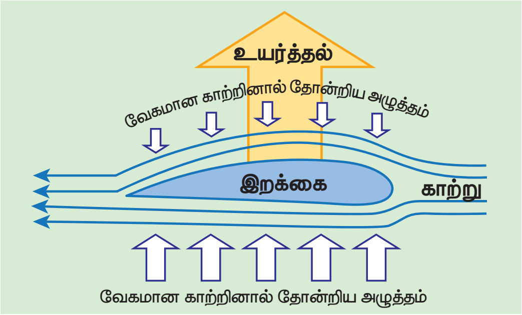
படம் 7.34 குடிசைகள் அல்லது வீடுகளின் மேற்கூரைகள்

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.

(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.

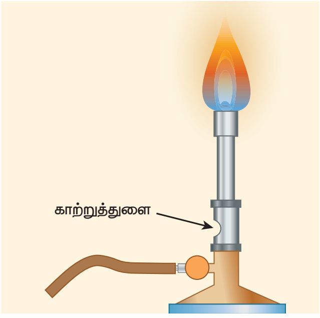
பெர்னௌலியின் தத்துவப்படி இறக்கையின் கீழ்பகுதியில் உள்ள அழுத்தமானது, மேல்பகுதியைவிட அதிகமாக இருப்பதால் சக்தி வாய்ந்த உயர்த்தல் எனப்படும் மேல்நோக்கிய உந்துவிசை செயல்பட்டு அது வானூர்தியை மேல்நோக்கி உயரச் செய்கிறது.



படம் 7.35 விமான இறக்கை உயர்த்தல்

(இ) புன்சன் சுடரடுப்பு

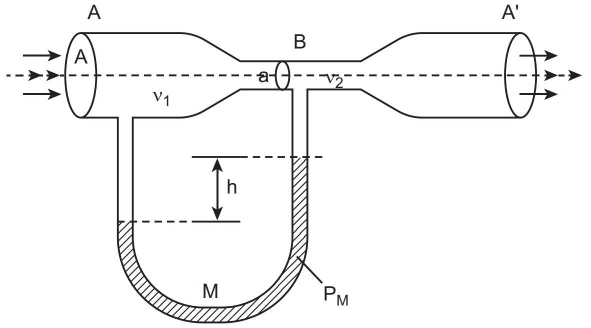
புன்சன் சுடரடுப்பில் எரிவாயு நுண்துளையின் வழியாக அதிக திசைவேகத்துடன் வெளிவருகிறது. இதனால் குழாயில் உள்ள அழுத்தம் குறைகிறது. எனவே வெளிக்காற்றானது வேகமாக அடுப்பினுள் காற்றுத் திறப்பின் வழியே நுழைந்து எரிவாயுவுடன் கலந்து படம் 7.36 இல் உள்ளவாறு நீல நிறச் சுடரைத் தருகிறது.



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 தேற்றப்படி 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 10-09-2018 15:14:42

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.

பாடச்சுருக்கம்

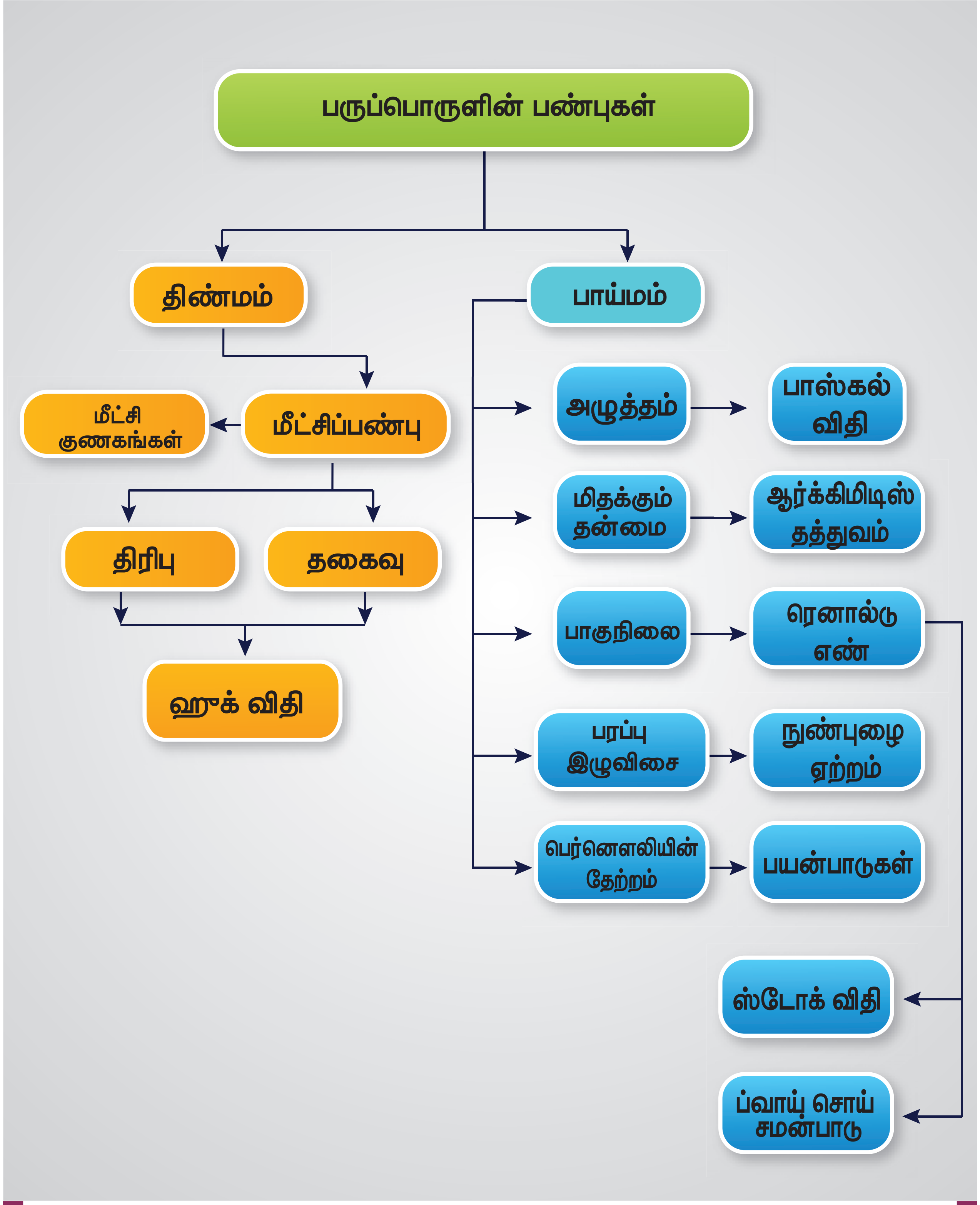
- ஒருபொருளின் அணுக்களுக்கு இடையே உள்ள விசை அணுவிடை விசை மற்றும் பொருளின் மூலக்கூறுகளுக்கு இடையே உள்ள விசை மூலக்கூறிடை விசை ஆகும்.
- ஹூக் விதி :மீட்சி எல்லைக்குள் தகைவானது திரிபுக்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது.
- ஓரலகு பரப்பில் செயல்படும் விசை தகைவு ஆகும். ஒரு பொருளின் குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு A மற்றும் செலுத்தப்பட்ட 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.
- பாய்சொய் 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)2. 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 செங்குத்துதிசையில்ஓரலகு திசைவேகச்சரிவைக்கொண்டுள்ள நீர்மத்தின் தொடுவரைத்திசையில் 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 10-09-2018 15:14:44

பாடச்சுருக்கம்

- ஸ்டோக் சமன்பாடு F= 6πηav,. 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 மற்றும் திரவ சோடியின் 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 சமன்பாடு எனப்படும். மற்றும் 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.

கருத்து வரைபடம்



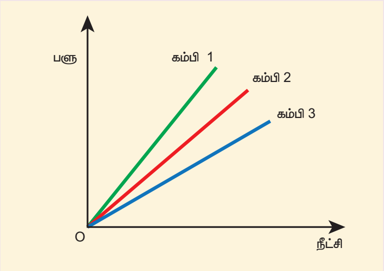
UNIT-7(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 89 10-09-2018 15:14:44

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 பாய்சொய் 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) 2 (b) 4
   (c) 8 (d) 16

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 = $4\ V\ T\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R}\right)$ வெளிப்பட்டது
   (b) ஆற்றல் = $3\ V\ T\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{R}\right)$ உட்கவரப்பட்டது
   (c) ஆற்றல் = $3\ V\ T\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R}\right)$ வெளிப்பட்டது
   (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. பாய்சொய் விகிதத்தை வரையறு
4. மூலக்கூறுகளிடை விசைகளின் மூலம் மீட்சிப்பண்பை விவரி
5. எஃகு அல்லது இரப்பர், இவற்றில் எது அதிக மீட்சிப்பண்புள்ளது? ஏன்?

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. ஹுக் 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 ப்வாய்சொய் 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 10-09-2018 15:14:46