GOVERNMENT OF TAMIL NADU

ഹയർസെക്കന്ററി ഒന്നാം വർഷം

HIGHER SECONDARY FIRST YEAR

ഭൗതിക ശാസ്ത്രം

PHYSICS

വാല്യം - II

VOLUME - II

MALAYALAM MEDIUM

Department of School Education

Untouchability is Inhuman and a Crime

XI Physics Vol-2 Introduction Malayalam.indd 1 4/1/2023 11:25:43 AM

Government of Tamil Nadu

First Edition - 2022

Revised Edition - 2023

Reprint - 2024

(Published under new syllabus)

Content Creation

State Council of Educational
Research and Training

© SCERT 2022

Printing & Publishing

Tamil Nadu Textbook and Educational
Services Corporation

www.textbooksonline.tn.nic.in

EE_Malayalam_FM.indd 2 03-01-2024 10:33:53

ഉള്ളടക്കം

ഭൗതിക ശാസ്ത്രം

അദ്ധ്യായം	ശീർഷകം	പേജ് നമ്പർ	മാസം
6	ഗുരുത്വാകർഷണം	01	സെപ്റ്റ-ഒക്
7	പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഗുണ സവിശേഷതകൾ	49	ഒക്ടോബർ
8	താപവും താപഗതികവും	95	ഒക്ടോ-നവം
9	വാതകങ്ങളുടെ ഗതിക സിദ്ധാന്തം	164	നവംബർ
10	ദോലനങ്ങൾ	188	നവം-ഡിസം
11	തരംഗങ്ങൾ	224	ഡിസംബർ
	പ്രായോഗിക പരീക്ഷണങ്ങൾ	281	
	പദസഞ്ചയം	314	

KC7OZ

E-പുസ്തകം

8JKLG

മൂല്യനിർണ്ണയം

XI Physics Vol-2 Introduction Malayalam.indd 3 4/1/2023 11:25:44 AM

പുസ്തകം ഉപയോഗിക്കുന്ന വിധം

ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ വ്യാപ്തി

- ഉന്നതപഠനത്തെ കുറിച്ചും സ്ഥാപനങ്ങളെ കുറിച്ചും ആവശ്യമായ മത്സര പരീക്ഷകളെ കുറിച്ചുമുള്ള അവബോധം നൽകുന്നു.
- സാമ്പത്തിക സഹായം ആവശ്യമായവർക്ക് ഉന്നത വിദ്യാഭ്യാസത്തിനുള്ള ഏണിപ്പടിയാകുന്നു

പഠനഉദ്ദേശ്യങ്ങൾ:

- അദ്ധ്യായങ്ങളുടെ അവലോകനം ലക്ഷ്യങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള വ്യക്തതയും
- വിഷയങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള പ്രചോദനവും നൽകുന്നു

- ജിജ്ഞാസപരമായ പഠനത്തിന് ഉപകരിക്കുന്ന വിധത്തിലുള്ള വിഷയബന്ധമുള്ള കൂടുതൽ സത്യങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്

ഉദാഹരണ പ്രശ്നങ്ങൾ

- ഒരു സ്റ്റേജിൽ നിന്ന് അടുത്ത ചെലവിലേക്ക് പോകുന്നതിനു മുമ്പ് മതിയായ ഉദാഹരണങ്ങൾ കൊടുത്ത് മനസ്സിലാക്കിക്കൊടുക്കുന്നത് ഉറപ്പു നൽകുന്നു.

- ആശയങ്ങളുടെയും ഉദാഹരണങ്ങളുടെയും നേർക്കാഴ്ച പ്രതിനിധീകരണം
- വീഡിയോകൾ, അനിമേഷനുകൾ, ട്യൂട്ടോറിയലുകൾ

ICT

- ക്ലാസ്സ്മുറികളിലെ പഠനത്തിൽ ഡിജിറ്റൽ കഴിവുകൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു

സംഗ്രഹം

- പാഠഭാഗത്തിന്റെ സുപ്രധാന വസ്തുതകളുടെ ചുരുക്കം

ആശയ ചിത്രം

- വിവിധ അദ്ധ്യായങ്ങളുടെ സവിശേഷതയാർന്ന വിഷയങ്ങളുടെ രൂപരേഖ സൃഷ്ടിക്കുക

മൂല്യനിർണ്ണയം

- വിദ്യാർത്ഥികളുടെ ധാരണകളെ വിലയിരുത്തുകയും സംഖ്യ, ആശയപരമായ ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഭൗതിക ആശയങ്ങളെ പ്രയോഗത്തിൽ വരുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു.

പരാമർശഗ്രന്ഥങ്ങൾ

- കൂടുതൽ വായനയ്ക്കായി പ്രശസ്തമായ ഗ്രന്ഥങ്ങളുടെ പട്ടിക

നിർദ്ധാരണം ചെയ്യപ്പെട്ട ഉദാഹരണങ്ങൾ

- സംഖ്യാപ്രശ്നങ്ങൾ, ആശയപ്രശ്നങ്ങൾ എന്നിവ നിർദ്ധാരണം ചെയ്ത് യന്ത്രവിജ്ഞാനത്തിലെ പ്രശ്നങ്ങൾ എപ്രകാരം സുഗമമായി ചെയ്യാം എന്ന് വിദ്യാർത്ഥികൾക്ക് മനസ്സിലാക്കി കൊടുക്കുന്നു1

മത്സരപരീക്ഷാ കോർണർ

- മത്സരപരീക്ഷകളായ NEET, JEE, Physics Olympiad, JIPMER പോലുള്ളവയിൽ കുട്ടികളെ സഹായിക്കാൻ വേണ്ട പ്രചോദനം നൽകുന്ന മോഡൽ ചോദ്യങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്

അനുബന്ധം

- ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിന്റെ ക്രമേണയുള്ള വളർച്ചയെ കുറിച്ചുള്ള കൂടുതൽ വിവരങ്ങൾ പ്രതിപാദിച്ചിട്ടുണ്ട്

പദപരിചയം

- ശാസ്ത്രീയ പദങ്ങൾ അവയുടെ മലയാള പരിഭാഷളാക്കി ഉപയോഗിച്ചിട്ടുണ്ട്

ഭൗതിക ശാസ്ത്രപഠന ശരിയായ രീതിയിൽ

- ശരിയായ രീതിയിൽ പഠിക്കുന്നതിന് ആശയം മനസ്സിലാക്കണം പിന്നീട് അതിനു യോജിച്ച ഗണിത സമീകരണങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കണം.
- ഓരോ സമീകരണവും ഒരു പ്രതിഭാസത്തെയോ അല്ലെങ്കിൽ വ്യത്യസ്ഥ അളവുകളുടെ ബന്ധത്തെയോ കുറിക്കുന്നതായിരിക്കും. ഇവയെ ഗ്രാഫ വരച്ച് ചിത്രരൂപേണ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യാം.
- ഇത് പുസ്തകം പൂർണ്ണമായും വായിക്കുമ്പോൾ മനസ്സിലാവുന്നതാണ്.

പുസ്തകത്തിന്റെ മൂല്യസങ്കലനം

- ഭൗതിക പ്രതിഭാസം, വിവരിക്കുന്നതിന് ഗണിത വിഷയങ്ങളായ വെക്ടാറുകൾ, ഡിഫറൻസിയേഷൻ, ഇന്റഗ്രേഷൻ എന്നിവ ഉപയോഗിക്കേണ്ടതാണ്.
- ഈ പുസ്തകത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം എന്നത് ഇത്തരത്തിലുള്ള വിഷയങ്ങളുടെ ഉൾപ്പെടുത്തലുകൾ തന്നെയാണ്.
- ഇന്ന്കുട്ടികൾഉന്നതവിദ്യാഭ്യാസമേഘലകളായഎൻജിനീയറിംഗ്,ശാസ്ത്രസാങ്കേതിക വിഷയങ്ങൾ എന്നിവയിൽ നേരിടുന്ന ബുദ്ധിമുട്ടുകൾ ഇത്തരത്തിലുള്ള വെക്ടറുകളുടെ ഉപയോഗവും അടിസ്ഥാന ഗണിത ശാസ്ത്രങ്ങൾ ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിലുൾപ്പെടുത്തിയതും കാരണം ഭാവിയിൽ ഉണ്ടാവില്ല.

XI Physics Vol-2 Introduction Malayalam.indd 4 4/1/2023 11:25:44 AM

XI Physics Vol-2 Introduction Malayalam.indd 5 4/1/2023 11:25:45 AM

Scope of Physics - Higher Education

Exams

- 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

After completing +2

- B.Sc (Physics)
- Integrated M.Sc (Physics) (Central Universities)
- Integrated M.Sc (in Central Research 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 (JEE, JEST in IITs and IISERs)
- B.Sc (Hospitality administration)
- B.Sc (Optoectronics)
- B.Sc (Optometry)
- B.Tech (Optics and Optoelectronics)

After completing undergraduate course in Physics (B.Sc Physics)

- M.Sc. (Physics) (In Central and State Universities and Colleges)
- M.Sc. Physics (JAM in IISc ,IITs and NITs)
- M.Sc. (In State and Central Universities)
- Medical Physics
- Materials Science
- Energy
- Earth Sciences
- Space science
- Oceanography
- Remote sensing
- Electronics
- Photonics
- Optoelectronics
- Acoustics
- Applied electronics
- Astronomy and Astrophysics
- Nanoscience and Nanotechnology
- Biostatistics
- Bio informatics
- Vacuum sciences

XI Physics Vol-2 Introduction Malayalam.indd 6

Opportunities after B.Sc. Physics

Jobs in Government Sector

- Indian Forest Services
- Scientist Job in ISRO, DRDO, CSIR labs
- Union Public Service Commission
- Staff Selection Commission
- Indian Defence Services etc.
- Public Sector Bank
- State PCS
- Grade III & Compiler Post
- Tax Assistant
- Statistical Investigator
- Combined Higher Secondary
- Combined Graduate Level Exam etc.

Financial assistance to pursue higher education

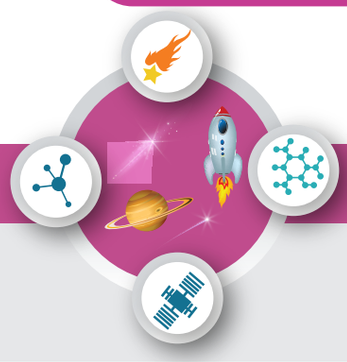
Scholarships for graduate and post graduate courses

- International Olympiad: for getting stipend for Higher Education in Science and Mathematics
- DST – INSPIRE Scholarships (for UG and PG)
- DST – INSPIRE Fellowships (for Ph.D)
- UGC National Fellowship (for Ph.D)
- Indira Gandhi Fellowship for Single Girl Child (for UG and PG)
- Moulana Azad Fellowship for Minorities (for Ph.D)
- In addition various fellowships for SC/ST/PWD, OBC etc. are available.
- Visit website of University Grants Commission (UGC) and Department of Science and Technology (DST)

4/1/2023 11:25:45 AM

XI Physics Vol-2 Introduction Malayalam.indd 7

Institutes in india to pursue research in physics



After completing Post Graduate course in Physics (M.Sc Physics)

Topics of Research

- 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

Research Institutions in various areas of science

Name of the Institution	Website
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)	

4/1/2023 11:25:46 AM

ഭൗതിക ശാസ്ത്രം
PHYSICS

വാല്യം - II

VOLUME - II

MALAYALAM MEDIUM

XI Physics Vol-2 Introduction Malayalam.indd 8 4/1/2023 11:25:46 AM

അദ്ധ്യായം

6

ഗുരുത്വാകർഷണം

"വാനശാസ്ത്രത്തിലെ അതിപ്രധാനമായ കണ്ടുപിടിത്തം എന്തെന്നാൽ ഭൂമി ഏതുവിധത്തിലുള്ള അണുക്കളാൽ നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നുവോ അതേ അണുക്കളാലാണ് വിദൂരതയിലെ നക്ഷത്രങ്ങളും നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നത് എന്നതാണ്" – റിച്ചാർഡ് ഫെമൻ

പഠന ലക്ഷ്യങ്ങൾ

ഈ അദ്ധ്യായത്തിൽ നിന്നും വിദ്യാർത്ഥികൾ മനസ്സിലാക്കുന്നത്

- ഗ്രഹങ്ങളുടെ ചലനത്തിനുള്ള കെപ്ലറിന്റെ നിയമങ്ങൾ
- ന്യൂട്ടന്റെ ഭൂഗുരുത്വനിയമം
- കെപ്ലർ നിയമങ്ങൾക്കും, ഭൂഗുരുത്വനിയമങ്ങൾക്കും ഇടയിലുള്ള ബന്ധം
- ഗുരുത്വമണ്ഡലവും, പൊട്ടൻഷ്യലും കണക്കാക്കൽ
- ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണത്തിന്റെ മാറ്റം
- പലായന പ്രവേഗവും, ഉപഗ്രഹങ്ങളുടെ ഊർജ്ജവും കണക്കാക്കൽ
- പിണ്ഡമറ്റതിനെപ്പറ്റിയുള്ള ആശയം
- ഭൗമകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തത്തെക്കാൾ സൗരകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം
- എറിനോസിസ്സ് രീതിയിൽ ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം കാണൽ
- ഗുരുത്വാകർഷണത്തിലും, വാനശാസ്ത്രത്തിലും സമീപകാലത്തിലെ വികാസങ്ങൾ

WD14C

6.1 ആമുഖം

തിളങ്ങുന്ന ആകാശത്തെ നോക്കി നമ്മൾ എപ്പോഴും അത്ഭുതപ്പെടാറുണ്ട്. സൂര്യൻ കിഴക്കുദിക്കുന്നതും, പടിഞ്ഞാറസ്തമിക്കുന്നതും എങ്ങനെയാണ്? ഉൽക്കകൾ ആകാശത്തിലൂടെ പായുന്നത് എങ്ങനെ? നക്ഷത്രങ്ങൾ മിന്നിത്തിളങ്ങുന്നത് എങ്ങനെയാണ്? ഇങ്ങനെയുള്ള നിരവധി കാര്യങ്ങൾ ഞങ്ങളെ ആശ്ചര്യപ്പെടുത്താറുണ്ട്. പ്രാചീന കാലം മുതൽക്കേ ആകാശം എന്നത് മനുഷ്യരാശിയ്ക്ക് വളരെയധികം ജിജ്ഞാസ ജനിപ്പിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുതയാണ്. നക്ഷത്രങ്ങൾ, ചന്ദ്രൻ, ഗ്രഹങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയുടെ ചലനം എല്ലായ്പ്പോഴും നമ്മെ അത്ഭുതപ്പെടുത്താറുണ്ട്. ശൂന്യാകാശത്തെ ആകാശ വസ്തുക്കളുടെ ചലനത്തെപ്പറ്റിയും, ചലനകാരണത്തെപ്പറ്റിയും മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് അരിസ്റ്റോട്ടിൽ മുതൽ സ്റ്റീഫൻഹാക്കിങ്സ് വരെയുള്ള ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ശ്രമിച്ചിരുന്നു.

17-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാനത്തിൽ ന്യൂട്ടൻ വികസിപ്പിച്ചെടുത്ത ഗുരുത്വാകർഷണ സിദ്ധാന്തം ഖഗോള മറ്റും ഭൂമിയിലും വസ്തുക്കളുടെ ചലനത്തെപ്പറ്റിയും അവയെക്കുറിച്ച് ഉയർന്നിട്ടുള്ള പല ചോദ്യങ്ങൾക്കും ഉള്ള ഉത്തരങ്ങളും തന്നിട്ടുണ്ട്. കഴിഞ്ഞ മൂന്നു നൂറ്റാണ്ടുകളായി വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണ പഠനവും ഖഗോളവസ്തുക്കളിൽ അതിന്റെ സ്വാധീനവും ഉണ്ടായിരുന്നിട്ടും, ഗുരുത്വാകർഷണം ഇന്നും ഭൗതീകശാസ്ത്രത്തിലെ ഗവേഷണത്തിന്റെ സജീവ മേഖലകളിൽ ഒന്നാണ്. 1915-ൽ ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റീൻ സൈദ്ധാന്തികമായി പ്രവചിച്ച ഗുരുത്വാകർഷണ തരംഗങ്ങളുടെ കണ്ടെത്തലിന് 2017-ൽ ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിനുള്ള നോബൽസമ്മാനം ലഭിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഗ്രഹങ്ങളുടെ ചലനം, നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും, താരപഥങ്ങളുടെയും രൂപീകരണം, ബ്ലാക്ക് ഹോൾ പോലുള്ള ബൃഹത്തായ വസ്തുക്കളും അവയുടെ ജീവിതചക്രവും തുടങ്ങിയവയുടെ പഠനത്തിനാണ് കഴിഞ്ഞ ചില നൂറ്റാണ്ടുകളായി ഭൗതീകശാസ്ത്രം ശ്രദ്ധ കേന്ദ്രീകരിക്കുന്നത്.

സൗരയൂഥത്തിലെ ഭൗമകേന്ദ്രത്തിന്റെ മാതൃക

രണ്ടാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന പ്രശസ്ത ഗ്രീക്ക് റോമൻ വാനശാസ്ത്രജ്ഞനായ ഗ്ലാഡിസ് ടോളമി (Gladius Ptolemy) ഖഗോള വസ്തുക്കളായ

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 1 2/14/2023 11:02:02 AM

സൂര്യൻ, ചന്ദ്രൻ, ചൊവ്വ, വ്യാഴം തുടങ്ങിയവയുടെ ചലനത്തെപ്പറ്റി വിവരിക്കുന്നതിന് ഒരു സിദ്ധാന്തം വികസിപ്പിച്ചെടുത്തിട്ടുണ്ട്. ഈ സിദ്ധാന്തത്തെ ഭൗമ കേന്ദ്രമാകൃക എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഭൗമ കേന്ദ്ര മാതൃകയനുസരിച്ച് ഭൂമി പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ കേന്ദ്രവും, സൂര്യനും, ചന്ദ്രനും ഉൾപ്പെടുന്ന പ്രപഞ്ചത്തിലെ മറ്റെല്ലാ ഖഗോള വസ്തുക്കളും ഭൂമിയെ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്നതുമാകുന്നു. ടോളമിയുടെ ഈ മാതൃക നമ്മുടെ നഗ്നനേത്രങ്ങളാലുള്ള ആകാശത്തിന്റെ നിരീക്ഷണവുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നു. ടോളമി യുടെ ഈ മാതൃക സൂര്യചന്ദ്രന്മാരുടെ ചലനത്തെ ഒരു പരിധിവരെ വിവരിച്ചിട്ടുണ്ടെങ്കിലും, ചൊവ്വയു ടെയും, വ്യാഴത്തിന്റെയും ചലനത്തെപ്പറ്റി വിവരി ക്കാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടില്ലായെന്ന് പിൽക്കാലത്ത് വാന ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ കണ്ടെത്തുകയുണ്ടായി.

നിക്കോളസ് കോപ്പർനിക്കസ്സിന്റെ സൗരകേന്ദ്ര മാതൃക

15-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന പോളിഷ് വാന നിരീക്ഷകനായ നിക്കോളസ് കോപ്പർനിക്കസ്സ് (1473-1543) ഹീലിയോ സെൻട്രിക് മാതൃക എന്നൊരു പുതിയ മാതൃക നിർദ്ദേശിച്ചു. ഈ മാതൃക പ്രകാരം സൂര്യനെ സൗരയൂഥത്തിലെ കേന്ദ്രമായും ഭൂമി ഉൾപ്പെടുന്ന മറ്റെല്ലാ ഗ്രഹങ്ങളും സൂര്യനെ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്നതായും കരുത പ്പെട്ടു. ഈ മാതൃക എല്ലാ ഖഗോള വസ്തുക്കളുടെ ചലനത്തെയും വിജയകരമായി വിശദീകരിച്ചു.

അതേസമയം പ്രശസ്ത ഇറ്റാലിയൻ ഭൗതീക ശാസ്ത്രജ്ഞനായ ഗലീലിയോ ഭൂമിയ്ക്കരികി ലുള്ള എല്ലാ വസ്തുക്കളും ഒരേ നിരക്കിൽ ഭൂമി യിലോട്ട് ത്വരിതപ്പെടുന്നതായി കണ്ടെത്തി. അതേ സമയം ടൈക്കോബ്രാഹെ (1546-1601) എന്ന യാൾ തന്റെ ജീവിതകാലം മുഴുവൻ നഗ്നനേത്ര ങ്ങളാൽ കണ്ടറിഞ്ഞ നക്ഷത്ര, ഗ്രഹസ്ഥാനങ്ങ ളുടെ നിരീക്ഷണങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തുന്നതിനായി ചിലവഴിച്ചു. അദ്ദേഹം ശേഖരിച്ച വിവരങ്ങളെ പിന്നീട് അദ്ദേഹത്തിന്റെ സഹായി ജോഹന്നസ് കെപ്ലർ (1571-1630) വിശകലനം ചെയ്തു. ഒടു വിൽ ഈ വിശകലനം ഗ്രഹചലനത്തിന്റെ നിയമ ങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള അനുമാനത്തിലേക്ക് നയിച്ചു. ഈ നിയമങ്ങളെ കെപ്ലറുടെ ഗ്രഹചലന നിയമ ങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു.

6.1.1 കെപ്ലറുടെ ഗ്രഹചലന നിയമങ്ങൾ

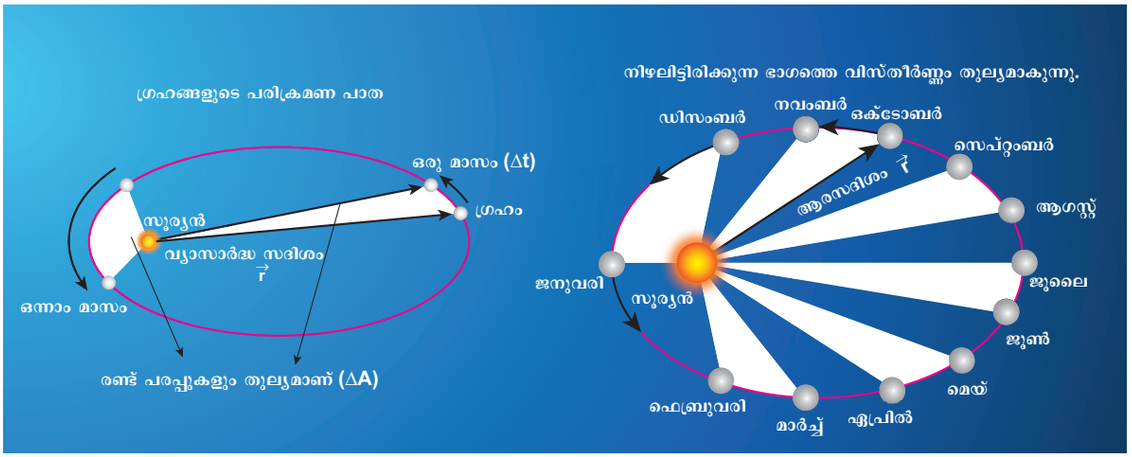
കെപ്ലറുടെ നിയമങ്ങൾ ചുവടെ നിർവ്വചിക്കപ്പെടുന്നു:

1. **പരിക്രമണപാതകളുടെ നിയമം :**
   എല്ലാ ഗ്രഹങ്ങളും ദീർഘവൃത്താകാര പരിക്ര മണപഥങ്ങളിലൂടെ അതിന്റെ ഫോക്കസുകളി ലൊന്നിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന സൂര്യനുചുറ്റും ചലിക്കുന്നു.

ചിത്രം 6.1 സൂര്യനെ ഗ്രഹം ദീർഘവൃത്താകാ രപഥത്തിൽ പരിക്രമണം ചെയ്യൽ.

ഗ്രഹം സൂര്യനോട് ഏറ്റവും അടുത്തുള്ള ബിന്ദു 'P' പെരിഹീലിയൻ എന്നും ഏറ്റവും അകലത്തിൽ ബിന്ദു ഉള്ള 'A' അപ്ഹീലിയൻ എന്നും വിളിക്കുന്നു. 'a' സെമിമേജർ അക്ഷ വും 'b' സെമിമൈനർ അക്ഷവും ആകുന്നു. കോപ്പർ നിക്കസ്സും, ടോളമിയും ഗ്രഹങ്ങളുടെ പാത വൃത്താകാരപാതയായാണ് കരുതിയിരു ന്നത്, എന്നാൽ കെപ്ലർ ഗ്രഹങ്ങളുടെ യഥാർത്ഥ പാത ദീർഘവൃത്താകാര പാതയാ ണെന്ന് കണ്ടെത്തി.

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 2 2/14/2023 11:02:03 AM



ചിത്രം 6.2 സൂര്യനെ ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന ഗ്രഹം 'പരപ്പളവുകളുടെ നിയമം'.

2. **പരപ്പളവുകളുടെ നിയമം :**

ഒരു ഗ്രഹത്തെയും സൂര്യനെയും ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന നേർരേഖ തുല്യഇടവേളകളിൽ തുല്യപരപ്പിനെ കടക്കുന്നു.

ചിത്രം 6.2-ൽ വെള്ളനിറമിട്ട ഭാഗം ഒരു ഗ്രഹം സൂര്യനെ ഭ്രമണം ചെയ്യുമ്പോൾ Δt എന്ന ചെറിയ സഞ്ചാരസമയത്തിൽ ഏർപ്പെടുത്തിയ പരപ്പളവു ΔA യെ കുറിക്കുന്നു. ദീർഘവൃത്തത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ സൂര്യനില്ലായെങ്കിൽ, ഗ്രഹങ്ങൾ സൂര്യനടുത്താകുമ്പോൾ കൂടുതൽ വേഗത്തിലും, സൂര്യനിൽ നിന്ന് അകലെയാകുമ്പോൾ സാവധാനത്തിലും സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇതിനാൽ തുല്യഇടവേളകളിൽ തുല്യ പരപ്പളവുകൾ ഉണ്ടാക്കി സഞ്ചരിക്കുന്നു. കെപ്ലറുടെ ഗ്രഹങ്ങളുടെ വേഗത മാറ്റത്തിന്റെ നിരീക്ഷണത്തിൽ നിന്നാണ് പരപ്പളവുകളുടെ നിയമം ഉടലെടുക്കുന്നത്.

3. **പരിക്രമണകാലങ്ങളുടെ നിയമം :**

ഒരു ഗ്രഹത്തിന്റെ പരിക്രമണകാലത്തിന്റെ വർഗ്ഗം ദീർഘവൃത്ത സഞ്ചാര പാതകളുടെ സെമിമേജർ അക്ഷത്തിന്റെ ക്യൂബിന് ആനുപാതികമായിരിക്കും. ഇതിനെ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പ്രകാരം എഴുതാം:

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

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

ഇവിടെ T എന്നത് ഗ്രഹങ്ങളുടെ പരിക്രമണ കാലവും, a എന്നത് സെമിമേജർ അക്ഷവും ആകുന്നു. ഈ സമീകരണങ്ങളിൽ നിന്നും സൂര്യനിൽ നിന്നുമുള്ള ദൂരം വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ പരിക്രമണകാലവും വർദ്ധിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഒരേ നിരക്കിലായിരിക്കില്ലായെന്ന് വ്യക്തമാകുന്നു.

താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പട്ടിക (6.1)-ൽ സൂര്യനു ചുറ്റുമുള്ള ഗ്രഹങ്ങളുടെ പരിക്രമണ കാലവും അവയുടെ സെമിമേജർ അക്ഷങ്ങളുടെ മൂല്യവും നൽകുന്നു. പട്ടികയിൽ നിന്ന് $\frac{T^2}{a^3}$ ഏകദേശം സ്ഥിരമായിരിക്കും. ഇത് കെപ്ലറുടെ മൂന്നാം നിയമം സ്ഥിരീകരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 6.1 സൂര്യനെചുറ്റി വരുന്ന ഗ്രഹങ്ങളുടെ പരിക്രമണ കാലങ്ങളും (T) അവയുടെ സെമിമേജർ അക്ഷത്തിന്റെ (a) മൂല്യങ്ങളും.

ഗ്രഹം	a ($10^{10}\,m$)	T (വർഷങ്ങൾ)	$\frac{T^2}{a^3}$
ബുധൻ	5.79	0.24	2.95
ശുക്രൻ	10.8	0.615	3.00
ഭൂമി	15.0	1	2.96
ചൊവ്വ	22.8	1.88	2.98
വ്യാഴം	77.8	11.9	3.01
ശനി	143	29.5	2.98
യുറാനസ്	287	84	2.98
നെപ്ട്യൂൺ	450	165	2.99

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 3 2/14/2023 11:02:04 AM

ചിന്തിക്കുന്നതിനുള്ള പോയിന്റുകൾ

ഡാറ്റ			പ്രശ്നം
ഗ്രഹം	a	T	*a* യെയും T യെയും ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന നിയമം ഏതാണ്?
A	1	3	
B	2	6	
C	4	18	

മേൽകൊടുത്തിരിക്കുന്ന സാങ്കൽപ്പിക ഗ്രഹങ്ങളുടെ T എന്നിവയുടെ ബന്ധത്തെക്കുറിച്ചുള്ള അഭിപ്രായം നൽകുക

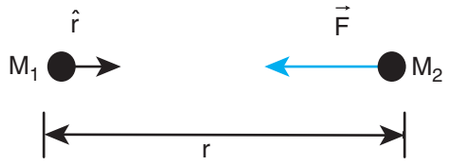
6.1.2 സാർവ്വത്രിക ഗുരുത്വ നിയമം

ഗ്രഹചലനത്തെ കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കാൻ കെപ്ലറുടെ നിയമങ്ങൾക്ക് കഴിഞ്ഞെങ്കിലും അതിനു കാരണമായ ബലങ്ങളെക്കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കുന്നതിൽ അവർ പരാജയപ്പെട്ടു. കെപ്ലറുടെ നിയമങ്ങളും ഗലീലിയയുടെ നിരീക്ഷണങ്ങളും വിശകലനം ചെയ്ത് ഐസക് ന്യൂട്ടണാണ് ഗുരുത്വാകർഷണ നിയമം പ്രസ്താവിച്ചത്.

M_1 M_2 ന്യൂട്ടന്റെ സാർവ്വത്രിക ഗുരുത്വ നിയമംപറയുന്നത്എന്തെന്നാൽ,പ്രപഞ്ചത്തിലുള്ള എല്ലാ വസ്തുക്കളും പരസ്പരം ഒരു നിശ്ചിതബലത്തിൽ ആകർഷിക്കുന്നു. ഈ ആകർഷണബലം വസ്തുക്കളുടെ ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ ഗുണനഫലത്തിന് നേർഅനുപാതത്തിലും അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ദൂരത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് വിപരീതാനുപാതത്തിലുമായിരിക്കും. ഗണിതപരമായി ഇതിനെ ഇപ്രകാരം എഴുതാം:

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

ഇവിടെ $\hat{r}$ എന്നത് ചിത്രത്തിൽ (6.3) കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ M_1 ൽ നിന്നും M_2 യിലേക്കുള്ള ഏകസദിശമാകുന്നു. G എന്നത് ഭൂഗുരുത്വ സ്ഥിരാങ്കം, ഇതിന്റെ മൂല്യം $6.67\times10^{-11}N\,m^2kg^{-2}$ വും, r എന്നത് ദ്രവ്യമാനങ്ങൾ M_1, M_2 ന് ഇടയിലുള്ള ദൂരവുമാകുന്നു. ചിത്രം 6.3-ൽ $\vec{F}$ M_1. നാൽ M_2 ൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ഭൂഗുരുത്വ ബലത്തിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഇവിടെ നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം ഭൂഗുരുത്വബലം ഒരു ആകർഷണബലമാണ് എന്നതിനെ കുറിക്കുന്നു. ബലത്തിന്റെ ദിശ രണ്ട് ദ്രവ്യമാനങ്ങളെയും ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന രേഖയിലായിരിക്കും.

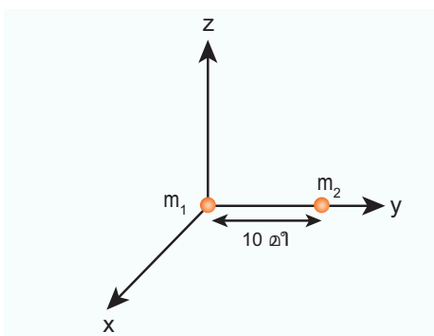


ചിത്രം 6.3 രണ്ട് വസ്തുക്കളുടെ പരസ്പര ആകർഷണം.

കാർട്ടീഷ്യൻ അക്ഷാംശത്തിൽ ദൂരത്തിന്റെ വർഗ്ഗം $r^2 = \left(x^2 + \quad y^2 + z^2\right)$ എന്ന് പ്രകടമാക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 6.1

താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ രണ്ട് സ്ഥൂലവസ്തുക്കളുടെ ദ്രവ്യമാനം m_1 , m_2 വും അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ദൂരം 10 മീ ആണെന്ന് കരുതുക. അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ആകർഷണബലം കണ്ടുപിടിച്ച് അവ ഓരോന്നിന്റെയും മേലുള്ള ബലത്തിന്റെ ദിശ രേഖപ്പെടുത്തുക. m_1= 1 കിലോഗ്രാം, m_2 = 2 കിലോഗ്രാം എന്ന് എടുത്തിരിക്കുന്നു



XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 4 2/14/2023 11:02:06 AM

നിർദ്ധാരണം

ആകർഷണ ബലം

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

ചിത്രത്തിൽ നിന്നും, r =10 മീ.

ആദ്യം, ബലത്തിന്റെ അളവ് കണക്കാക്കാം

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

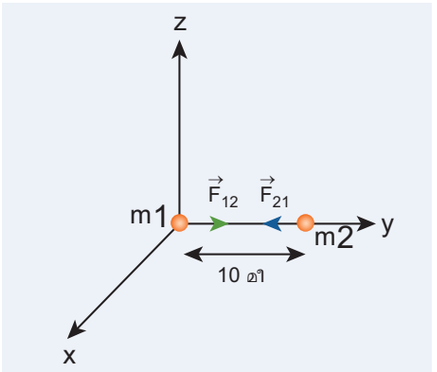
ഈ ബലത്തിന്റെ അളവ് വളരെ ചെറിയതാണെന്നത് കുറിക്കുന്നു. അതിനാലാണ് രണ്ട് മനുഷ്യർക്കിടയിൽ ഭൂഗുരുത്വാകർഷണ ബലം അനുഭവപ്പെടാത്തത്. ബലത്തിന്റെ തീവ്രത നിർണ്ണയിക്കുന്നതിന് G യുടെ ഈ ചെറിയമൂല്യത്തിന് അതിപ്രധാന പങ്കാണുള്ളത്.

m_1 നാൽ ദ്രവ്യമാനം m_2 ൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ബലം ($\vec{F}_{21}$) നെഗറ്റീവ് 'y' അക്ഷത്തിലാകുന്നു. അതായത് $r = -j$ ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്നാം ചലനനിയമമനുസരിച്ച് m_2 തുല്യവും വിപരീതവുമായ ഒരു ബലം m_1ന്മേൽ പ്രയോഗിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് ആകർഷണബലം ($\vec{F}_{12}$), m_2 നാൽ m_1 ൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ബലം പോസിറ്റീവ് 'y' അക്ഷത്തിലായിരിക്കും. അതായത്, $r = j$.

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

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

ബലത്തിന്റെ ദിശ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു,

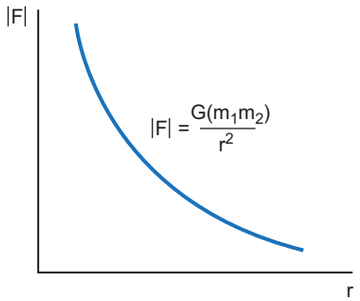


m_1 നും m_2 നുമിടയിലുള്ള ഭൂഗുരുത്വാകർഷണ ബലം

$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്നാംനിയമം സ്ഥിരീകരിക്കുന്നു.

ഗുരുത്വാ കർഷണ ബലത്തിന്റെ പ്രധാനസവിശേഷതകൾ:

- ഗുരുത്വാകർഷണബലം r^2 ന് വിപരീതാനുപാതത്തിലായതിനാൽ രണ്ട് ദ്രവ്യമാനങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ ഗുരുത്വബലത്തിന്റെ തീവ്രത കുറയുന്നു. ഇതിനാലാണ് സൂര്യനിൽ നിന്നും അധികദൂരത്തിലുള്ള യുറാനസിന് ഭൂമിയുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ കുറഞ്ഞ ഭൂഗുരുത്വബലം അനുഭവപ്പെടുന്നത്.



ചിത്രം 6.4 ദൂരത്തിനാവശ്യമായ ഭൂഗുരുത്വബലത്തിന്റെ മാറ്റം

- രണ്ട് കണികകൾക്കിടയിലുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണബലങ്ങൾ എല്ലായ്പ്പോഴും ഒരു പ്രവർത്തന-പ്രതികരണ ജോഡികളാണ്. ഭൂമിയിൽ സൂര്യൻ ചെലുത്തുന്ന ഗുരുത്വാ കർഷണ ബലം എപ്പോഴും സൂര്യനിലേക്കാണെന്നത് ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. പ്രതിപ്രവർത്തന ബലത്തിന്റെ ദിശ ഭൂമിയിലേക്കാണ്.

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 5 2/14/2023 11:02:09 AM

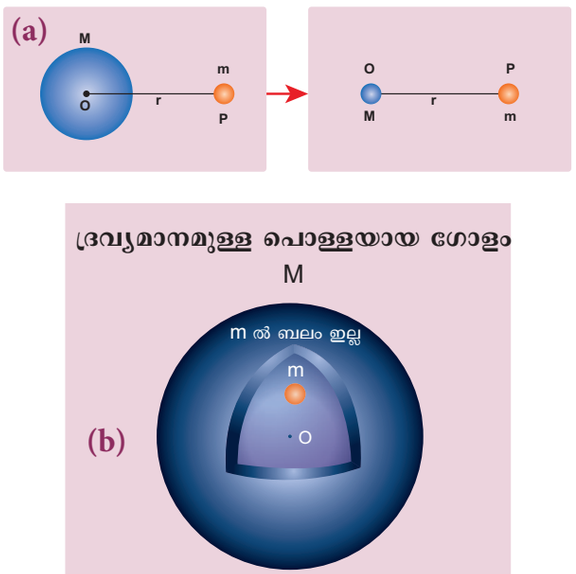
- സൂര്യന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണബലം മൂലം ഭൂമിയ്ക്ക് അനുഭവപ്പെടുന്ന ടോർക്ക്

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

ഇവിടെ $\vec{r} = r\,\hat{r},\ \left(\vec{r} \times \hat{r}\right) = 0$

ആയതിനാൽ $\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt} = 0$ കോണീയ ആക്കം $\vec{L}$ ഒരു സ്ഥിരസദിശമെന്നത് ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. സൂര്യനനുസൃതമായ ഭൂമിയുടെ കോണീയ ആക്കം ചലനത്തിലുടനീളം സ്ഥിരമായിരിക്കും. എല്ലാ ഗ്രഹങ്ങൾക്കും ഇത് ശരിയാണ്. വാസ്തവത്തിൽ കോണീയ ആക്കത്തിന്റെ ഈ സ്ഥിരത കെപ്ലറുടെ രണ്ടാംനിയമത്തിലേക്ക് നയിക്കുന്നു.

- സമീകരണം $\vec{F} = -\frac{GM_1M_2}{r^2}\hat{r}$ എന്നതിൽ അന്തർലീനമായ ഒരു അനുമാനമുണ്ട്, എന്തെന്നാൽ M_1 , M_2 എന്നിവയെ രണ്ട് പോയിന്റ് പിണ്ഡങ്ങളായി കണക്കാക്കുന്നു. സൂര്യന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണം മൂലം ഭൂമി സൂര്യനുചുറ്റും പരിക്രമണം ചെയ്യുമെന്ന് പറയുമ്പോൾ ഭൂമിയും, സൂര്യനും, പോയിന്റ് പിണ്ഡങ്ങളായി അനുമാനിച്ചു. ഈ അനുമാനം ഒരു നല്ല ഏകദേശമാണ്. എന്തെന്നാൽ രണ്ട് വസ്തുക്കൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം അവയുടെ വ്യാസത്തേക്കാൾ വളരെ കൂടുതലാണ്. ക്രമരഹിതവും വിപുലീകൃതവുമായ ചില വസ്തുക്കൾ വളരെ ചെറിയ ദൂരത്തിനാൽ വേർതിരിച്ചതിനാൽ സമവാക്യം (6.3) നേരിട്ട് ഉപയോഗിക്കാൻ കഴിയില്ല. പകരം ഇത്തരം അടിസ്ഥാനവസ്തുക്കൾക്കിടയിലുള്ള ഗുരുത്വബലത്തിന്റെ കണക്കാക്കൽ രീതികളെ ഉയർന്ന ക്ലാസുകളിൽ പഠിക്കാം.
- എന്തായിരുന്നാലും പോയിന്റ് പിണ്ഡങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള ഈ അനുമാനം ഒരു പ്രത്യേക സാഹചര്യത്തിൽ വളരെ ചെറിയദൂരം വരെ നിലനിർത്തുന്നു. M ദ്രവ്യമാനവും സമസാന്ദ്രതയുമുള്ള ഒരു പൊള്ളയായ ഗോളത്തിനും അതിനു പുറത്തുള്ള ഒരു പോയിന്റ് മാസ്സ് M നും ഇടയിലുള്ള ആകർഷണബലം കണക്കാക്കുന്നതിന്, പൊള്ളയായ ഗോളത്തിനും പകരം M ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഒരു പോയിന്റ് മാസ്സ് ആ ഗോളത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിലാണെന്ന് സങ്കൽപ്പിക്കുക. ദ്രവ്യമാനം M ഉള്ള പൊള്ളയായ ഗോളത്തിനും പോയിന്റ് മാസ്സ് M നുമിടയിലുള്ള ആകർഷണബലം കണക്കാക്കുന്നതിന് ഗോളത്തെ മറ്റൊരു പോയിന്റ് മാസ്സായി എടുത്തിരിക്കുന്നു. പൊള്ളയായ ഗോളത്തിന്റെ മൊത്തം ദ്രവ്യമാനവും അതിന്റെ മദ്ധ്യത്തിൽ കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 6.5 (a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.
- രസകരമായ മറ്റൊരു ഫലം കൂടി ഉണ്ട്. ചിത്രത്തിൽ 6.5(b) കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ M ദ്രവ്യമാനമുള്ള പൊള്ളയായ ഗോളത്തിന്റെ ഉൾവശത്തായി 'm' ദ്രവ്യമാനമുള്ള മറ്റൊരു വസ്തു വയ്ക്കുകകാണെങ്കിൽ ഈ പോയിന്റ് മാസ്സ് 'm' ൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം പൂജ്യമാകുന്നു. ഈ കണക്കാക്കൽ ഉയർന്ന ക്ലാസുകളിൽ കൈകാര്യം ചെയ്യാം.



ചിത്രം 6.5 പൊള്ളയായ ഗോളത്തിന്റെ ഉൾവശത്ത് പിണ്ഡം വച്ചിരിക്കുന്നു.

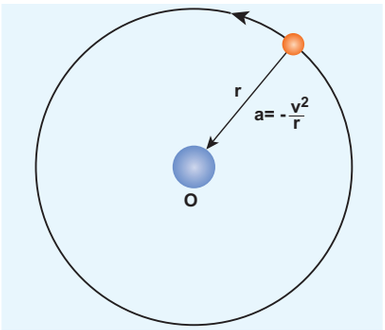
- താഴെ വീഴുന്ന മാമ്പഴവും, ഭൂമിയെ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്ന ചന്ദ്രനും ഒരേ ഗുരുത്വാകർഷണ ബലം മൂലമാണെന്ന നിഗമനമാണ് ഗുരുത്വാകർഷണനിയമത്തിന്റെ വിജയം.

ന്യൂട്ടന്റെ വിപരീത വർഗ്ഗ നിയമം :

ന്യൂട്ടൻ ഗ്രഹങ്ങളുടെ ഭ്രമണപഥത്തെ വൃത്താകാരപാതയായി സങ്കൽപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. r വ്യാസ അർദ്ധമുള്ള വൃത്താകാരപാതയുടെ കേന്ദ്രീകൃത ത്വരണം കേന്ദ്രത്തിലോട്ടായിരിക്കും

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

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 6 2/14/2023 11:02:10 AM



ചിത്രം 6.6 വൃത്താകാരപാതയിൽ ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന പോയിന്റ് മാസ്സ്.

ഇവിടെ v എന്നത് പ്രവേഗം r, എന്നത് ഭ്രമണപഥത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും ഗ്രഹത്തിലേക്കുള്ള ദൂരം (ചിത്രം 6.6).

r, T, തുടങ്ങിയ അളവുകളുപയോഗിച്ച് പ്രവേഗം

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

ഇവിടെ T എന്നത് ഗ്രഹത്തിന്റെ പരിക്രമണ കാലമാകുന്നു. v യുടെ മൂല്യത്തെ സമീകരണം (6.4) ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ,

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

സമീകരണം (6.6)-ൽ നിന്നും 'a' യുടെ മൂല്യത്തെ ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം നിയമം $F = ma$ പ്രസ്താവിച്ചാൽ, 'm' എന്നത് ഗ്രഹത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനമാകുന്നു.

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

കെപ്ലറുടെ മൂന്നാം നിയമത്തിൽ നിന്ന്,

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

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

സമീകരണം (6.9) നെ ബലത്തിന്റെ സമവാക്യം (6.7)-ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ നമുക്ക് ഗുരുത്വ നിയമത്തിന്റെ സമവാക്യം ലഭിക്കുന്നു.

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

ഇവിടെ നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം ബലം ആകർഷണ ബലമാണെന്നതിനെയും അത് കേന്ദ്രത്തിലോട്ട് പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നുവെന്നതിനെയും സൂചിപ്പിക്കുന്നു. സമവാക്യം (6.10)-ൽ ഗ്രഹത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം 'm' വ്യക്തമാക്കുന്നു. എന്നാൽ ന്യൂട്ടൻ തന്റെ മൂന്നാംനിയമ പ്രകാരം, ഭൂമി സൂര്യനാൽ ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നുവെങ്കിൽ സൂര്യനും ഭൂമിയാൽ ആകർഷിക്കപ്പെടണം എന്ന് ശക്തമായി വിശ്വസിച്ചിരുന്നു. ആയതിനാൽ സമീകരണം 6.10-ൽ സൂര്യന്റെ ദ്രവ്യമാനം M- ഉം വ്യക്തമാകണമെന്ന് കരുതി. ആയതിനാൽ തന്റെ ഉൾവീക്ഷണ പ്രകാരം $4\pi^2 k$ യ്ക്കുപകരം GM എന്ന് സമീകരണത്തിൽ പ്രസ്താവിച്ചു. ഇതുപ്രകാരം ഗുരുത്വ നിയമ സൂത്രവാക്യം.

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

ഗുരുത്വബലം ഒരു ആകർഷണബലമാണ് എന്നതിനെ വീണ്ടും നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം കൊണ്ട് സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

മേൽപറഞ്ഞ നിഗമനങ്ങളിൽ നിന്നും ഗ്രഹങ്ങൾ വൃത്താകാരപാതയിൽ ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നതായി കരുതപ്പെട്ടു. എന്നാൽ വാസ്തവത്തിൽ ഗ്രഹങ്ങൾ സൂര്യനെ ദീർഘവൃത്താകാര പാതയിലാണ് ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നത്. എന്നിരുന്നാലും ഗ്രഹങ്ങളുടെ പാത വൃത്താകാര പാതയിൽ നിന്നും ചെറിയ അളവ് മാത്രം വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതു കൊണ്ടും, മിക്കവാറും ഗ്രഹങ്ങളുടെ പാത വൃത്താകാരപാതയായതിനാലും മേൽപറഞ്ഞ നിഗമനം സാധൂകരിക്കാം.

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 7 2/14/2023 11:02:13 AM

ചിന്തിക്കാനുള്ള പോയിന്റുകൾ

കെപ്ലറുടെ മൂന്നാം നിയമം "r^3T^2 = സ്ഥിരാങ്കത്തിനുപകരം" "$\frac{r^3}{T^2}$ = സ്ഥിരാങ്കം" ആയിരുന്നുവെങ്കിൽ സാർവ്വത്രിക ഗുരുത്വനിയമം എപ്രകാരമായിരിക്കും? വിപരീത വർഗ്ഗ നിയമം തന്നെയായിരിക്കുമോ? ഈ പുതിയ ഗുരുത്വാകർഷണ നിയമപ്രകാരം നെപ്റ്റ്യൂണിന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം ഭൂമിയ്ക്ക് അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലത്തേക്കാൾ അധികമായിരിക്കുമോ കുറവായിരിക്കുമോ?

ഉദാഹരണം 6.2

ചന്ദ്രനും, ആപ്പിളും തുല്യ ഭൂഗുരുത്വബലങ്ങൾ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നു. ഇവ രണ്ടിന്റെയും ത്വരണങ്ങളെ താരതമ്യപ്പെടുത്തുക ഭൂമിയാൽ ആപ്പിളിന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ഭൂഗുരുത്വബലം

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

ഇവിടെ M_A– ആപ്പിളിന്റെ ദ്രവ്യമാനം, M_E– ഭൂമിയുടെ ദ്രവ്യമാനം R – ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം.

മേൽപറഞ്ഞ സമീകരണത്തെ ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം നിയമത്തിനോട് ഏകീകരിക്കുമ്പോൾ,

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

മേൽപ്പറഞ്ഞ സമീകരണത്തെ ലഘൂകരിക്കുമ്പോൾ,

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

ഇവിടെ a_A എന്നത് ആപ്പിളിന്റെ ത്വരണമാകുന്നു. ഇത് 'g' യ്ക്ക് തുല്യമാണ്.

ഇതുപോലെ ഭൂമിയാൽ ചന്ദ്രന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം

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

ഇവിടെ R_m- ഭൂമിയിൽ നിന്നും ചന്ദ്രന്റെ ദൂരമാകുന്നു, M_m – ചന്ദ്രന്റെ ദ്രവ്യമാനമാകുന്നു

ചന്ദ്രന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ത്വരണം

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

ആപ്പിളിന്റെ ത്വരണത്തിനും ചന്ദ്രന്റെ ത്വരണത്തിനും ഇടയിലുള്ള അനുപാതം

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

ഹിപ്പാർക്കസ് അളവിൽ നിന്നും, ചന്ദ്രനിലേക്കുള്ള ദൂരം ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധത്തിന്റെ 60 മടങ്ങാണ്. $R_m = 60R$.

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

ഇതിൽ നിന്നും ആപ്പിളിന്റെ ത്വരണം ചന്ദ്രന്റെ ത്വരണത്തിന്റെ 3600 മടങ്ങാണ്.

ഇതേഫലം ന്യൂട്ടൻ തന്റെ ഗുരുത്വ സമീകരണത്തിൽ നിന്നും നേടി. ആപ്പിളിന്റെ ത്വരണം 9.8 m s^{-2} ആണെന്ന് എളുപ്പത്തിൽ അളക്കുന്നു. ചന്ദ്രൻ 27.3 ദിവസത്തിലൊരിക്കൽ ഭൂമിയെ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്നു. കേന്ദ്രീയ ത്വരണത്തിന്റെ സൂത്രം ഉപയോഗിച്ചാൽ (അദ്ധ്യായം 3 നോക്കുക).

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

ഇതാണ് ന്യൂട്ടന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണ നിയമത്തിലൂടെ ലഭിച്ചത്.

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 8 2/14/2023 11:02:15 AM

കുറിപ്പ്

മുകളിലുള്ള കണക്കാക്കൽ ഭൂമിയും ചന്ദ്രനും തമ്മിലുള്ള ദൂരവും ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധവും അറിയുന്നതനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധത്തെ ഗ്രീക്ക് ലൈബ്രേറിയൻ എറത്രോസ്സൻസ് അളക്കുകയും, ഭൂമിയ്ക്കും ചന്ദ്രനും ഇടയിലുള്ള ദൂരം ഗ്രീക്ക് വാനനിരീക്ഷകൻ ഹിപ്പാർക്കസ് 2400 വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പ് അളക്കുകയും ചെയ്തു. ഈ ദൂരം കണക്കാക്കാൻ അദ്ദേഹം ഹൈസ്കൂൾ ജ്യാമിതിയും ത്രികോണമിതിയും മാത്രമാണ് ഉപയോഗിച്ചത് എന്നത് രസകരമാണ്. ഈ വിശദാംശങ്ങൾ വാനശാസ്ത്രവിഭാഗം (6.5)ൽ ചർച്ച ചെയ്യപ്പെടുന്നു.

6.1.3 ഗുരുത്വസ്ഥിരാങ്കം

ഗുരുത്വ നിയമത്തിൽ, ഗുരുത്വാകർഷണ സ്ഥിരാങ്കം G യുടെ മൂല്യം വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. ഭൂമിയ്ക്കും, സൂര്യനുമിടയിലുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണബലം വളരെ വലുതായിരിക്കുമ്പോഴും, രണ്ട് ചെറിയ വസ്തുക്കൾക്കിടയിലുള്ള ബലം (ഉദാഹരണത്തിന് രണ്ട് മനുഷ്യർക്കിടയിലുള്ള ബലം) നിസാരമാണെന്നും G യുടെ മൂല്യം വിശദീകരിക്കുന്നു.

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലുള്ള പിണ്ഡം 'm' ന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം (ചിത്രം 6.7)

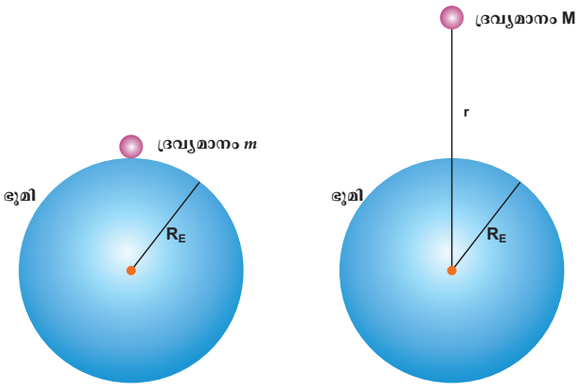
$$F = -\frac{GM_E m}{R_E^{\,2}} \qquad (6.11)$$

M_E- ഭൂമിയുടെ ദ്രവ്യമാനം, m - വസ്തുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം, R_E- ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം.

ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാംനിയമം, $F = -mg$, യെ സമീകരണം (6.11) നുമായി ഏകീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ,

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

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



ചിത്രം 6.7 (i) ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ (ii) ഭൂമിയുടെ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്ന് ഒരു നിശ്ചിത ഉയരത്തിൽ പിണ്ഡത്തിനനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം

ഭൗമ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും r ദൂരത്തിലുള്ള പിണ്ഡം M ന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം,

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

സമീകരം (6.12) ൽ നിന്നും g യുടെ മൂല്യം F ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ,

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

ഇതിൽ നിന്നും നമുക്കു മനസ്സിലാകുന്നത് എന്തെന്നാൽ, g ന് മൂല്യം അറിയാമെങ്കിൽ ബലത്തെ എളുപ്പത്തിൽ കണക്കാക്കാൻ ആകും. ഇതിന് G യുടെ മൂല്യം ആവശ്യമില്ല.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

1798-ൽ ഹെന്റി കാവെൻഡിഷ് പരീക്ഷണാത്മകമായി ഒരു ടോർഷൻ ബാലൻസ് ഉപയോഗിച്ച് ഗുരുത്വാകർഷണ സ്ഥിരാങ്കമായ 'G' യുടെ മൂല്യം നിർണ്ണയിച്ചു. 'G' യുടെ മൂല്യം $6.75 \times 10^{-11}\,\mathrm{N\,m^2 kg^{-2}}$ ന് തുല്യമാണെന്ന് അദ്ദേഹം കണക്കാക്കി. ആധുനിക സാങ്കേതിക വിദ്യ ഉപയോഗിച്ച് 'G' യുടെ കൂടുതൽ കൃത്യമായ മൂല്യം അളക്കാൻ കഴിയും. 'G' യുടെ നിലവിൽ അംഗീകരിച്ച മൂല്യം $6.67259 \times 10^{-11}\,\mathrm{N\,m^2 kg^{-2}}$.

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 9 2/14/2023 11:02:17 AM

6.2 ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡലവും ഗുരുത്വാകർഷണ പൊട്ടൻഷ്യലും

6.2.1 ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡലം

ബലം എന്നത് അടിസ്ഥാനപരമായി രണ്ട് കണികകൾ തമ്മിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനമാണ്. ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ തരത്തെ ആശ്രയിച്ച് നമുക്ക് രണ്ടുതരം ബലങ്ങളാണുള്ളത് സമ്പർക്കബലം സമ്പർക്ക രഹിത ബലങ്ങളും (ചിത്രം 6.8).

ചിത്രം 6.8 സമ്പർക്ക മറ്റും സമ്പർക്ക രഹിത മണ്ഡലങ്ങളുടെ വിവരണ ചിത്രം

രണ്ട് വസ്തുക്കൾ പരസ്പരം സമ്പർക്കത്തിലായിരിക്കുമ്പോൾ ഏർപ്പെടുന്ന ബലം സമ്പർക്കബലം ആകുന്നു. ബലം ഉണ്ടാകുന്നതിനുള്ള കാരണത്തിന്റെയും വസ്തുവിന്റെയും സമ്പർക്കം മൂലം ഏർപ്പെടുന്ന സമ്പർക്കബലമാണ് വസ്തുവിന്റെ ചലനത്തെ ഏർപ്പെടുത്തുന്നത്. ഭൂമി സൂര്യനെ ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നതിനെ കരുതുക. സൂര്യനും ഭൂമിയ്ക്കും പരസ്പരം സമ്പർക്കമില്ലായെങ്കിലും അവയ്ക്കിടയിൽ ഒരു പ്രതിപ്രവർത്തനം നിലനിൽക്കുന്നു. ഇതിനാൽ ഭൂമിയ്ക്ക് സൂര്യന്റെ ഗുരുത്വാ കർഷണബലം അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഈ ഗുരുത്വാ കർഷണബലം ഒരു സമ്പർക്ക രഹിതബലമാണ്.

സൂര്യൻ ഭൂമിയിൽ നിന്നും വളരെ അകലെയാണെങ്കിലും രണ്ടും പരസ്പരം സ്പർശിക്കാതെ ആകർഷിക്കുന്നുവെന്നത് നിഗൂഢമായ വസ്തുതയാണ്. ഉന്തൽ അല്ലെങ്കിൽ തള്ളൽ പോലുള്ള സമ്പർക്കബലങ്ങൾ നമുക്ക് കാണുന്നതിനും അനുഭവപ്പെടുന്നതിനും കഴിയുന്നതിനാൽ ഇവയുടെ തീവ്രത കണക്കാക്കാൻ സാധിക്കും. എന്നാൽ വിവിധ ദൂരത്തിലുള്ള സമ്പർക്കരഹിത ബലത്തിന്റെ തീവ്രത എങ്ങനെയാണ് കണക്കാക്കുക? സമ്പർക്കരഹിതബലങ്ങളുടെ തീവ്രത കണക്കാക്കുന്നതിനും, മനസ്സിലാക്കുന്നതിനും വേണ്ടിയാണ് മണ്ഡലം എന്ന ആശയം അവതരിപ്പിച്ചത്.

ദ്രവ്യമാനം 'm_2' ഉള്ള ഒരു വസ്തുവിന്മേൽ ദ്രവ്യമാനം 'm_1' ഉള്ള വസ്തു ഏർപ്പെടുത്തുന്ന ബലം

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

ഇവിടെ $\hat{r}$ എന്നത് m_1 നെയും m_2 നെയും യോജിപ്പിക്കുന്ന രേഖയെ കുറിക്കുന്ന ഏകസദിശമാകുന്നു.

$\vec{E}_1$ ഒരു ബിന്ദുവിലെ ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡല തീവ്രത (ഇവിടെ ഗുരുത്വാകർഷണമണ്ഡലം എന്നു വിളിക്കുന്നു) ആ ബിന്ദുവിൽ വച്ചിട്ടുള്ള ഒരു യൂണിറ്റ് പിണ്ഡത്തിനാൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണബലം എന്ന് നിർവ്വചിക്കാം. ഗുരുത്വാകർഷ മണ്ഡല തീവ്രതയെ $\frac{\vec{F}_{21}}{m_2}$ (m_2 ദ്രവ്യമാനമുള്ള വസ്തുവിന്മേൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന ബലം $\vec{F}_{21}$ ആകുന്നു) എന്ന അനുപാതത്തിൽ കുറിക്കാം

$\vec{E}_1 = \frac{\vec{F}_{21}}{m_2}$ എന്ന് സമീകരണം (6.14) ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ,

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

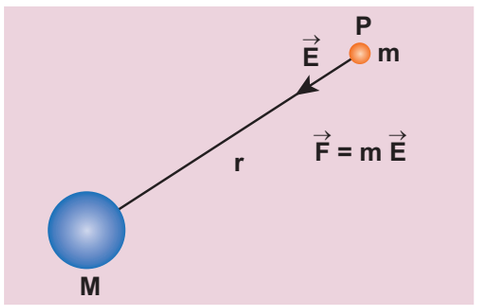
XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 10 2/14/2023 11:02:19 AM

$\vec{E}_1$ എന്നത് m_1 ലേക്കുള്ള ഏകസദിശവും m_2, ൽ നിന്ന് സ്വതന്ത്രവുമാകുന്നു. ഇവിടെ m_2 നെ ഒരു യൂണിറ്റ് അളവായി കണക്കാക്കുന്നു. മണ്ഡലം $\vec{E}_1$ പിണ്ഡം m_1 നാൽ ഏർപ്പെടുന്നു. $\hat{r}\, m_1$.

പൊതുവായി r ദൂരത്തിലുള്ള പിണ്ഡം M നാൽ ഏർപ്പെടുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡല തീവ്രത

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

ഗുരുത്വാ കർഷണ മണ്ഡല ഭാഗത്ത് P എന്ന ബിന്ദുവിൽ ഒരു പിണ്ഡം 'm' വച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രം (6.9) പിണ്ഡം 'm' മണ്ഡലം $\vec{E}$ വുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിച്ച് ഒരു ആകർഷണബലം ഏർപ്പെടുത്തുന്നു. ചിത്രം (6.9) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. 'm' ൽ 'M' നാൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ഗുരുത്വാ കർഷണബലം എന്നത്



ചിത്രം 6.9 ദ്രവ്യമാനമുള്ള വസ്തുവിനാൽ ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡലം അളക്കൽ

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

ഇതിനെ ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാംനിയമവുമായി $\vec{F} = m\vec{a}$ ഏകീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ

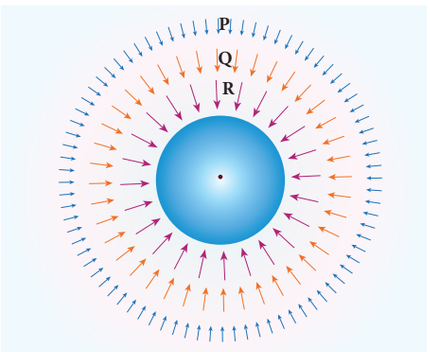
$$m\vec{a} = m\vec{E} \qquad (6.18)$$

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

മറ്റൊരു വിധത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ, ഒരു ബിന്ദുവിലെ ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡലം ആ ബിന്ദുവിലെ വസ്തുവിനാൽ അനുഭവപ്പെട്ട ത്വരണത്തിന് തുല്യമാണ്. $\vec{a}$ ഉം $\vec{E}$ ഉം അളവിലും ദിശയിലും സമമായിരുന്നാലും ഇവ രണ്ടും വ്യത്യസ്ത ഭൗതീക അളവുകളാണ്. $\vec{E}$ എന്നത് ആധാര പിണ്ഡത്തിന്റെ $\vec{a}$ സവിശേഷതയും $\vec{E}$ എന്നത് ഗുരുത്വാ കർഷണ മണ്ഡലം $\vec{E}$ ൽ വച്ചിട്ടുള്ള ഒരു ടെസ്റ്റ് പിണ്ഡത്തിനാൽ ഏർപ്പെടുന്ന ഫല മാണ്. രണ്ട് പിണ്ഡങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള സമ്പർക്ക രഹിത പ്രതിപ്രവർത്തനത്തെ വിവരിക്കുന്നതിന് ഗുരുത്വമണ്ഡലം എന്ന ആശയം ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു.

ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട പോയിന്റുകൾ :

i) ചിത്രം (6.10) ൽ ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ പിണ്ഡം M ൽ നിന്നും എതിർദിശയിലോട്ട് നമ്മൾ സഞ്ചരിക്കുകയാണെങ്കിൽ ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡലത്തിന്റെ വ്യാപ്തി കുറയുന്നു. ദൂരം r വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ $\vec{E}$ ന്റെ അളവ് കുറയുന്നു.



ചിത്രം 6.10 ദൂരത്തിനനുസരിച്ച് ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡല തീവ്രത കുറയുന്നു

ചിത്രം 6.10 ൽ ഉള്ള P, Q, R ബിന്ദുക്കളിലെ ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡല തീവ്രത $\left|\vec{E}_P\right| < \left|\vec{E}_Q\right| < \left|\vec{E}_R\right|$ എന്ന് തന്നിരിക്കുന്നു. P, Q, R ലെ സദിശങ്ങളുടെ നീളം താരതമ്യം ചെയ്യുന്നതിലൂടെ ഇത് മനസ്സിലാക്കാം.

ii) ഗുരുത്വാ കർഷണ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളെ കണക്കാക്കുന്നതിനുള്ള ഒരു ഗണിത ഉപകരണമായാണ് മണ്ഡലം എന്ന ആശയത്തെ അവതരിപ്പിച്ചത്. എന്നാൽ പിന്നീട് മണ്ഡലം എന്നത് ഒരു യഥാർത്ഥ ഭൗതീക അളവാണെന്നും അത് ഊർജ്ജത്തെയും, ആക്കത്തെയും വഹിക്കുന്നുവെന്നും കണ്ടെത്തി. ചാർജ്ജുകളുടെ സവിശേഷത മനസ്സിലാക്കുന്നതിന്

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 11 2/14/2023 11:02:21 AM

മണ്ഡലം എന്ന ആശയം ഒഴിച്ചുകൂടാനാകാത്തതാണ്.

iii) ഗുരുത്വാകർഷണബലത്തിന്റെ മാത്ര ന്യൂട്ടർ / കിലോഗ്രാം (N/kg) അല്ലെങ്കിൽ $m\ s^{-2}$ ആകുന്നു.

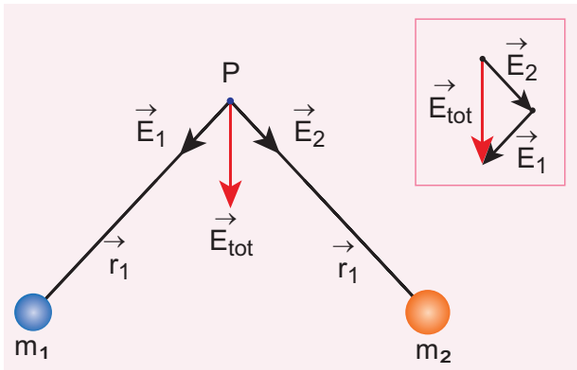
6.2.2 ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡലത്തിന്റെ സൂപ്പർപൊസിഷൻ തത്വം

സ്പേസിൽ ബിന്ദു 'n' നനുസൃതമായി $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3 \ldots$ എന്നീ സ്ഥലങ്ങളിൽ വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്ന $m_1, m_2, \ldots m_n$ ദ്രവ്യമാനമുള്ള 'n' കണികകളെ കരുതുക. എല്ലാ കണികകളാലും P ബിന്ദുവിലുണ്ടാകുന്ന ആകെ ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡലം എന്നത് ഓരോരോ കണികകളാൽ ഏർപ്പെടുന്ന ഗുരുത്വാ കർഷണ മണ്ഡലത്തിന്റെ സദിശസങ്കലനമാകുന്നു. ഈ തത്ത്വത്തിന് ഗുരുത്വാ കർഷണ മണ്ഡലത്തിന്റെ സൂപ്പർപൊസിഷൻ തത്വം എന്ന് പറയുന്നു.

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

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

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

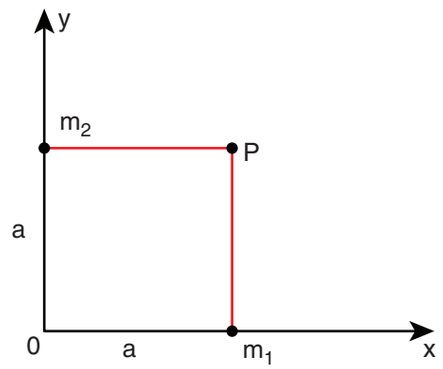


ചിത്രം 6.11 രണ്ട് ഗുരുത്വാ കർഷണ മണ്ഡലത്തിന്റെ സൂപ്പർ പൊസിഷൻ കാരണമുണ്ടാകുന്ന ആകെ ഗുരുത്വാ കർഷണ മണ്ഡലം.

വ്യതിരിക്തമായ പിണ്ഡങ്ങൾക്കു പകരം തുടർച്ചയായി വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്ന മൊത്ത പിണ്ഡം M കരുതുകയാണെങ്കിൽ P ബിന്ദുവിലുള്ള ഗുരുത്വാ കർഷണബലത്തെ സമകലനരീതി ഉപയോഗിച്ച് കണക്കാക്കാം.

ഉദാഹരണം 6.3

(a) ആധാരബിന്ദുവിൽ നിന്നും 'a' അകലത്തിൽ യഥാക്രമം x, y അക്ഷത്തിൽ m_1, m_2 ദ്രവ്യമാനമുള്ള രണ്ട് വസ്തുക്കൾ വച്ചിട്ടുണ്ട്. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രത്തിൽ കാണുന്ന P ബിന്ദുവിലെ ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡലം കണക്കാക്കുക.



നിർദ്ധാരണം

m_1 ബിന്ദുവിൽ P നാൽ ഏർപ്പെടുന്ന ഗുരുത്വാ കർഷണ മണ്ഡലം,

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

m_2 ബിന്ദുവിൽ p നാൽ ഏർപ്പെടുന്ന ഗുരുത്വാ കർഷണ മണ്ഡലം,

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

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

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

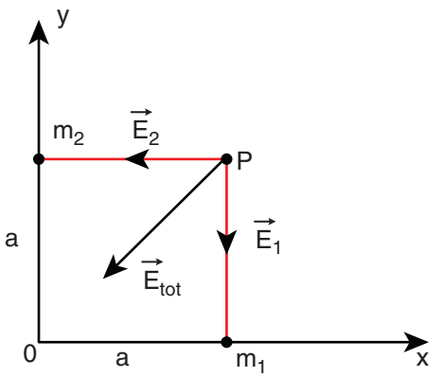
m_1 മറ്റും m_2 ന്റെ ആപേക്ഷിക മൂല്യങ്ങളിൽ നിന്ന് മൊത്ത ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡലത്തിന്റെ ദിശ നിർണ്ണയിക്കാം.

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 12 2/14/2023 11:02:24 AM

ഇപ്പോൾ $m_1 = m_2 = m$

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

($\hat{i}+\hat{j}=\hat{j}+\hat{i}$ സദിശങ്ങൾ (വെക്ടറുകൾ) കമ്മ്യൂട്ടേഷൻ നിയമം അനുസരിക്കുന്നു).

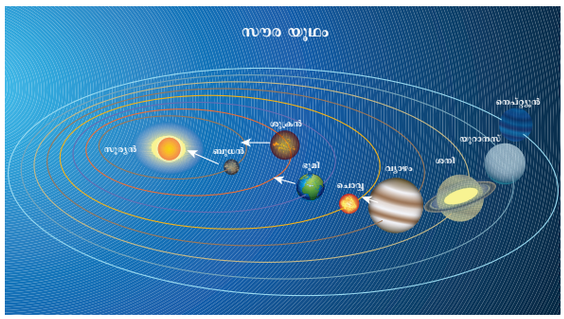


$\vec{E}_{\text{മൊത്തം}}$ - ത്തിന്റെ ദിശ ആധാരബിന്ദു O യുടെ ദിശയിലായിരിക്കും. $\vec{E}_{\text{മൊത്തം}}$ യുടെ അളവ് $\sqrt{2}\frac{Gm}{a^2}$ ആകുന്നു.

ഉദാഹരണം 6.4

സൗരയൂഥത്തിന്റെ ചിത്രം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ ചിത്രത്തിൽ നിന്നും ബുധൻ, ഭൂമി മറ്റും വ്യാഴം ഗ്രഹങ്ങളിന്മേൽ സൂര്യന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡലത്തിന്റെ സ്വഭാവം സൂചിപ്പിക്കുക.

ദൂരം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് ഗുരുത്വാകർഷണമണ്ഡലം കുറയുന്നതിനാൽ, സൂര്യൻ കാരണം വ്യാഴത്തിന് ദുർബലമായ ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡലം അനുഭവപ്പെടുന്നു. ബുധൻ സൂര്യനോട് അടുത്തുള്ളതിനാൽ ഏറ്റവും ശക്തമായ ഗുരുത്വാകർഷണമണ്ഡലം അനുഭവപ്പെടുന്നു.

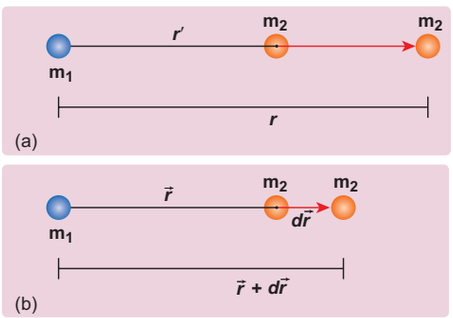


സൗര യൂഥം

6.2.3 ഗുരുത്വസ്ഥിതി കോർജ്ജം

സ്ഥിതികോർജ്ജത്തിന്റെ ആശയത്തെക്കുറിച്ചും അതിന്റെ ഭൗതീക അർത്ഥത്തെക്കുറിച്ചും അദ്ധ്യായം 4-ൽ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഗുരുത്വബലം എന്നത് ഒരു സംരക്ഷിത ബലമാണ്. ആയതിനാൽ ഈ സംരക്ഷണബലമണ്ഡലവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഗുരുത്വ സ്ഥിതികോർജ്ജം നിർവ്വചിക്കാം.

m_1 , m_2 द्रവ്യമാനങ്ങൾ തുടക്കത്തിൽ r' അകലത്തിൽ വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. m_1 द्रവ്യമാനം സ്ഥിരമായി അതിന്റെ സ്ഥാനത്ത് വയ്ക്കുക. द्रവ്യമാനം (പിണ്ഡം) m_2 നെ ചിത്രത്തിൽ 6.12(a) കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ r' അകലത്തിൽ നിന്നും r ൽ മാറ്റാൻ പ്രവർത്തി ചെയ്യേണ്ടതുണ്ട്.



ചിത്രം 6.12 രണ്ട് പിണ്ഡങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം

പിണ്ഡം m_2 നെ വളരെ ചെറിയ അകലം $d\vec{r}$ അതായത് $\vec{r}$ ൽ നിന്ന് $\vec{r}+d\vec{r}$ വരെ (ചിത്രം 6.12(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു) മാറ്റുന്നതിന് ബാഹ്യമായി പ്രവൃത്തി ചെയ്യേണ്ടതുണ്ട്. ഈ ചെറിയ പ്രവൃത്തിയെ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കും വിധം എഴുതാം

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

ഈ പ്രവൃത്തി ഗുരുത്വാകർഷണബലത്തിന് എതിരായി ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അതായത്,

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

സമീകരണം (6.22) നെ 6.21 ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ

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

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 13 2/14/2023 11:02:27 AM

Also we know,

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

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

$$r.\hat{r} = 1 \left(\text{രണ്ടും ഏകസദിശമായതിനാൽ}\right)$$

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

വസ്തുവിനെ r' ൽ നിന്ന് r വരെ സ്ഥാനമാറ്റം ചെയ്യുന്നതിനായി ചെയ്യപ്പെടുന്ന ആകെ പ്രവൃത്തി

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

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

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

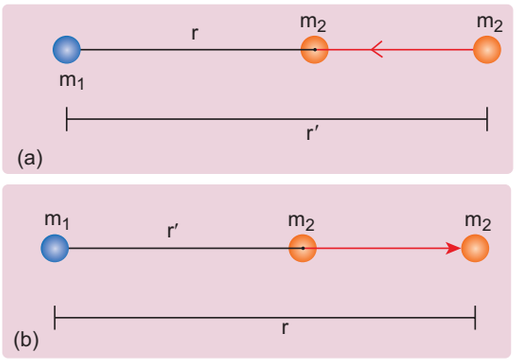
$$W = U\left(r\right) - U\left(r'\right)$$

ഇവിടെ $U\left(r\right) = \dfrac{-Gm_1m_2}{r}$

ഈ പ്രവൃത്തി W എന്നത് m_1 മറ്റും m_2 പിണ്ഡങ്ങൾ യഥാക്രമം r മറ്റും r' അകലത്തിൽ ആയിരിക്കുമ്പോൾ ആ വ്യൂഹത്തിന്റെ ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജ വ്യത്യാസം നൽകുന്നു.

ഘട്ടം 1: എങ്കിൽ $r < r'$

ഗുരുത്വബലം ഒരു ആകർഷണ ബലം ആയതിനാൽ m_2, m_1 നാൽ ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു. ആയതിനാൽ m_2 r' -ൽ r വരെ ബാഹ്യപ്രവൃത്തി കൂടാതെ ചലിക്കുന്നു (ചിത്രം 6.13). ഇവിടെ വ്യൂഹം അതിന്റെ ആന്തരികബലത്തെ വിനിയോഗിച്ച് പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ആയതിനാൽ ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി നെഗറ്റീവ് ആണെന്ന് പറയാം.



ചിത്രം 6.13 വ്യത്യസ്തഘട്ടത്തിൽ ഗുരുത്വബലത്തിനാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി കണക്കാക്കൽ

ഘട്ടം 2: എങ്കിൽ $r > r'$

r ൽ നിന്നും r' ലേക്ക് m -പിണ്ഡത്തെ മാറ്റുന്നതിന് ഗുരുത്വബലത്തിന് എതിരായി പ്രവൃത്തി ചെയ്യേണ്ടതുണ്ട്. (ചിത്രം 6.13 (b)) അതുകൊണ്ട് ബാഹ്യബലത്തിനാൽ വസ്തുവിന്മേൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ആയതിനാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി പോസിറ്റീവ് ആയിരിക്കും.

സ്ഥിതികോർജ്ജമാറ്റം എന്നത് ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിൽ ശ്രദ്ധേയമായ പങ്കുവഹിക്കുന്നു. ഇപ്പോൾ ഗുരുത്വ സ്ഥിതികോർജ്ജത്തെ നിർവ്വഹിക്കുന്നതിന് ഒരു ബിന്ദുവിനെ അടയാളബിന്ദുവായി തിരഞ്ഞെടുക്കുന്നു.

$r' = \infty$. എന്ന് തിരഞ്ഞെടുക്കുക. എന്നാൽ സമീകരണം (6.28) ലെ രണ്ടാമത്തെ ഭാഗം പൂജ്യമാകുന്നു.

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

r അകലത്തിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന m_1 , m_2 എന്ന രണ്ട് പിണ്ഡങ്ങൾ അടങ്ങിയ വ്യൂഹത്തിന്റെ ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജത്തെ m_2 പിണ്ഡത്തെ അനന്തതയിൽ നിന്നും r ദൂരത്തിൽ കൊണ്ടുവരുന്നതിന് ചെയ്ത പ്രവൃത്തിയ്ക്ക് സമം എന്ന് നിർവ്വചിക്കാം. ആയതിനാൽ ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജം. $U\left(r\right) = -\dfrac{Gm_1m_2}{r}$. r അകലത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന പിണ്ഡങ്ങൾ m_1 , m_2 ഉള്ള ഒരു വ്യൂഹത്തിന്റെ ഗുരുത്വ സ്ഥിതികോർജ്ജം എന്നത് അനന്തതയിലും r ദൂരത്തിലും ഈ പിണ്ഡങ്ങൾ ഉള്ളപ്പോൾ വ്യൂഹത്തിനുണ്ടായ ഗുരുത്വ സ്ഥിതികോർജ്ജങ്ങളുടെ വ്യത്യാസത്തിന് സമം. $U\left(r\right) = U\left(r\right) - U\left(\infty\right)$. ഇവിടെ $U\left(\infty\right) = 0$ യെ

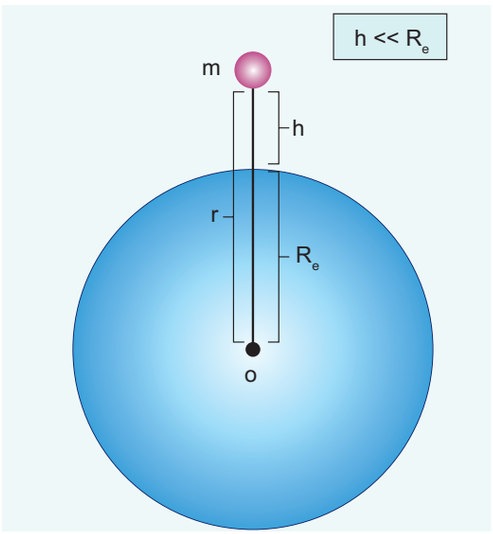
XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 14 2/14/2023 11:02:32 AM

അടയാള ബിന്ദുവായി തിരഞ്ഞെടുക്കാം. ഗുരുത്വ സ്ഥിതികോർജ്ജം എല്ലായ്പ്പോഴും നെഗറ്റീവ് ആയിരിക്കും. കാരണം രണ്ട് പിണ്ഡങ്ങൾ അനന്തതയിൽ നിന്നും സാവധാനത്തിൽ ഒത്തുചേരുമ്പോൾ വ്യൂഹത്തിനാൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെടുന്നു.

ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജം $U(r)$ ന്റെ മാത്രജൂൾ ഇത് സ്കെലാർ അളവു ആകുന്നു. ഗുരുത്വ സ്ഥിതികോർജ്ജം എന്നത് പിണ്ഡങ്ങളെയും, അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ദൂരത്തിനെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

6.2.4 ഭൗമോപരിതലത്തിന് സമീപത്തിലുള്ള ഗുരുത്വ സ്ഥിതികോർജ്ജം

ഇത് ഇതിനോടകം അദ്ധ്യായം 4-ൽ ചർച്ചചെയ്യപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഭൂമിയിലിരുന്ന് h ഉയരത്തിൽ ദ്രവ്യമാനം m ഉള്ള വസ്തുവിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന സ്ഥിതികോർജ്ജം mgh (ചിത്രം 6.14). ഇത് ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജത്തിന്റെ പൊതുവായ സമവാക്യം ഉപയോഗിച്ചും സാധൂകരിക്കാൻ കഴിയും.



ചിത്രം 6.14 ഭൂമിയുടെ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും r അകലത്തിൽ വച്ചിട്ടുള്ള പിണ്ഡം

ഭൂമിയും, പിണ്ഡവും ചേർന്ന ഒരു വ്യൂഹത്തെ കരുതുക. r എന്നത് ഭൂമിയുടെ കേന്ദ്രത്തിനും പിണ്ഡം m നും ഇടയിലുള്ള ദൂരം ആകുന്നു. എന്നാൽ ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജം,

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

ഇവിടെ $r = R_e + h$, R_e എന്നത് ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധവും h എന്നത് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നുള്ള ഉയരവും ആകുന്നു.

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

$h << R_e$, ആണെങ്കിൽ സമീകരണം (6.31) നെ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കും വിധം പരിഷ്കരിക്കാം

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

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

ബൈനോമിയൽ വിപുലീകരണം ഉപയോഗിക്കുകയും ഉയർന്ന ക്രമങ്ങളെ അവഗണിച്ചാൽ

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

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ പിണ്ഡം m ഉള്ളപ്പോൾ,

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

സമീകരണം (6.34) നെ (6.33) ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ,

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

മുകളിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സമവാക്യത്തിലെ ഒന്നാം ഭാഗം ഉയരം h നെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നില്ല എന്നത് വ്യക്തമാകുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന്

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 15 2/14/2023 11:02:33 AM

വസ്തുവിനെ h_1 ഉയരത്തിൽ നിന്ന് h_2 ലേക്ക് മാറ്റപ്പെടുമ്പോൾ h_1 ലെ സ്ഥിതികോർജ്ജം

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

h_2 ലെ സ്ഥിതികോർജ്ജം

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

h_1 നും h_2 നും ഇടയിലുള്ള സ്ഥിതികോർജ്ജ വ്യത്യാസം

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

സമീകരണം (6.36), (6.37) യിലുള്ള mgR_e സ്ഥിതികോർജ്ജ വ്യത്യാസം കണക്കാക്കുന്നതിൽ ഏതു വിധത്തിലുള്ള മാറ്റത്തെയും ഏർപ്പെടുത്തുന്നില്ല. ആയതിനാൽ സമീകരണം (6.35) ഒന്നാം ഭാഗത്തെ നീക്കം ചെയ്യുകയോ പൂജ്യമായി എടുക്കുകയോ ചെയ്യാം. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നും h ഉയരത്തിലുള്ള m ദ്രവ്യമാനമുള്ള വസ്തുവിൽ സംഭരിക്കുന്ന സ്ഥിതികോർജ്ജം $U = mgh$ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ $U = 0$, എന്തെന്നാൽ h പൂജ്യമാകുന്നു.

ഇവിടെ നാം ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടത് mgh എന്നത് m-പിണ്ഡത്തെ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും h- ഉയരത്തിലേക്ക് മാറ്റുമ്പോൾ വസ്തുവിന്മേൽ ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി ആകുന്നു. ഈ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി പിണ്ഡം m- ൽ ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജമായി ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നു. mgh എന്നത് (ഭൂമിയും, പിണ്ഡവും ചേർന്ന ഒരു) വ്യൂഹത്തിന്റെ ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജമാണെങ്കിലും mgh നെ പിണ്ഡം m ന്റെ ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജമായി എടുക്കാം. എന്തെന്നാൽ പിണ്ഡം m നെ h ഉയരത്തിലോട്ട് ചലിപ്പിക്കുമ്പോൾ ഭൂമി സ്ഥിരമായിരിക്കും.

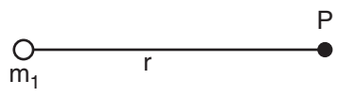
6.2.5 ഗുരുത്വ പൊട്ടൻഷ്യൽ V(r)

ഗുരുത്വമണ്ഡലം $\vec{E}$ മണ്ഡലം സൃഷ്ടിക്കുന്ന ഉറവിട പിണ്ഡത്തെ മാത്രം ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു എന്ന് കഴിഞ്ഞ ഭാഗങ്ങളിൽ വിവരിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഇത് ഒരു സദിശ അളവാണ്. ഇതുപോലെ ഉറവിട പിണ്ഡത്തെ മാത്രം ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്ന ഗുരുത്വ സ്ഥിതികോർജ്ജം എന്ന അദിശ അളവിനെയും നമുക്ക് നിർവ്വചിക്കാം.

പിണ്ഡത്തിനാൽ r ദൂരത്തിലുള്ള ഗുരുത്വ പൊട്ടൻഷ്യൽ, ഒരു യൂണിറ്റ് പിണ്ഡത്തെ അനന്തതയിൽ നിന്നും r ദൂരത്തിൽ കൊണ്ടുവരുന്നതിന് ആവശ്യമായ പ്രവൃത്തി എന്ന് നിർവ്വചിക്കാം. ഇതിനെ V(r) എന്ന് സൂചിപ്പിക്കാം. മറ്റൊരുതരത്തിൽ, r ദൂരത്തിലുള്ള ഗുരുത്വ പൊട്ടൻഷ്യൽ അതേ ദൂരത്തിൽ ഒരു യൂണിറ്റ് പിണ്ഡത്തിന്റെ ഗുരുത്വ സ്ഥിതികോർജ്ജത്തിന് സമം എന്ന് നിർവ്വചിക്കാം. ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജം ഒരു സ്കേലാർ അളവാണ്. ഇതിന്റെ മാത്ര $J\,kg^{-1}$

ഗുരുത്വപൊട്ടൻഷ്യൽ ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജത്തിൽ നിന്നും നിർണ്ണയിക്കാൻ കഴിയും. r അകലത്തിൽ വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്ന $U(r)$ ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജമുള്ള രണ്ട് പിണ്ഡങ്ങൾ m_1 മറ്റും m_2 നെ കരുതുക (ചിത്രം 6.15) m_1 ൽ നിന്നും r അകലത്തിലുള്ള ബിന്ദു P ൽ m_1 നാൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഗുരുത്വ പൊട്ടൻഷ്യൽ ലഭിക്കുന്നതിന് m_2 നെ 1കിലോഗ്രാം ന് തുല്യമാക്കുക (m_2 = 1കിലോഗ്രാം). r അകലത്തിൽ m_1 നാൽ ഏർപ്പെടുന്ന ഗുരുത്വപൊട്ടൻഷ്യൽ $V(r)$.

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

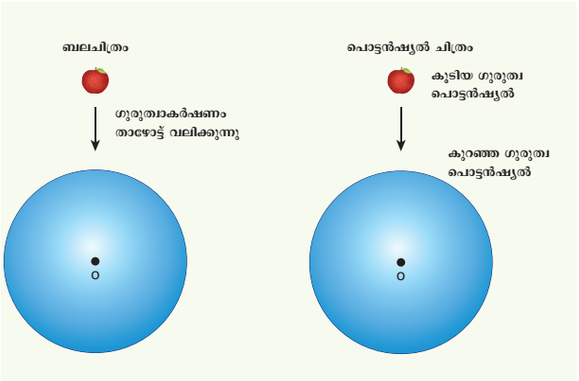


ചിത്രം 6.15 നിശ്ചിത അകലത്തിൽ വച്ചിട്ടുള്ള പോയിന്റ് പിണ്ഡം

ഗുരുത്വമണ്ഡലവും ഗുരുത്വബലവും സദിശ അളവുകളാണ്. ഗുരുത്വപൊട്ടൻഷ്യലും ഗുരുത്വ സ്ഥിതികോർജ്ജവും അദിശ (സ്കേലാർ) അളവുകളാണ്. സദിശ അളവുകളെക്കാളും അദിശ അളവുകളെ ഉപയോഗിച്ച് വസ്തുക്കളുടെ ചലനം വളരെ ലളിതമായി വിശകലനം ചെയ്യാൻ കഴിയും. ഉദാഹരണത്തിന് ആപ്പിൾ താഴോട്ട് വീഴുന്നത് കരുതുക:

ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്താൽ ആപ്പിൾ ഭൂമിയിലോട്ട് വീഴുന്നത് ചിത്രം 6.16-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഗുരുത്വ പൊട്ടൻഷ്യൽ $V(r)$ എന്ന ആശയം ഉപയോഗിച്ച് ഇതിനെ വിവരിക്കാൻ കഴിയും.

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 16 2/14/2023 11:02:35 AM



ചിത്രം 6.16 ഗുരുത്വാകർഷണത്താൽ ആപ്പിൾ സ്വതന്ത്രമായി താഴോട്ടും പതിക്കുന്നു

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും h ഉയരത്തിലുള്ള ബിന്ദുവിൽ ഗുരുത്വ പൊട്ടൻഷ്യൽ $V(r)$,

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

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ഗുരുത്വ പൊട്ടൻഷ്യൽ $V(r)$,

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

മേൽപ്പറഞ്ഞ സമീകരണങ്ങളിൽ നിന്നും

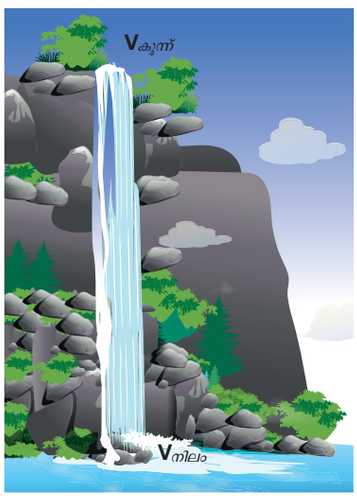
$$V(r=R)<V(r=R+h). \qquad (6.42)$$

ഭൗമോ പരിതലത്തിന് സമീപത്തുള്ള h ഉയരത്തിലെ ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജം mgh ആണെന്ന് കഴിഞ്ഞ ഭാഗത്ത് ചർച്ച ചെയ്യപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഈ ബിന്ദുവിലെ ഗുരുത്വപൊട്ടൻഷ്യലിനെ $V(h)=U(h)/m = gh$. എന്ന് ലളിതമായി എഴുതാം. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ h പൂജ്യമായതിനാൽ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലെ ഗുരുത്വ സ്ഥിതികോർജ്ജവും പൂജ്യമാകുന്നു. ഇതിനാലാണ് ആപ്പിൾ അധിക ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജമുള്ള ഭാഗത്തു നിന്നും കുറഞ്ഞ ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജമുള്ള ഭാഗത്ത് വീഴുന്നത്. സാധാരണയായി പിണ്ഡം ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജം കൂടിയ ഭാഗത്തു നിന്നും ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജം കുറഞ്ഞ ഭാഗത്തോട്ട് പോകുന്നു.

ഉദാഹരണം 6.5

ഒരു കുന്നിൻ മുകളിൽ നിന്നും താഴോട്ട് (നിലത്തേക്ക്) വെള്ളം വീഴുന്നു. എന്തുകൊണ്ട്?

ഇതിനു കാരണം കുന്നിൻ മുകളിൽ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനേക്കാൾ ഉയർന്ന ഗുരുത്വാകർഷണ പൊട്ടൻഷ്യൽ ഉള്ള ഭാഗമാണ്. അതായത് $V_{\text{കുന്ന്}} > V_{\text{നിലം}}$

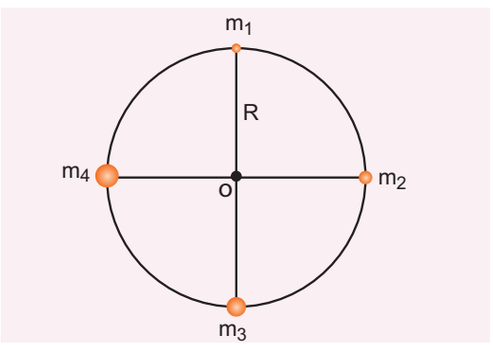


കുന്നിൻ മുകളിൽ നിന്നും വെള്ളം വീഴുന്നത്

$\vec{F}$ അല്ലെങ്കിൽ $\vec{E}$ പോലുള്ള സദിശ അളവുകളെക്കാൾ $U(r)$ അല്ലെങ്കിൽ $V(r)$ പോലുള്ള അദിശ (സ്കേലാർ) അളവുകളെ ഉപയോഗിച്ച് കണികകളുടെ ചലനം വളരെ ലളിതമായി വിശകലനം ചെയ്യാൻ കഴിയും. ഭൗതീക ശാസ്ത്രത്തിന്റെ ആധുനിക സിദ്ധാന്തങ്ങളിൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ എന്ന ആശയം ഒരു പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 6.6

താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ നാല് പിണ്ഡങ്ങൾ m_1, m_2, m_3, m_4 തുടങ്ങിയവ ഒരു വൃത്തത്തിന്റെ പരിധിയിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു എന്ന് കരുതുക



XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 17 2/14/2023 11:02:39 AM

(a) ചിത്രത്തിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന 4 പിണ്ഡങ്ങളുടെ വ്യൂഹത്തിന്റെ ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജവും.

(b) 4 പിണ്ഡങ്ങളാലും O ബിന്ദുവിലുണ്ടാകുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണ പൊട്ടൻഷ്യലും കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

ഓരോ ജോഡി കണങ്ങളുടെയും ഗുരുത്വ സ്ഥിതികോർജ്ജസങ്കലനത്തിൽ നിന്നും ആ വ്യൂഹത്തിന്റെ ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജം $U(r)$ കണക്കാക്കാൻ സാധിക്കും.

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

ഇവിടെ r_{12}, r_{13} ... ഒരു ജോഡി കണങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരമാകുന്നു.

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

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

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

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

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

എല്ലാ പിണ്ഡങ്ങളും തുല്യമാണെങ്കിൽ $m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = M$

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

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

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

O ബിന്ദുവിലെ ഗുരുത്വാകർഷണ പൊട്ടൻഷ്യൽ V(r) എന്നത് ഓരോ പിണ്ഡങ്ങളാലും ഉണ്ടാകുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണ പൊട്ടൻഷ്യലിന്റെ ആകെ തുകയ്ക്ക് തുല്യമാണ്. എന്തെന്നാൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ ഒരു സ്കേലാർ ആയതിനാൽ O ബിന്ദുവിലെ ആകെ പൊട്ടൻഷ്യൽ ഓരോ പിണ്ഡം മൂലം ഉണ്ടാകുന്ന പൊട്ടൻഷ്യലിന്റെ ബീജഗണിത സങ്കലനം ആകുന്നു.

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

If $m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = M$

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

6.3 ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം

ഒരു വസ്തു ഭൂമിയിലോട്ട് വീഴുമ്പോൾ, വസ്തുവിന്റെ ത്വരണം ഭൂമിയിലോട്ടായിരിക്കും. ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം നിയമപ്രകാരം, ബലത്തിന്റെ പ്രവർത്തിയാൽ മാത്രമാണ് വസ്തു ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നത്. ഭൂമിയുടെ കാര്യത്തിൽ ഈ ബലം ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണമാണ്. ഈ ബലം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനടുത്തായി എല്ലാ വസ്തുക്കളിലും സ്ഥിരമായ ത്വരണം ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനടുത്തായി ഭൂമി ചെലുത്തുന്ന ഗുരുത്വാ കർഷണ ബലം

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

ഗുരുത്വാ കർഷണ ബലത്തെ ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം നിയമവുമായി ഏകീകരിക്കുമ്പോൾ,

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 18 2/14/2023 11:02:43 AM

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

ആയതിനാൽ ത്വരണം,

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

ഗുരുത്വാ കർഷണത്തിനാൽ ഭൂമിയുടെ ഉപ രിതലത്തിനടുത്തുള്ള വസ്തുവിന് അനുഭവപ്പെ ടുന്ന ത്വരണത്തെ ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം എന്ന് വിളി ക്കുന്നു. ഇതിനെ g എന്ന ചിഹ്നം കൊണ്ട് സൂചി പ്പിക്കുന്നു. ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണത്തിന്റെ മൂല്യം

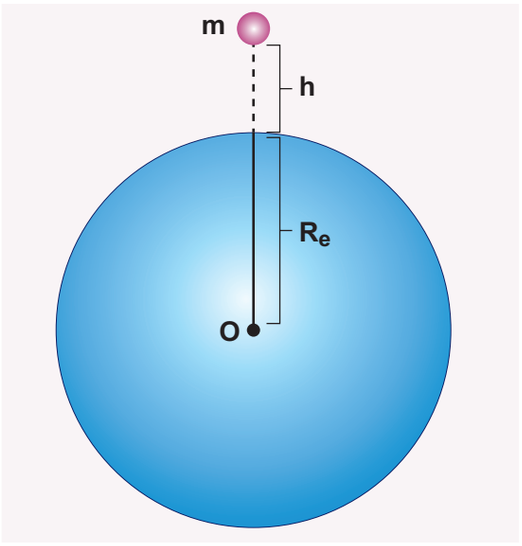
$$|g| = g = \frac{GM_e}{R_e^{\,2}}. \qquad (6.44)$$

ഏതൊരു വസ്തുവിനും അനുഭവപ്പെടുന്ന ത്വരണം അതിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തെ ആശ്രയിക്കു ന്നില്ല എന്നത് ശ്രദ്ധിക്കുക. g യുടെ മൂല്യം ഭൂമി യുടെ ദ്രവ്യമാനത്തെയും അതിന്റെ വ്യാസാർദ്ധ ത്തെയും മാത്രം ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഭൂമിയി ലോട്ട് വീഴുന്ന എല്ലാ വസ്തുക്കളും ഒരേ ത്വരണ ത്തിലായിരിക്കും എന്ന് ഗലീലിയോ 400 വർഷ ങ്ങൾക്കു മുമ്പ് വിവിധ പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ഭൂമദ്ധ്യ രേഖയ്ക്ക് സമീപം ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം $9.8\ \mathrm{m\,s^{-2}}$ ആകുന്നു.

6.3.1 ഉയരം, ആഴം, അക്ഷാംശം എന്നിവയിലെ g-ന്റെ വ്യതിയാനം

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും h ഉയര ത്തിൽ m ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഒരു വസ്തുവിനെ കരുതുക. ഭൂമി കാരണം വസ്തുവിനുണ്ടാകുന്ന ത്വരണം

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



ചിത്രം 6.17(a) ഭൂമിയുടെ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും h ഉയരത്തിലുള്ള വസ്തു

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

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

$h \ll R_e$ ആണെങ്കിൽ

ബൈനോമിയൽ വിപുലീകരണം ഉപയോഗിക്കാൻ കഴിയും. ഒന്നാം ക്രമത്തെ മാത്രം എടുക്കുക

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

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

ഇതിൽ നിന്നും $g' < g$ എന്ന് കാണുക. ഉയരം h വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം g കുറ യുന്നു എന്നതാണ് ഇത് അർത്ഥമാക്കുന്നത്.

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 19 2/14/2023 11:02:45 AM

ഉദാഹരണം 6.7

1. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന രണ്ട് നിഗമനങ്ങൾക്ക് g യുടെ മൂല്യം കണക്കാക്കുക:

   (a) 15 മീറ്റർ ഉയരത്തിൽ നിന്നും ½ kg ദ്രവ്യമാനമുള്ള മാമ്പഴം താഴോട്ടു വീഴുന്നു. താഴോട്ട് വീഴാൻ തുടങ്ങുമ്പോൾ അതിന്റെ ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം എന്താണ് ?

നിർദ്ധാരണം

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

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

$$g' = 9.8\left(1 - 0.469\times 10^{-5}\right)$$

എന്നാൽ $1 - 0.00000469 \cong 1$

അതുകൊണ്ട് $g' = g$

   (b) ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും 1600 km ഉയരത്തിൽ ഒരു ഉപഗ്രഹം ഭൂമിയെ ചുറ്റിവരുന്നതായി സങ്കൽപ്പിക്കുക. ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്താൽ ഉപഗ്രഹത്തിന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ത്വരണം കാണുക?

നിർദ്ധാരണം

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

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

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

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

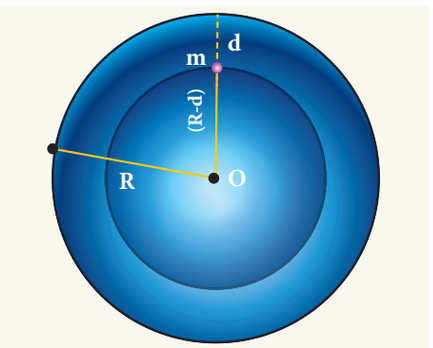
മേൽപ്പറഞ്ഞ രണ്ട് നിഗമനങ്ങളിൽ നിന്നും ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനടുത്തായുള്ള g യുടെ മൂല്യം സ്ഥിരമാണെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം.

കുറിപ്പ്

സമീകരണം 6.46-ൽ $h = R_e$ എന്ന് പ്രസ്താവിക്കാനാകുമോ? ഇല്ല. എന്തെന്നാൽ $h << R_e$ എന്ന അനുമാനത്തിലാണ് സമീകരണം (6.46) നമുക്ക് ലഭിച്ചത്. ആയതിനാൽ $h = R_e$ എന്ന് സമീകരണം 6.45 -ൽ പ്രസ്താവിക്കാനാകും.

ആഴത്തിൽ g യുടെ വ്യതിയാനം :

ഭൂമിയുടെ ആഴഖനിയിലുള്ള ദ്രവ്യമാനം m ഉള്ള ഒരു വസ്തുവിനെ കരുതുക. (ഉദാഹരണത്തിന് നെയ്വേലിയിലെ ഖനി). ഖനിയുടെ ആഴം d എന്ന് കരുതുക. ആഴം d ൽ g' കണക്കാക്കുന്നതിന് താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പോയിന്റുകൾ പരിഗണിക്കുക.



ചിത്രം 6.17(b) ഖനിയിലെ വസ്തു

$(R_e - d)$ വ്യാസാർദ്ധത്തിന് മുകളിലായുള്ള ഭൂമിയുടെ ഭാഗം ത്വരണത്തിന് ഏതൊരു വിധത്തിലുള്ള പങ്കും വഹിക്കുന്നില്ല. കഴിഞ്ഞ ഭാഗങ്ങളിൽ വ്യക്തമാക്കിയ ഫലങ്ങളിൽ നിന്നും

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

ഇവിടെ M' ഭൂമിയുടെ ദ്രവ്യമാനവും $\left(R_e - d\right)$ ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധവുമാകുന്നു

ഭൂമിയുടെ സാന്ദ്രത ρ സ്ഥിരമാണെന്ന് സങ്കൽപ്പിക്കുക,

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

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 20 2/14/2023 11:02:48 AM

ഇവിടെ M എന്നത് ഭൂമിയുടെ ദ്രവ്യമാനവും V വ്യാപ്തവും ആകുന്നു,

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

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

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

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

സമീകരണം (6.49) -നെ (6.47) ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ

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

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

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

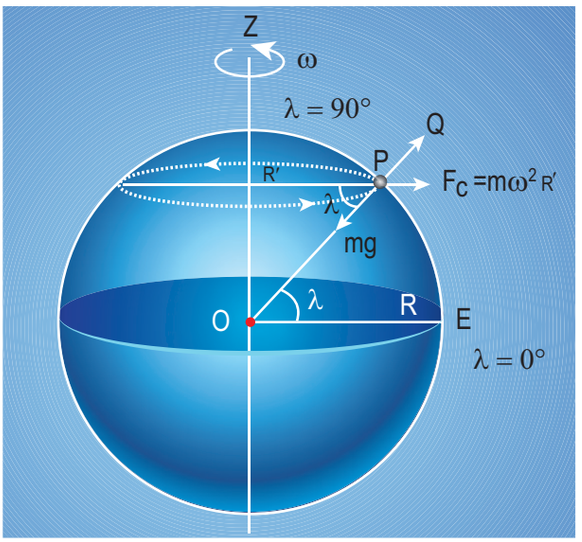
അതായത്

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

ഇവിടെയും $g' < g$ ഇതിൽ നിന്നും ശ്രദ്ധേയമായ കാര്യം ആഴം വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ g' കുറയുന്നു. ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ പരമാവധിയായിരിക്കും. എന്നാൽ മുകളിലോട്ടോ, താഴോട്ടോ പോകുമ്പോൾ കുറയുന്നു.

അക്ഷാംശത്തിൽ g യുടെ വ്യതിയാനം :

ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന ഫ്രെയിമിലെ വസ്തുക്കളുടെ ചലനം വിശകലനം ചെയ്യുമ്പോഴെല്ലാം നാം അപകേന്ദ്രബലം കണക്കിലെടുക്കണം (3-ാം അദ്ധ്യായത്തിൽ വിശദീകരിച്ചിരിക്കുന്നു) സാധാരണയായി ഭൂമിയെ ഒരു നിഷ്ക്രിയ ഫ്രെയിമായി കണക്കാക്കുന്നുണ്ടെങ്കിലും അത് കൃത്യമായി ശരിയല്ല, കാരണം ഭൂമി സ്വന്തം അച്ചുതണ്ടിൽ കറങ്ങുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഒരു വസ്തു ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലായിരിക്കുമ്പോൾ അത് ഭൂമിയിലെ വസ്തുവിന്റെ അക്ഷാംശത്തെ ആശ്രയിക്കുന്ന ഒരു അപകേന്ദ്രബലം അനുഭവിക്കുന്നു. ഭൂമി കറങ്ങുന്നില്ലെങ്കിൽ വസ്തുവിലെ ബലം mg എന്നിരുന്നാലും വസ്തുവിന് ഭൂമിയുടെ കറങ്ങലിന്റെ ഫലമായി ഒരു അപകേന്ദ്രബലം കൂടി അനുഭവപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 6.18 അക്ഷാംശത്തിൽ g യുടെ വ്യതിയാനം

അപകേന്ദ്ര ബലം $m\omega^2 R'$.

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

ഇവിടെ λ അക്ഷാംശം ആകുന്നു. വസ്തുവിന്മേൽ g ക്ക് എതിർദിശയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന അപകേന്ദ്രത്വരണത്തിന്റെ ഘടകം

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

എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ $R' = R\cos\lambda$

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 21 2/14/2023 11:02:51 AM

അതുകൊണ്ട്,

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

സമവാക്യം (6.52) ൽ നിന്ന് ഭൂമദ്ധ്യരേഖയിൽ $\lambda = 0;\ g' = g - \omega^2 R$ എന്ന് അനുമാനിക്കാം. ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം കുറവായിരിക്കും. ധ്രുവങ്ങളിൽ $\lambda = 90°;\ g' = g$ ഇത് പരമാവധി ആയിരിക്കും. ഭൂമദ്ധ്യരേഖയിൽ g' കുറവായിരിക്കും.

ഉദാഹരണം 6.8

നമ്മുടെ സ്കൂൾ പരീക്ഷണ ശാലയിലെ g' ന്റെ മൂല്യം കണ്ടുപിടിക്കുക?

നിർദ്ധാരണം

സ്കൂൾ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന നഗരത്തിന്റെ അല്ലെങ്കിൽ ഗ്രാമത്തിന്റെ അക്ഷാംശം കണ്ടുപിടിക്കുക. ഗൂഗിൾ തേടലിൽ വിവരം ലഭ്യമാണ്. ഉദാഹരണത്തിന് ചെന്നൈയിലെ അക്ഷാംശം ഏകദേശം 13 ഡിഗ്രി ആകുന്നു.

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

ഇവിടെ $\omega^2 R = (2\text{x}3.14/86400)^2\,\text{x}\,(6400\text{x}10^3)$ $= 3.4\text{x}10^{-2}\ \text{m s}^{-2}$.

ഇവിടെ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടത് λ യുടെ മൂല്യം റേഡിയനിലായിരിക്കും ഡിഗ്രിയിൽ അല്ല. 13 ഡിഗ്രി എന്നത് 0.2268 റേഡിയനിന് തുല്യമാണ്.

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

$$g' = 9.7677\ \text{m s}^{-2}$$

ചിന്തിക്കാനുള്ള പോയിന്റുകൾ

നിങ്ങൾ ഒരേ അക്ഷാംശത്തിൽ കിഴക്ക് - പടിഞ്ഞാറോട്ട് നീങ്ങുന്നുവെന്ന് കരുതുക g' ന്റെ മൂല്യം മാറുമോ ?

6.4 പലായന വേഗതയും പരിക്രമണ വേഗതയും

ഹൈഡ്രജനും ഹീലിയവും പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഏറ്റവും സമൃദ്ധമായികാണുന്ന മൂലകങ്ങളാണെങ്കിലും, ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷത്തിൽ പ്രധാനമായും നൈട്രജനും, ഓക്സിജനും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഹൈഡ്രജനും ഹീലിയവും സമൃദ്ധമായി കാണാത്തതിന്റെ കാരണം ഇനിപ്പറയുന്നതിൽ നിന്നും വ്യക്തമാകും. ഒരു വസ്തുവിനെ ചില പ്രാരംഭ വേഗതയിൽ മുകളിലോട്ട് എറിയുമ്പോൾ അത് ഭൂമിയിലോട്ട് വീഴുന്നതിന് മുമ്പായി ഒരു നിശ്ചിത ഉയരത്തിൽ എത്തുന്നു. അതേ വസ്തുവിനെ വീണ്ടും ഉയർന്ന വേഗതയിൽ എറിയുകയാണെങ്കിൽ അത് മുൻപത്തേതിനേക്കാൾ വലിയ ഉയരത്തിൽ എത്തി ഭൂമിയിലേക്ക് വീഴുന്നു. ഒരു വസ്തുവിനെ ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണത്തിൽ നിന്ന് രക്ഷപ്പെടുന്നതും ഒരിക്കലും തിരിച്ചുവരാതിരിക്കുന്നതിനുമായിലംബമായി മുകളിലോട്ട് എറിയുന്ന വേഗത എന്താണ്? എന്ന ചോദ്യത്തിലേക്ക് നയിക്കുന്നു. ഈ വേഗതയെ പലായനവേഗത എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഒരു വസ്തുവിന് ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണത്തിൽ നിന്ന് പലായനം ചെയ്യുന്നതിന് ആവശ്യമായ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ വേഗത എന്ന് ഇതിനെ നിർവ്വചിക്കാം.

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ M ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഒരു വസ്തുവിനെ കരുതുക ഇതിനെ v_i എന്ന പ്രാരംഭ വേഗതയിൽ മുകളിലോട്ട് എറിയുമ്പോൾ മൊത്ത പ്രാരംഭ ഊർജ്ജം

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

ഇവിടെ M_E എന്നത് ഭൂമിയുടെ ദ്രവ്യമാനവും R_E ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധവുമാകുന്നു. $-\dfrac{GMM_E}{R_E}$ പിണ്ഡം M ന്റെ സ്ഥിതികോർജ്ജമാകുന്നു.

വസ്തു ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും വളരെ അകലത്തിൽ എത്തുകയാണെങ്കിൽ ആ ദൂരം അനന്തമായി കണക്കാക്കാം. അനന്തതയിൽ വസ്തുവിന്റെ ഗുരുത്വസ്ഥിതി കോർജ്ജം $[U(\infty) = 0]$ മറ്റും ഗതികോർജ്ജം പൂജ്യമാകുന്നു. ആയതിനാൽ വസ്തുവിന്റെ മൊത്ത ഊർജ്ജവും പൂജ്യമാകുന്നു. പലായനം ചെയ്യുന്നതിന് വേണ്ടിയുള്ള കുറഞ്ഞ ഊർജ്ജവും കുറഞ്ഞ വേഗതയും ഇതാകുന്നു. അല്ലെങ്കിൽ ഗതികോർജ്ജം പൂജ്യമാകുന്നില്ല.

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 22 2/14/2023 11:02:54 AM

$$E_f = 0$$

ഊർജ്ജ സംരക്ഷണ നിയമപ്രകാരം,

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

(6.53) യെ (6.54) ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ,

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

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

പലായന വേഗതയെന്നത് ഒരു വസ്തുവിന് ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വമണ്ഡലത്തിൽ നിന്നും രക്ഷപ്പെടുന്നതിന് ആവശ്യമായ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ വേഗത ആകുന്നു. v_i യെ v_e ആയി മാറ്റിയാൽ,

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

$$v_e^2 = \frac{GMM_E}{R_E}.\frac{2}{M}$$

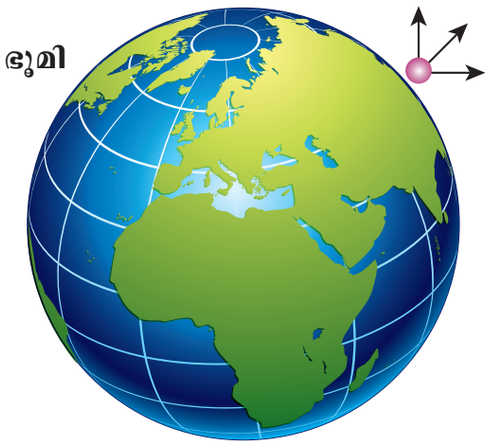
$$v_e^2 = \frac{2GM_E}{R_E}$$

$g = \frac{GM_E}{R_E^2}$ എന്ന് ഉപയോഗപ്പെടുത്തിയാൽ,

$$v_e^2 = 2gR_E$$

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

Fസമീകരണം (6.56) ൽ നിന്നും പലായന വേഗത രണ്ട് ഘടകങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു: ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണത്തെയും ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധത്തെയും. ഇത് വസ്തുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തെ പൂർണ്ണമായും ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. g ($9.8\ m\,s^{-2}$), $R_e = 6400\,km$ തുടങ്ങിയ മൂല്യങ്ങൾ പ്രസ്താവിച്ചാൽ ഭൂമിയുടെ പലായനവേഗത $v_e = 11.2\,km\,s^{-1}$ ആകുന്നു. പലായനവേഗത വസ്തു എറിയപ്പെടുന്ന ദിശയെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. ഒരു വസ്തു ലംബമായോ അല്ലെങ്കിൽ തിരശ്ചീനമായോ അതുമല്ലെങ്കിൽ ഒരു നിശ്ചിതകോണിൽ എറിയപ്പെട്ടാലോ ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണത്തിൽ നിന്നും അത് രക്ഷപ്പെട്ട് ചെല്ലുന്നതിനുള്ള പലായന വേഗത മാറുന്നില്ല. ഇത് ചിത്രം 6.19-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 6.19 പലായന വേഗത എറിയപ്പെടുന്ന കോണിനെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല

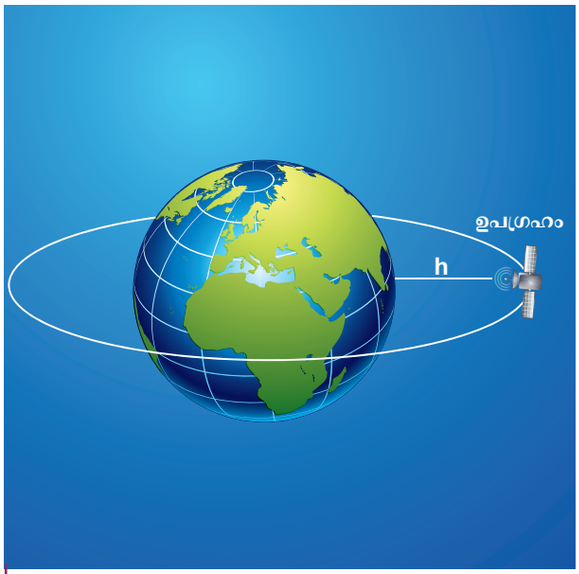
ഭാരം കൂടിയ തന്മാത്രകളായ നൈട്രജൻ, ഓക്സിജൻ തുടങ്ങിയവയെക്കാൾ ഭാരം കുറഞ്ഞ തന്മാത്രകളായ ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം തുടങ്ങിയവയ്ക്ക് ഭൂമിയിൽ നിന്നും പലായനം ചെയ്യുന്നതിന് ആവശ്യമായ വേഗതയുണ്ട്. (ഭൂമിയുടെ പലായനവേഗതയുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുന്ന ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം തുടങ്ങിയവയുടെ ശരാശരി വേഗത അദ്ധ്യായം 9, വാതകങ്ങളുടെ ഗതികസിദ്ധാന്തത്തിൽ അവതരിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു).

6.4.1 ഉപഗ്രഹങ്ങൾ, പരിക്രമണ വേഗത, ഭ്രമണകാലം

ഭൂമിയുടെ ഏതു ഭാഗത്തുള്ളവരോടും ആശയവിനിമയം നടത്തുന്നതിന് കഴിയുന്ന അതിനവീന സാങ്കേതികവിദ്യകളുള്ള നവീനയുഗത്തിലാണ് നാം ഇന്ന് ജീവിക്കുന്നത്. ഈ പുരോഗമനത്തിന് കാരണം സൗരയൂഥത്തെ കുറിച്ചുള്ള മനസ്സിലാക്കൽ ആണ്. ഭൂമിയെ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്ന ഉപഗ്രഹങ്ങളെ പ്രധാനമായും ആശയവിനിമയത്തിന് ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 6.20). ഭൂമിയെ ചുറ്റി വരുന്ന ഉപഗ്രഹങ്ങൾ സൂര്യനെ ചുറ്റി വരുന്ന ഗ്രഹങ്ങളെ പോലെയാണ്. ആയതിനാൽ കെപ്ലറുടെ നിയമങ്ങൾ കൃത്രിമ ഉപഗ്രഹങ്ങൾക്കും യോജിച്ചതാണ്.

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 23 2/14/2023 11:02:57 AM

ദ്രവ്യമാനം M ഉള്ള ഉപഗ്രഹം ഭൂമിയെ ചുറ്റി വരുന്നതിന് ആവശ്യമായ അഭികേന്ദ്രബലത്തെ ഭൂമിയുടെ ഭൂഗുരുത്വാകർഷണബലം നൽകുന്നു.



ചിത്രം 6.20 ഉപഗ്രഹം ഭൂമിയെ ചുറ്റി വരുന്നു.

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

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

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

h വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ, ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ വേഗത കുറയുന്നു.

ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ പരിക്രമണകാലം :

ഉപഗ്രഹം അതിന്റെ പാതയിൽ ഒരു പരിക്രമണം പൂർത്തിയാകുമ്പോൾ സഞ്ചരിച്ച ദൂരം $2\pi(R_E+h)$ ഒരു പരിക്രമണത്തിന് അത് എടുക്കുന്ന സമയത്തെ പരിക്രമണകാലം, T ആകുന്നു. എന്നാൽ

$$\text{വേഗത } v = \frac{\text{സഞ്ചരിക്കപ്പെട്ട ദൂരം}}{\text{എടുക്കുന്ന സമയം}} = \frac{2\pi(R_E+h)}{T}$$

സമീകരണം (6.58) ൽ നിന്ന്

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

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

സമീകരണം (6.60), ന്റെ ഇരുവശവും വർഗ്ഗീകരിക്കുമ്പോൾ

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

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

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

സമീകരണം (6.61) ൽ നിന്നും ഭൂമിയെ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്ന ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ സമയത്തിനും ദൂരത്തിനുമിടയിലുള്ള ബന്ധം ഗ്രഹചലനത്തിന്റെ കെപ്ലറുടെ നിയമത്തിന് തുല്യമാണ്. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനടുത്തായി പരിക്രമണം ചെയ്യുന്ന ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ ഉയരം h ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധവുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ ഒഴിവാക്കാവുന്നതാണ് R_E. എന്നാൽ,

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

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

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

എന്തെന്നാൽ $\dfrac{GM_E}{R_E^2} = g$

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

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 24 2/14/2023 11:03:01 AM

$R_E = 6.4 \times 10^6$ മീ, g = 9.8 $m\,s^{-2}$, തുടങ്ങിയ മൂല്യങ്ങളെ പ്രസ്താവിച്ചാൽ പരിക്രമണകാലം T ≅ 85 മിനിട്ടുകൾ എന്ന് ലഭിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 6.9

ഭൂമിയുടെ ഉപഗ്രഹമായ ചന്ദ്രൻ ഭൂമിയെ 27 ദിവസത്തിലൊരിക്കൽ ചുറ്റിവരുന്നു. ചന്ദ്രന്റെ ഭ്രമണപഥത്തെ വൃത്താകാരപാതയായി കരുതി ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും ചന്ദ്രന്റെ ദൂരം കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

കെപ്ലറുടെ മൂന്നാമത്തെ നിയമം ഉപയോഗിച്ച്,

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

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

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

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

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

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

ഇവിടെ h എന്നത് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നുമുള്ള ചന്ദ്രന്റെ ദൂരം ആകുന്നു,

R_E – ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം = 6.4×10^6 മീ

M_E – ഭൂമിയുടെ ദ്രവ്യമാനം = 6.02×10^{24} കി.ഗ്രാം

G – സാർവ്വിക ഗുരുത്വ സ്ഥിരാങ്കം

$$= 6.67 \times 10^{-11} \frac{\mathrm{Nm}^2}{\mathrm{kg}^2}$$

ഈ മൂല്യങ്ങൾ പ്രസ്താവിച്ചാൽ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നുമുള്ള ചന്ദ്രന്റെ ദൂരം 3.77×10^5 km എന്ന് കണക്കാക്കാം.

6.4.2 പരിക്രമണം ചെയ്യുന്ന ഒരു ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ ഊർജ്ജം

ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നും h ഉയരത്തിൽ ഭൂമിയെ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്ന ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ മൊത്ത ഊർജ്ജം താഴെ കൊടുത്തിരിക്കും വിധം കണക്കാക്കുന്നു. ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ മൊത്ത ഊർജ്ജം എന്നത് ഗതികോർജ്ജത്തിന്റെയും ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജത്തിന്റെയും ആകെത്തുകയാകുന്നു. ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ സ്ഥിതികോർജ്ജം,

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

ഇവിടെ M_s - ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം, M_E - ഭൂമിയുടെ ദ്രവ്യമാനം, R_E - ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം.

ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ ഗതികോർജ്ജം

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

ഇവിടെ v ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ പരിക്രമണ വേഗത ആകുന്നു

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

v യുടെ മൂല്യത്തെ (6.64), ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ, ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ ഗതികോർജ്ജം,

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

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 25 2/14/2023 11:03:05 AM

ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ മൊത്ത ഊർജ്ജം

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

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

മൊത്ത ഊർജ്ജത്തിലെ നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം ഉപഗ്രഹം ഭൂമിയുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നുവെന്നും അതിന് ഭൂമിയിൽ നിന്നും വിട്ടുചെല്ലുന്നതിന് കഴിയില്ല എന്നതിനെയും സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

h, ∞, വിലേക്ക് അടുക്കുമ്പോൾ മൊത്ത ഊർജ്ജം പൂജ്യമാകുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന്റെ സ്വാധീനത്തിൽ നിന്ന് ഉപഗ്രഹം പൂർണമായും സ്വതന്ത്രമാണെന്നും വലിയ ദൂരങ്ങളിൽ ഇത് ഭൂമിയുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടില്ല എന്നതുമാണ് ഇതിന്റെ ഭൗതീക അർത്ഥം.

ഉദാഹരണം 6.10

(i) ഭൂമിയെ ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന ചന്ദ്രൻ (ii) സൂര്യനെ ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന ഭൂമി തുടങ്ങിയവയുടെ ഊർജ്ജം കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

ചന്ദ്രന്റെ ഭ്രമണപഥത്തെ വൃത്താകാരപാതയായി സങ്കൽപിച്ചാൽ ചന്ദ്രന്റെ ഊർജ്ജം,

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

ഇവിടെ M_E എന്നത് ഭൂമിയുടെ ദ്രവ്യമാനം 6.02×10^{24} കി.ഗ്രാം ; M_m ചന്ദ്രന്റെ ദ്രവ്യമാനം 7.35×10^{22} കി.ഗ്രാം ; R_m ചന്ദ്രനും ഭൂമിയ്ക്കും ഇടയിലുള്ള ദൂരം $3.84 \times 10^5 km$ കി.മീ ഗുരുത്വ സ്ഥിരാങ്കം

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{N m}^2 \text{kg}^{-2}.$$

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

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

$$E_m = -38.42 \times 10^{27} \text{ ജൂൾ}$$

ഇവിടെ നെഗറ്റീവ് ഊർജ്ജം ചന്ദ്രൻ ഭൂമിയുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതിനെ കുറിക്കുന്നു.

ഭൂമിയുടെ ഊർജ്ജവും നെഗറ്റീവ് എന്നതിനെ ഇതേ മാർഗ്ഗം ഉപയോഗിച്ച് തെളിയിക്കാം.

6.4.3 ഭൂസ്ഥിര ഉപഗ്രഹങ്ങളും ധ്രുവീയ ഉപഗ്രഹങ്ങളും

ഭൂമിയെ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്ന ഉപഗ്രഹങ്ങൾക്ക് വ്യത്യസ്ത പരിക്രമണ ദൂരങ്ങളുമായി യോജിക്കുന്ന വ്യത്യസ്ത പരിക്രമണ കാലങ്ങളുണ്ട്. ഒരു ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ പരിക്രമണകാലം 24 മണിക്കൂറാണെങ്കിൽ പരിക്രമണ ദൂരം കണക്കാക്കാൻ കഴിയുമോ?

പരിക്രമണ ദൂരം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് കെപ്ലറുടെ മൂന്നാം നിയമം ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു.

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

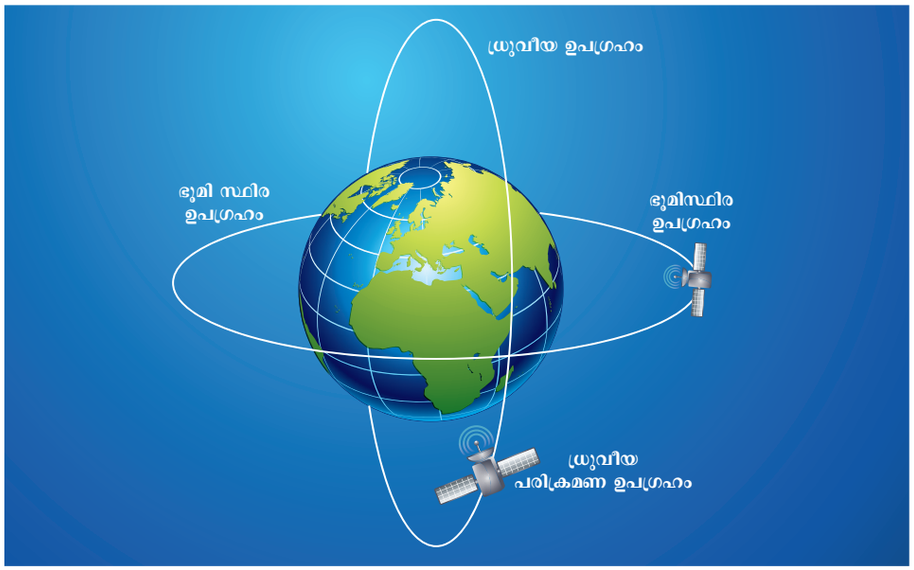
$$(R_E + h)^3 = \frac{GM_E T^2}{4\pi^2}$$

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

പരിക്രമണകാലം (24 മണിക്കൂർ = 86400 സെക്കന്റുകൾ) ദ്രവ്യമാനം, ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം എന്നിവ പ്രസ്താവിച്ച് കണക്കാക്കുമ്പോൾ h ന്റെ മൂല്യം 36,000 എന്ന് ലഭിക്കുന്നു. ഇത്തരം ഉപഗ്രഹങ്ങൾക്ക് ഭൂസ്ഥിര ഉപഗ്രഹങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു. എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ ഭൂമിയിലിരുന്ന് വീക്ഷിക്കുമ്പോൾ ഇവ നിശ്ചലമാണെന്ന് തോന്നുന്നു.

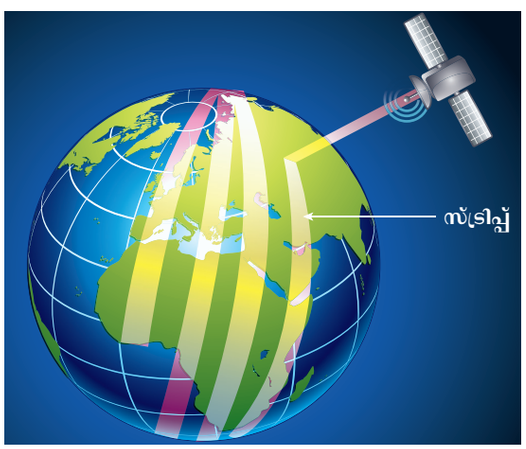
ഇന്ത്യ വാർത്താ വിനിമയരംഗത്ത് ഉപയോഗിക്കുന്നത് ഭൂസ്ഥിര ഉപഗ്രഹങ്ങളായ ഇൻസാറ്റ് ഉപഗ്രഹശ്രേണിയാണ്. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്ന് 500 മുതൽ 800 കി.മി. ദൂരത്തിൽ വടക്കു-തെക്കു ദിശയിൽ ഭൂമിയെ ചുറ്റിവരുന്ന മറ്റൊരു

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 26 2/14/2023 11:03:09 AM



ചിത്രം 6.21 ധ്രുവത്തിലെ ഭ്രമണപഥം മറ്റും ധ്രുവീയ ഉപഗ്രഹങ്ങളും

തരത്തിലുള്ള ഉപഗ്രഹങ്ങളുണ്ട്. ഭൂമിയെ വടക്കു ധ്രുവത്തിൽ നിന്നും തെക്കുധ്രുവം വരെ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്ന ഇത്തരം ഉപഗ്രഹങ്ങൾക്ക് ധ്രുവീയ ഉപഗ്രഹങ്ങൾ എന്നുപറയുന്നു. ധ്രുവീയ ഉപഗ്രഹങ്ങളുടെ പരിക്രമണകാലം 100 മിനിട്ടുകളാണ്. ആയതിനാൽ ഒരു ദിവസത്തിൽ നിരവധി പ്രാവശ്യം ഭൂമിയെ ചുറ്റിവരുന്നു. ഒരു പരിക്രമണത്തിൽ ഈ ധ്രുവീയ ഉപഗ്രഹം ധ്രുവത്തിൽ നിന്നും ധ്രുവത്തിലേക്ക് ചെല്ലുമ്പോൾ ഒരു ചെറിയ പരപ്പിനെ കടക്കുന്നു. അടുത്ത പരിക്രമണത്തിൽ മറ്റൊരു പരപ്പിൽ കടക്കുന്നു. എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ ഭൂമി ഒരു ചെറിയ കോൺ ചലിക്കുന്നതുകൊണ്ടാണ്. ഇപ്രകാരം ധ്രുവീയ ഗ്രഹങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ മൊത്തം ഉപരിതല വിസ്തീർണ്ണത്തെയും കടക്കുന്നു.



ചിത്രം 6.22 ധ്രുവീയ ഉപഗ്രഹങ്ങൾ കടന്ന ആശയവിനിമയ ഭാഗത്തെ ചെറിയ പരപ്പ്.

E082J

6.4.4 ഭാരമില്ലായ്മയും വസ്തുവിന്റെ ഭാരവും

$\vec{W}$ ഭൂമിയിലുള്ള ഓരോ വസ്തുക്കളും ഭൂമിയുടെ ഭൂഗുരുത്വ ബലത്താൽ ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു. m ദ്രവ്യമാനം ഉള്ള വസ്തുവിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ഭൂഗുരുത്വബലം mg ആകുന്നു. ഈ ബലം എല്ലായ്പ്പോഴും താഴോട്ട്, ഭൂമിയുടെ മധ്യഭാഗത്തിലോട്ട് പ്രവർത്തിക്കുന്നു. നമ്മൾ തറയിൽ നിൽക്കുമ്പോൾ രണ്ട് ബലങ്ങൾ നമ്മിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഒന്ന് താഴോട്ട് പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണബലവും, തറ മുകളിലോട്ട് പ്രയോഗിക്കുന്ന ലംബബലം. ഈ ലംബബലമാണ് നമ്മെ തറയിൽ സ്വസ്ഥമായി നിലനിർത്തുന്നത്. ഒരു വസ്തുവിന്റെ ഭാരമെന്നത് ആ വസ്തുവിനെ വിശ്രമാവസ്ഥയിലോ അല്ലെങ്കിൽ ഭൂമിയ്ക്ക് അനുസൃതമായി സ്ഥിര പ്രവേഗത്തിലോ നിലനിർത്താൻ മുകളിലോട്ട് പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ബലത്തിന് തുല്യമാണെന്ന് നിർവ്വചിക്കാം. വസ്തുവിന്റെ ഭാരം താഴോട്ടുള്ള ബലമാകുന്നു. ഭാരത്തിന്റെ ദിശ ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്തിന്റെ ദിശയിലായി

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 27 2/14/2023 11:03:10 AM

രിക്കും. അതിനാൽ വസ്തുവിന്റെ ഭാരത്തിന്റെ അളവിനെ W=N=mg എന്ന് കുറിക്കുന്നു. ഭാരത്തിന്റെ അളവ് mg ആയിരുന്നാലും, ഇത് വസ്തുവിന്മേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഭൂഗുരുത്വത്തിന് തുല്യമല്ല.

ലിഫ്റ്റിലെ പ്രത്യക്ഷഭാരം

ലിഫ്റ്റ് എടുക്കുമ്പോഴും, നിർത്തുമ്പോഴും ലിഫ്റ്റിനുള്ളിൽ ഇരിക്കുന്നവർക്ക് ഒരു കുലുക്കം അനുഭവപ്പെടുന്നു. എന്തുകൊണ്ടാണ് ഇത് സംഭവിക്കുന്നത്? ഈ പ്രതിഭാസം വിശദീകരിക്കുന്നതിന് ഭാരം എന്ന ആശയം മനസ്സിലാക്കേണ്ടത് വളരെ പ്രധാനമാണ്. ഇനിപ്പറയുന്ന സാഹചര്യങ്ങളിൽ ലിഫ്റ്റിനുള്ളിൽ ഉള്ള ഒരാളെ പരിഗണിക്കുക.

ഒരാൾ ലിഫ്റ്റിൽ നിൽക്കുമ്പോൾ അദ്ദേഹത്തിന്മേൽ രണ്ട് വിധത്തിലുള്ള ബലങ്ങൾ പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

1. താഴേക്ക് പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഭൂഗുരുത്വബലം നമ്മൾ ലംബദിശയ പോസിറ്റീവ് y ദിശയായി എടുക്കുകയാണെങ്കിൽ മനുഷ്യനിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഭൂഗുരുത്വബലം $\vec{F}_G = -mg\hat{j}$
2. തറ മനുഷ്യനിൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന ലംബമായി മുകളിലോട്ട് പ്രവർത്തിക്കുന്ന ലംബബലം, $\vec{N} = N\hat{j}$

കേസ് (i) ലിഫ്റ്റ് വിശ്രമിത്തിലായിരിക്കുമ്പോൾ

മനുഷ്യനിലെ ത്വരണം പൂജ്യമാകുന്നു. ആയതിനാൽ മനുഷ്യനിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ആകെബലവും പൂജ്യമാകുന്നു. നിഷ്ക്രിയ ഫ്രെയിമിനനുസൃതമായി (നിലം), മനുഷ്യനിൽ ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം നിയമം പ്രയോഗിച്ചാൽ,

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

ഘടകങ്ങളെ താരതമ്യപ്പെടുത്തിയാൽ

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

എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ ഭാരം, W =N, മനുഷ്യന്റെ പ്രത്യക്ഷഭാരം അവന്റെ യഥാർത്ഥ ഭാരത്തിന് തുല്യമാണ്.

കേസ് (ii) ലിഫ്റ്റ് മുകളിലേക്കോ, താഴേക്കോ ഏകതാനമായി നീങ്ങുമ്പോൾ

ഏകതാനചലനത്തിൽ (സ്ഥിര പ്രവേഗം) മനുഷ്യനിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ആകെ ബലം പൂജ്യമാകുന്നു. ആയതിനാൽ മനുഷ്യന്റെ പ്രത്യക്ഷ ഭാരം യഥാർത്ഥഭാരത്തിന് തുല്യമാണ്. ഇത് ചിത്രം 6.23(a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

കേസ് (iii) ലിഫ്റ്റിനെ മുകളിലേക്ക് ത്വരിതപ്പെടുത്തുമ്പോൾ

ലിഫ്റ്റ് മുകളിലോട്ടുള്ള ത്വരണം ($\vec{a} = a\hat{j}$) ത്തിൽ നിഷ്ക്രിയ ഫ്രെയിമിനനുസൃതമായി ചലിക്കുന്നു, മനുഷ്യന് ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം നിയമം പ്രയോഗിച്ചാൽ,

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

ലംബ ദിശയിൽ മേൽപ്പറഞ്ഞ സമീകരണത്തെ ഏകസദിശം ഉപയോഗിച്ച് എഴുതിയാൽ,

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

ഘടകങ്ങളെ താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ,

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

അതുകൊണ്ട് മനുഷ്യന്റെ പ്രത്യക്ഷഭാരം യഥാർത്ഥ ഭാരത്തേക്കാൾ കൂടുതലാണ്. ഇത് ചിത്രം 6.23(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു

കേസ് (iv) ലിഫ്റ്റിനെ താഴേക്ക് ത്വരിതപ്പെടുത്തുമ്പോൾ

ലിഫ്റ്റ് താഴോട്ടുള്ള ത്വരണം ($\vec{a} = -a\hat{j}$), ചലിക്കുകയാണെങ്കിൽ, മനുഷ്യനിൽ ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം നിയമം പ്രയോഗിച്ചാൽ

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

ലംബദിശയിൽ മേൽപ്പറഞ്ഞ സമീകരണത്തെ ഏകസദിശങ്ങളുപയോഗിച്ച് എഴുതിയാൽ,

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

ഘടകങ്ങളെ താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ,

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

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 28 2/14/2023 11:03:12 AM

അതുകൊണ്ട് പ്രത്യക്ഷഭാരം W = N = m(g-a) യഥാർത്ഥഭാരത്തെക്കാൾ കുറവായിരിക്കും. ഇത് ചിത്രം 6.23(c) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

സ്വതന്ത്രമായി താഴേക്ക് വീഴുന്ന വസ്തുക്കളുടെ ഭാരക്കുറവ്

സ്വതന്ത്രമായി താഴേക്ക് വീഴുന്ന വസ്തുക്കളിൽ ഗുരുത്വാകർഷണബലം മാത്രം അനുഭവപ്പെടുന്നു. അവ സ്വതന്ത്രമായി വീഴുന്നതിനാൽ ഏത് തരത്തിലുള്ള പ്രതലവുമായും സമ്പർക്കം പുലർത്തുന്നില്ല. (വായുവിന്റെ ഘർഷണ ബലത്തെ ഒഴിവാക്കിയിട്ടുണ്ട്). വസ്തുവിന്മേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ലംബബലം പൂജ്യമാകുന്നു. താഴോട്ടുള്ള ത്വരണം ഭൂമിയുടെ ഭൂഗുരുത്വാകർഷണ ത്വരണത്തിന് തുല്യമാണ്. അതായത് (a = g) സമീകരണം (6.69) ൽ നിന്ന്.

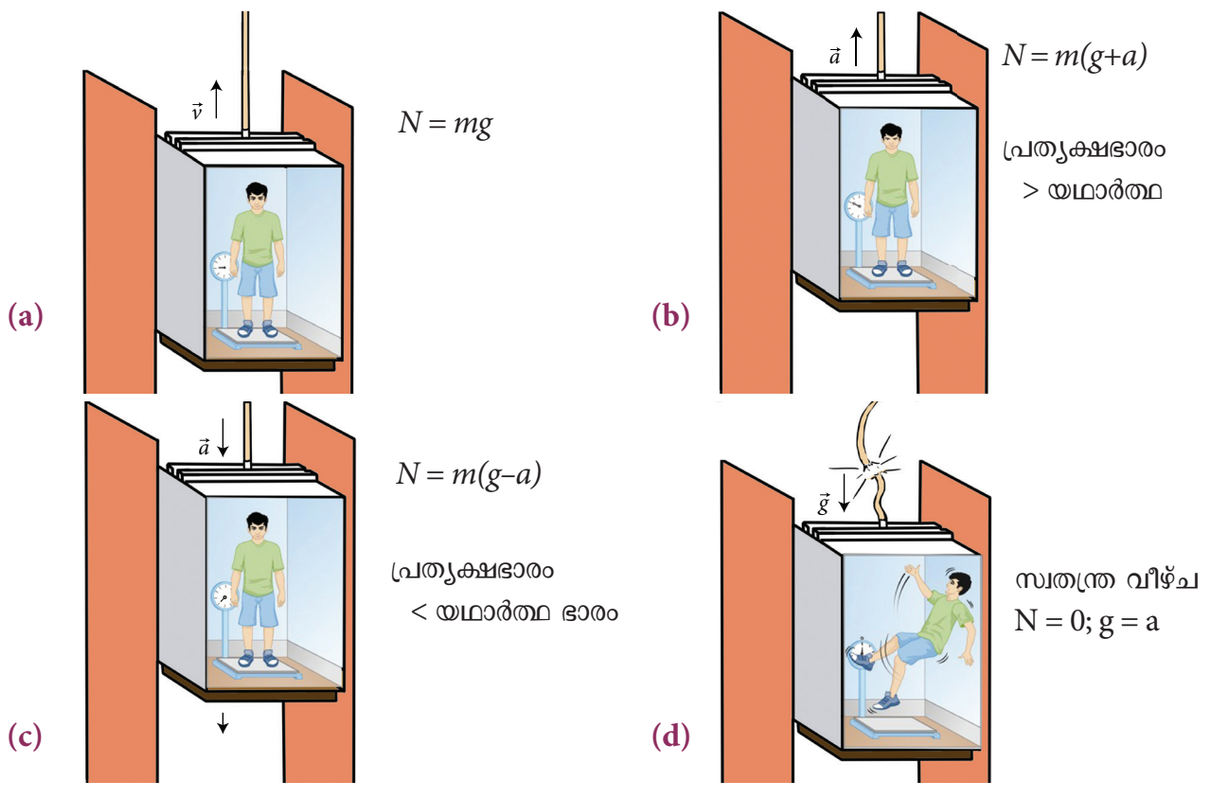
$$a = g \quad \therefore N = m\,(g - g) = 0.$$

ഇതിനെ ഭാരക്കുറവിന്റെ അവസ്ഥ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ലിഫ്റ്റ് ത്വരണം a=g ൽ താഴോട്ട് വീഴുമ്പോൾ (ലിഫ്റ്റ് കമ്പി മുറിയുമ്പോൾ) ലിഫ്റ്റിനുള്ളിലെ വ്യക്തി ഭാരക്കുറവ് അല്ലെങ്കിൽ സ്വതന്ത്രമായി വീഴുന്ന അവസ്ഥയിലായിരിക്കും. ഇത് ചിത്രം 6.23(d) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു

മരത്തിൽ നിന്ന് ആപ്പിൾ വീഴാൻ തുടങ്ങുമ്പോൾ അതിന് ഭാരക്കുറവ് അനുഭവപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ ന്യൂട്ടന്റെതലയിൽഇടിക്കുമ്പോൾഭാരംവർദ്ധിക്കുന്നു. ന്യൂട്ടൻ ഭൗതീകശാസ്ത്രം മനസ്സിലാക്കി!

ഉപഗ്രഹങ്ങളിലെ ഭാരക്കുറവ്

ഉപഗ്രഹങ്ങളിലെ ബഹിരാകാശ യാത്രികർക്ക് ഗുരുത്വാകർഷണബലം അനുഭവപ്പെടുന്നില്ല എന്ന തെറ്റായ ധാരണയുണ്ട്. കാരണം അവ ഭൂമിയിൽ നിന്നും വളരെ അകലെയാണ്. യഥാർത്ഥത്തിൽ ഭൂമിയ്ക്ക് വളരെ അടുത്തായി പരിക്രമണം ചെയ്യുന്ന ഭൗമോപഗ്രഹങ്ങൾക്ക് ഗുരുത്വാകർഷണബലം മാത്രമേ അനുഭവപ്പെടുകയുള്ളൂ. ഉപഗ്രഹത്തിനുള്ളിലെ ബഹിരാകാശയാത്രികർക്കും ഇതേ ഗുരുത്വാകർഷണബലമാണ് അനുഭവപ്പെടുന്നത്. ഇക്കാരണത്താൽ അവർക്ക് ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ തറയിൽ ഏതൊരുവിധത്തിലുള്ള ബലവും പ്രയോഗിക്കാൻ കഴിയില്ല. അതിനാൽ ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ തറയും അവർക്കുമേൽ ഏതൊരുവിധ ലംബബലവും പ്രയോഗിക്കുന്നില്ല. അതിനാൽ ഉപഗ്രഹത്തിനുള്ളിലെ ബഹിരാകാശയാത്രികർക്ക് ഭാരക്കുറവിന്റെ അവസ്ഥ അനുഭവപ്പെടുന്നു. ബഹിരാകാശയാത്രികർ മാത്രമല്ല, ഉപഗ്രഹത്തിനുള്ളിലെ എല്ലാ വസ്തുക്കളും ഭാരംകുറഞ്ഞ അവസ്ഥയിലായിരിക്കും. ഇത് ഒരു സ്വതന്ത്ര വീഴ്ച്ചയ്ക്ക് സമമാണ്. ഇത് ചിത്രം (6.24) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 6.23 ലിഫ്റ്റിനുള്ളിലെ പ്രത്യക്ഷ ഭാരം

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 29 2/14/2023 11:03:14 AM

ചിത്രം 6.24 സ്റ്റീഫൻ ഹാക്കിംഗ് എന്ന് അറിയപ്പെടുന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞന്റെ ഭാരക്കുറവിന്റെ അവസ്ഥ .https://www.youtube.com/watch?v=OCsuHvv_D0s

6.5 വാനശാസ്ത്രത്തിനെ പറ്റിയുള്ള അടിസ്ഥാന നിഗമനങ്ങൾ

വാനശാസ്ത്രം എന്നത് മനുഷ്യരാശിയുടെ ചരിത്രത്തിലെ പുരാതനമായ ഒരു വിജ്ഞാനമാണ്. പുരാതനകാലത്ത് വാനശാസ്ത്രം ഭൗതീകശാസ്തത്തിൽ നിന്നും വേർതിരിച്ച് കാണിക്കാനാവാത്ത ഒരു വിഭാഗമായിരുന്നു. 16-ാം നൂറ്റാണ്ടു വരെ ഭൗതീക ശാസ്ത്രത്തിൽ വാനശാസ്ത്രത്തിന്റെ പങ്ക് വളരെ വലുതാണ്. ഹിപ്പാർക്കസ്, അരിസ്മാർക്കസ്, ടോഹി, കോപ്പർനിക്കസ്, ടൈക്കോ ബ്രഹേ തുടങ്ങിയ അറിയപ്പെട്ട വാനശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ശേഖരിച്ച വാനശാസ്ത്ര വിവരങ്ങളിൽ നിന്നും, നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നുമാണ് കെപ്ലറുടേയും, ന്യൂട്ടന്റെയും സൂത്രം രൂപീകരിക്കപ്പെട്ടതും സ്ഥിരീകരിക്കപ്പെട്ടതും. ടൈക്കോ ബ്രഹേയുടെ വാനനിരീക്ഷണങ്ങളുടെ സഹായമില്ലായെങ്കിൽ കെപ്ലറുടെ നിയമം രൂപം കൊള്ളില്ലായിരുന്നു. കെപ്ലറുടെ നിയമങ്ങളില്ലായെങ്കിൽ ന്യൂട്ടന്റെ നിയമം ഉണ്ടാവുകയില്ല.

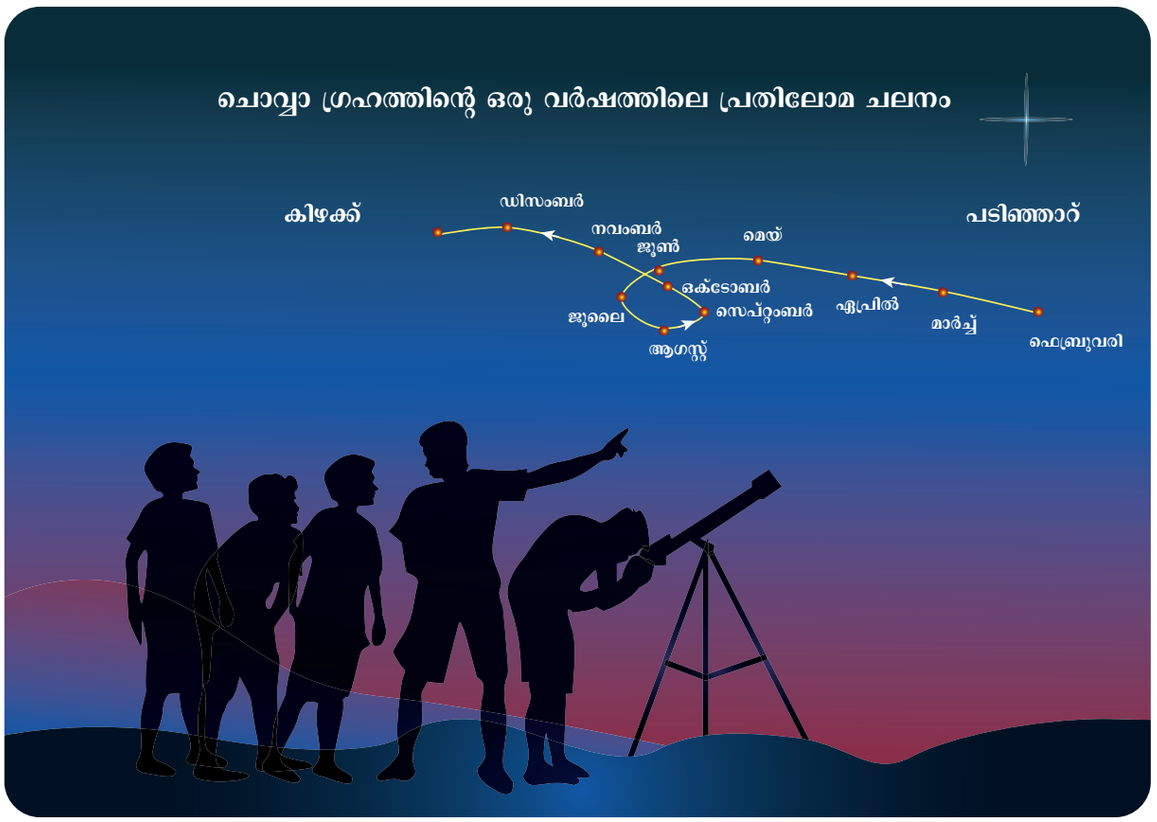
ഈ അദ്ധ്യായത്തിന്റെ ആരംഭത്തിൽ കോപ്പർനിക്കസിന്റെ സൗരകേന്ദ്ര സിദ്ധാന്ത ടോളമിയുടെ ഭൗമകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തത്തിന് പകരമായി നിലനിൽക്കുന്നു എന്ന് സൂചിപ്പിച്ചിരുന്നു. എന്നിരുന്നാലും ഭൗമകേന്ദ്രത്തിന്റെ കുറവുകളെക്കുറിച്ച് നമ്മൾ വിശകലനം ചെയ്ത് വിവരിക്കേണ്ടത് വളരെ അത്യാവശ്യമാണ്.

6.5.1 ഭൗമകേന്ദ്രവ്യൂഹവും, സൗരകേന്ദ്ര വ്യൂഹവും

രാത്രിയിലെ ആകാശത്തെ നഗ്നനേത്രങ്ങളാൽ കുറച്ച് മാസങ്ങൾ തുടർന്ന് നിരീക്ഷിക്കുകയാണെങ്കിൽ ഗ്രഹങ്ങൾ കിഴക്കു ദിശയിലോട്ട് സഞ്ചരിച്ച് പിന്നീട് എതിർദിശയിൽ ചലിച്ച് വീണ്ടും കിഴക്കിലോട്ട് സഞ്ചരിക്കുന്നത് കാണാം. ഇതിനെ ഗ്രഹങ്ങളുടെ പിന്നോട്ടുള്ള ചലനം എന്നു വിളിക്കുന്നു.

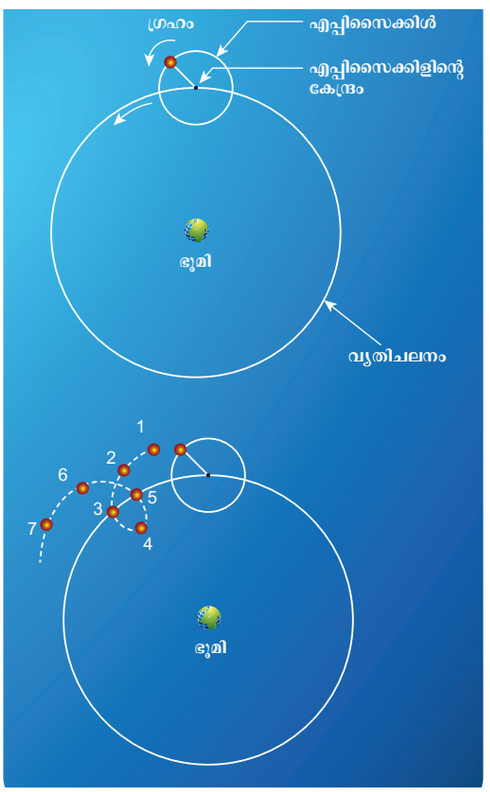
ചൊവ്വ ഗ്രഹത്തിന്റെ പിന്നോട്ടുള്ള ചലനം ചിത്രം 6.25 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ചൊവ്വാഗ്രഹത്തിന്റെ ചലനത്തെ ഒരു വർഷം ഉറ്റുനോക്കുകയാണെങ്കിൽ അത് ആരംഭത്തിൽ കിഴക്കു ദിശയിലും (ഫെബ്രുവരി മുതൽ ജൂൺ) പിന്നീട് പടിഞ്ഞാറുദിശയിലും (ജൂലൈ, ആഗസ്റ്റ്, സെപ്റ്റംബർ) ചെല്ലുന്നു. പിന്നീട് ഒക്ടോബർ മുതൽ വീണ്ടും കിഴക്കു ദിശയിലേക്ക് ചെല്ലുന്നു. പിൽക്കാലത്ത് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ നമ്മുടെ നിരീക്ഷണപഥത്തിലുള്ള എല്ലാ ഗ്രഹങ്ങളുടേയും പിന്നോട്ടുള്ള ചലനത്തെക്കുറിച്ച് വിവരിക്കാൻ ശ്രമിച്ചിട്ടുണ്ട്. സൂര്യനും, മറ്റുഗ്രഹങ്ങളും ഭൂമിയെ ഒരു വൃത്താകാര പാതയിൽ ചുറ്റിവരുന്നതായി അരിസ്റ്റോട്ടിൽ

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 30 2/14/2023 11:03:14 AM



ചിത്രം 6.25 ഗ്രഹങ്ങളുടെ പ്രതിലോമ ചലനം

കരുതിയിരുന്നു. ഇപ്രകാരം വൃത്താകാര പാതയിൽ ഗ്രഹങ്ങൾ ചുറ്റിവരുകയാണെങ്കിൽ, ഒരു ചെറിയ ഇടവേളക്കാലത്ത് എങ്ങനെയാണ് പിന്നോട്ടുള്ള ചലനം സാധ്യമാകുന്നത് എന്നതിനെ വിവരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല. ഈ പിന്നോട്ടുള്ള ചലനത്തെ വിവരിക്കുന്നതിന് ടോളമി അദ്ദേഹത്തിന്റെ ഭൗമകേന്ദ്ര മാതൃകയിൽ എപ്പിസൈക്കിൾ എന്ന ആശയത്തെ അവതരിപ്പിച്ചു. ഈ സിദ്ധാന്ത പ്രകാരം ഭൂമിയെ ഗ്രഹങ്ങൾ ഭ്രമണം ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ, അത് ഒരു വൃത്താകാര ചലനത്തിനും വിധേയമാകുന്നു. ഇതിന് എപ്പിസൈക്കിൾ എന്നു പറയുന്നു. ഭൂമിയെ ചുറ്റുന്ന ചലനത്തെയും (വൃത്താകാര ചലനത്തെയും) എപ്പിസൈക്കിളിനെയും സംയോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ ഭൂമിയ്ക്കനുസൃതമായി ഗ്രഹങ്ങളുടെ പ്രതിലോമചലനത്തെ നൽകുന്നു. ചിത്രം (6.26) ടോളമി അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ ഭൗമകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തത്തെ നിലനിർത്തുകയും എപ്പിസൈക്കിൾ ചലനത്തിലൂടെ ചേർക്കുകയും ചെയ്തു.



ചിത്രം 6.26 ഗ്രഹങ്ങളുടെ ഭൂമിയ്ക്ക് ചുറ്റുമുള്ള എപ്പിസൈക്കിൾ ചലനം ഓരോ മാസങ്ങളിലുമുള്ള നിരീക്ഷണത്തിലൂടെ ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 31 2/14/2023 11:03:15 AM

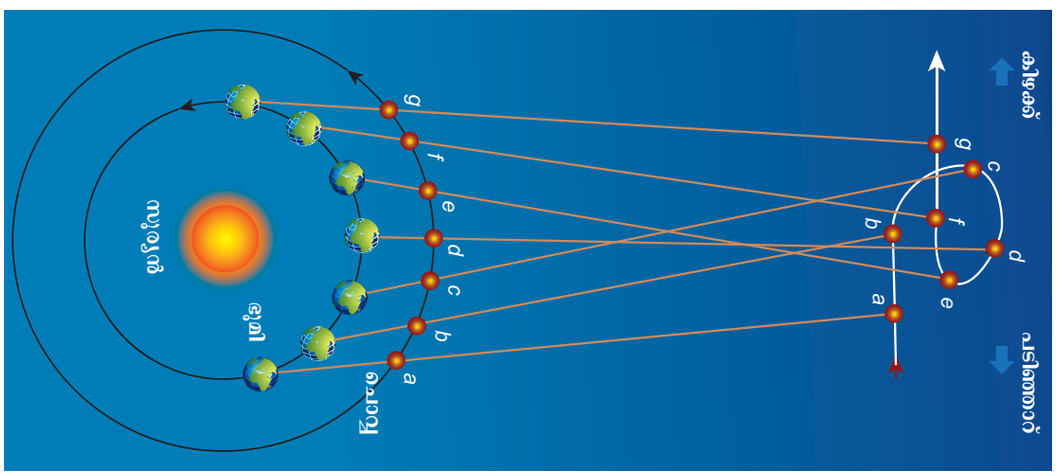
എന്നാൽ ഓരോ ഗ്രഹവും പ്രതിലോമ ചലനത്തിന് വിധേയമാകുന്നതായി കണ്ടെത്തിയതിനാൽ ടോളമിയുടെ മാതൃക കൂടുതൽ സങ്കീർണ്ണമായി. 15-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ പോളിഷ് വാനശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന കോപ്പർനിക്കസ് ഈ പ്രശ്നം ലളിതമായി വിശദീകരിക്കാൻ സൗരകേന്ദ്ര മാതൃക നിർദ്ദേശിച്ചു. ഈ മാതൃകയനുസരിച്ച് സൂര്യൻ സൗരയൂഥത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിലാകുന്നു. എല്ലാ ഗ്രഹങ്ങളും സൂര്യനെ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്നു. ഗ്രഹങ്ങളുടെ പ്രതിലോമചലനം ഭൂമിയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഗ്രഹങ്ങളുടെ ആപേക്ഷിക ചലനത്തിലാണ്. സൗരകേന്ദ്ര വീക്ഷണകോണിൽ നിന്നുള്ള പ്രതിലോമചലനം ചിത്രം 6.27-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ചിത്രം (6.27) ൽ സൂര്യനെ ചൊവ്വാഗ്രഹത്തേക്കാൾ വേഗതയിൽ ഭൂമി ചുറ്റിവരുന്നതായി കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ചൊവ്വയ്ക്കും, ഭൂമിയ്ക്കുമിടയിലുള്ള ആപേക്ഷിക ചലനത്താൽ ജൂലൈ മുതൽ ഒക്ടോബർ വരെ ചൊവ്വ പിന്നോട്ടു ചലിക്കുന്നതായി കാണുന്നു. അതുപോലെ തന്നെ മറ്റെല്ലാ ഗ്രഹങ്ങളുടെയും പ്രതിലോമചലനത്തെ കോപ്പർനിക്കസ് മാതൃക വിജയകരമായി വിശദീകരിച്ചു. അതിന്റെ ലാളിത്യം കാരണം സൗരകേന്ദ്ര മാതൃക, ഭൗമകേന്ദ്രമാതൃകയെ മാറ്റി സ്ഥിപിച്ചു. ചരിത്രപരമായി, ഏതെങ്കിലും സ്വാഭാവിക പ്രതിഭാസത്തിന് ഒന്നോ, അതിലധികമോ വിശദീകരണങ്ങളുണ്ടെങ്കിൽ ലളിതമായത് സാധാരണയായി സ്വീകരിക്കും. ഭൗമകേന്ദ്രമാതൃക അയോഗ്യമാകാനുള്ള കാരണം ഇതല്ലയെങ്കിലും ടോളമിയുടെ മാതൃകയ്ക്ക് മേലുള്ള കോപ്പർനിക്കസ് മാതൃകയുടെ കൃത്യത വാനശാസ്ത്രപുസ്തകങ്ങളിൽ വിശദീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

8WPYV

പ്രവൃത്തി

ചൊവ്വയുടെ ചലനം നഗ്നനേത്രങ്ങളാൽ നിരീക്ഷിക്കാനും അതിന്റെ പ്രതിലോമചലനം തിരിച്ചറിയാനും വിദ്യാർത്ഥികളെ പ്രോത്സാഹിപ്പിക്കുന്നു. മുകളിൽ പറഞ്ഞതുപോലെ പ്രതിലോമചലനം നിരീക്ഷിക്കുന്നതിന് ആറ് മുതൽ ഏഴ് മാസങ്ങൾ വരെ ആവശ്യമാണ്. അതിനാൽ വിദ്യാർത്ഥികൾക്ക് ചൊവ്വയെക്കുറിച്ചുള്ള നിരീക്ഷണം ജൂൺ മാസത്തിൽ നിന്ന് ആരംഭിച്ച് അടുത്തവർഷം ഏപ്രിൽ വരെ തുടരാം. ചുവന്ന നിറമുള്ള ചെറിയ ശോഭയുള്ള ഗ്രഹമാണ് ചൊവ്വ. ആകാശത്തിൽ ചൊവ്വാ ഗ്രഹത്തിന്റെ സ്ഥാനം ഗൂഗിളിൽ നിന്ന് എളുപ്പത്തിൽ എടുക്കാം.



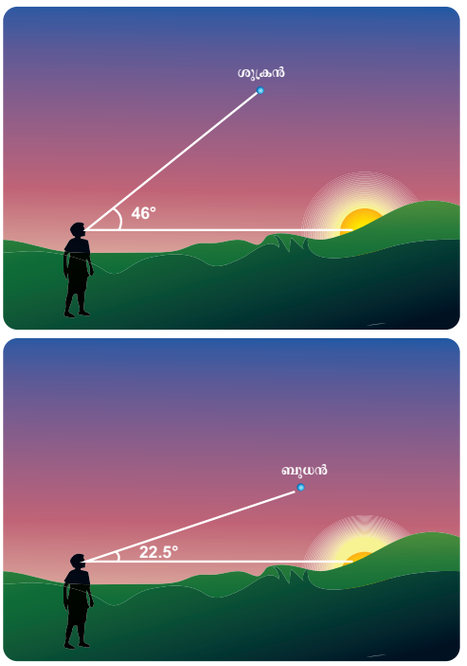
ചിത്രം 6.27 സൗരകേന്ദ്ര മാതൃകയിലെ പ്രതിലോമ ചലനം

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 32 2/14/2023 11:03:15 AM

6.5.2 കെപ്ലറുടെ മൂന്നാം നിയമവും ബഹിരാകാശ ദൂരവും

കെപ്ലറുടെ മൂന്നുനിയമങ്ങളെയും നിർണ്ണയിക്കുന്നതിന് കെപ്ലർ ടൈക്കോ ബ്രാഹേയുടെ വാന ശാസ്ത്ര നിരീക്ഷണങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരുന്നു. മൂന്നാം ചലനനിയമത്തിൽ സൂര്യനിൽ നിന്നുമുള്ള ഗ്രഹങ്ങളുടെ ദൂരത്തിനും, ഗ്രഹങ്ങളുടെ പരിക്രമണകാലത്തിനുമിടയിലുള്ള ബന്ധത്തെ രൂപപ്പെടുത്തി. വാനശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ജ്യാമിതി ത്രികോണമിതി തുടങ്ങിയവയുടെ സഹായത്താൽ ഗ്രഹത്തിനും സൂര്യനും ഇടയിലുള്ള ദൂരത്തെ ഭൂമിക്കും സൂര്യനും ഇടയിലുള്ള ദൂരത്തിന്റെ (ബഹിരാകാശദൂരം) മടങ്ങുകളാണെന്ന് കണ്ടു പിടിച്ചു. സൂര്യനിൽ നിന്നുള്ള ബുധന്റെയും ശുക്രന്റെയും ദൂരം എങ്ങനെയാണ് അളന്നതെന്ന് ഇവിടെ കാണാം. ബുധനും ശുക്രനും ഭൂമിയുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ ഉൾഭാഗത്തുള്ള ഗ്രഹങ്ങളാണ്. ഭൂമിയിലിരുന്ന് വീക്ഷിക്കുമ്പോൾ സൂര്യനും, ശുക്രനും ഇടയിലുള്ള കോൺ 46^0 ആകുന്നു. ഇതേപോലെ ബുധനും, സൂര്യനും ഇടയിലുള്ള കോൺ 22.5^0 ആകുന്നു. ഇത് ചിത്രം 6.28-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു

ഭൂമിയുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ ശുക്രൻ അധിക നീചത്തിൽ (46^o) ഉള്ളപ്പോൾ സൂര്യനും ശുക്രനും ഇടയിലുള്ള രേഖയ്ക്കും, ശുക്രനും ഭൂമിയ്ക്കും ഇടയിലുള്ള കോൺ 90^o ആകുന്നു. ഇതുപോലെ ശുക്രനും സൂര്യനും ഇടയിലുള്ള ദൂരം കണക്കാക്കാം. ഭൂമിക്കും സൂര്യനും ഇടയിലുള്ള ദൂരത്തെ ഒരു ബഹിരാകാശ ദൂരമായി എടുത്തിരിക്കുന്നു. (1 AU).



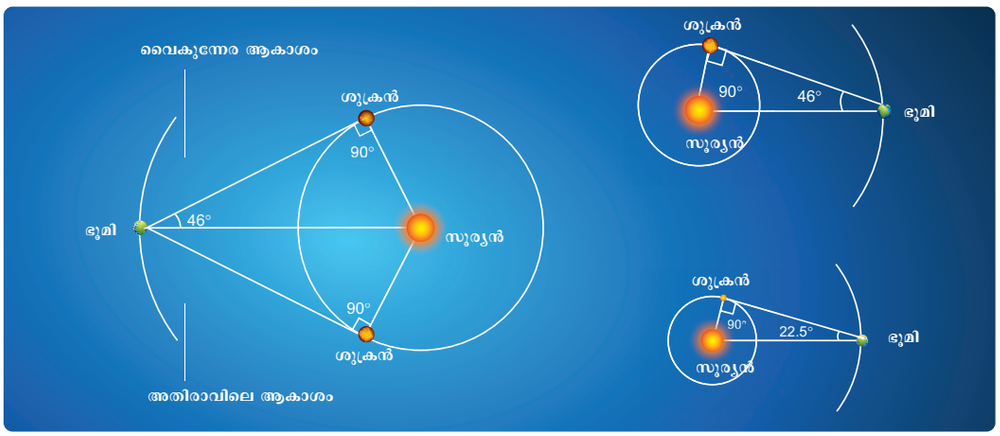
ചിത്രം 6.28 തിരശ്ചീനതയിൽ നിന്നുമുള്ള ശുക്രന്റെയും ബുധന്റെയും ഉന്നതി കോൺ

ത്രികോണമിതി സിദ്ധാന്തപ്രകാരം ചിത്രം 6.29-ൽ ഉള്ള മട്ടത്രികോണത്തിൽ.

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

ഇവിടെ R = 1 AU.

$$r = R\sin\theta = (1AU)(\sin 46°)$$



ചിത്രം 6.29 ചക്രവാളത്തിൽ നിന്ന് ബുധനെ ഉയർത്തുന്നതിന്റെ കോൺ

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 33 2/14/2023 11:03:17 AM

$\sin 46° = 0.72$ എന്നതിലിരുന്ന് സൂര്യനിൽ നിന്ന് 0.72 AU ദൂരത്തിലാണുള്ളത് എന്നത് കണ്ടുപിടിച്ചു. ഇതുപോലെ ($\theta = 22.5°$) എന്ന് പ്രസ്താവിച്ച് ബുധനും സൂര്യനും ഇടയിലുള്ള ദൂരം 0.38 AU. എന്ന് കണക്കാക്കപ്പെട്ടു. ബാഹ്യഗ്രഹങ്ങളായ ചൊവ്വ, വ്യാഴൻ തുടങ്ങിയ ഗ്രഹങ്ങളുടെ ദൂരം കണ്ടറിയുന്നതിന് കുറച്ച് വ്യത്യാസപ്പെട്ട രീതിയെ ഉപയോഗിച്ചു. പട്ടിക 6.2-ൽ സൂര്യനും ഗ്രഹങ്ങൾക്കും ഇടയിലുള്ള ദൂരം കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 6.2 വ്യത്യസ്ത ഗ്രഹങ്ങളുടെ a^3/T^2

ഗ്രഹം	പരിക്രമണ പാതയുടെ സെമി മേജർ അക്ഷം(a)	ഭ്രമണ കാലം T (days)	a^3/T^2
ബുധൻ	0.389 AU	87.77	7.64
ശുക്രൻ	0.724 AU	224.70	7.52
ഭൂമി	1.000 AU	365.25	7.50
ചൊവ്വ	1.524 AU	686.98	7.50
വ്യാഴം	5.200 AU	4332.62	7.49
ശനി	9.510 AU	10,759.20	7.40

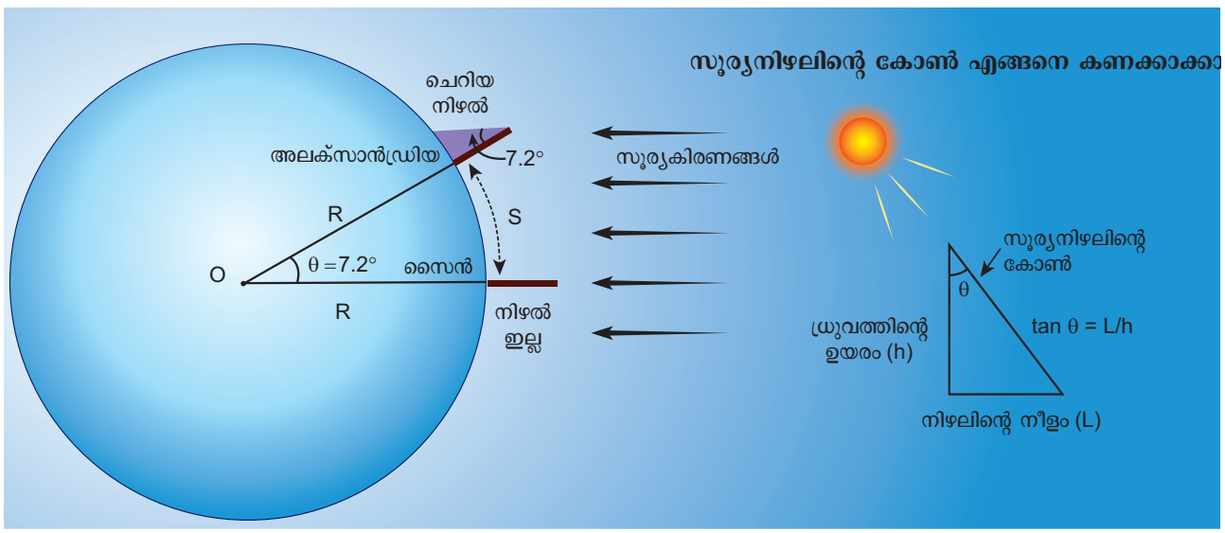
കെപ്ലറുടെ നിയമം സ്ഥിരീകരിക്കുന്നതിന് ഹൈസ്കൂൾ തരത്തിലുള്ള ജ്യാമിതിയും ത്രികോണമിതിയും മാത്രം ആവശ്യമാണ്.

പ്രവൃത്തി

ശുക്രനെ നഗ്നനേത്രങ്ങളാൽ നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിയും. സൂര്യോദയ സമയത്തോ, സൂര്യാസ്തമയ സമയത്തോ നമുക്ക് ശുക്രനെ കാണാൻ കഴിയും. ശുക്രന്റെ ചലനം നിരീക്ഷിക്കുന്നതിനും, പരമാവധി ഉയരം 46° ആണെന്ന് സ്ഥിരീകരിക്കുന്നതിനും, സൂര്യനിൽ നിന്നുമുള്ള ശുക്രന്റെ ദൂരം കണക്കാക്കുന്നതിനും വിദ്യാർത്ഥികളെ പ്രോത്സാഹിപ്പിക്കുന്നു. നേരത്തെ സൂചിപ്പിച്ചതുപോലെ ആകാശത്ത് ശുക്രന്റെ സ്ഥാനം മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് ഗൂഗിളിൽ സ്റ്റെല്ലേറിയവും സഹായിക്കുന്നു.

6.5.3 ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം കണക്കാക്കൽ

ക്രി.മു. 225-ൽ അലക്സാണ്ട്രിയായിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന എരറ്റോസ്തനീസ് എന്ന ഗ്രീക്ക് പുസ്തകശാല അധിപൻ ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധത്തെ നവീന അളവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ ചെറിയ പിശകുകളോടുകൂടി കണ്ടുപിടിച്ചിരുന്നു. എരറ്റോസ്തനീസ് ഉപയോഗിച്ച അളവുരീതിയ്ക്ക് ആവ



ചിത്രം 6.30 ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം കണക്കാക്കൽ

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 34 2/14/2023 11:03:17 AM

ശ്യമായ ഗണിതം ഇന്ന് ഹൈസ്കൂൾ ക്ലാസിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. അലക്സാണ്ട്രിയയിൽ നിന്നും 500 മൈൽ അകലെയുള്ള സൈൻ നഗരത്തിൽ സൂര്യകിരണങ്ങൾ നിഴൽവീഴ്ത്തുന്നില്ലെന്ന് അദ്ദേഹം നിരീക്ഷിച്ചു. അതേ ദിവസം തന്നെ സൂര്യന്റെ കിരണങ്ങൾ ലംബവുമായി 7.2 ഡിഗ്രി ഉണ്ടാക്കുന്നതായി അദ്ദേഹം കണ്ടെത്തി. ഇത് ചിത്രം 6.30-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. 7.2. ഡിഗ്രിയുടെ ഈ വ്യത്യാസം ഭൂമിയുടെ വക്രത കാരണമാണെന്ന് അദ്ദേഹം മനസിലാക്കി.

കോൺ 7.2 ഡിഗ്രി $\frac{1}{8}$ റേഡിയന് തുല്യമാണ്.

അതുകൊണ്ട് $\theta = \frac{1}{8}$ റേഡിയൻ

സൈൻ, അലക്സാണ്ട്രിയ നഗരത്തിനിടയിലുള്ള ചാപത്തിന്റെ നീളം S, R എന്നത് ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം, അതിനാൽ

$$S = R\theta = 500 \text{ മൈൽ,}$$

ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം

$$R = \frac{500}{\theta} \text{ മൈൽ}$$

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

$$R = 4000 \text{ മൈൽ}$$

1 മൈൽ എന്നത് 1.609 കി.മീ. ന് തുല്യമാണ്. അതുകൊണ്ട് ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം R = 6436 കി.മീ. ന് തുല്യമാണെന്ന് അളക്കപ്പെട്ടു. അതിശയിപ്പിക്കും വിധം ഇത് യഥാർത്ഥമൂല്യം 6378 km നോടടുക്കുന്നു.

ക്രി.മു. മൂന്നാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ഗ്രീക്ക് വാനശാസ്ത്രജ്ഞനായ ഹിപ്പാർക്കസ് ഭൂമിയിൽ നിന്നുമുള്ള ചന്ദ്രന്റെ ദൂരത്തെ കണ്ടുപിടിച്ചു.

പ്രവൃത്തി

ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം കാണുന്നതിന് കുറഞ്ഞത് 500 കിലോമീറ്ററെങ്കിലും വേർതിരിക്കുന്ന രണ്ട് വ്യത്യസ്ത സ്ഥലങ്ങൾ (സ്കൂൾ) തിരഞ്ഞെടുക്കുക. ഈ രണ്ട് സ്ഥലങ്ങളും ഭൂമിയുടെ ഒരേ രേഖാംശത്തിലായിരിക്കണം എന്നത് ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ് (ഉദാഹരണത്തിന് ഹൊസൂറും കന്യാകുമാരിയും ഒരേ രേഖാംശം 77.82° E യിലാണുള്ളത്). നീളം അറിയാവുന്ന ധ്രുവങ്ങൾ രണ്ടു സ്ഥലങ്ങളിലും നിലത്തിന് ലംബമാകും വിധം ശരിയായി വയ്ക്കുക. (അത് സ്കൂൾ കളിസ്ഥലങ്ങളായിരിക്കാം) രണ്ട് സ്ഥലങ്ങളിലും കൃത്യമായി ഉച്ചയ്ക്ക് ഓരോ ധ്രുവവും ഉണ്ടാകുന്ന നിഴലിന്റെ ദൈർഘ്യം രേഖപ്പെടുത്തുക. ചിത്രം 6.30 പോലെ ചിത്രം വരയ്ക്കുക $\tan\theta = \frac{L}{h}$ എന്ന സൂത്രം ഉപയോഗിച്ച് ഓരോ സ്ഥലത്തും റേഡിയനിൽ കോൺ അളക്കുക. കോണിലെ വ്യത്യാസം ഭൂമിയുടെ വക്രതമൂലമാണ്. രണ്ട് സ്കൂളുകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം ഗൂഗിൾ മാപ്പിൽ നിന്നും ലഭിക്കും. ദൂരത്തെ കോണിനാൽ വിഭജിക്കുമ്പോൾ ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം നൽകുന്നു. (θ').

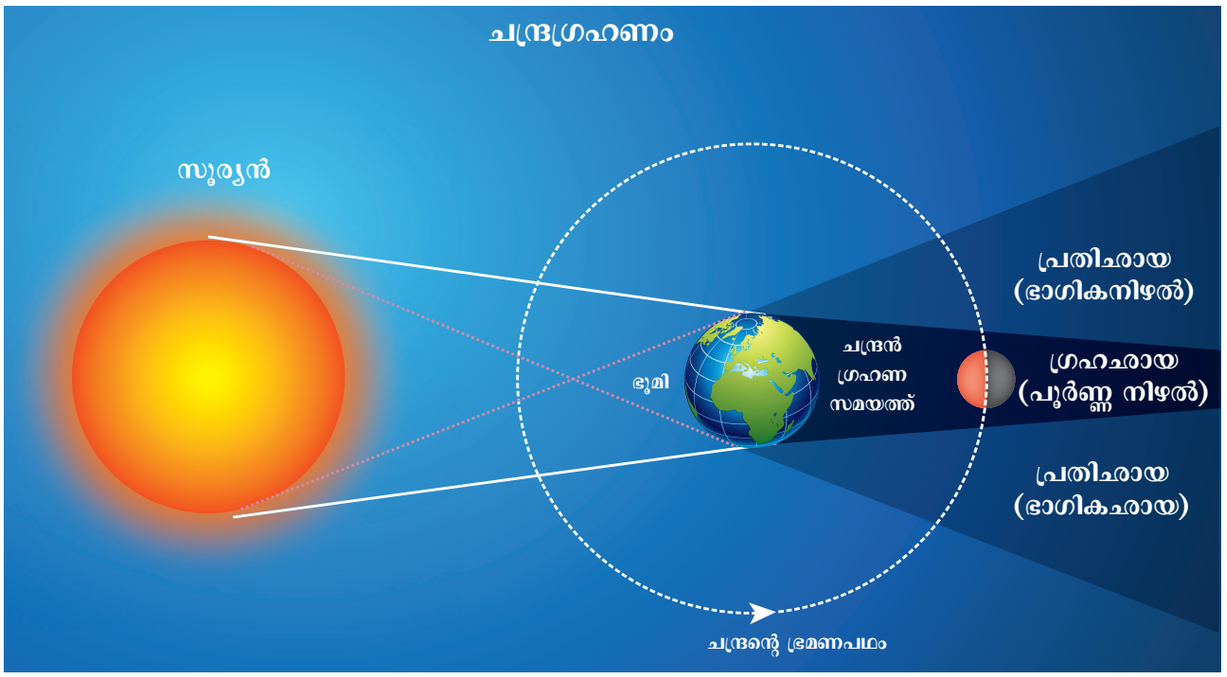
6.5.4 രസകരമായ വാനശാസ്ത്ര വസ്തുതകൾ

1. ചന്ദ്രഗ്രഹണവും ഭൂമിയുടെ നിഴലിന്റെ അളക്കലും

ജനുവരി 31, 2018-ൽ തമിഴ്നാട് ഉൾപ്പെടെ വിവിധ സ്ഥലങ്ങളിൽ പൂർണ്ണചന്ദ്രഗ്രഹണം നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ടു. ചന്ദ്രൻ കടക്കുന്നിടത്ത് ഭൂമിയുടെ നിഴലിന്റെ ദൂരം അളക്കാൻ കഴിയും. ചിത്രം 6.31 ഇത് വ്യക്തമാക്കുന്നു.

ചന്ദ്രൻ പൂർണ്ണനിഴലിനുള്ളിലായിരിക്കുമ്പോൾ അത് ചുവപ്പുനിറത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. പൂർണ്ണനിരപ്പിൽ നിന്നും പുറത്തുകടന്ന

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 35 2/14/2023 11:03:19 AM

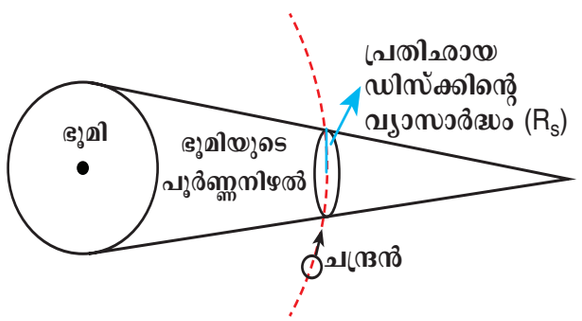


ചിത്രം 6.31 പൂർണ്ണചന്ദ്ര ഗ്രഹണം

ഉടൻ. അത് ചന്ദ്രക്കലയുടെ ആകൃതിയിൽ ദൃശ്യമാകുന്നു. പൂർണ്ണ നിഴലിൽ നിന്നും ചന്ദ്രൻ പുറത്തുകടക്കുമ്പോൾ ഡിജിറ്റൽ ക്യാമറ എടുത്ത ഫോട്ടോയാണ് ചിത്രം 6.32.

ചിത്രം 6.32 പൂർണ്ണനിഴലിൽ നിന്നും പുറത്തു കടക്കുമ്പോൾ ഉള്ള ചന്ദ്രന്റെ രൂപം

ഭൂമിയുടെ പൂർണ്ണ നിഴലിന്റെയും, ചന്ദ്രന്റെയും പ്രത്യക്ഷവ്യാസാർദ്ധം കണ്ടുപിടിച്ച് ഈ രണ്ട് വ്യാസാർദ്ധങ്ങളുടെ അനുപാതം കണക്കാക്കുക. ഇത് ചിത്രം 6.33 മറ്റും 6.34 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 6.33 പ്രതിഛായ ഡിസ്ക്കിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം ചിത്രീകരിക്കൽ

ഭൂമിയുടെ പൂർണ്ണനിഴലിന്റെ പ്രത്യക്ഷവ്യാസാർദ്ധം = R_s = 13.2 cm

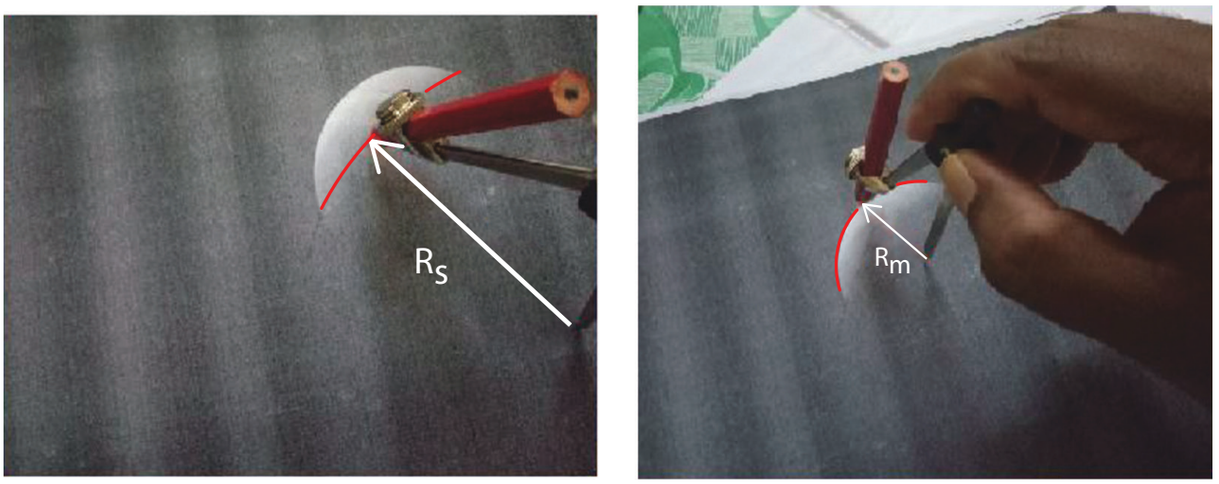
ചന്ദ്രന്റെ പ്രത്യക്ഷ വ്യാസാർദ്ധം = R_m = 5.15 cm

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

ഭൂമിയുടെ പൂർണ്ണ നിഴലിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം $R_s = 2.56 \times R_m$

ചന്ദ്രന്റെ വ്യാസാർദ്ധം $R_m = 1737\,\text{km}$

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 36 2/14/2023 11:03:20 AM



ചിത്രം 6.34 പൂർണ്ണനിഴലിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം കണക്കാക്കൽ

ഭൂമിയുടെ പൂർണ്ണനിഴലിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം

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

ശരിയായ വ്യാസാർദ്ധം 4610 km ആകുന്നു.

കണക്കാക്കലിന്റെ ശതമാനപിശക്

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

ചിത്രം എടുക്കുന്നതിന് ഉയർന്ന നിലവാരമുള്ള ടെലസ്കോപ്പ് ഉപയോഗിച്ചാൽ പിശകിനെ കുറയ്ക്കാം. ഈ കണക്കാക്കലിന് വളരെ ലളിതമായ ഗണിതം ഉപയോഗിക്കാൻ പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്.

ചന്ദ്രഗ്രഹണ സമയത്ത് ഭൂമി ചന്ദ്രനിലുണ്ടാകുന്ന നിഴലിന്റെ ആകൃതിയിൽ നിന്നും ഭൂമി ഗോളാകൃതിയിലാണെന്ന് വാനശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ തെളിയിച്ചിട്ടുണ്ട്.

2. **സൂര്യഗ്രഹണവും ചന്ദ്രഗ്രഹണവും എല്ലാ മാസങ്ങളിലും ഉണ്ടാകുന്നില്ല എന്തുകൊണ്ട്?**

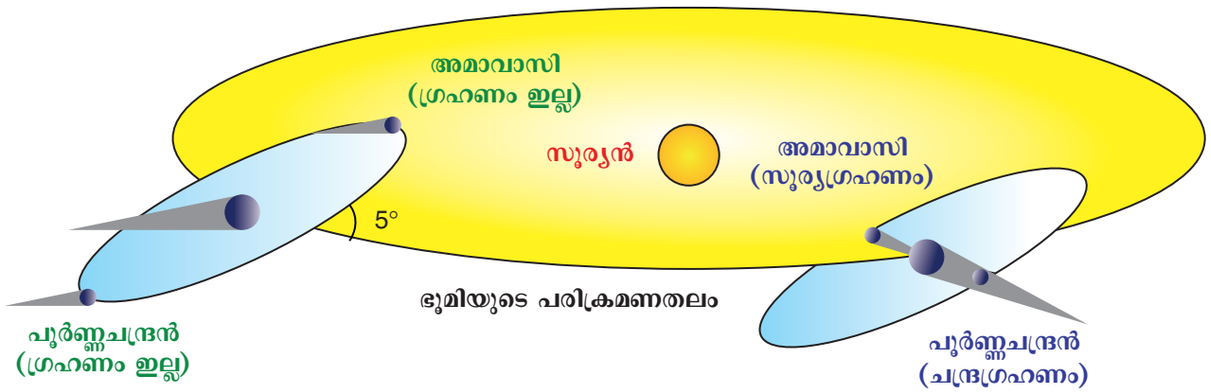
പൂർണ്ണ ചന്ദ്രദിവസങ്ങളിൽ ചന്ദ്രന്റെ ഭ്രമണപഥവും ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണപഥവും ഒരേ തലത്തിലാണെങ്കിൽ ചന്ദ്രഗ്രഹണം അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഇതുപോലെ അമാവാസി ദിവസവും സംഭവിച്ചാൽ സൂര്യഗ്രഹണം അനുഭവപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ ചന്ദ്രന്റെ ഭ്രമണപഥം ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണപഥത്തിൽ നിന്നും 5° ചരിഞ്ഞു കാണപ്പെടുന്നു. ഈ 5° ചരിവുള്ളതിനാൽ വർഷത്തിൽ ഒരു നിശ്ചിതസമയത്ത് മാത്രമേ സൂര്യൻ, ഭൂമി, ചന്ദ്രൻ തുടങ്ങിയവ ഒരേ നേർരേഖയിൽ വരുകയുള്ളൂ. ഇപ്രകാരം സംഭവിച്ചാൽ മാത്രമേ ഈ മൂണിന്റെയും സ്ഥാനത്തിനനുസരിച്ച് സൂര്യഗ്രഹണമോ, ചന്ദ്രഗ്രഹണമോ സംഭവിക്കുകയുള്ളൂ. ഇത് ചിത്രം (6.35)ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

3. **ഭൂമിയിൽ ഋതുക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നത് എന്തുകൊണ്ട്?**

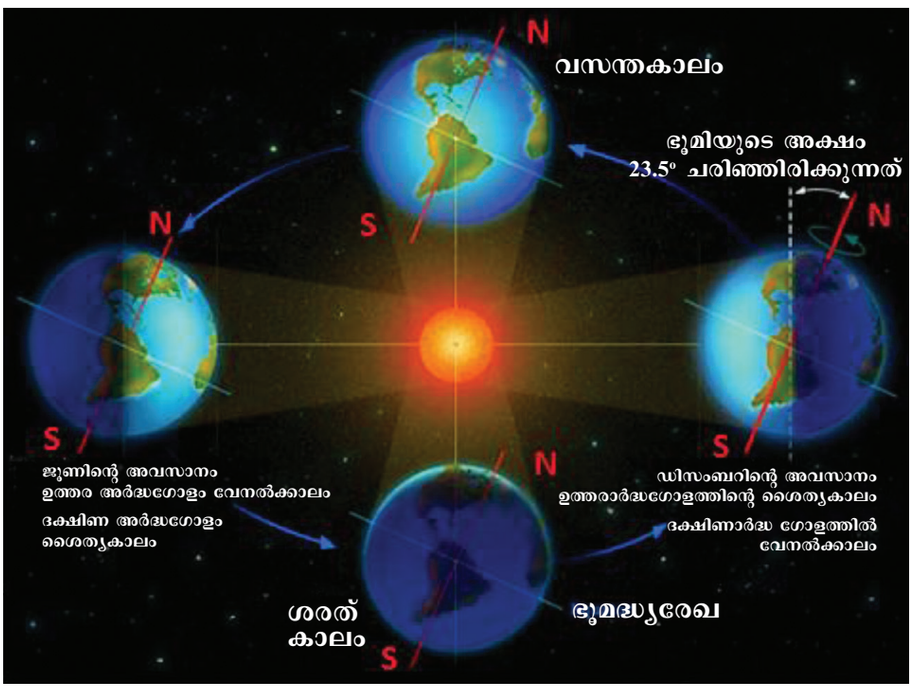
പൊതുവായ തെറ്റിദ്ധാരണ എന്തെന്നാൽ ഭൂമി സൂര്യനെ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്നു. ഭൂമി അകലെയായിരിക്കുമ്പോൾ ശൈത്യകാലവും സമീപത്താകുമ്പോൾ വേനൽക്കാലവുമായിരിക്കും. യഥാർത്ഥത്തിൽ ഭൂമി സൂര്യനെ 23.5° ചായ്വിൽ ചുറ്റുന്നു. ഇതിനാലാണ് ഭൂമിയിൽ ഋതുക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ഇത് ചിത്രം 6.36-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഈ 23.5° ചരിവ് കാരണം ഭൂമിയുടെ വടക്കുഭാഗം സൂര്യനിൽ നിന്നും അകലെയായിരിക്കുമ്പോൾ തെക്കുഭാഗം സൂര്യന് അടുത്തായിരിക്കും. അതിനാൽ ഉത്തര അർദ്ധഗോളത്തിൽ വേനൽക്കാലമാകുമ്പോൾ ദക്ഷിണാർദ്ധഗോളത്തിൽ ശൈത്യകാലം അനുഭവപ്പെടുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 37 2/14/2023 11:03:21 AM



ചിത്രം 6.35 ചന്ദ്രന്റെ പരിക്രമണ ചരിവ്



ചിത്രം 6.36 ഭൂമിയിലെ ഋതുക്കൾ

4. നക്ഷത്രങ്ങളുടെ പ്രത്യക്ഷ ചലനവും ഭൂമിയുടെ സ്പിന്നിംഗും

ഒരു രാത്രിയിലെ നക്ഷത്രത്തിന്റെ സ്ഥാന നിരീക്ഷണത്തിൽ നിന്നും ഭൂമിയുടെ സ്പിന്നിംഗ് തെളിയിക്കാനാകും. ഭൂമിയുടെ സ്പിന്നിംഗ് കാരണം ആകാശത്തിലെ മറ്റു നക്ഷത്രങ്ങൾ ധ്രുവനക്ഷത്രങ്ങളെ ചിത്രം 6.37-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ വൃത്താകൃതിയിൽ ചുറ്റിവരുന്നതായി തോന്നുന്നു.

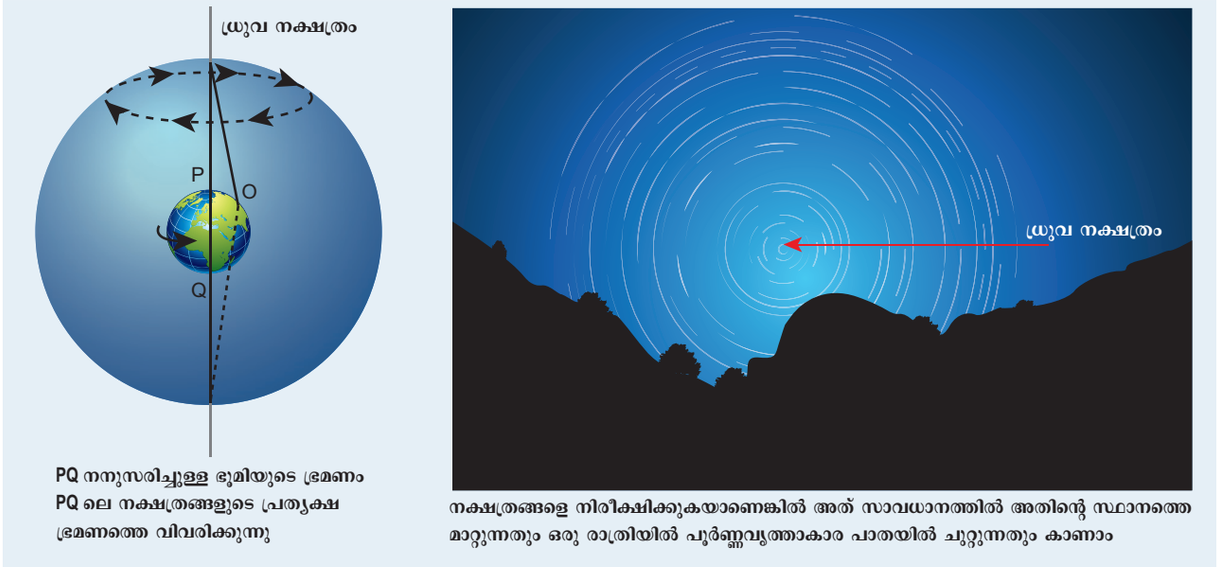
കുറിപ്പ്

ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണത്തിന്റെ അച്ചു തണ്ടിന് മുകളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ഒരു നക്ഷത്രമാണ് ധ്രുവ നക്ഷത്രം. അതിനാൽ ഇത് നിശ്ചലമാണെന്ന് തോന്നുന്നു. നക്ഷത്ര പോളാരിസ് നമ്മുടെ ധ്രുവനക്ഷത്രം ആകുന്നു.

ആലോചിക്കാനുള്ള പോയിന്റ്

ഭൂമിയുടെ ചായ്വ് 23.5° ആണെന്ന് സൂര്യ രശ്മികളും, നിഴലും ഉപയോഗിച്ച് നിങ്ങൾ എങ്ങനെ തെളിയിക്കും?

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 38 2/14/2023 11:03:22 AM



ചിത്രം 6.37 ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണം കാരണമുണ്ടാകുന്ന നക്ഷത്രങ്ങളുടെ പ്രത്യക്ഷവൃത്താകാര ചലനം

6.5.5 വാനശാസ്ത്രത്തിലെ സമീപകാല സംഭവ വികാസങ്ങളും ഗുരുത്വാകർഷണവും

19-ാം നൂറ്റാണ്ടുവരെ വാനശാസ്ത്രം പ്രധാനമായും ആശ്രയിച്ചിരുന്നത് നഗ്നനേത്രങ്ങളാൽ ഉള്ള നിരീക്ഷണങ്ങളേയോ, ടെലസ്കോപ്പ് നിരീക്ഷണങ്ങളേയോ ആയിരുന്നു. പത്തൊൻപതാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാനത്തിൽ വൈദ്യുതകാന്തിക സ്പെക്ട്രം കണ്ടെത്തിയതിനുശേഷം പ്രപഞ്ചത്തിനെ കുറിച്ചുള്ള നമ്മുടെ അറിവ് വർദ്ധിച്ചു. ഈ വികാസത്തിന്റെ ഫലമായി 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാനത്തിൽ ന്യൂട്ടന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണ നിയമത്തിന് ചില പ്രതിഭാസങ്ങളെ വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയില്ലെന്നും പൊരുത്തക്കേടുകൾ കാണിക്കുന്നുവെന്നും കണ്ടെത്തി. ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റീൻ തന്റെ സാമാന്യ ആപേക്ഷികതാ സിദ്ധാന്തത്തിന് രൂപം നൽകി. ഇത് 20-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ഗുരുത്വാകർഷണമേഖലയിലെ വിജയകരമായ ഒരു സിദ്ധാന്തമായിരുന്നു.

ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിൽ വാനശാസ്ത്രവും ഗുരുത്വാകർഷണവും ഒന്നിച്ച് ലയിക്കുകയും വളരുകയും ചെയ്തു. നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ജനനവും മരണവും കൂടുതൽ വ്യക്തമായി മനസ്സിലാക്കി. ഗുരുത്വാകർഷണം, വാനശാസ്ത്രം തുടങ്ങിയ മേഖലകളിൽ പല ഇന്ത്യൻ ഭൗതികശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും പല സംഭാവനകളും നൽകിയിട്ടുണ്ട്. സുബ്രഹ്മണ്യൻ ചന്ദ്രശേഖർ തമോദ്വാരങ്ങളുടെ സിദ്ധാന്തത്തെ രൂപപ്പെടുത്തുകയും, നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ജീവിതത്തെക്കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. ഈ പഠനങ്ങൾ അദ്ദേഹത്തിന് 1983-ൽ നോബൽ സമ്മാനം നേടിക്കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്. മറ്റൊരു പ്രശസ്ത ഇന്ത്യൻ വാനശാസ്ത്രജ്ഞനായ മേഘനാദ് സഹ നക്ഷത്രങ്ങളെ തരംതിരിക്കുന്നതിനായി അയോണീകൃതസൂത്രം കണ്ടെത്തി. ഇതിനെ സാഹ അയോണൈസേഷൻ ഫോർമുല എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഗുരുത്വാകർഷണമേഖലയിൽ അമൽകുമാർ റേയ്ചൗധരി ഒരു സമവാക്യം രൂപീകരിച്ചു ഇത് റേയ്ചൗധരി സമവാക്യം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇത് വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട സംഭാവനയാകുന്നു. ശ്രദ്ധേയനായ മറ്റൊരു ഇന്ത്യൻ വാനശാസ്ത്രജ്ഞൻ ജയന്ത് V നർലിക്കർ വാനശാസ്ത്രത്തിന് മുൻതൂക്കം നൽകുന്ന പല സംഭാവനകളും നൽകിയിട്ടുണ്ട്. മാത്രമല്ല വാനശാസ്ത്രത്തെകുറിച്ച് രസകരമായ പല പുസ്തകങ്ങളും രചിച്ചിട്ടുണ്ട്. IUCAA (Inter University Center for Astronomy and Astrophysics) വാനശാസ്ത്രത്തിലും ഗുരുത്വാകർഷണത്തിലും സജീവ ഗവേഷണം നടത്തുന്ന ഒരു പ്രധാന ഇന്ത്യൻ ഗവേഷണസ്ഥാപനമാണിത്. പ്രൊഫ. നർലിക്കാരാണ് ഈ സ്ഥാപനത്തിന്റെ സ്ഥാപകൻ. ഈ മേഖലകളിലെ സമീപകാല വികാസങ്ങളെക്കുറിച്ച് കൂടുതൽ വായിക്കാൻ വിദ്യാർത്ഥികളെ പ്രോത്സാഹിപ്പിക്കുന്നു.

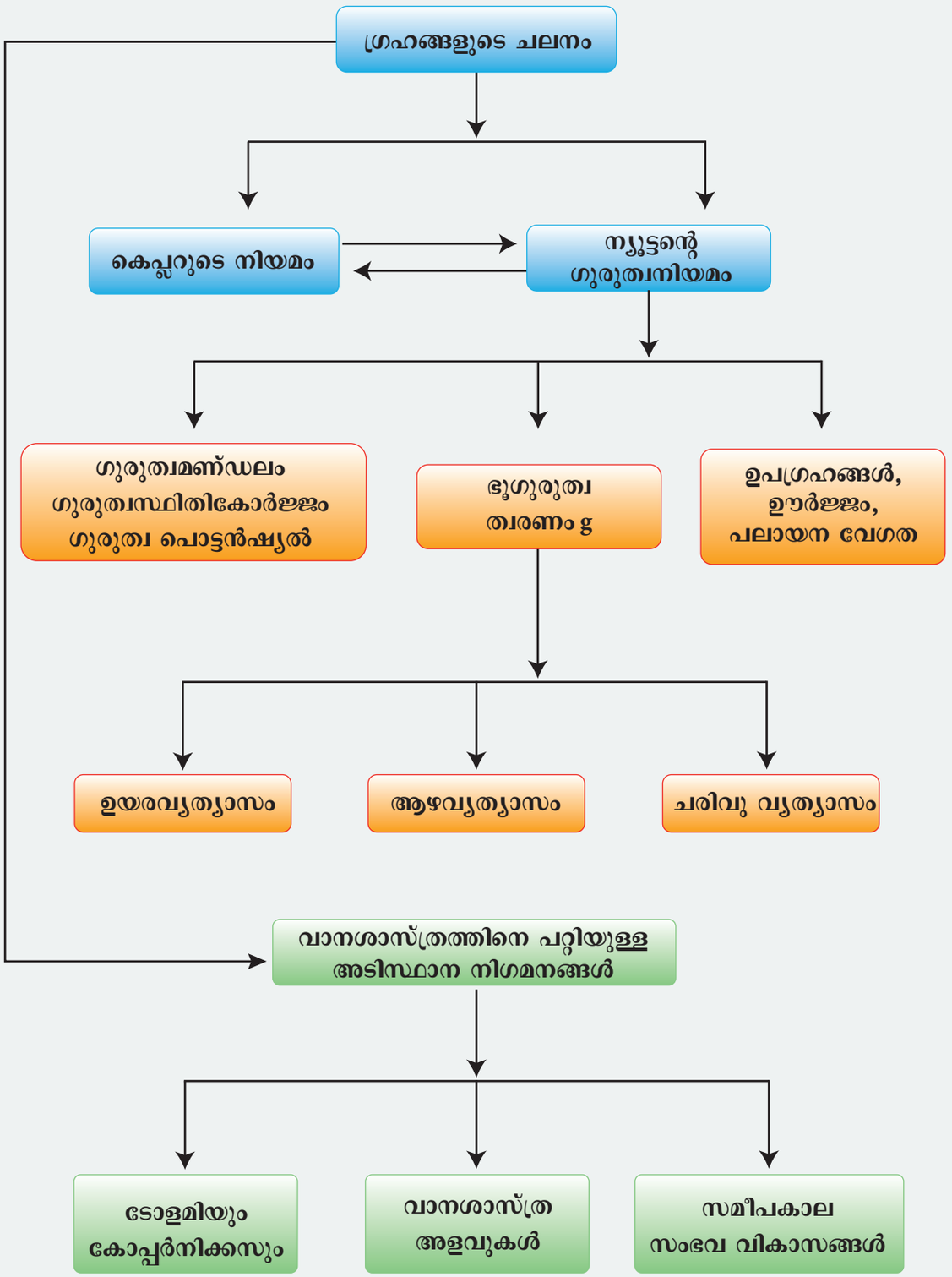
XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 39 2/14/2023 11:03:22 AM

സംഗ്രഹം

- കെപ്ലറുടെ നിയമങ്ങളെ ഉപയോഗിച്ച് ഗ്രഹങ്ങളുടെ ചലനത്തെ വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയും.
- **കെപ്ലറുടെ ഒന്നാം നിയമം:** എല്ലാ ഗ്രഹങ്ങളും ദീർഘവൃത്താകാര പരിക്രമണപഥങ്ങളിലൂടെ അതിന്റെ ഫോക്കസുകളിൽ ഒന്നിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന സൂര്യനുചുറ്റും ചലിക്കുന്നു.
- **കെപ്ലറുടെ രണ്ടാം നിയമം :** ഒരു ഗ്രഹത്തെയും സൂര്യനെയും ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന നേർരേഖ തുല്യ ഇടവേളകളിൽ തുല്യ പരപ്പളവുകൾ ഉണ്ടാക്കി സഞ്ചരിക്കുന്നു.
- **കെപ്ലറുടെ മൂന്നാം നിയമം :** ഒരു ഗ്രഹത്തിന്റെ പരിക്രമണകാലത്തിന്റെ വർഗ്ഗം ദീർഘവൃത്ത സഞ്ചാരപാതയുടെ സെമിമേജർ അക്ഷത്തിന്റെ ക്യൂബിന് ആനുപാതികമായിരിക്കും.
- **ന്യൂട്ടന്റെ ഗുരുത്വ നിയമം** രണ്ട് പിണ്ഡങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണബലം അവയുടെ ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ ഗുണനഫലത്തിന് നേർഅനുപാതത്തിലും അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ദൂരത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് വിപരീതാനുപാതത്തിലായിരിക്കും. വെക്ടർ രൂപത്തിൽ ഇതിനെ $\vec{F} = -\frac{Gm_1m_2}{r^2}\hat{r}$ എന്നെഴുതാം
- ഗുരുത്വാകർഷണബലം ഒരു കേന്ദ്രബലമാകുന്നു.
- കെപ്ലറുടെ നിയമം ന്യൂട്ടന്റെ ഗുരുത്വനിയമത്തിൽ നിന്നും നിർണ്ണയിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.
- m പിണ്ഡത്തിനാൽ m പിണ്ഡത്തിൽ നിന്നും r ദൂരത്തിലുള്ള ഒരു ബിന്ദുവിൽ ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡലം $\vec{E} = -\frac{Gm}{r^2}\hat{r}$. ഇതൊരു വെക്ടർ അളവാകുന്നു.
- രണ്ട് പിണ്ഡങ്ങളുടെ ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജം $U = -\frac{Gm_1m_2}{r}$. ഇതൊരു സ്കേലാർ അളവാകുന്നു.
- പിണ്ഡം m ൽ നിന്നും r അകലത്തിലുള്ള ഒരു ബിന്ദുവിലെ ഗുരുത്വപൊട്ടൻഷ്യൽ $V = -\frac{Gm}{r}$. ഇത് ഒരു സ്കെലാർ അളവാകുന്നു.
- ഭൂമിയിൽ നിന്നും ഉയരവും, ആഴവും വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം കുറയുന്നു.
- ഭൂമിയുടെ പരിക്രമണമൂലം ധ്രുവങ്ങളിൽ ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം പരമാവധിയും ഭൂമദ്ധ്യരേഖ പ്രദേശത്ത് കുറവുമായിരിക്കും.
- ഏതൊരു വസ്തുവിനും ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വമണ്ഡലത്തിൽ നിന്നും പലായനം ചെയ്യുന്നതിനാവശ്യമായ പ്രവേഗം $v_e = \sqrt{2gR_e}$. ഇത് വസ്തുക്കളുടെ ദ്രവ്യമാനത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.
- ഉപഗ്രഹങ്ങളുടെ ഊർജ്ജം നെഗറ്റീവാകുന്നു. ഇത് ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വബലവുമായി ഉപഗ്രഹങ്ങൾ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതിനെ കുറിക്കുന്നു.
- കോപ്പർനിക്കസ് മാതൃകയിൽ പ്രതിലോമചലനം ഗ്രഹങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ആപേക്ഷിക ചലനത്തിനാലാണ് എന്ന് വിവരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇത് ടോളമിയുടെ സങ്കീർണ്ണമായ എപ്പിസൈക്കിൾ വിവരണത്തിനേക്കാൾ ലളിതമാണ്
- ലളിത ജ്യാമിതിയും ത്രികോണമിതിയും ഉപയോഗിച്ച് കോപ്പർനിക്കസ്, കെപ്ലർ തുടങ്ങിയവർ സൂര്യനും, ഗ്രഹങ്ങൾക്കും ഇടയിലുള്ള ദൂരം അളന്നിട്ടുണ്ട്.
- 2400 വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പ് ലളിത ജ്യാമിതിയും, ത്രികോണമിതിയും ഉപയോഗിച്ച് എറത്രോസ്തനസ് ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം അളന്നിട്ടുണ്ട്.

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 40 2/14/2023 11:03:23 AM

ആശയ ചിത്രീകരണം



XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 41 2/14/2023 11:03:23 AM

മൂല്യനിർണ്ണയം

I. ശരിയായ ഉത്തരം തിരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക

1. രേഖീയ ആവേഗവും ഗ്രഹങ്ങളുടെ സ്ഥാന വെക്ടറും പരസ്പരം ലംബമാകുന്നത്

(a) പെരിഹീലിയൻ അപ്ഹീലിയൻ

(b) എല്ലാ ബിന്ദുക്കളിലും

(c) പെരിഹീലിയനിൽ മാത്രം

(d) ഒരു ബിന്ദുവിലുമില്ല

2. ഭൂമിയുടെയും സൂര്യന്റെയും പിണ്ഡങ്ങൾ ഇരട്ടിക്കുമ്പോൾ അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ഗുരുത്വബലം

(a) തുല്യമായിരിക്കും

(b) 2 മടങ്ങ് വർദ്ധിക്കുന്നു

(c) 4 മടങ്ങ് വർദ്ധിക്കുന്നു

(d) 2 മടങ്ങ് കുറയുന്നു

3. സൂര്യനെ ഒരു ഗ്രഹം ദീർഘവൃത്താകാര പാതയിൽ ചുറ്റിവരുന്നു. ഗ്രഹത്തിന്റെ വിദൂര അകലം r_2 ഉം സമീപ അകലം r_1 ഉം ആകുന്നു. ഈ ബിന്ദുക്കളിലെ രേഖീയ വേഗത യഥാക്രമം v_1 ഉം v_2 ഉം ആണെങ്കിൽ $\frac{v_1}{v_2}$ യുടെ അനുപാതം

(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. ഭൂമിയെ വൃത്താകാരപാതയിൽ ചുറ്റിവരുന്ന ഗ്രഹങ്ങളുടെ പരിക്രമണകാലം ആശ്രയിക്കാത്തത് .

(a) പരിക്രമണപാതയുടെ വ്യാസാർദ്ധം

(b) ഉപഗ്രഹങ്ങളുടെ ദ്രവ്യമാനം

(c) ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനവും പരിക്രമണപാതയുടെ വ്യാസാർദ്ധവും

(d) ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനവുമല്ല, പരിക്രമണപാതയുടെ വ്യാസാർദ്ധവുമല്ല

5. ഭൂമിക്കും, സൂര്യനും ഇടയിലുള്ള ദൂരം ഇപ്പോഴത്തെ മൂല്യത്തെക്കാൾ ഇരട്ടിയാകുകയാണെങ്കിൽ ഒരു വർഷത്തിലെ ദിവസങ്ങളുടെ എണ്ണം

(a) 64.5 (b) 1032

(c) 182.5 (d) 730

6. കെപ്ലറുടെ രണ്ടാം നിയമപ്രകാരം സൂര്യനെയും ഗ്രഹത്തെയും ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന നേർരേഖ തുല്യ ഇടവേളകളിൽ തുല്യ പരപ്പളവിൽ കൂടി സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇത് ഏതിന്റെ ഫലമാകുന്നു

(a) രേഖീയ സംവേഗത്തിന്റെ സംരക്ഷണം

(b) വർത്തുള സംവേഗത്തിന്റെ സംരക്ഷണം

(c) ഊർജ്ജ സംരക്ഷണം

(d) ഗതികോർജ്ജ സംരക്ഷണം

7. ഭൂമിയ്ക്കനുസൃതമായ ചന്ദ്രന്റെ ഗുരുത്വഗതികോർജ്ജം

(a) എല്ലായ്പ്പോഴും പോസിറ്റീവ്

(b) എല്ലായ്പ്പോഴും നെഗറ്റീവ്

(c) പോസിറ്റീവോ നെഗറ്റീവോ ആയിരിക്കും

(d) എല്ലായ്പ്പോഴും പൂജ്യം

8. സൂര്യനെ ദീർഘവൃത്താകാര പാതയിൽ ചുറ്റിവരുന്ന ഒരു ഗ്രഹത്തിന്റെ A, B, C തുടങ്ങിയ സ്ഥാനങ്ങളിലെ ഗതികോർജ്ജം യഥാക്രമം K_A, K_B മറ്റും K_C ആകുന്നു. AC മേജർ അക്ഷം ആകുന്നു. SB എന്നത് സൂര്യന്റെ സ്ഥാനത്തു നിന്നും വരയുന്ന ലംബം ഇത് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ

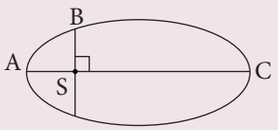
(NEET 2018)

(a) $K_A > K_B > K_C$

(b) $K_B < K_A < K_C$

(c) $K_A < K_B < K_C$

(d) $K_B > K_A > K_C$



XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 42 2/14/2023 11:03:24 AM

9. ഭൂമിയുടെമേൽ സൂര്യന്റെ ഗുരുത്വബലത്തിനാൽ ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി
   (a) എല്ലായ്പ്പോഴും പൂജ്യമാകുന്നു
   (b) എല്ലായ്പ്പോഴും പോസിറ്റീവ്
   (c) പോസിറ്റീവോ, നെഗറ്റീവോ ആയിരിക്കും
   (d) എല്ലായ്പ്പോഴും നെഗറ്റീവ്

10. ഭൂമിയുടെ ദ്രവ്യമാനവും, വ്യാസാർദ്ധവും ഇരട്ടിയാകുമ്പോൾ ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം g'
   (a) മാറ്റമില്ല (b) $\frac{g}{2}$
   (c) 2 g (d) 4 g

11. ഭൂമിയ്ക്കനുഭവപ്പെടുന്ന സൂര്യന്റെ ഗുരുത്വ മണ്ഡലത്തിന്റെ അളവ്
   (a) വർഷം മുഴുവൻ മാറുന്നില്ല
   (b) ജനുവരി മാസം കുറയുകയും ജൂലൈ മാസം വർദ്ധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു
   (c) ജൂലൈ മാസം കുറയുകയും ജനുവരി മാസം വർദ്ധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു
   (d) പകൽ സമയം വർദ്ധിക്കുകയും രാത്രി സമയം കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു.

12. ഒരു വ്യക്തി ചെന്നൈയിൽ നിന്നും തിരുച്ചിയിലേക്ക് ചെല്ലുകയാണെങ്കിൽ അദ്ദേഹത്തിന്റെ ഭാരം
   (a) വർദ്ധിക്കുന്നു
   (b) കുറയുന്നു
   (c) മാറ്റമില്ല
   (d) വർദ്ധിക്കുന്നു എന്നിട്ട് കുറയുന്നു

13. സ്പ്രിംഗ് സ്കെയിലിൽ 10 kg ഭാരമുള്ള വസ്തു ബന്ധിപ്പിച്ച് ഒരു ലിഫ്റ്റിന്റെ മേൽ ചുവരിൽ നിന്നും തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്നു. ലിഫ്റ്റ് സ്വതന്ത്രമായി താഴേക്ക് വീഴുമ്പോൾ സ്പ്രിംഗ് സ്കെയിലിലെ അളവ്
   (a) 98 N (b) zero
   (c) 49 N (d) 9.8 N

14. ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം അതിന്റെ യഥാർത്ഥ മൂല്യത്തിന്റെ 4 മടങ്ങാകുകയാണെങ്കിൽ പലായന വേഗത
   (a) മാറ്റമില്ല
   (b) യഥാർത്ഥമൂല്യത്തിന്റെ 2 മടങ്ങ്
   (c) പകുതിയാകുന്നു
   (d) യഥാർത്ഥ മൂല്യത്തിന്റെ 4 മടങ്ങ്

15. ഭൂമിയെ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്ന ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ ഗതികോർജ്ജം
   (a) സ്ഥിതികോർജ്ജത്തിന് തുല്യമാകുന്നു
   (b) സ്ഥിതികോർജ്ജത്തിനേക്കാൾ കുറവ്
   (c) ഗതികോർജ്ജത്തിനേക്കാൾ കൂടുതൽ
   (d) പൂജ്യം

ഉത്തരം

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

II. ചുരുങ്ങിയ ഉത്തരം എഴുതുക

1. കെപ്ലറുടെ മൂന്നു നിയമങ്ങളും പ്രസ്താവിക്കുക.
2. ന്യൂട്ടന്റെ സാർവ്വികഗുരുത്വനിയമം പ്രസ്താവിക്കുക.
3. ഗ്രഹങ്ങളുടെ വർദ്ധുള ആവേഗം സംരക്ഷിക്കപ്പെടുമോ? നിങ്ങളുടെ ഉത്തരം ന്യായീകരിക്കുക.
4. ഗുരുത്വമണ്ഡലം നിർവ്വചിക്കുക? അതിന്റെ മാത്ര ഏതാണ്.
5. ഗുരുത്വമണ്ഡലത്തിന്റെ സൂപ്പർപൊസിഷൻ എന്നതുകൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത് എന്താണ്?
6. ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജം നിർവ്വചിക്കുക.
7. സ്ഥിതികോർജ്ജം എന്നത് ഒരൊറ്റവസ്തുവിന്റെ സവിശേഷതയാണോ? ന്യായീകരിക്കുക.
8. ഗുരുത്വ പൊട്ടൻഷ്യൽ നിർവ്വചിക്കുക.
9. ഗുരുത്വപൊട്ടൻഷ്യലിനും ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജത്തിനും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം എന്താണ്?
10. ഭൂമിയുടെ കാര്യത്തിൽ പലായന വേഗത എന്നത് അർത്ഥമാക്കുന്നത് എന്താണ്?
11. ഒരു ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ (മറ്റേതെങ്കിലും ഗ്രഹത്തിന്റെ) ഊർജ്ജം നെഗറ്റീവ് ആയിരിക്കുന്നത് എന്തുകൊണ്ട്?
12. ഭൂസ്ഥിര ഉപഗ്രഹങ്ങൾ, ധ്രുവീയ ഉപഗ്രഹങ്ങൾ എന്നിവ എന്നാൽ എന്ത്?
13. ഭാരം നിർവ്വചിക്കുക

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 43 2/14/2023 11:03:24 AM

14. സൂര്യഗ്രഹണവും ചന്ദ്രഗ്രഹണവും എല്ലാ മാസങ്ങളിലും ഉണ്ടാകുന്നില്ല എന്തു കൊണ്ട്?

15. ഭൂമി സ്വയം കറങ്ങുന്നുവെന്ന് നിങ്ങൾക്കെങ്ങനെ തെളിയിക്കാൻ കഴിയും?

III. വിവരിച്ച് ഉത്തരം എഴുതുക

1. ഗുരുത്വനിയമത്തിന്റെ പ്രധാന സവിശേഷതകൾ വിവരിക്കുക.
2. കെപ്ലറുടെ മൂന്നാമത്തെ നിയമത്തിൽ നിന്നും ന്യൂട്ടൻ തന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണ നിയമത്തിൽ എത്തിയത് എങ്ങനെയെന്ന് വിവരിക്കുക.
3. ന്യൂട്ടൺ തന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണ നിയമം എങ്ങനെ സ്ഥിരീകരിച്ചെന്ന് വിവരിക്കുക.
4. ഗുരുത്വസ്ഥിതികോർജ്ജത്തിന്റെ സമവാക്യം നിർണ്ണയിക്കുക.
5. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനടുത്തുള്ള ഒരു ബിന്ദുവിലെ ഒരു വസ്തുവിന്റെ ഗുരുത്വ സ്ഥിതികോർജ്ജം $U = mgh$ എന്ന് തെളിയിക്കുക
6. ഭാരക്കുറവ് എന്ന പ്രതിഭാസത്തെ ഒരു ലിഫ്റ്റിനെ ഉദാഹരണമാക്കി വിവരിക്കുക.
7. പലായനവേഗതയുടെ സമവാക്യം നിർണ്ണയിക്കുക.
8. ഉയരത്തിനനുസരിച്ചുള്ള g യുടെ വ്യതിയാനം വിവരിക്കുക.
9. അക്ഷാംശത്തിനനുസരിച്ചുള്ള g യുടെ വ്യതിയാനം വിവരിക്കുക.
10. ഭൂമിയുടെ ആഴത്തിനനുസരിച്ച് g യുടെ വ്യതിയാനം വിവരിക്കുക.
11. ഭൂമിയെ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്ന ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ പരിക്രമണകാലം നിർണ്ണയിക്കുക.
12. ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ ഊർജ്ജത്തിന്റെ സമവാക്യം നിർണ്ണയിക്കുക.
13. ഭൂമിസ്ഥിര ഉപഗ്രഹങ്ങൾ, ധ്രുവീയ ഉപഗ്രഹങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ വിവരിക്കുക.
14. ഭൗമകേന്ദ്ര സിദ്ധാന്തത്തിന് പകരം സൗരകേന്ദ്ര സിദ്ധാന്തം സ്വീകരിക്കാൻ ഗ്രഹങ്ങളുടെ പ്രതിലോമചലനം സഹായകമാകുന്നത് എങ്ങനെ?
15. ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനുള്ള എരത്രോസ്തനീസ് രീതിയെ വിവരിക്കുക.
16. പൂർണ്ണചന്ദ്രഗ്രഹണ സമയത്ത് ഭൂമിയുടെ നിഴലിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം എങ്ങനെ അളക്കാൻ കഴിയും

IV. അഭ്യാസങ്ങൾ

1. അറിയപ്പെടാത്ത ഗ്രഹം സൂര്യനെ ഭൂമിയുടെ പരിക്രമണപഥത്തിന്റെ സെമിമേജർ അക്ഷത്തിന്റെ നീളത്തിന് ഇരട്ടിയായ നീളത്തിൽ ചുറ്റുന്നു. ഭൂമിയുടെ പരിക്രമണകാലം T_1 ആണെങ്കിൽ അറിയപ്പെടാത്ത ഗ്രഹത്തിന്റെ പരിക്രമണകാലം എന്താണ്?

ഉത്തരം : $T_2 = 2\sqrt{2}T_1$

2. നിങ്ങൾ മറ്റൊരു സൗരയൂഥത്തിലാണെന്ന് സങ്കൽപ്പിക്കുക. ഇതിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ഗ്രഹങ്ങളുടെ സെമിമേജർ അക്ഷത്തിന്റെയും പരിക്രമണകാലത്തിന്റെയും വിവരങ്ങൾ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ സെമി മേജർ അക്ഷത്തിനും പരിക്രമണകാലത്തിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം എന്താണ്?

ഗ്രഹം (സങ്കൽപ്പികമായി)	പരിക്രമണ കാലം (T) (വർഷത്തിൽ)	സെമിമേജർ അക്ഷത്തിന്റെ അളവ് (a) (AUയിൽ)
കുറിഞ്ഞി	2	8
മുല്ല	3	18
മരുതം	4	32
നെയ്തൽ	5	50
പാല	6	72

ഉത്തരം : $a \propto 2T^2$

3. രണ്ട് ദ്രവ്യമാനങ്ങളും ദ്രവ്യമാനത്തിന് ഇടയിലുള്ള ദൂരവും ഇരട്ടിയാകുകയാണെങ്കിൽ അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ഗുരുത്വബലത്തിന് ഉണ്ടാകുന്ന മാറ്റം എന്താണ്?

ഉത്തരം : മാറ്റമില്ല

4. ദ്രവ്യമാനം m ഉം 4m ഉം ഉള്ള രണ്ട് വസ്തുക്കൾ r ദൂരത്തിൽ വച്ചിരിക്കുന്നു. രണ്ട് വസ്തുക്കളെയും ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന രേഖയിലെ ഒരു ബിന്ദുവിൽ ഗുരുത്വമണ്ഡലം പൂജ്യമാ

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 44 2/14/2023 11:03:25 AM

ണെങ്കിൽ ആ ബിന്ദുവിലെ ഗുരുത്വസ്ഥിതി കോർജ്ജം കണ്ടുപിടിക്കുക.

ഉത്തരം : $V = -\frac{9Gm}{r}$

5. സൂര്യനിൽ നിന്നുമുള്ള രണ്ട് ഗ്രഹങ്ങളുടെ ദൂരത്തിന്റെ അനുപാതം $\frac{d_1}{d_2}$ =2, ഈ രണ്ട് ഗ്രഹങ്ങൾക്കും അനുഭവപ്പെടുന്ന ഗുരുത്വമ ണ്ഡലങ്ങളുടെ അനുപാതം എന്താണ്?

ഉത്തരം : $E_2 = 4\ E_1$

6. വ്യാഴത്തിന്റെ ഉപഗ്രഹമായ Io വ്യാഴത്തിനെ 1.769 ദിവസത്തിലൊരിക്കൽ ഭ്രമണംചെയ്യുന്നു. ഭ്രമണ പഥത്തിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം 421700 km വ്യാഴത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം കണക്കാക്കുക?

ഉത്തരം : 1.898×10^{27} kg

7. ഒരു ഗ്രഹത്തിന്റെ വർദ്ധുള ആവേഗം $\vec{L} = 5t^2\hat{i} - 6t\hat{j} + 3\hat{k}$. എന്ന് തന്നിട്ടുണ്ട്. ആ ഗ്രഹത്തിന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ടോർക്ക് കണ ക്കാക്കുക? ടോർക്ക് വർദ്ധുള ആവേഗത്തി ന്റെ ദിശയിലായിരിക്കുമോ?

ഉത്തരം : $\vec{\tau} = 10t\hat{i} - 6\hat{j}$

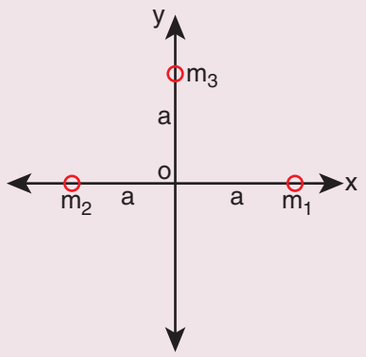
8. ഓരോന്നും M ദ്രവ്യമാനവും, പരസ്പരം ഒരേ അകലത്തിലുമുള്ളതുമായ നാല് കണി കകൾ പരസ്പരമുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണ ഫലമായി R വ്യാസാർദ്ധമുള്ള വൃത്തത്തി ലൂടെ സഞ്ചരിക്കുകയാണെങ്കിൽ, ഓരോ കണികകളുടെയും വേഗത കണക്കാക്കുക

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

9. ഭൂഗുരുത്വസ്ഥിരാങ്കം $G = 6.67 \times 10^{11}$ മൂല്യ ത്തിന് പകരം $G = 6.67 \times 10^{-11}$, എന്ന് തെറ്റായി എഴുതി എന്ന് കരുതുക. ഈ തെറ്റായ മൂല്യം കൊണ്ട് കണക്കാക്കപ്പെടുന്ന g യുടെ മൂല്യം കാണുക? ഈ പുതിയ ഭൂഗു രുത്വ ത്വരണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ നിങ്ങളുടെ ഭാരം എത്ര G? W'?

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

10. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ മൂന്നു പിണ്ഡങ്ങൾ m_1, m_2, m_3 വച്ചിട്ടുണ്ട്. ഈ മൂന്നു പിണ്ഡങ്ങളാൽ O ബിന്ദുവിലു ണ്ടാകുന്ന ഗുരുത്വമണ്ഡലം കണക്കാക്കുക. പിണ്ഡം $m_1 = m_2$ ആകുകയാണെങ്കിൽ ഗുരുത്വ മണ്ഡലത്തിലുണ്ടാകുന്ന വ്യത്യാ സം എന്താണ്?



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

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

11. ഭൂമി, സൂര്യൻ തുടങ്ങിവയുടെ ഗുരുത്വസ്ഥിതി കോർജ്ജം കണക്കാക്കുക? സൂര്യനിൽ നിന്നു ള്ള ഭൂമിയുടെ ദൂരം ഏകദേശം 150 മില്ല്യൻ കിലോമീറ്റർ. ഭൂമിയുടെ ദ്രവ്യമാനം 5.9×10^{24} kg സൂര്യന്റെ ദ്രവ്യമാനം 1.9×10^{30} kg.

ഉത്തരം : U= -49.84×10^{32} ജൂൾ

12. ഭൂമി സൂര്യനെ 30 km s^{-1} എന്ന വേഗതയിൽ ഭ്രമണം ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ ഭൂമിയുടെ ഗതി കോർജ്ജം കണക്കാക്കുക. മുൻപുള്ള ഉദാ ഹരണത്തിൽ ഭൂമിയുടെ സ്ഥിതികോർജ്ജം കണ്ടുപിടിച്ചിട്ടുണ്ട്. ആ സംഭവത്തിൽ ഭൂമി യുടെ മൊത്ത ഊർജ്ജം എന്താണ്? മൊത്ത ഊർജ്ജം പോസിറ്റീവ് ആണോ? കാരണ ങ്ങൾ നൽകുക.

ഉത്തരം : K.E = 26.5×10^{32} J

E = -23.29×10^{32} J

ഭൂമി സൂര്യനുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത് നെഗറ്റീവ് (–) ചിഹ്നം കുറിക്കുന്നു

13. ഭൂമിയിൽ നിന്നും എറിയപ്പെട്ട ഒരു വസ്തു പൂജ്യമല്ലാത്ത ഗതികോർജ്ജം

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 45 2/14/2023 11:03:27 AM

$\left[\mathrm{K.E}\left(\mathrm{r}=\infty\right)=\frac{1}{2}\mathrm{Mv}_{\infty}{}^{2}\right]$, ത്തിൽ അനന്തതയിലെ ഒരു ബിന്ദുവിൽ എത്തുകയാണെങ്കിൽ, വസ്തുവിന്റെ ഭൂമിയിൽ നിന്നും എറിയപ്പെട്ട പ്രവേഗം കാണുക?

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

14. നമ്മൾ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും 200 km മുകളിലോട്ടും, താഴോട്ടും പോകുകയാണെങ്കിൽ, ഈ രണ്ട് ബിന്ദുക്കളിലുമുള്ള g യുടെ മൂല്യം കണക്കാക്കുക? ഈ കേസുകളിൽ ഏതിലാണ് g യുടെ മൂല്യം കുറവ്?

ഉത്തരം : $g_{\text{താഴോട്ട്}} = 0.96\ g$

$g_{\text{മുകളിലോട്ട്}} = 0.94\ g$

15. തമിഴ്നാട്ടിലുള്ള നിങ്ങളുടെ ജില്ലയിലെ g യുടെ മൂല്യമാറ്റം കണക്കാക്കുക? (തമിഴ്നാടിലുള്ള നിങ്ങളുടെ ജില്ലയുടെ അക്ഷാംശം ഗൂഗിളിൽ ലഭ്യമാണ്). ചെന്നൈ, കന്യാകുമാരി തുടങ്ങിയവയുടെ g മൂല്യത്തിന്റെ മാറ്റം കണക്കാക്കുക?

ഉത്തരം : $g_{\text{ചെന്നൈ}} = 9.7677\ \mathrm{m\ s^{-2}}$

$g_{\text{കന്യാകുമാരി}} = 9.7667\ \mathrm{m\ s^{-2}}$

$\Delta g = 0.001\ \mathrm{m\ s^{-2}}$

V. ആശയപരമായ ചോദ്യങ്ങൾ

1. ഇനിപ്പറയുന്നവയിൽ സംരക്ഷിത അളവുകൾ എന്തൊക്കെയാണ്?

a) ഗ്രഹത്തിന്റെ രേഖീയ ആവേഗം

b) ഗ്രഹത്തിന്റെ വർദ്ധുള ആവേഗം

c) ഗ്രഹത്തിന്റെ മൊത്ത ഊർജ്ജം

d) ഗ്രഹത്തിന്റെ സ്ഥിതികോർജ്ജം

2. ഒരു വർഷത്തിൽ ഭൂമിക്കുമേൽ സൂര്യനാൽ ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി

a) പൂജ്യം b) പൂജ്യമല്ല

c) പോസിറ്റീവ് d) നെഗറ്റീവ്

3. ഒരു നിശ്ചിത ഇടവേളയിൽ ഭൂമിയ്ക്കുമേൽ സൂര്യനാൽ ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി

a) പോസിറ്റീവ്, നെഗറ്റീവ് അല്ലെങ്കിൽ പൂജ്യം

b) കർശനമായി പോസിറ്റീവ്

c) കർശനമായി നെഗറ്റീവ്

d) ഇത് എല്ലായ്പ്പോഴും പൂജ്യമാകുന്നു

4. ഒരു ധൂമകേതു പെട്ടെന്ന് ചന്ദ്രനിൽ ഇടിയ്ക്കുകയും ചന്ദ്രനേക്കാൾ കൂടുതൽ ഊർജ്ജം നൽകുകയുമാണെങ്കിൽ സംഭവിക്കുന്നത് എന്താണ്?

5. ചന്ദ്രനിന്മേലുള്ള ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വബലം പെട്ടെന്ന് അപ്രത്യക്ഷമായാൽ ചന്ദ്രന് എന്ത് സംഭവിക്കും?

6. ഭൂമിയ്ക്ക് ചായ്വില്ലായെങ്കിൽ ഭൂമിയിലെ ഋതുക്കൾക്ക് സംഭവിക്കുന്നത് എന്താണ്?

7. ഭൂമിയിൽ വേനൽക്കാലവും ശൈത്യകാലവും ഉണ്ടാകുന്നത് എങ്ങനെ എന്ന ചോദ്യത്തിന് ഒരു വിദ്യാർത്ഥി, ഭൂമി സൂര്യനെ ദീർഘവൃത്താകാരപാതയിൽ ചുറ്റിവരുമ്പോൾ ഭൂമി സൂര്യനു അരികിലാകുമ്പോൾ വേനൽക്കാലവും വളരെ അകലത്തിലാണെങ്കിൽ ശൈത്യകാലവും അനുഭവപ്പെടുന്നു എന്ന് ഉത്തരം എഴുതിയിരുന്നാൽ അത് ശരിയാണോ? ഇല്ലായെങ്കിൽ വേനൽക്കാലവും ശൈത്യകാലവും ഉണ്ടാകുന്നതിനുള്ള കാരണം വിവരിക്കുക?

8. 2018 ജനുവരി 31 ന് നടന്ന ചന്ദ്രഗ്രഹണത്തിന്റെ ചിത്രങ്ങൾ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. ഈ ചിത്രങ്ങളിൽ നിന്നും ഭൂമി ഗോളാകൃതിയിലാണെന്ന് തെളിയിക്കാനാകുമോ?

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 46 2/14/2023 11:03:28 AM

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ

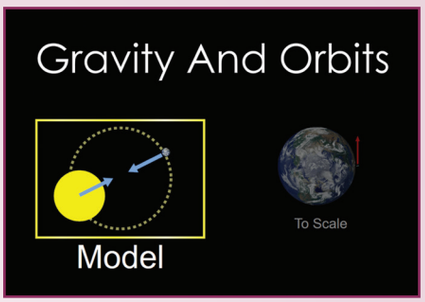
1. Mechanics by Charles Kittel, Walter Knight, Malvin Ruderman, Carl Helmholtz and Moyer
2. Newtonian Mechanics by A.P. French
3. Introduction to Mechanics by Daniel Kepler and Robert Kolenkow
4. Mechanics by Somnath Datta
5. Concepts of Physics volume 1 and Volume 2 by H.C. Verma
6. Physics for Scientist 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

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 47 2/14/2023 11:03:28 AM

ഐ.സി.ടി കോർണർ

ഗുരുത്വാകർഷണം

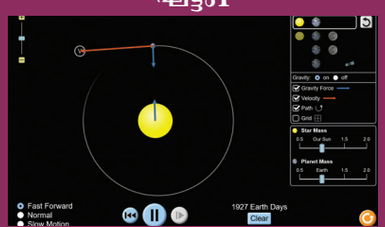
ഈ പ്രവർത്തനത്തിലൂടെ നിങ്ങൾ ഭൂഗുരുത്വ ബലം മറ്റും ഭ്രമണപഥങ്ങളെ കുറിച്ച് പഠിക്കുന്നു



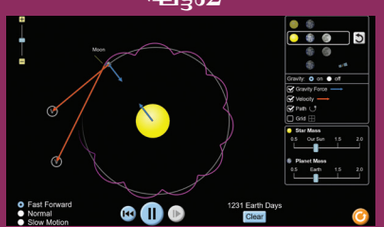
ഘട്ടങ്ങൾ:

- URL കോഡ് ക്ലിക്ക് ചെയ്ത് അല്ലെങ്കിൽ QR കോഡ് സ്കാൻ ചെയ്ത് പ്രവൃത്തി പേജിലേക്ക് കടക്കുക. മാതൃക എന്ന് രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്ന ബോക്സ് അമർത്തുക
- പ്രവർത്തനജാലകത്തിൽ സൂര്യന്റെയും ഭൂമിയുടെയും ചിത്രം കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. ഭൂമിയുടെ ചലനം വീക്ഷിക്കുന്നതിനായി പ്ലേ ഐകോൺ അമർത്തുക.
- വലതു വശത്തെ ജാലകത്തിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പട്ടികയിൽ നിന്നും വസ്തുക്കളെ തിരഞ്ഞെടുത്ത് വസ്തുക്കളെ മാറ്റാവുന്നതാണ്.
- ഭൂഗുരുത്വപാത, ചലനവസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗം എന്നിവ നിരീക്ഷിക്കാവുന്നതാണ് പട്ടികയിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ഇതിനനുബന്ധമായ ബോക്സുകൾ പരിശോധിക്കുക.

ഘട്ടം1

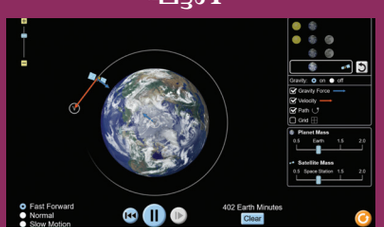


ഘട്ടം2



ഘട്ടം3

ഘട്ടം4



URL:

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

* ചിത്രങ്ങൾ സൂചകങ്ങൾ മാത്രമാണ്.

* ആവശ്യമെങ്കിൽ **Flash Player**, **Java Script** ഉപയോഗിക്കാം.

XI Physics Vol-2 Unit 6 Malayalam.indd 48 2/14/2023 11:03:32 AM

അദ്ധ്യായം

7

പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഗുണ സവിശേഷതകൾ

പ്രപഞ്ച ഉൽപ്പത്തി മുതൽ ഇന്നുവരെ കൈവരിച്ച ഏറ്റവും ഉന്നത മുന്നേറ്റങ്ങളിൽ പലതും പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഗുണ സവിശേഷതകളെ കുറിച്ചുള്ള അറിവ് മനുഷ്യവർഗ്ഗത്തിന് ഉപയോദഗ പ്രദമായ ചില ലക്ഷ്യങ്ങളിലേക്ക് മാറ്റാനുള്ള ആത്മാർത്ഥമായ അഭിനിവേശത്താലാണ് – കെൽവിൻ പ്രഭു

പഠന ഉദ്ദേശ്യങ്ങൾ

ഈ യൂണിറ്റിൽ വിദ്യാർത്ഥികൾ അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ട വസ്തുതകൾ

- പദാർത്ഥങ്ങളിലെ അറ്റോമികാന്തര അഥവാ തന്മാത്രാന്തര ബലങ്ങൾ
- സ്ട്രെസ്സ്, സ്ട്രെയിൻ, ഇലാസ്തികതയുടെ മോഡുലസ്
- പ്രതലബലം
- ശ്യാനത
- ദ്രവങ്ങളുടെ ഗുണസവിശേഷതകളും, പ്രയോജനങ്ങളും

FKYAG

7.1 ആമുഖം

ലോകത്തിലെ ഏറ്റവും പഴക്കം ചെന്ന ഡാമുകളിലൊന്നാണ് ട്രിച്ചിയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന കല്ലണൈ ജലസേചനത്തിനായി കാവേരി നദിക്ക് കുറുകെ കല്ലണൈ പണികഴിപ്പിച്ചു. കനത്ത വെള്ളപ്പൊക്ക സമയത്ത് കാവേരി നദിയിൽ ജലത്തിന്റെ വേഗത വളരെ കൂടുതലാണ്. കല്ലണൈ ഡാമിന്റെ ദൃഢതയും മേന്മയും, എ.ഡി. രണ്ടാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ തുടക്കത്തിൽ തന്നെ ഈ അണക്കെട്ട് രൂപകൽപ്പന ചെയ്ത തമിഴരുടെ അവബോധജന്യമായ ശാസ്ത്രീയ ധാരണയെ വെളിപ്പെടുത്തുന്നു. ഭൂതകാലത്തിന്റെ ഉൾക്കാഴ്ചയുള്ള നിർമ്മാണത്തിന് അറിയപ്പെടുന്ന മറ്റൊരു ഉദാഹരണം ഈജിപ്റ്റിലെ പിരമിഡുകളാണ്. ഫ്ളൈഓവറുകളും ഓവർ ബ്രിഡ്ജുകളും ഇന്ന് ലോകമെമ്പാടും ഉണ്ട്. കനത്ത വാഹനങ്ങൾ ഓടുന്നതിനാൽ പാലങ്ങൾ എല്ലായിപ്പോഴും സമ്മർദ്ദത്തിനു വിധേയമാണ്. അനുയോജ്യമായ മെറ്റീരിയലുകൾ ഉപയോഗിച്ച് ഫലപ്രദമായ രൂപകല്പന ഇല്ലാതെ പാലങ്ങളും ഫ്ളൈ ഓവറുകളും ദൃഢതയോടെ നിലനിൽക്കുന്നില്ല. വിവിധ തരത്തിലുള്ള ദ്രവ്യങ്ങളെ (ഖര,

കല്ലണൈ (Kallanai)

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 49 2/14/2023 11:07:41 AM

ദ്രാവക, വാതകം) മനസ്സിലാക്കുന്നതിനാലാണ് മനുഷ്യ നാഗരികതയുടെ വളർച്ച.

ഒരു നിർദ്ദിഷ്ട ആപ്ലിക്കേഷനുവേണ്ടി ഒരു മെറ്റീരിയലിനെ തിരഞ്ഞെടുക്കുന്നതിന് ദ്രവ്യത്തിന്റെ സവിശേഷതകളെ കുറിച്ചുള്ള പഠനം അനിവാര്യമാണ്. ഉദാഹരണത്തിന് സാങ്കേതിക വിദ്യയിൽ, ബഹിരാകാശ ആപ്ലിക്കേഷനുകൾക്കായി ഉപയോഗിക്കുന്ന വസ്തുക്കളുടെ ഭാരം കുറഞ്ഞതും എന്നാൽ ദൃഢത ഉള്ളതും ആകണം. കൃത്രിമ മനുഷ്യ അവയവമാറ്റങ്ങൾക്ക് ഉപയോഗിക്കുന്ന വസ്തുക്കൾ ബയോകബാറ്റബൽ ആയിരിക്കണം. വൈദ്യശാസ്ത്രത്തിൽ റേഡിയോ തെറാപ്പി വിശകലനത്തിന് ടിഷ്യുവിനു പകരമായി കൃത്രിമ ശരീര ദ്രാവകങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ലൂബ്രിക്കന്റായോ ഇന്ധനമായോ ഉപയോഗിക്കുന്ന ദ്രാവകങ്ങൾക്ക് ചില സവിശേഷതകൾ ഉണ്ടായിരിക്കും ഇത്തരം വിശിഷ്ടമായ മാക്രോസ്കോപ്പിക് സവിശേഷതകളെ നിശ്ചയിക്കുന്നത് പദാർത്ഥത്തിലെ മൈക്രോസ്കോപ്പിക് പ്രതിഭാസങ്ങളാണ്. ഈ യൂണിറ്റിൽ ഖര വസ്തുക്കളുടേയും ദ്രവങ്ങളുടേയും (ദ്രാവകം, വാതകം) സ്വഭാവത്തെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന നിയമങ്ങളും കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നു.

7.2 പദാർത്ഥങ്ങളുടെ വ്യത്യസ്ത അവസ്ഥകളുടെ മൈക്രോസ്കോപ്പിക് അവകലനം

ഖരഭക്ഷണം, വെള്ളം പോലുള്ള ദ്രാവകങ്ങൾ നമ്മൾ ശ്വസിക്കുന്ന വായു എന്നിങ്ങനെയുള്ള വിവിധതരം പദാർത്ഥങ്ങൾ പഴയകാലത്തെ ദൈനംദിന ജീവിതശൈലിയിൽ സുപരിചിതമാണെങ്കിലും ഈ ഖര, ദ്രാവക, വാതകങ്ങളുടെ മൈക്രോസ്കോപ്പിക് പഠനം സ്ഥാപിതമായത് ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിലാണ്. പ്രപഞ്ചത്തിൽ എല്ലാ വസ്തുക്കളും ആറ്റങ്ങളാൽ നിർമ്മിതമാണ്. അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ ഒരേ പദാർത്ഥങ്ങൾ മൂന്ന് അവസ്ഥകളിൽ നിലകൊള്ളുന്നത് എന്തുകൊണ്ട്? ഉദാഹരണത്തിന് ഖര ഐസ്, ലിക്വിഡ് വാട്ടർ, നീരാവി എന്നിവകളിൽ ജലം മൂന്ന് അവസ്ഥകളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഐസ് ജലം, നീരാവി എന്നിവ ഒരേ ജലത്തിൽ നിന്നാണ് നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നത് എന്നത് ശ്രദ്ധേയമാണ്. രണ്ട് ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റങ്ങളും, ഒരു ഓക്സിജൻ ആറ്റവും ചേർന്ന് ഒരു ജലതന്മാത്ര ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രകൃതിയുടെ ഈ സൗന്ദര്യം സൂക്ഷ്മ തലത്തിൽ പര്യവേക്ഷണം ചെയ്യാൻ ഭൗതികശാസ്ത്രം നമ്മളെ സഹായിക്കുന്നു. ഒരു വസ്തു ഖരം, ദ്രാവകം അഥവാ വാതകാവസ്ഥ പ്രാപിക്കുന്നത് അവയിലെ ആറ്റങ്ങളോ അല്ലെങ്കിൽ തന്മാത്രകൾക്കിടയ്ക്കുള്ള അകലം നിർണ്ണയിക്കുന്നതിനനുസരിച്ചാണ്.

ഖരപദാർത്ഥങ്ങൾ

ഖരപദാർത്ഥങ്ങളിൽ ആറ്റങ്ങൾ അഥവാ തന്മാത്രകൾ ദൃഢമായി ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. ഖര വസ്തുക്കളുടെ രൂപീകരണത്തിൽ വിവിധതരം ബോണ്ടിംഗിലൂടെ ആറ്റങ്ങൾ പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ആറ്റങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനം കാരണം അവ പ്രത്യേക ഇന്റർ അറ്റോമിക് അകലത്തിൽ സ്ഥാനം പിടിക്കുന്നു. ഈ ബൗണ്ട് അവസ്ഥയിലുള്ള ആറ്റങ്ങളുടെ സ്ഥാനങ്ങളെ അവയുടെ ശരാശരി സ്ഥാനങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു.

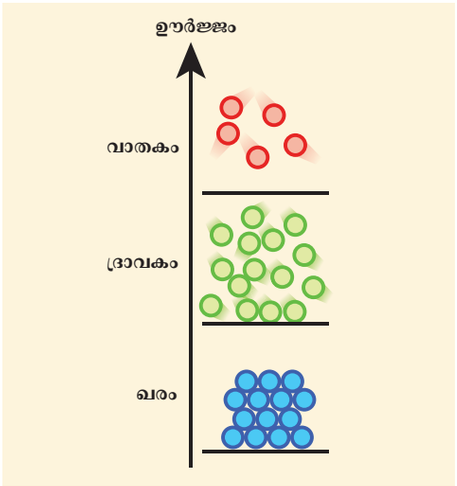
ദ്രാവകങ്ങൾ

ഖരവസ്തുവിനു താപം പോലുള്ള ബാഹ്യ ഊർജ്ജം നൽകാതിരുന്നാൽ ആറ്റങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ബോണ്ടിംഗ് കാരണം അവ ഖരമായി തന്നെ തുടരും. അതിനെ ചൂടാക്കുമ്പോൾ ഖരവസ്തുവിലെ ആറ്റങ്ങൾ താപോർജ്ജത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യുകയും ശരാശരി അവസ്ഥയിലിരുന്ന് കമ്പനം ചെയ്യുകയും ചെയ്യുന്നു. ഖരവസ്തുവിന്റെ ദ്രവണാങ്കത്തിന് മുകളിൽ ചൂടാക്കുമ്പോൾ ഈ താപോർജ്ജം ആറ്റങ്ങൾക്കിടയ്ക്കുള്ള ബന്ധനങ്ങളെ തകർക്കുകയും ഒടുവിൽ അവയ്ക്ക് മതിയാവോളം ഊർജ്ജം ലഭിക്കുകയും അവ അലഞ്ഞു നടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇവിടേയും ഇന്റർമോളിക്കുലാർ (അഥവാ ഇന്റർ അറ്റോമിക്) ബലങ്ങൾ വളരെ പ്രധാനമാണ്. പക്ഷെ തന്മാത്രകൾക്ക് സഞ്ചരിക്കാൻ ആവശ്യമായ ഊർജ്ജം ഉണ്ടാകും. ഇത് ഘടനയെ ചലനാത്മകത ഉള്ളതാക്കുന്നു.

വാതകങ്ങൾ

ഒരു ദ്രാവകത്തെ സ്ഥിര മർദത്തിൽ അതിന്റെ ക്വഥനാങ്കം വരെ ചൂടാക്കുമ്പോഴോ അല്ലെങ്കിൽ സ്ഥിര ഊഷ്മാവിൽ അതിന്റെ മർദ്ദം കുറയ്ക്കുമ്പോഴോ അത് വാതകമായി മാറുന്നു. ഇപ്രകാരം ദ്രാവകം വാതകമായി മാറുന്ന പ്രതിഭാസത്തെ ബാഷ്പീകരണം എന്നു പറയുന്നു. വാതക തന്മാത്രകൾക്ക് വളരെ ദുർബലമായ ബോണ്ടുകളുണ്ട്, അല്ലെങ്കിൽ ബോണ്ടുകളൊന്നും ഇല്ല. ഇത് വാതകത്തെ സ്വതന്ത്രമായും വേഗത്തിലും നീങ്ങാൻ അവയെ പ്രാപ്തമാക്കുന്നു. അതിനാൽ വാതകം അതിന്റെ കണ്ടെയ്നറിന്റെ ആകൃതിയോട് യോജിക്കുകയും കണ്ടെയ്നർ നിറക്കുന്നതിന് വികസിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യും. ബാഹ്യഊർജ്ജത്തിന്റെ വ്യതിയാനത്തോടെ ഒരു ഖരം ദ്രാവകമായി മാറുന്നതും ദ്രാവകം വാതകമായി മാറുന്നതും ചിത്രം 7.1-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 50 2/14/2023 11:07:41 AM



ചിത്രം 7.1 ബാഹ്യ ഊർജ്ജത്താൽ ഖരം ദ്രാവകമാകുന്നതും ദ്രാവകം വാതകം ആയി മാറുന്നതും ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു

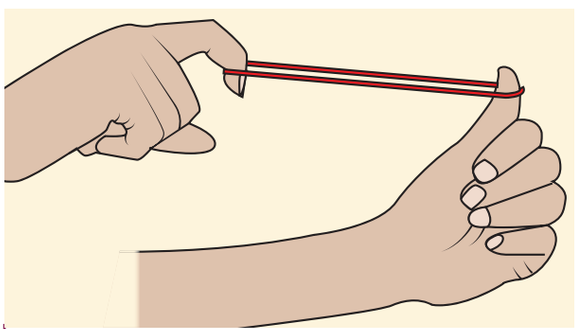
പ്രപഞ്ചത്തിൽ ദ്രവ്യത്തിന്റെ മൂന്നു ഭൗതിക അവസ്ഥകളൊഴികെ (ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം) പ്ലാസ്മ ബോസ് - ഐൻസ്റ്റീൻ കൺഡൺസേറ്റുകൾ, പോലുള്ള മറ്റ് അവസ്ഥയിലും നില നിൽക്കുന്നു. കൂടാതെ ക്വാർക്ക്-ഗ്ലൂൺ പ്ലാസ്മ പോലുള്ള അധിക അവസ്ഥകളും സാധ്യമാണെന്ന് വിശ്വസിക്കപ്പെടുന്നു. പ്രപഞ്ചത്തിലെ അറ്റോമിക ദ്രവ്യത്തിന്റെ ഭൂരിഭാഗവും അപൂർവ്വമായ ഇന്റർസ്റ്റെല്ലാർ മീഡിയം, ഇടതൂർന്ന നക്ഷത്രങ്ങളുടെ രൂപത്തിലുള്ള ചൂടുള്ള പ്ലാസ്മയാണ്.

ന്യൂട്ടോണിയൻ മെക്കാനിക്സ് പഠനത്തിൽ (വാല്യം. 1) പോയിന്റ് പിണ്ഡങ്ങളായി അല്ലെങ്കിൽ തികഞ്ഞ ദൃഢവസ്തുക്കളായി (പോയിന്റ് പിണ്ഡങ്ങളുടെ ശേഖരം) നമ്മൾ അനുമാനിച്ചു. ഇവ രണ്ടും അനുയോജ്യമായ മോഡലുകളാണ്. ദൃഢ വസ്തുക്കളിൽ ആകൃതിയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന മാറ്റം വളരെ ചെറുതും തള്ളിക്കളയാവുന്നവയുമാണ്. യഥാർത്ഥ പദാർത്ഥങ്ങളിൽ ബലം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ട ബലത്തിനാൽ വസ്തുവിന് ചില രൂപാന്തരണം ഉണ്ടാകുന്നു. ഒരു വികലമായ ബലം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ വസ്തുക്കൾ എപ്രകാരം പ്രവർത്തിക്കുന്നു എന്ന് അറിയേണ്ടത് വളരെ പ്രധാനമാണ്.

7.2.1 പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഇലാസ്തിക സ്വഭാവം

ഖര വസ്തുക്കളിൽ രണ്ടോ അതിലധികമോ ആറ്റങ്ങളെ ബന്ധിതപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത് അറ്റോമികാന്തര ബലങ്ങളാണ് സംന്തുലനാവസ്ഥയിൽ ഈ ആറ്റങ്ങൾ സ്ഥിരമായി നിലകൊള്ളുന്നു. ഒരു വസ്തുവിൽ രൂപാന്തര ബലം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ അതിലെ ആറ്റങ്ങൾ വേർപെടുത്തുകയോ അടുത്തേക്ക് തള്ളപ്പെടുകയോ ചെയ്യുന്നു. രൂപാന്തര ബലം നീക്കംചെയ്താൽ അറ്റോമികാന്തര ആകർഷണ വികർഷണ ബലങ്ങൾ ഇവയെ സംന്തുലനാവസ്ഥയിലേക്ക് തിരികെയെത്തിക്കും. രൂപാന്തരബലം നീക്കംചെയ്തുകഴിയുമ്പോൾ ഒരു വസ്തുവിന് അതിന്റെ സ്ഥായിയായ ആകൃതിയും വലിപ്പവും തിരിച്ചു കിട്ടുമെങ്കിൽ ആ വസ്തുവിന് ഇലാസ്തികത ഉള്ളതായും ആ സവിശേഷതയെ ഇലാസ്തികത എന്നും പറയുന്നു. വസ്തുവിന്റെ വലിപ്പവും ആകൃതിയും വ്യത്യാസപ്പെടുത്തുന്ന ബലത്തെ രൂപാന്തര ബലം എന്നു പറയുന്നു.

ഉദാഹരണം : റബ്ബർ, ലോഹങ്ങൾ, സ്റ്റീൽ, കയറുകൾ.



ചിത്രം 7.2 ഇലാസ്തികത

പ്ലാസ്റ്റികത:

രൂപാന്തരബലം നീക്കം ചെയ്തതിനു ശേഷം ഒരു വസ്തുവിന് അതിന്റെ യഥാർത്ഥ ആകൃതിയും വലിപ്പവും പൂർവ്വസ്ഥിതിയിലേക്ക് കൊണ്ടുവരാൻ കഴിയാത്ത വസ്തുക്കളെ പ്ലാസ്റ്റിക് വസ്തുവെന്നും ഈ പ്രത്യേകതയെ പ്ലാസ്റ്റികത എന്നും പറയുന്നു.

ഉദാഹരണം : ഗ്ലാസ്സ്

7.2.2 സ്ട്രെസ്സും സ്ട്രെയിനും

(a) സ്ട്രെസ്സ്:

ഒരു ബലം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ ആറ്റങ്ങളുടേയും തന്മാത്രകളുടേയും ആപേക്ഷിക സ്ഥാനങ്ങളിലെ മാറ്റം കാരണം വലിപ്പത്തിലോ രൂപത്തിലോ അതുമല്ലെങ്കിൽ രണ്ടിലും മാറ്റം സംഭവിക്കാം. ഈ

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 51 2/14/2023 11:07:41 AM

രൂപഭേദങ്ങൾ നഗ്നനേത്രങ്ങളാൽ ശ്രദ്ധയിൽപ്പെട്ടേക്കില്ല. എന്നാൽ ഇത് പദാർത്ഥത്തിൽ തന്നെ നിലകൊള്ളുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള രൂപാന്തര ബലത്തിന് ഒരു വസ്തു വിധേയമാകുമ്പോൾ അതിൽ ഒരു ആന്തരികശക്തി വികസിക്കുന്നു. ഇതിനെ പുനസ്ഥാപിത ബലം എന്നു പറയുന്നു. യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണത്തിലെ ബലത്തെ സ്ട്രെസ്സ് എന്നു പറയുന്നു.

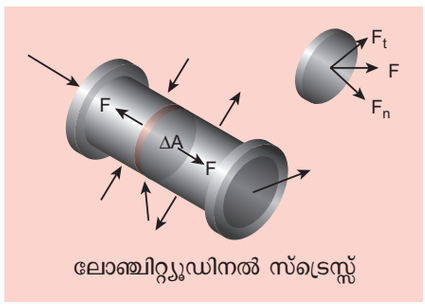
$$\text{സ്ട്രെസ്സ്}\ \sigma : \frac{\text{ബലം}}{\text{വിസ്തീർണ്ണം}} = \frac{F}{A} \quad (7.1)$$

സ്ട്രെസ്സിന്റെ SI മാത്ര $N\,m^{-2}$ അല്ലെങ്കിൽ പാസ്കൽ (Pa) ആകുന്നു. ഇതിന്റെ ഡയമെൻഷൻ $[ML^{-1}T^{-2}]$ ആണ്. സ്ട്രെസ്സ് ഒരു ടെൻസർ ആണ്.

(i) ലോഞ്ചിട്യൂഡിനൽ സ്ട്രെസ്സും ഷിയറിംങ് സ്ട്രെസ്സും:

ചിത്രം7.3-ൽകാണുന്നപോലെഒരുവസ്തുവിനെ സങ്കല്പിക്കുക. സിസ്റ്റത്തിൽ നിരവധി ബലങ്ങൾ പ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ (വസ്തു) പിണ്ഡകേന്ദ്രം (യൂണിറ്റ് 5-ൽ പ്രതിപാദിച്ചു) സ്ഥിരമായി നിലനിൽക്കും. എന്നിരുന്നാലും ഈ ബലങ്ങൾ വസ്തു വികലമാകുകയും അതിനാൽ ആന്തരിക ബലങ്ങൾ ഉടലെടുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ΔA എന്നത് വസ്തുവിന്റെ ഛേദ വിസ്തീർണ്ണം ആണെന്ന് സങ്കല്പിക്കുക. ΔA യുടെ ഇരുവശങ്ങളിലുള്ള വസ്തുവിന്റെ ഭാഗങ്ങളിൽ പരസ്പരം ആന്തരിക ശക്തികളായ $\vec{F}, -\vec{F}$ എന്നിവ പ്രയോഗിക്കുന്നു. ഇത് രൂപഭേദത്താൽ മൂലമാണ്. ബലത്തെ രണ്ട് ഘടകങ്ങളാക്കി വിഭജിക്കാം. F_n , ΔA പ്രതലത്തിന് ലംബമായി (പ്രതലത്തിനു ലംബമായി) F_t , ΔA പ്രതലത്തിനു സമാന്തരമായി (പ്രതലത്തിൽ സമാന്തരമായി). നോർമ്മൽ സ്ട്രെസ്സ് അഥവാ ലോഞ്ചിറ്റ്യൂഡിനൽ സ്ട്രെസ്സ് (σ_n) എന്നതിനെ ഇങ്ങനെ പ്രതിപാദിക്കാം.

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



ചിത്രം 7.3 ലോഞ്ചിറ്റ്യൂഡിനൽ സ്ട്രെസ്സ്

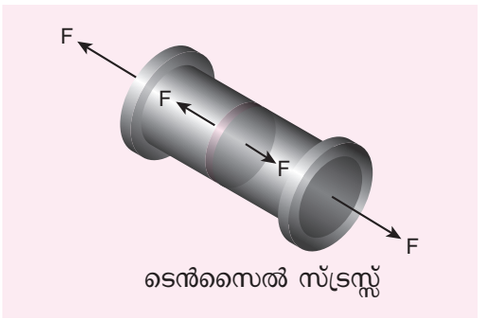
ഇതുപോലെ പരപ്പളവിൽ ഉണ്ടാകുന്ന റ്റാഞ്ചൻഷ്യൽ സ്ട്രെസ്സ് അഥവാ ഷിയറിംങ് സ്ട്രെസ്സിനെ ഇങ്ങനെ പ്രതിപാദിക്കാം σ_t

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

ലോഞ്ചിറ്റ്യൂഡിനൽ സ്ട്രെസ്സിനെ രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം. അവ ടെൻസൈൽ സ്ട്രെസ്സും, സർമ്മദ്ദിദ സ്ട്രെസ്സും ആകുന്നു.

വലിവുപ്രതിബലം

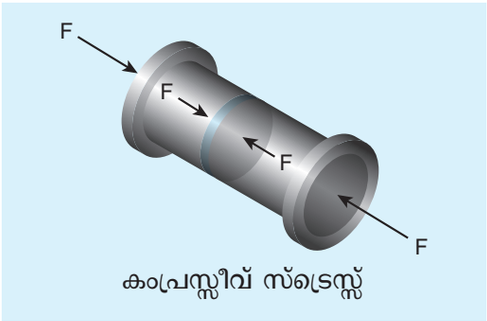
ΔA യുടെ ഇരുവശങ്ങളേയും ആന്തരിക ബലങ്ങൾ പരസ്പരംപിടിച്ചുവലിക്കുന്നു.അതായത്തുല്യവും വിപരീതവുമായ ബലത്താൽ വലിച്ചു നീട്ടുന്നു. ഇപ്രകാരമുള്ള ലോഞ്ചിറ്റ്യൂഡിനൽ പ്രതിബലത്തെ വലിവുപ്രതിബലം എന്നു വിളിക്കുന്നു.



ചിത്രം 7.4 വലിവുപ്രതിബലം

സമ്മർദ്ദിത പ്രതിബലം

ΔA യുടെ ഇരു വശങ്ങളേയും ആന്തരിക ബലങ്ങൾ പരസ്പരം ഞെരുക്കുന്നു. ΔA യെ തുല്യവും വിപരീതവുമായ ബലത്താൽ തള്ളിഞെരുക്കുന്നു. ഇവിടെ ΔA എന്നത് സമ്മർദ്ദപ്പെട്ടുവെന്നു പറയാം. ഇപ്രകാരമുള്ള ലോഞ്ചിറ്റ്യൂഡിനൽ പ്രതിബലത്തെ സമ്മർദ്ദിത പ്രതിബലം എന്നു പറയുന്നു.



ചിത്രം 7.5 സമ്മർദ്ദിത സ്ട്രെസ്സ്

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 52 2/14/2023 11:07:42 AM

(ii) വ്യാപ്ത പ്രതിബലം

പ്രതലത്തിലുടനീളം വസ്തുവിന്റെ ബലങ്ങൾ പ്രവർത്തിക്കുമ്പോഴാണ് ഇത് സംഭവിക്കുന്നത്. അതായത് ഉപരിതലത്തിൽ ലംബമായും ഒരു ചെറിയ പ്രതല വിസ്തീർണ്ണത്തിൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന ബലത്തിന്റെ പരിമാണം അതിന്റെ വ്യാപ്ത പ്രദേശത്തിന് ആനുപാതികമായിരിക്കുമ്പോഴും ആണ്. ഉദാഹരണത്തിന് ഒരു ഖര വസ്തുവിനെ ദ്രവത്തിൽ നിമജ്ജനം ചെയ്യുമ്പോൾ, ഖരവസ്തുവിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന മർദ്ദം P യും അതിലെ ΔA വസ്തീർണ്ണത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലം

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

ഇവിടെ F എന്നത് പ്രതലവിസ്തീർണ്ണം ΔA യ്ക്ക് ലംബമായി വർത്തിക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം യൂണിറ്റ് ഛേദതല വിസ്തീർണ്ണത്തിലുള്ള ബലത്തെ വ്യാപ്ത പ്രതിബലം എന്നു വിളിക്കുന്നു.

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

ഇത് മർദ്ദത്തിനു സമമാണ്.

(b) സ്ട്രെയിൻ :

ഒരു ബലം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ വസ്തുവിൽ ഏർപ്പെടുന്ന വ്യതിയാനത്തെ സ്ട്രെയിൻ അളക്കുന്നു. വസ്തുവിന്റെ വലുപ്പത്തിലുള്ള ഭിന്നമായ മാറ്റത്തെ സ്ട്രെയിൻ കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നു. മറ്റൊരു വിധത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ രൂപവൈകൃതത്തിന്റെ തോതാണ് സ്ട്രെയിൻ അളക്കുന്നത്. ഒരു ഉദാഹരണം പറഞ്ഞാൽ, ഒരു ഡൈമെൻഷനിൽ ഒരു ദണ്ഡിന്റെ നീളം L ഉം, വലിച്ചുനീട്ടിയതിനുശേഷമുള്ള പുതിയ നീളം ΔL ഉം ആണെന്നു സങ്കല്പിക്കുക

$$\text{സ്ട്രെയിൻ, } \varepsilon = \frac{\text{വലുപ്പവ്യത്യാസം}}{\text{യഥാർത്ഥ വലുപ്പം}} = \frac{\Delta L}{L} \qquad (7.2)$$

ε എന്നത് യൂണിറ്റും ഡൈമൻഷനും ഇല്ലാത്ത അളവാണ്. സ്ട്രെയിനെ മൂന്നായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

(1) ലോഞ്ചിറ്റ്യൂഡിനൽ സ്ട്രെയിൻ

L നീളമുള്ള ഒരു ദണ്ഡിനെ തുല്യവും വിപരീതവുമായ ബലത്താൽ വലിക്കുകയാണെങ്കിൽ, ലോഞ്ചിറ്റ്യൂഡിനൽ സ്ട്രെയിനെ ഇപ്രകാരം നിർവ്വചിക്കാം

$$\varepsilon_l = \frac{\text{ദണ്ഡിന്റെ നീളത്തിലുണ്ടാകുന്ന വർദ്ധനവ്}}{\text{ദണ്ഡിന്റെ യഥാർത്ഥ അല്ലെങ്കിൽ}} = \frac{\Delta L}{L} \qquad (7.3)$$

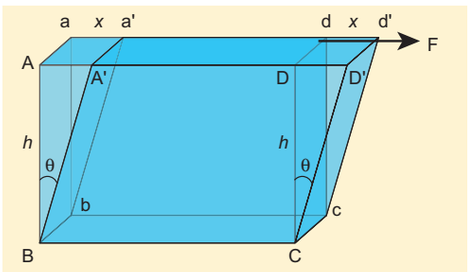
ലോഞ്ചിറ്റ്യൂഡിനൽ സ്ട്രെയിനിനെ രണ്ടായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു

(i) ടെൻസൈൽ സ്ട്രെയിൻ : സ്വാഭാവിക നീളത്തിൽ നിന്നും നീളം കൂടുകയാണെങ്കിൽ അതിനെ ടെൻസൈൽ സ്ട്രെയിൻ എന്നു പറയുന്നു.

(ii) സമ്മർദ്ദിത സ്ട്രെയിൻ: നീളം അതിന്റെ സ്വാഭാവിക നീളത്തിൽ നിന്ന് കുറയുകയാണെങ്കിൽ അതിനെ കംപ്രസ്സീവ് സ്ട്രെയിൻ എന്നു വിളിക്കുന്നു.

(2) ഷിയറിംഗ് സ്ട്രെയിൻ

ചിത്രം 7.6-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു ക്യൂബോയിഡിനെ പരിഗണിക്കുക. വസ്തു സ്ഥാനാന്തരണീയ, ഭ്രമണ സംന്തുലനാവസ്ഥയിൽ നിലകൊള്ളുന്നുവെന്ന് അനുമാനിക്കുക. ക്യൂബോയിഡിന് രൂപാന്തരണം സംഭവിക്കത്തക്ക രീതിയിൽ AD പ്രതലത്തിലൂടെ ഒരു ടാഞ്ചൻഷ്യൽ ബലം പ്രയോഗിക്കുക. ചിത്രം 7.6 വ്യക്തമാക്കുന്നു. എങ്കിൽ ഷിയറിങ് സ്ട്രെയിൻ അഥവാ ഷിയർ എന്നത് (ε_s)



ചിത്രം 7.6 ഷിയറിങ് സ്ട്രെയിൻ

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

ചെറിയ കോണിൽ, $\tan\theta \approx \theta$

അതിനാൽ ഷിയറിങ് സ്ട്രെയിൻ അഥവാ ഷിയർ,

$$\varepsilon_s = \frac{x}{h} = \theta = \text{ഷിയറിന്റെ കോൺ}$$

(3) വ്യാപ്ത വിരൂപണം

ഒരു വസ്തുവിനെ വ്യാപ്ത പ്രതിബലത്തിനു വിധേയമാക്കിയാൽ അതിന്റെ വ്യാപ്തത്തിനു വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുന്നു. വസ്തുവിന്റെ യഥാർത്ഥ വ്യാപ്തം V യും പ്രതിബല പ്രയോഗത്തിനു ശേഷമുള്ള വ്യാപ്തം $V + \Delta V$ യും ആകട്ടെ. വ്യാപ്തത്തിന്റെ ഭിന്നമായ മാറ്റം അളക്കുന്ന വ്യാപ്ത വിരൂപണത്തെ ഇപ്രകാരം സൂചിപ്പിക്കാം

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

ഇലാസ്തിക പരിധി

ഡീഫോമിംഗ് ബലത്തെ നീക്കംചെയ്തതിനു ശേഷം വസ്തുവിന് അതിന്റെ യഥാർത്ഥ ആകൃ

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 53 2/14/2023 11:07:43 AM

തിയും വലുപ്പവും പുനരാർജ്ജിക്കാൻ വേണ്ട പരമാവധി സ്ട്രെസ്സിനെ ഇലാസ്തിക പരിധി എന്നു പറയുന്നു.

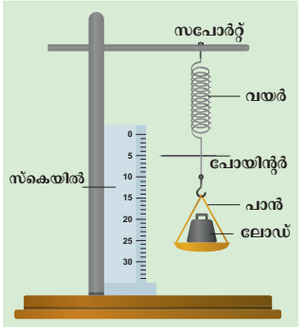
ഡിഫോമിംഗ് ബലത്തിന്റെ അളവ് ഇലാസ്തിക പരിധിക്കപ്പുറമായാൽ വസ്തുവിന് സ്ഥായിയായി രൂപാന്തരണം സംഭവിച്ചിരിക്കും. ഉദാഹരണത്തിന് ഒരു റബ്ബർ ബാൻഡിനെ വളരെയധികം വലിച്ചു നീട്ടിയാൽ അതിന്റെ ഇലാസ്തികത നഷ്ടപ്പെടുന്നു. ഇത് അതിന്റെ വലുപ്പം മാറ്റുകയും വീണ്ടും ഉപയോഗിക്കുന്നതിന് സാധിക്കാതെ വരുകയും ചെയ്യുന്നു.

7.2.3 ഹുക്കിന്റെ നിയമവും അതിന്റെ പരീക്ഷണാത്മക പരിശോധനയും

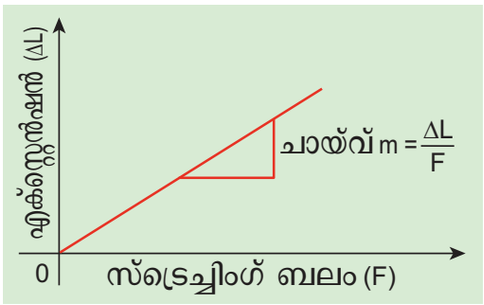
ഇലാസ്റ്റിക് പരിധിക്കുള്ളിൽ ഒരു ചെറിയ രൂപഭേദം സംഭവിച്ചാൽ, വസ്തുവിന്റെ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന സ്ട്രെയിൻ അത് ഉൽപ്പാദിപ്പിച്ച സ്ട്രെസ്സിനു നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും. ഇതാണ് ഹുക്കിന്റെ നിയമം.

L നീളമുള്ളതും A യൂണിഫോം ഛേദവിസ്തീർണ്ണവുമുള്ള നേർത്ത നേരായ വയർ (സ്പ്രിംഗ് പോലെ വലിച്ചുനീട്ടാവുന്ന) O എന്ന ദൃഢ പോയിന്റിൽ ഉറപ്പിച്ചിട്ടുള്ളതിനെ നീട്ടികൊണ്ട് ഇത് ലളിതമായ രീതിയിൽ പരിശോധിക്കാൻ കഴിയും. വയറിന്റെ സ്വതന്ത്ര അഗ്രത്ത് ഒരു പാനും പോയിന്ററും ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രം 7.7 (a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഒരു വെർനിയർ സ്കെയിൽ സംവിധാനത്തിന്റെ സഹായത്തോടെ കമ്പിയിലുണ്ടാകുന്ന എക്സ്റ്റെൻഷൻ നമുക്ക് അളക്കാൻ സാധിക്കും. ഒരു നിശ്ചിത ലോഡിന് അനുബന്ധ സ്ട്രെച്ചിംഗ് ഫോഴ്സ് F ആണെന്നും വയറിനുണ്ടാകുന്ന നീളകൂടുതൽ ΔL ആണെന്നും പരീക്ഷണം കാണിക്കുന്നു. ഇത് യഥാർത്ഥ നീളത്തിന് L നേരനുപാദത്തിലും ഛേദവിസ്തീർണ്ണം A-യ്ക്ക് വിപരീതാനുപാതത്തിലുമാണ്. X-അക്ഷത്തിൽ F-ഉം Y-അക്ഷത്തിൽ ΔL ഉം വരത്തക്കവണ്ണം ഗ്രാഫ് വരയ്ക്കുക. ഈ ഗ്രാഫ് ഒറിജിനലിൽ കൂടി കടന്നുപോകുന്ന ഒരു നേർരേഖയാണ്. ചിത്രം 7.7 (b).



ചിത്രം 7.7 (a) ഹുക്ക് നിയമത്തിന്റെ പരീക്ഷാത്മക പരിശോധന



ചിത്രം 7.7 (b) F അനുസരിച്ചുള്ള ΔL ന്റെ വ്യതിയാനം

അതിനാൽ,

$$AL = (\text{ചായ്വ്})F$$

വ്യാപ്തം കൊണ്ട് ഗുണിക്കുകയും ഹരിക്കുകയും ചെയ്യുക,

$$V = A\,L,$$

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

തിരിച്ചിടുമ്പോൾ നമുക്ക്

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

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

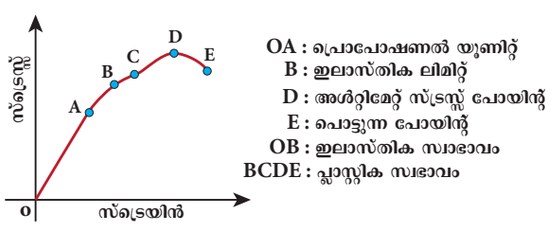
സമവാക്യം (7.1) നെ സമവാക്യം (7.2), കൊണ്ട് താരതമ്യം ചെയ്യുക (7.5) നമുക്ക് ലഭിക്കും

$$\pi \geq \beta$$

ഇലാസ്തിക പരിധിയിൽ സ്ട്രെസ്സ്, സ്ട്രെയിനു ആനുപാതികമാണ്.

സ്ട്രെസ്സ്-സ്ട്രെയിൻ രൂപരേഖ കർവ്:

ഓരോ ലോഡിനും ഉള്ള സ്ട്രെസ്സും സ്ട്രെയിനും കുറിച്ചെടുത്ത്, സ്ട്രെയിനെ X-അക്ഷത്തിലും സ്ട്രെസ്സിനെ Y-അക്ഷത്തിലും ചിത്രീകരിക്കുമ്പോൾ കിട്ടുന്ന രൂപരേഖയാണ് സ്ട്രെസ്സ് - സ്ട്രെയിൻ ഗ്രാഫ്. ഈ സ്ട്രെസ്സ്-സ്ട്രെയിൻ രൂപരേഖയിൽ നിന്നും ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ ഇലാസ്തിക സവിശേഷതകൾ അപഗ്രഥിക്കാൻ സാധിക്കും.



ചിത്രം 7.8 സ്ട്രെസ്സ്-സ്ട്രെയിൻ രൂപരേഖ

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 54 2/14/2023 11:07:44 AM

(a) OA ഭാഗം :

ഈ മേഖലയിൽ പ്രതിബലം വളരെ കുറവാണ്. അതിനാൽ സ്ട്രെസ്സിനു ആനുപാതികമായിരിക്കും സ്ട്രെയിൻ. അതിനർത്ഥം ഹൂക്കിന്റെ നിയമം പൂർണ്ണമായും പാലിക്കപ്പെടുന്നു. A എന്ന ബിന്ദുവിനെ ലിമിറ്റ് ഓഫ് പ്രൊപ്പോഷനാലിറ്റി എന്നു പറയുന്നു. എന്തെന്നാൽ A യ്ക്ക് മുകളിൽ ഹൂക്കിന്റെ നിയമം പാലിക്കപ്പെടുന്നില്ല. OA എന്ന രേഖയുടെ ചായ്വ് ആ വയറിന്റെ യങ്സ് മോഡുലസ് തരുന്നു.

(b) AB ഭാഗം:

പ്രതിബലത്തിന്റെ മൂല്യം വളരെ കുറച്ച് വർദ്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ നമുക്ക് ഈ മേഖല കിട്ടുന്നു. ഈ മേഖലയിൽ സ്ട്രെസ്സും സ്ട്രെയിനും ആനുപാതികമല്ല. എന്നാൽ വലിച്ചു നീട്ടുന്ന ബലം മാറ്റിയാലും വസ്തു അതിന്റെ പൂർവ്വസ്ഥിതിയിലേക്ക് തിരികെ വരുന്നു. ഈ സ്വഭാവം B എന്ന ബിന്ദുവിലെത്തുമ്പോൾ അവസാനിക്കുന്നു. അതിനാൽ B എന്ന ബിന്ദുവിനെ യീൽഡ് പോയിന്റ് (ഇലാസ്തിക പരിധി) എന്നു പറയുന്നു. സ്ട്രെസ്സ്-സ്ട്രെയിൻ കർവ്വിൽ പദാർത്ഥം (ഇവിടെ വയർ) ഇലാസ്തിക സ്വഭാവം കാണിക്കുന്ന മേഖല OAB ആകുന്നു.

(c) BC ഭാഗം:

B എന്ന ബിന്ദുവിനപ്പുറം വയറിനെ (ഇലാസ്തിക പരിധി) വലിച്ചുനീട്ടുമ്പോൾ പ്രതിബലം വർദ്ധിക്കുന്നു. കൂടാതെ സ്ട്രെച്ചിംങ് ബലം നീക്കം ചെയ്താൽ പോലും വയറിന് അതിന്റെ യഥാർത്ഥനീളം കൈവരിക്കാൻ സാധിക്കില്ല.

(d) CD ഭാഗം:

സ്ട്രെസ്സിലുണ്ടാകുന്ന വീണ്ടുമുള്ള വർദ്ധനവ് (C എന്ന ബിന്ദുവിനപ്പുറം) സ്ട്രെയിൻ പെട്ടെന്ന് വർദ്ധിച്ച് D എന്ന ബിന്ദുവിൽ എത്തിക്കുന്നു. D എന്ന ബിന്ദുവിനപ്പുറം, ലോഡിനെ നീക്കം ചെയ്താൽ പോലും സ്ട്രെയിൻ വർദ്ധിക്കുകയും E എന്ന ബിന്ദുവിലെത്തുമ്പോൾ വയർ പൊട്ടിപ്പോകു (നശിക്കുന്നു) കയും ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ വയർ പൊട്ടുന്നതിനപ്പുറമുള്ള പരമാവധി സ്ട്രെസ്സിനെ (ഇവിടെ D) ബ്രേക്കിംഗ് സ്ട്രെസ്സ് അല്ലെങ്കിൽ ടെൻസൈൽ ക്ഷമത എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇതിനു അനുബന്ധമായ പോയിന്റ് D യെ ഫ്രാക്ചർ പോയിന്റ് എന്നു വിളിക്കുന്നു. പദാർത്ഥത്തിന്റെ (വയർ) പ്ലാസ്റ്റിക് സ്വഭാവത്തെ BCDE എന്ന പ്രദേശം പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു.

7.2.4 ഇലാസ്തികതയുടെ മോഡുലൈ

ഹൂക്ക് നിയമത്തിൽ നിന്നും ,

$$\text{സ്ട്രെസ്സ്} \propto \text{സ്ട്രെയിൻ}$$

$\frac{\text{സ്ട്രെസ്സ്}}{\text{സ്ട്രെയിൻ}}$ = ഒരു സ്ഥിരാങ്കം. ഇതിനെ ഇലാസ്തികതയുടെ മോഡുലസ് എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ SI മാത്ര Nm^{-2} അഥവാ പാസല്ക്കൽ. ഇതിന്റെ ഡൈമെൻഷണൽ സമവാക്യം $ML^{-1}T^{-2}$.

ഈ വിഭാഗത്തിൽ നിശ്ചിത പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഇലാസ്റ്റിക് മോഡുലസ്സിനെപ്പറ്റി പ്രതിപാദിക്കാം. ഇലാസ്റ്റിക് മോഡുലസ്സ് മൂന്നു തരം, അവ.

(a) യങ്സ് മോഡുലസ്

(b) റിജിഡിറ്റി മോഡുലസ് (അഥവാ ഷിയർ മോഡുലസ്)

(c) ബൾക്ക് മോഡുലസ്

യങ്സ് മോഡുലസ് :

ഒരു വയറിനെ വലിച്ചുനീട്ടുകയോ അല്ലെങ്കിൽ കുറുക്കുകയോ ചെയ്യുമ്പോൾ, അപ്പോഴുള്ള ടെൻസൈൽ സ്ട്രെസ്സിനും (അഥവാ കംപ്രസ്സീവ് സ്ട്രെസ്സ്) ടെൻസൈൽ സ്ട്രെയിനിനും (അഥവാ കംപ്രസ്സീവ് സ്ട്രെയിൻ) തമ്മിലുള്ള അനുപാതത്തെ യങ്സ് മോഡുലസ് എന്നു വിളിക്കുന്നു.

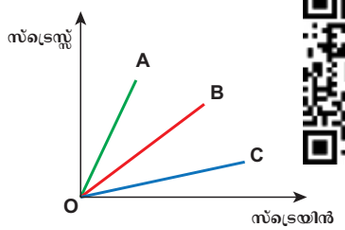
പദാർത്ഥത്തിന്റെ യങ്സ് മോഡുലസ്

$$= \frac{\text{ടെൻസൈൽ സ്ട്രെസ്സ് അഥവാ കംപ്രസ്സീവ് സ്ട്രെസ്സ്}}{\text{ടെൻസൈൽ സ്ട്രെയിൻ അഥവാ കംപ്രസ്സീവ് സ്ട്രെയിൻ}}$$

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

ഉദാഹരണം 7.1

ഇലാസ്തിക പരിധിക്കുള്ളിൽ, സ്ട്രെച്ചിംഗ് സ്ട്രെസ്സിനാൽ A, B, C എന്നീ വയറുകളിൽ ഉണ്ടായ സ്ട്രെയിൻ ചുവടെ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. എല്ലാ വയറുകളിലും പ്രയോഗിച്ച ലോഡ് ഒരുപോലെയാണെന്നു സങ്കല്പിക്കുക. ഈ പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഇലാസ്തിക സ്വഭാവത്തെ ചർച്ച ചെയ്യുക.



ഇവയുടെ ഇലാസ്റ്റിക് മോഡുലസ്സിനെ ആരോഹണക്രമത്തിൽ എഴുതുക.

നിർദ്ധാരണം

ഇവിടെ ഇലാസ്റ്റിക് മോഡുലസ് യങ്സ് മോഡുലസ്സാണ്. വലിച്ചു നീട്ടലിനാൽ ആയതുകൊണ്ട് സ്ട്രെസ്സ് എന്നത് ടെൻസൈൽ സ്ട്രെസ്സും സ്ട്രെയിൻ ടെൻസൈൽ സ്ട്രെയിനുമാണ്.

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 55 2/14/2023 11:07:45 AM

ഇലാസ്തിക പരിധിക്കുള്ളിൽ, സ്ട്രെസ്സ് സ്ട്രെയിനിനു ആനുപാതികമാണ്. (ഹുക്ക് നിയമം അനുസരിക്കുന്നു). അതിനാൽ ഇത് നേർരേഖാ പ്രകൃതം കാഴ്ചവയ്ക്കുന്നു. അതിനാൽ ഈ നേർരേഖകളിലെ ചായ്‌വിൽ നിന്നും യങ്സ് മോഡുലസ് കണക്കാക്കാം. നേർരേഖകളുടെ ചായ്‌വിൽ നിന്നും നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്

A യുടെ ചായ്‌വ് > B യുടെ ചായ്‌വ് > C യുടെ ചായ്‌വ്

ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്,

C യുടെ യങ്സ് മോഡുലസ് < B യുടെ യങ്സ് മോഡുലസ് < A യുടെ യങ്സ് മോഡുലസ്

ചായ്‌വ് വലുതാകുമ്പോൾ സ്ട്രെയിൻ കുറയുന്നു എന്നാണ് പ്രകടമാക്കുന്നത് (നീളത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന സാരമായ വ്യത്യാസം). അതിനാൽ പദാർത്ഥം വളരെ കാഠിന്യമുള്ള (വളയാത്ത)തായി കാണാം. അതുകൊണ്ട് A യുടെ ഇലാസ്തികത B യേക്കാളും C യേക്കാളും വലുതാണ്. ഈ ഉദാഹരണത്തിൽ നിന്നും നമുക്ക് മനസ്സിലാക്കാൻ സാധിക്കുന്നത് യങ്സ് മോഡുലസ് ഒരു ഖരവസ്തുവിന്റെ നീളം വ്യത്യാസപ്പെടുത്താൻ പ്രതിബന്ധിക്കുന്ന മാനദണ്ഡമാണെന്നതാണ്.

ഉദാഹരണം 7.2

10 m നീളമുള്ള ഒരു വയറിന്റെ ഛേദതലവിസ്തീർണ്ണം 1.25×10^{-4} m^2 ആകുന്നു. ഇതിൽ 5 kg. ദ്രവ്യമാനമുള്ള ലോഡിനു വിധേയമാക്കുക. പദാർത്ഥത്തിന്റെ യങ്സ് മോഡുലസ് 4×10^{10} N m^{-2}, ആണെങ്കിൽ വയറിന്റെ ലോഡിനാൽ ദീർഘിപ്പിച്ച നീളം കണ്ടുപിടിക്കുക g = 10 ms^{-2} എടുക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

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

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

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

ബൾക്ക് മോഡുലസ് :

വ്യാപ്ത പ്രതിബലത്തിനും വ്യാപ്ത സ്ട്രെയിനിനും തമ്മിലുള്ള അനുപാദമാണ് ബൾക്ക് മോഡുലസ് എന്ന് നിർവ്വചിക്കാം.

ബൾക്ക് മോഡുലസ്, K =

$$\frac{\text{സാധാരണ (ലംബം) സ്ട്രെസ്സ് അഥവാ മർദ്ദം}}{\text{വ്യാപ്ത സ്ട്രെയിൻ}}$$

നോർമൽ സ്ട്രെസ്സ് അഥവാ മർദ്ദം

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

വ്യാപ്ത സ്ട്രെയിൻ എന്നത്

$$\varepsilon_v = \frac{\Delta V}{V}$$

ബൾക്ക് മോഡുലസിനെ ഇങ്ങനെ എഴുതാം

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

സമവാക്യത്തിലെ (7.7) ലെ നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം അർത്ഥമാക്കുന്നത് വസ്തുവിൽ മർദ്ദം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ വ്യാപ്തം കുറയുന്നുവെന്നതാണ്. കൂടാതെ സമവാക്യം (7.7) പ്രകടമാക്കുന്നത്, ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ ബൾക്ക് മോഡുലസ്സിന്റെ മൂല്യം വളരെ കുറവാണെങ്കിൽ ആ വസ്തുവിനെ വളരെ അനായാസമില്ലാതെ തന്നെ സമ്മർദ്ദിതമാക്കാം എന്നതാണ്. മറ്റൊരുരീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ ഖരവസ്തുക്കളിൽ വ്യാപ്ത വ്യതിയാനത്തെ പ്രതിബന്ധിക്കുന്ന ഒരു മാനദണ്ഡമാണ് ബൾക്ക് മോഡുലസ്.

ഉദാഹരണത്തിന്, നമുക്കറിയാം ഖരവസ്തുക്കളേക്കാൾ നിഷ്പ്രയാസം സമ്മർദ്ദപ്പെടുത്താൻ പറ്റിയതാണ് വാതകങ്ങൾ ഇതിന്റെ അർത്ഥം ഖരവസ്തുക്കളെ താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ വാതകങ്ങളുടെ ബൾക്ക് മോഡുലസിന്റെ മൂല്യം വളരെ ചെറുതാണ്.

സങ്കോചനീയത്വം

ബൾക്ക് മോഡുലസ്സിന്റെ വ്യുൽക്രമത്തെ സങ്കോചനീയത്വം എന്നുവിളിക്കുന്നു. യൂണിറ്റ് മർദ്ദ വർദ്ധനവിൽ ഭാഗികമായി വ്യതിയാനപ്പെടുന്ന വ്യാപ്തം ആണ് ഇതെന്നു നമുക്ക് നിർവ്വചിക്കാം.

സമവാക്യം (7.7) ൽ നിന്നും കംപ്രസിബിലിറ്റിയെ ഇപ്രകാരം നിർവ്വചിക്കാം

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

ഖരവസ്തുക്കളേക്കാൾ ബൾക്ക് മോഡുലസ്സിന്റെ മൂല്യം വാതകങ്ങൾക്ക് കുറവായതിനാൽ വാതകങ്ങളുടെ കംപ്രസിബിലിറ്റി വളരെ ഉയർന്നതാണ്.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

സൈക്കിൾ ടയറിൽ വായു പമ്പ് ചെയ്ത ശേഷം സാധാരണയായി നമ്മൾ അമർത്തി നോക്കുന്നു. അതിനാൽ മതി

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 56 2/14/2023 11:07:46 AM

യാവോളം വായു നിറഞ്ഞിട്ടുണ്ടോ എന്ന്. ശരിക്കും ഇവിടെ നമ്മൾ പരിശോധിക്കുന്നത് വായുവിന്റെ കംപ്രസിബിറ്റി ആണ്. ടയർ അനായാസേന ഉരുട്ടാൻ വളരെ കുറഞ്ഞ കംപ്രസിബിറ്റി മതിയാകും

വാസ്തവത്തിൽ സുഗമമായ സഞ്ചാരത്തിന് മുൻഭാഗത്തെ ടയറിനേക്കാൾ കുറഞ്ഞ കംപ്രസിബിലിറ്റി ഉണ്ടാകണം പിൻഭാഗത്തെ ടയറിന്.

ഉദാഹരണം 7.3

100 cm വശമുള്ള ഒരു ലോഹ ക്യൂബിന്റെ മുഴുവൻ ഉപരിതലത്തിലും ലംബമായും ഏകീകൃതമായും ഒരു ബലത്തിനു വിധേയമാകുന്നു. മർദ്ദം 10^6 പാസ്കൽ ആണ്. അതിന്റെ വ്യാപ്തം $1.5 \times 10^{-5}\ m^3$ വ്യത്യാസപ്പെടുന്നുവെങ്കിൽ ആ പദാർത്ഥത്തിന്റെ ബൾക്ക് മോഡുലസ്സ് കണ്ടുപിടിക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

നിർവ്വചന പ്രകാരം, $K = \dfrac{\dfrac{F}{A}}{\dfrac{\Delta V}{V}} = P\dfrac{V}{\Delta V}$

$$K = \frac{10^6 \times 1}{1.5 \times 10^{-5}} = 6.67 \times 10^{10}\ N\,m^{-2}$$

റിജിഡിറ്റി മോഡുലസ്സ് അഥവാ ഷിയർ മോഡുലസ്സ്: ഷിയറിംഗ് സ്ട്രെസ്സിനും ഷിയറിംഗ് സ്ട്രെയിനിനും തമ്മിലുള്ള അനുപാതത്തെ റിജിഡിറ്റി മോഡുലസ് എന്നു നിർവ്വചിക്കാം.

$$\varepsilon_R = \frac{\text{ഷിയറിംഗ് സ്ട്രെസ്സ്}}{\text{ഷിയർ കോൺ അഥവാ ഷിയറിംഗ് സ്ട്രെയിൻ}}$$

ഷിയറിംഗ് സ്ട്രെസ്സ് എന്നതിനെ

$$\sigma_s = \frac{\text{ടാൻജെൻഷ്യൽ ബലം}}{\text{പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ഛേദതല വിസ്തീർണ്ണം}} = \frac{F_t}{\Delta A}$$

ഷിയർകോൺ അഥവാ ഷിയറിംഗ് സ്ട്രെയിൻ

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

അതിനാൽ, റിജിഡിജി മോഡുലസ് എന്നത്,

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

വീണ്ടും, സമവാക്യം (7.9), പ്രകടമാക്കുന്നത്, റിജിഡിറ്റി മോഡുലസ് കുറഞ്ഞ പദാർത്ഥങ്ങളെ അനായാസേന വളച്ചുതിരിക്കാൻ സാധിക്കും. ഉദാഹരണത്തിന് θ കോൺ വളച്ച ഒരു വയറിനെ സങ്കല്പിക്കുക. അതിൽ രൂപീകൃതമാകുന്ന പുനസ്ഥാപിത ആഘൂർണ്ണം (τ) എന്നത്

$$\tau \propto \theta$$

ഇതിന്റെ അർത്ഥം, ഉയർന്ന ആഘൂർണ്ണത്തിൽ വയറിനെ വളരെ വലുതായി വളച്ചു തിരിക്കാൻ സാധിക്കും (ഷിയർ കോൺ ν വളരെ കൂടുതലാണ്) എന്തെന്നാൽ റിജിഡിറ്റി മോഡുലസ് ഷിയർ കോണിന് വിപരീതാനുപാതത്തിലായതിനാൽ റിജിഡിറ്റി മോഡുലസ് വളരെ ചെറുതാണ്.

നന്നായി മനസ്സിലാക്കുവാൻ ചില പ്രധാനപ്പെട്ട പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഇലാസ്തിക ഗുണകം പട്ടിക 7.1-ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 7.1 ചില പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഇലാസ്റ്റിക് ഗുണകം

പദാർത്ഥം	യങ്ങ്സ് മോഡുലസ് (Y) ($10^{10} N\,m^{-2}$)	ബൾക്ക് മോഡുലസ് (K) ($10^{10}\ N\,m^{-2}$)	ഷിയർ മോഡുലസ്സ് (η_R) ($10^{10}\ N\,m^{-2}$)
സ്റ്റീൽ	20.0	15.8	8.0
അലുമിനിയം	7.0	7.0	2.5
കോപ്പർ	12.0	12.0	4.0
ഇരുമ്പ്	19.0	10	6.4
ഗ്ലാസ്സ്	7.0	3.6	2.6

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 57 2/14/2023 11:07:48 AM

ഉദാഹരണം 7.4

0.20 m വശമുള്ള ഒരു ലോഹ ക്യൂബിൽ 4000 N ഷിയറിംങ് ബലത്തിനു വിധേയമാക്കുന്നു. അടിത്തട്ടിനെ അപേക്ഷിച്ച് ഉപരിതല പ്രതലം 0.50 cm സ്ഥാനാന്തരണം സംഭവിച്ചാൽ ഈ ലോഹത്തിന്റെ ഇലാസ്തികതയുടെ ഷിയർ മോഡുലസ്സ് കണക്കാക്കുക.

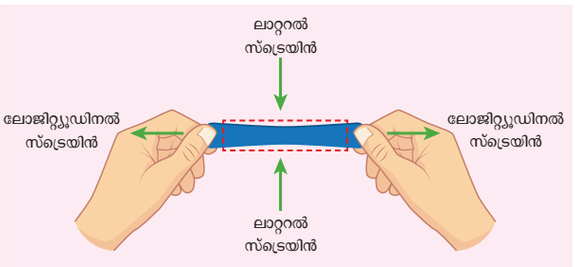
നിർദ്ധാരണം

ഇവിടെ, L = 0.20 m, F = 4000 N, x = 0.50 cm = 0.005 m വിസ്തീർണ്ണം A = L^2 = 0.04 m^2

അതിനാൽ,

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

7.2.5 പോയിസൺന്റെ അനുപാതം



ചിത്രം 7.9 പാർശ്വ സ്ട്രെയിനും, ലോഞ്ചിറ്റ്യൂഡിനൽ സ്ട്രെയിനും

നമ്മൾ ഒരു വയറിനെ നീട്ടുന്നുവെന്നു കരുതുക. അതിന്റെ നീളം വർദ്ധിക്കുന്നു (നീളം മാറുന്നു) എന്നാൽ അതിന്റെ വ്യാസം കുറയുന്നു (സങ്കോചം). അതുപോലെ ഒരു റബ്ബർ ബാൻഡിനെ വലിച്ചു നീട്ടുമ്പോൾ (നീളമേറിയത്) അത് നേർത്തതായി മാറുന്നു (സങ്കോചം). അതായത് ഒരു ദിശയിലുള്ള വസ്തുവിന്റെ രൂപഭേദം മറ്റൊരു ദിശയിൽ രൂപഭേദം വരുത്തുന്നു. ഇത് കണക്കാക്കാൻ ഫ്രഞ്ച് ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞൻ എസ്.ഡി. പോയിസൺ ഒരു അനുപാതം നിർദേശിച്ചു. ഇത് പോയിസൺ അനുപാതം എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

ആപേക്ഷിക സമ്മർദ്ദത്തിനും ആപേക്ഷിക വികാസത്തിനും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണ് ഇതെന്ന് നിർവ്വചിക്കാം. ഇതിനെ μ എന്ന ചിഹ്നം ഉപയോഗിച്ച് പ്രതിനിധീകരിക്കാം.

$$\text{പോയിസൺ അനുപാതം } \propto = \frac{\text{പാർശ്വ സ്ട്രെയിൻ}}{\text{ലോഞ്ചിറ്റ്യൂഡിനൽ സ്ട്രെയിൻ}} \quad (7.10)$$

L നീളമുള്ളതും D വ്യാസമുള്ളതുമായ ഒരു വയറിനെ സങ്കല്പിക്കുക. ബലപ്രയോഗത്തിനാൽ വയറിന്റെ നീളം വർദ്ധിക്കുന്നു. അത് l ഉം വ്യാസത്തിലുണ്ടാകുന്ന കുറവ് d യും ആണെങ്കിൽ

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

നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നത്, ഇവിടുത്തെ നീളകൂടുതൽ ലോഞ്ചിറ്റ്യൂഡിനൽ ഭാഗത്തും, പാർശ്വ ഡൈമൻഷനിൽ സങ്കോചവും നടക്കുന്നു. കൂടാതെ ഒരേ ഡൈമൻഷനുകളുടെ അനുപാതം കൂടിയാണ്. അതിനാൽ പോയിസൺ അനുപാതത്തിന് മാത്രയോ ഡൈമൻഷനോ (ഡയമൻഷൻ ഇല്ലാത്ത നമ്പർ) ഇല്ല. പട്ടിക 7.2 ൽ ചില പദാർത്ഥങ്ങളുടെ പോയിസൺ അനുപാതം രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 7.2 ചില പദാർത്ഥങ്ങളുടെ പോയിസൺ അനുപാതം

പദാർത്ഥം	പോയിസൺ അനുപാതം
റബ്ബർ	0.4999
സ്വർണ്ണം	0.42 -0.44
കോപ്പർ	0.33
സ്റ്റെയിൻലസ് സ്റ്റീൽ	0.30-0.31
സ്റ്റീൽ	0.27-0.30
കാസ്റ്റ് അയൺ	0.21-0.26
കോൺക്ലീറ്റ്	0.1-0.2
ഗ്ലാസ്സ്	0.18-0.3
പത	0.10-0.50
കോർക്ക്	0.0

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 58 2/14/2023 11:07:50 AM

7.2.6 ഇലാസ്തിക ഊർജ്ജം

ഒരു വസ്തുവിനെ വലിച്ചു നീട്ടുമ്പോൾ പുനഃസ്ഥാപിത ബല (ആന്തരിക ബലം) ത്തിനു വിപരീതമായി പ്രവർത്തി ചെയ്യേണ്ടി വരുന്നു. വസ്തുവിൽ ഈ ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി ഇലാസ്തിക ഊർജ്ജമായി സംഭരിക്കുന്നു.

A ഛേദവിസ്തീർണ്ണമുള്ളതും L നീളമുള്ളതുമായ ഒരു വയറിനെ സങ്കല്പിക്കുക. പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ട ബലം വയറിന്റെ നീളത്തിൽ l വർദ്ധനവ് ഉണ്ടാകുന്നു. ഇവിടെ ഇലാസ്തിക പരിധിക്കപ്പുറം ബലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നില്ല, ഊർജ്ജനഷ്ടവും ഉണ്ടാകുന്നില്ല. F ബലത്തിനാലുള്ള പ്രവൃത്തി വയറിനു ലഭിച്ച ഊർജ്ജത്തിനു തുല്യമാണ്.

dl നീളത്തിലേക്ക് വലിച്ചുനീട്ടാൻ വയറിൽ ചെയ്ത പ്രവൃത്തി, $dW = F\, dl$

0 മുതൽ l നീളം വരെ വലിച്ചുനീട്ടാൻ വേണ്ട മൊത്ത പ്രവൃത്തി എന്നത്

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

ഇലാസ്തികതയുടെ യങ്സ് മോഡുലസ്സിൽ നിന്നും,

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

സമവാക്യം (7.12) നെ (7.11)-ൽ പകരുമ്പോൾ നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നു,

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

l എന്നത് ഇന്റഗ്രേഷനിലെ ഡമ്മി വേരിയബിൾ ആകുന്നു. l നെ l' ആക്കി മാറ്റിയാൽ (ലിമിറ്റിൽ അല്ല)

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

$$W = \frac{1}{2}Fl = \text{ഇലാസ്തിക സ്ഥാനികോർജ്ജം}$$

യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിലുള്ള ഊർജ്ജത്തെ ഊർജ്ജ ഡെനിസിറ്റി എന്നു പറയുന്നു. ഇതിനെ ഇപ്രകാരം സൂചിപ്പിക്കാം,

$$u = \frac{\text{ഇലാസ്തിക സ്ഥാനികോർജ്ജം}}{\text{വ്യപ്തം}} = \frac{\frac{1}{2}Fl}{AL}$$

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

ഉദാഹരണം 7.5

980 N ലോഡിനെ തൂക്കി നിറുത്താൻ 2 m നീളവും $10^{-6}\,m^2$ ഛേദവിസ്തീർണ്ണവുമുള്ള ഒരു വയർ ഉപയോഗിക്കുന്നു. i) വയറിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രതിബലം ii) സ്ട്രെയിൻ iii) സംഭരിച്ച ഊർജ്ജം എന്നിവ കണക്കാക്കുക.

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

നിർദ്ധാരണം

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

(ii) സ്ട്രെയിൻ $= \dfrac{\text{സ്ട്രെസ്സ്}}{Y} = \dfrac{98 \cdot\ 10^7}{12 \cdot\ 10^{10}} = 8.17 \times 10^{-3}$ (മാത്ര ഇല്ല)

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

ഊർജ്ജം $= \dfrac{1}{2}$ (സ്ട്രെസ്സ് × സ്ട്രെയിൻ)× വ്യാപ്തം :

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

7.2.7 ഇലാസ്തികതയുടെ സവിശേഷതകൾ

പദാർത്ഥങ്ങളുടെ മെക്കാനിക്കൽ സവിശേഷതകൾ ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. പ്രത്യേകിച്ച് ഒരു കെട്ടിടത്തിന്റെ നിരകളുടേയും തൂണുകളുടേയും ഘടനാപരമായ രൂപകല്പന നടത്തുന്നതിൽ ഇലാസ്റ്റിക് സ്വഭാവം വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

രൂപഘടനാ എൻജിനീയറിംഗിനെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം രൂപകൽപ്പനയെ നേരിടാൻ കഴിയുന്ന സമ്മർദ്ദത്തിന്റെ അളവ് ഒരു പ്രാഥമിക സുരക്ഷാഘടകമാണ്. ഒരു പാലം രൂപകല്പന ചെയ്യുമ്പോൾ പാലത്തിന് അതിലൂടെ പോകുന്ന ട്രാഫിക് ലോഡ്, കാറ്റുകളുടെ ശക്തി, പാലത്തിന്റെ തന്നെ ഭാരം തുടങ്ങിയവയെ തരണം ചെയ്യാനുള്ള കഴിവ് ഉണ്ടായിരിക്കണം. ഇലാസ്റ്റിക് സ്വഭാവം അല്ലെങ്കിൽ മറ്റൊരു വിധത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ ബീമുകളുടെ വളവ് കെട്ടിടങ്ങളുടേയോ പാലങ്ങളുടേയോ സ്ഥിരതയെക്കുറിച്ചുള്ള ഒരു പ്രധാന ആശങ്കയാണ്.

ഉദാഹരണത്തിന് ഒരു നിശ്ചിത ലോഡിനുള്ള ബീം വളയുന്നത് കുറയ്ക്കുന്നതിന് ഉയർന്ന യങ്സ് മോഡുലസ് ഉള്ള മെറ്റീരിയലുകൾ ഉപയോഗിക്കണം. അലുമിനിയത്തേക്കാളും കോപ്പറിനേക്കാളും യങ്സ് മോഡുലസ്സ് കൂടുതൽ സ്റ്റീലിനാണെന്ന് പട്ടിക 7.1 വ്യക്തമാക്കുന്നു. സ്റ്റീലിനെ തൊട്ടടുത്ത് ഇരുമ്പ് വരുന്നുണ്ട്. ഇതുകൊണ്ടാണ് സ്റ്റീലിനെ ഹെവി ഡ്യൂട്ടിമെഷീനുകളുടെ രൂപകല്പനയ്ക്കും ഇരുമ്പുദണ്ഡുകളെ കെട്ടിടങ്ങളുടെ നിർമ്മാണത്തിനും ഉപയോഗിക്കുന്നത്.

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 59 2/14/2023 11:07:52 AM

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

റബ്ബർ, സ്റ്റീൽ, ഇവയിൽ ഏതിനാണ് ഇലാസ്തികത കൂടുതൽ ഉള്ളത്? സ്റ്റീലിന് റബ്ബറിനേക്കാൾ ഇലാസ്തികത കൂടുതലുണ്ട്. സ്റ്റീലിനും റബ്ബറിനും തുല്യമായ സമ്മർദ്ദം ചെലുത്തുമ്പോൾ സ്റ്റീലിൽ ഉണ്ടാകുന്ന സ്ട്രെയിൻ വളരെ കുറവാണ്. അതിനാൽ സ്റ്റീലിന്റെ യങ്സ് മോഡുലസ് റബ്ബറിനേക്കാൾ കൂടുതലാണ്. യങ്സ് മോഡുലസ് കൂടുതലുള്ള വസ്തുക്കൾക്ക് ഇലാസ്തികത അധികം ആണ്.

7.3 ദ്രവങ്ങൾ

7.3.1 ആമുഖം

ലോകത്ത് എല്ലായിടത്തും ദ്രവങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ മൂന്നിൽ രണ്ടു ഭാഗം വെള്ളവും മൂന്നിൽ ഒരു ഭാഗം കരയുമാണ്. ഖര വസ്തുക്കളിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമാണ് ദ്രവങ്ങൾ. ഖരാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തമായി ദ്രാവകത്തിന് അതിന്റേതായ വ്യക്തമായ ആകൃതിയില്ല. ദ്രവങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം ദ്രാവകങ്ങൾക്ക് നിശ്ചിത വ്യാപ്തം ഉണ്ട് എന്നാൽ വാതകങ്ങൾ അത് ഉൾക്കൊള്ളുന്ന കണ്ടെയ്നറിന്റെ മുഴുവൻ വ്യാപ്തവും നിറക്കുന്നു.

ദ്രവത്തിന്റെ മർദ്ദം :

ബാഹ്യബലം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ ഒഴുകുവാൻ തുടങ്ങുന്ന പദാർത്ഥങ്ങളാണ് ദ്രവങ്ങൾ. ഇത് പ്രയോഗിക്കുന്ന ബലത്തിന് വളരെ ചെറിയ പ്രതിരോധം ഏർപ്പെടുത്തുന്നു. ബലം ഒരു ചെറിയ പ്രദേശത്ത് പ്രവർത്തിക്കുകയാണെങ്കിൽ അത് ഉണ്ടാക്കുന്ന ആഘാതം വളരെ കൂടുതലാണ്. തിരിച്ചും അതുപോലെ തന്നെയാണ്. ഈ പ്രത്യേക ആശയം മർദ്ദം എന്നുവിളിക്കുന്ന മറ്റൊരു യാത്രയ്ക്ക് വഴി തെളിച്ചു.

ഒരു വസ്തുവിനെ നിശ്ചലാവസ്ഥയിലിരിക്കുന്ന ഒരു ദ്രവത്തിൽ (വെള്ളം) നിമജ്ഞനം ചെയ്തിരിക്കുന്നുവെന്ന് സങ്കല്പിക്കുക. ഈ സാഹചര്യത്തിൽ ദ്രവം വസ്തുവിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ ഒരു ശക്തി പ്രയോഗിക്കും. ഈ ശക്തി എല്ലായ്പ്പോഴും വസ്തുവിന്റെ ഉപരിതലത്തിന് ലംബമാണ്. ഉപരിതല വിസ്തീർണ്ണം A യിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ലംബബലത്തിന്റെ മൂല്യം F ആണെങ്കിൽ മർദ്ദത്തെ യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലമാണെന്ന് നിർവ്വചിക്കാം.

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

മർദ്ദം എന്നത് ഒരു അദിശ അളവാണ്. S.I മാത്രയും ഡയമെൻഷനും യഥാക്രമം $N\,m^{-2}$ അല്ലെങ്കിൽ പാസ്ക്കൽ (Pa) ഉം $[ML^{-1}T^{-2}]$ ഉം ആകുന്നു.

മർദ്ദത്തിന്റെ മറ്റൊരു സാധാരണ മാത്രയാണ് അറ്റ്മോസ്ഫിയർ ഇതിനെ ചുരുക്കി 'atm' എന്ന് രേഖപ്പെടുത്താം. സമുദ്രനിരപ്പിൽ അന്തരീക്ഷം ചെലുത്തുന്ന സമ്മർദ്ദമാണിത്.

അതായത് $1\ atm = 1.013 \times 10^5\ Pa$ അല്ലെങ്കിൽ $N\,m^{-2}$.

മർദ്ദത്തിനു പുറമെ ദ്രവങ്ങളുടെ സ്വഭാവം വിവരിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന മറ്റ് രണ്ട് ഘടകങ്ങളാണ് സാന്ദ്രതയും ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത (അല്ലെങ്കിൽ നിർദ്ദിഷ്ട ഗുരുത്വാകർഷണം).

ദ്രവത്തിന്റെ സാന്ദ്രത :

യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിലെ ദ്രവ്യമാനത്തെ ദ്രവത്തിന്റെ സാന്ദ്രത എന്നു പറയുന്നു. V വ്യാപ്തമുള്ള ഒരു ദ്രവത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം m ആയാൽ സാന്ദ്രത $\rho = \frac{m}{V}$ ആകുന്നു. ρ യുടെ ഡയമെൻഷനും S.I മാത്രയും യഥാക്രമം ML^{-3} ഉം $kg\,m^{-3}$ ഉം ആകുന്നു. ഇത് ഒരു പോസിറ്റീവ് അദിശ അളവാണ്.

കൂടുതലും ദ്രാവകങ്ങളുടെ സങ്കോചനക്ഷമത വളരെ കുറവാണ്. അതിനാൽ അതിന്റെ സാന്ദ്രത ആംബിയന്റ് മർദ്ദത്തിൽ (1 atm മർദ്ദം) സ്ഥിരമായിരിക്കും. വാതകങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ മർദ്ദത്തിനനുസൃതമായി സാന്ദ്രതയിലും വ്യത്യാസങ്ങളുണ്ട്.

ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത അഥവാ നിർദ്ദിഷ്ട ഗ്രാവിറ്റി:

ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയും 4 °C ൽ ഉള്ള വെള്ളത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയ്ക്കും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണ് ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത എന്ന് നിർവ്വചിക്കാം. ഇത് ഡയമെൻഷൻ ഇല്ലാത്ത പോസിറ്റീവ് അദിശ അളവാണ്.

ഉദാഹരണത്തിന് രസത്തിന്റെ സാന്ദ്രത $13.6 \times 10^3 kg\,m^{-3}$ ആണ്. ഇതിന്റെ ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത എന്നത് $\frac{13.6\times10^3\,kg\,m^{-3}}{1.0\times10^3\,kg\,m^{-3}} = 13.6$ ആണ്.

[4 °C ൽ ഉള്ള ജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രത $1000\ kg\,m^{-3}$ ആകുന്നു.]

ഉദാഹരണം 7.6

1.5 cm ആരമുള്ള ഒരു ഖരഗോളത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം 0.038 kg ആകുന്നു. ഈ ഗോളത്തിന്റെ ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത അഥവാ നിർദ്ദിഷ്ട ഗ്രാവിറ്റി കണക്കാക്കുക.

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 60 2/14/2023 11:07:52 AM

നിർദ്ധാരണം

ഗോളത്തിന്റെ ആരം R = 1.5 cm

ദ്രവ്യമാനം m = 0.038 kg

ഗോളത്തിന്റെ വ്യാപ്തം $V=\frac{4}{3}\pi R^3$

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

അതിനാൽ, സാന്ദ്രത

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

അതുകൊണ്ട് ഗോളത്തിന്റെ ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത

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

7.3.2 സ്ഥിരാവസ്ഥയിലെ ദ്രവസ്തംഭത്തിനാലുണ്ടാകുന്ന മർദം

പർവ്വതത്തിൽ കയറുന്ന ഒരു പർവ്വതാരോഹകന് ഉയരം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് മർദ്ദം കുറയുന്നതു അനുഭവിച്ചറിയാൻ കഴിയും. നീന്തൽ കുളത്തിലേക്ക് ചാടുന്ന വ്യക്തിക്ക് ജലോപരിതലത്തിൽ നിന്നും ആഴം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് മർദ്ദം കൂടുന്നത് അറിയാൻ സാധിക്കും. ഈ രണ്ടു സാഹചര്യങ്ങളിലും പർവതാരോഹകനും മുങ്ങൽ വിദഗ്ദ്ധനും നേരിടുന്ന മർദ്ദ വ്യത്യാസം സാധാരണയായി സ്ഥിതദ്രവ മർദ്ദത്താലാണ്. എന്തെന്നാൽ ഇവ നിശ്ചലാവസ്ഥയിലെ ദ്രവങ്ങൾ മൂലമാണുണ്ടാകുന്നത്.

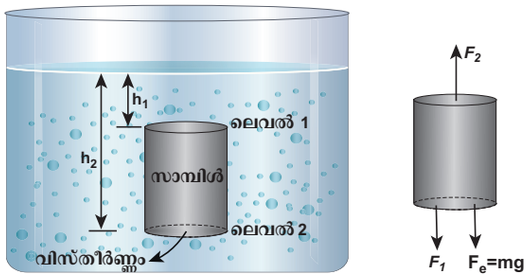
ജല ഉപരിതലത്തിനു താഴെ ആഴം ഉള്ളിടത്ത് അനുഭവപ്പെടുന്ന മർദകൂടുതൽ മനസ്സിലാക്കുന്നതിന്, സിലിണ്ടർ ആകൃതിയിലുള്ള A ഛേദ വിസ്തീർണ്ണമുള്ള ഒരു ജല സാമ്പിളിനെ പരിഗണിക്കുക. ചിത്രം 7.10(a) യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ സിലിണ്ടറിലെ ലെവൽ 1, ലെവൽ 2 വരെയുള്ള എയർ-വാട്ടർ ഇന്റർഫേസിൽ നിന്ന് ആഴം യഥാക്രമം h_1 , h_2 ആണെന്നു വിചാരിക്കുക. ലെവൽ 1 ൽ നിന്നും താഴേക്ക് പ്രയോഗിക്കുന്ന ബലം F_1 ഉം ലെവൽ 2-ൽ നിന്നും മുകളിലേക്ക് പ്രയോഗിക്കുന്ന ബലം F_2 ആണെന്നും ഇരിക്കട്ടെ. ഇവിടെ $F_1 = P_1 A$ ഉം $F_2 = P_2 A$ യും ആണ്. സംതുലനാവസ്ഥയിൽ സാമ്പിളിന്റെ ദ്രവ്യമാനം m ആകുന്നു. ഇവിടെ മൊത്തത്തിലുള്ള മുകളിലേക്കുള്ള ബലം (F_2) നെ മൊത്തത്തിലുള്ള താഴെയ്ക്കുള്ള ബലം ($F_1 + mg$) സംതുലനം ചെയ്യുന്നു. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ താഴേക്ക് പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണബലത്തെ $F_2 - F_1$ എന്ന ബല വ്യത്യാസം സംതുലനം ചെയ്യുന്നു.

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

ജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രത ρ ആണെങ്കിൽ, സാമ്പിൾ എലിമെന്റിൽ ഉള്ള ജലത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം

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

$$V=>\ (h_2-h_1)$$



ചിത്രം 7.10 (a) ബലങ്ങൾ സംതുലനാവസ്ഥയിലും ബേസ് വിസ്തീർണ്ണം A യും ഉള്ള ഒരു സ്ഥിതദ്രവ സാമ്പിൾ വെള്ളം

ഗുരുത്വാകർഷണബലം,

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

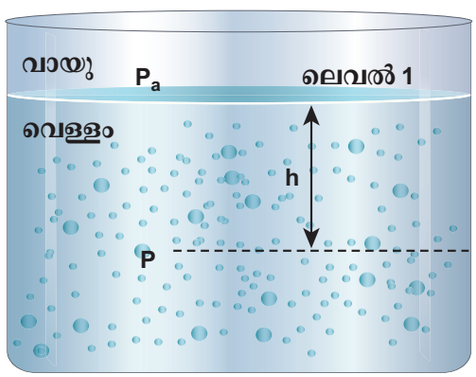
F_G യുടെ മൂല്യം സമവാക്യം 7.15-ൽ ഇടുമ്പോൾ

$$F_2=F_1+m\,g$$

$$P_2A = P_1A+\rho A(h_2-h_1)g$$

രണ്ടുഭാഗത്തുമുള്ള A കളഞ്ഞാൽ,

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



ചിത്രം 7.10 (b) ജലോപരിതലത്തിൽ (h) ആഴത്തിലുള്ള മർദ്ദം (P)

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 61 2/14/2023 11:07:54 AM

ലെവൽ 1 എന്നതിനെ ദ്രാവകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിലും (അതായത് വായു-ജലം സമ്പർക്ക സ്ഥലം) ലെവൽ 2 എന്നത് ഉപരിതലത്തിനു താഴെ 'h' ആഴത്തിൽ (ചിത്രം 7.10(b) യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ) തെരഞ്ഞെടുത്താൽ, h_1 ന്റെ മൂല്യം പൂജ്യമാകും ($h_1 = 0$) കൂടാതെ P_1 എന്നത് അന്തരീക്ഷമർദ്ദ (P_a) ത്തിനു സമമാകും. ഇതുകൂടാതെ ആഴത്തിലുള്ള മർദ്ദം (P_2) എന്നത് P ആയി മാറുന്നു. ഈ മൂല്യങ്ങൾ സമവാക്യം (7.16)-ൽ പകരുമ്പോൾ

$$P = P_a + \rho gh \qquad (7.17)$$

അതുകൊണ്ട് ദ്രാവക ഉപരിതലത്തിലെ മർദ്ദത്തേക്കാൾ കൂടുതലാണ് h ആഴത്തിലുള്ള മർദ്ദം.

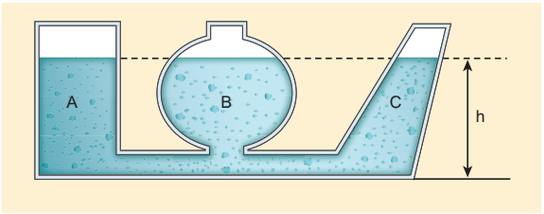
അന്തരീക്ഷമർദ്ദത്തെ പരിഗണിക്കാതിരുന്നാൽ h ആഴത്തിലെ മർദ്ദം എന്നത്

$$P = Pgh \qquad (7.18)$$

ഒരു നിശ്ചിത ദ്രാവകത്തിന് ρ സ്ഥിരവും g സ്ഥിരാങ്കവും ആയാൽ ദ്രവ സ്തംഭത്തിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന മർദ്ദം ലംബദൂരത്തിന് അല്ലെങ്കിൽ ദ്രാവക നിരയുടെ ഉയരത്തിന് ആനുപാതികമാണ്. ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ദ്രവസ്തംഭത്തിന്റെ ഉയരമാണ് മർദ്ദത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നത് അല്ലാതെ അതിന്റെ ഛേദവിസ്തീർണ്ണമോ ബേസ് വിസ്തീർണ്ണമോ പാത്രത്തിന്റെ ആകൃതി പോലും അല്ല എന്നുള്ളതാണ്.

ഹൈഡ്രോസ്റ്റാറ്റിക് പാരഡോക്സ്

നമ്മൾ സ്ഥിരാവസ്ഥയിലിരിക്കുന്ന ദ്രാവകത്തെ പരിഗണിക്കുമ്പോൾ ദ്രാവകമർദ്ദം എല്ലാ തിരശ്ചീന തലത്തിലും (അല്ലെങ്കിൽ ഒരേ ആഴത്തിൽ) തുല്യമാണ്. ഈ പ്രസ്താവനയെ പരീക്ഷണത്തിലൂടെ തെളിയിക്കാനാകും. ഇതാണ് ഹൈഡ്രോസ്റ്റാറ്റിക് പാരഡോക്സ്. ചിത്രം 7.11-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ വ്യത്യസ്ത ആകൃതിയിലുള്ള A, B, C എന്നീ മൂന്നു വെസ്സലുകൾ പരിഗണിക്കുക. ഈ വെസ്സലുകളുടെ അടിഭാഗത്തെ ഒരു തിരശ്ചീന പൈപ്പ് ഉപയോഗിച്ച് ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവയിൽ ഒരു ദ്രാവകം (വെള്ളം) നിറയ്ക്കുമ്പോൾ പാത്രങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്ത അളവ് വെള്ളം ഉൾക്കൊള്ളുമെങ്കിലും എല്ലാ വെസ്സലുകളിലേയും ലെവൽ ഒരുപോലെയാണ്. ഇത് ശരിയാണ് കാരണം പാത്രത്തിന്റെ ഓരോ വിഭാഗത്തിന്റേയും അടിയിലുള്ള ദ്രാവകം ഒരേ മർദ്ദം അനുഭവിക്കുന്നു.



ചിത്രം 7.11 ഹൈഡ്രോസ്റ്റാറ്റിക് പാരഡോക്സിന്റെ ചിത്രീകരണം

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ഒരു സ്ഥലത്തെ അന്തരീക്ഷ മർദ്ദം എന്നത് യൂണിറ്റ് ഉപരിതല വിസ്തീർണ്ണത്തിന് ആ സ്ഥലത്തിന് മുകളിൽ വായു ചെലുത്തുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണബലമാണ്. ഉയരവും കാലാവസ്ഥയും അനുസരിച്ച് ഇത് വ്യതിയാനപ്പെടുന്നു. (അതായത് വായുവിന്റെ സാന്ദ്രത). വാസ്തവത്തിൽ ആരോഹണം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് അന്തരീക്ഷമർദ്ദം കുറയുന്നു.

ഉയരത്തിന് അനുസരിച്ച് അന്തരീക്ഷ മർദ്ദം കുറയുന്നത് ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ സ്വാഗതാർഹമല്ലാത്ത അനന്തര ഫലങ്ങൾക്കിടയുണ്ട്. ഉദാഹരണത്തിന്, ഉയര കൂടുതലുള്ള സ്ഥലങ്ങളിൽ പാചകം ചെയ്യാൻ കൂടുതൽ സമയമെടുക്കും. അന്തരീക്ഷ മർദ്ദത്തിലും രക്ത സമ്മർദ്ദത്തിലും വലിയ വ്യത്യാസം ഉള്ളതിനാൽ കൂടുതൽ ഉയരത്തിലുള്ള മറ്റൊരു സാധാരണ അനുഭവമാണ് മൂക്കിലെ രക്ത സ്രാവം. സമുദ്ര നിരപ്പിൽ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ അതിന്റെ മൂല്യം 1 atm ആണ്.

1 atm മർദ്ദം = 1.013×10^5 pa

പ്രവർത്തനം

ഒരു ദ്വാരമുള്ള ഒരു ലോഹ കണ്ടെയ്നർ എടുക്കുക. ആ ദ്വാരത്തിൽ ഒരു വാക്വം പമ്പ് ബന്ധിപ്പിക്കുക. കണ്ടെയ്നറിനുള്ളിൽ നിന്ന് വായു നീക്കം ചെയ്യുക. ലോഹ പാത്രത്തിന്റെ ആകൃതി തകർന്നുപോകുന്നു. എന്തുകൊണ്ട്?

അനുമാനം:

അന്തരീക്ഷമർദ്ദം അതിന്റെ പുറംഭാഗത്ത് പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനാൽ കണ്ടെയ്നറിന്റെ ആകൃതി തകരുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 62 2/14/2023 11:07:54 AM

പ്രവർത്തനം

ഒരു ഗ്ലാസ് ടംബ്ലർ എടുക്കുക. വക്ക് എത്തും വരെ വെള്ളം കൊണ്ട് നിറക്കുക. കാർഡ് ബോർഡിനും ടംബ്ലറിനുമിടയിൽ ഒരു വായുവും നിലനിൽക്കാതിരിക്കാൻ ഒരു കാർഡ് ബോർഡിനെ അതിന്റെ വരമ്പിൽ വയ്ക്കുക. മെല്ലെ ടംബ്ലറിനെ കമഴ്ത്തിപിടിക്കുക. വെള്ളം താഴേക്ക് വീഴുന്നില്ല.

അനുമാനം :

കാഡ്ബോഡിന്റെ താഴത്തെ ഉപരിതലത്തിൽ വായുവുമായി സമ്പർക്കം പുലർത്തുന്ന അന്തരീക്ഷമർദ്ദം കാരണം ടംബ്ലറിലെ ജലത്തിന്റെ ഭാരം മുകളിലേക്കുള്ള അപ്ത്രസ്റ്റിനാൽ സന്തുലിതമാകുന്നു എന്നതാണ് ഇതിന് കാരണം.

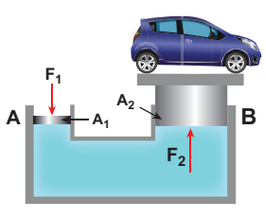
7.3.3 പാസ്ക്കലിന്റെ നിയമവും അതിന്റെ സവിശേഷതകളും

ഫ്രഞ്ച് സയന്റിസ്റ്റ് ബ്ലെയ്സ് പാസ്ക്കൽ നിരീക്ഷിച്ചത് എന്തെന്നാൽ ഒരേ ഉയരത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന നിശ്ചലാവസ്ഥയിലിരിക്കുന്ന ദ്രവത്തിലെ എല്ലാ പോയിന്റുകളിലും മർദ്ദം തുല്യമായിരിക്കും എന്നതാണ് പാസ്ക്കൽ നിയമം പ്രസ്താവിക്കുന്നത്, ഒരു പ്രത്യേക ഘട്ടത്തിൽ ഒരു ദ്രാവകത്തിലെ മർദ്ദം മാറുകയാണെങ്കിൽ, ആ മാറ്റം അതിന്റെ മൂല്യച്യുതി കുറയാതെ മുഴുവൻ ദ്രാവകത്തിലേക്കും പകരും എന്നതാണ്.

പാസ്ക്കൽ നിയമത്തിന്റെ ഗുണസവിശേഷത

ഹൈഡ്രോളിക് ലിഫ്റ്റ്

ഒരു ചെറിയ ബലം ഉപയോഗിച്ച് ഒരു വലിയ ഭാരം ഉയർത്താൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഹൈഡ്രോളിക് ലിഫ്റ്റാണ് പാസ്ക്കൽ നിയമത്തിന്റെ പ്രായോഗിക പ്രയോജനം. ഇതൊരു ഫോഴ്സ് മൾട്ടിപ്ലയർ ആകുന്നു. തിരശ്ചീന പൈപ്പിലൂടെ പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന രണ്ടു സിലിണ്ടറുകളായ A, B എന്നിവ ഇതിൽ കാണുന്നു. അതിൽ ദ്രാവകം നിറച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രം 7.12 ഹൈഡ്രോളിക് ലിഫ്റ്റ്. ഇവയിൽ ഘർഷണ രഹിതമായിരിക്കും ഛേദ വിസ്തീർണ്ണം A_1, A_2 ($A_2 > A_1$) എന്ന രണ്ടു പിസ്റ്റണുകൾ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 7.12 ഹൈഡ്രോളിക് ലിഫ്റ്റ്

ചെറിയ പിസ്റ്റൺ ഉപയോഗിച്ച് ഒരു താഴേയ്ക്കുള്ള ബലം പ്രയോഗിക്കുന്നുവെന്ന് കരുതുക. ഈ പിസ്റ്റണിന് കീഴിലുള്ള ദ്രാവകത്തിന്റെ മർദ്ദം P ആയി വർദ്ധിക്കുന്നു. $P\left(\text{ഇവിടെ, } P = \frac{F_1}{A_1}\right)$. പാസ്ക്കലിന്റെ നിയമം അനുസരിച്ച് ഈ വർദ്ധിച്ച മർദ്ദം P എല്ലാ ദിശകളിലേക്കും കുറയാതെ പകരുന്നു. അതിനാൽ പിസ്റ്റൺ B യിൽ മർദ്ദം ചെലുത്തുന്നു. പിസ്റ്റൺ B യിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ട മുകളിലേക്കുള്ള ബലം.

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

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

അതിനാൽ, ചെറിയ പിസ്റ്റൺ A യിലെ ബലം മാറ്റുന്നതിലൂടെ പിസ്റ്റൺ B യിലെ ബലം $\frac{A_2}{A_1}$ എന്ന ഘടകം ഉപയോഗിച്ച് വർദ്ധിപ്പിക്കുവാൻ സാധിക്കും. ഈ ഘടകത്തെ ലിഫ്റ്റിന്റെ മെക്കാനിക്കൽ അഡ്വാൻടേജ് എന്നു വിളിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 7.7

ഹൈഡ്രോളിക് ലിഫ്റ്റിന്റെ രണ്ട് പിസ്റ്റണുകൾക്ക് 60 cm, 5 cm എന്നിങ്ങനെ വ്യാസമുണ്ട്. ചെറിയ പിസ്റ്റണിൽ 50 N ബലം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ വലിയ പിസ്റ്റണിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം കണ്ടുപിടിക്കുക?

നിർദ്ധാരണം

പിസ്റ്റണുകളുടെ വ്യാസം തന്നിരിക്കുന്നതിനാൽ ആരം നമുക്ക് കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയും

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

ചെറിയ പിസ്റ്റണിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം, $A_1 = \pi\left(\frac{5}{2}\right)^2 = \pi(2.5)^2$

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

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

Tഇതിൽ നിന്നും അർത്ഥമാക്കുന്നത്, 50 N ബലം പ്രയോഗിച്ച് 7200 N ഭാരത്തെ ഉയർത്താൻ സാധിക്കും എന്നാണ്.

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 63 2/14/2023 11:07:56 AM

7.3.4 പ്ലവക്ഷമബലം

ഒരു വസ്തു പൂർണ്ണമായോ ഭാഗികമായോ ഒരു ദ്രവത്തിൽ മുങ്ങിയിരിക്കുമ്പോൾ, ഇത് നിശ്ചിത അളവിലുള്ള ദ്രാവകത്തെ സ്ഥാനഭ്രഷ്ടനാക്കുന്നു. സ്ഥാനഭ്രംശം സംഭവിച്ച ദ്രാവകം ഒരു പ്ലവക്ഷമബലത്തെ വസ്തുവിൽ പ്രയോഗിക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം ദ്രവം ചെലുത്തുന്ന പ്ലവക്ഷമബലം ദ്രവത്തിൽ മുങ്ങിക്കിടക്കുന്ന വസ്തുവിന്റെ ഭാരത്തിനെ എതിർക്കുന്ന മുകളിലേക്കുള്ള ബലത്തിനെ പ്ലവക്ഷമബലം അഥവാ ബൊയന്റ് ഫോഴ്സ് എന്നും ഈ പ്രതിഭാസത്തെ ബൊയാൻസി എന്നും വിളിക്കുന്നു.

ആർക്കിമിഡിസ് തത്വം :

ചിത്രം 7.13 ആർക്കിമിഡിസ് തത്വം

ഒരു വസ്തു പൂർണ്ണമായോ ഭാഗികമായോ ഒരു ദ്രവത്തിൽ മുങ്ങിയിരിക്കുമ്പോൾ ആ വസ്തുവിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന പ്ലവക്ഷമബലം വസ്തു ആദേശം ചെയ്യുന്ന ദ്രവത്തിന്റെ ഭാരത്തിന് തുല്യമായിരിക്കും. കൂടാതെ ഇതിന്റെ പ്ലവക്ഷമബലം പ്രയോഗിക്കുന്നത് സ്ഥാനഭ്രംശം നടക്കുന്ന ദ്രാവകത്തിന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണ കേന്ദ്രത്തിലൂടെ ആയിരിക്കും.

പ്ലവക്ഷമബലം അഥവാ ബൊയോന്റിക് ഫോഴ്സ് = സ്ഥാനചലനം നടന്ന ദ്രാവകത്തിന്റെ ഭാരം.

പ്ലവന നിയമം

ബോട്ടുകളും, കപ്പലുകളും ചില തടി വസ്തുക്കളും ജലോപരിതലത്തിലൂടെ നീങ്ങുന്നത് നമുക്ക് എല്ലാവർക്കും അറിയാം. ഇവ പൊങ്ങിക്കിടക്കുന്നുവെന്ന് നമുക്ക് പറയാൻ കഴിയും. ഒരു വസ്തുവിനെ മുകളിലത്തെ നിലയിലേക്ക് ഉയർത്തുന്ന പ്രവണതയായി അല്ലെങ്കിൽ ദ്രവ ഉപരിതലത്തിൽ തങ്ങി നിർത്തുന്നതിനായി ഫ്ളോട്ടേഷനെ നിർവ്വചിക്കാം.

പ്ലവനനിയമം പ്രസ്താവിക്കുന്നത്, ഒരു വസ്തു ഒരു ദ്രവത്തിൽ പൊങ്ങിക്കിടക്കുമ്പോൾ വസ്തുവിന്റെ ഭാരം അത് ആദേശം ചെയ്യുന്ന ദ്രവത്തിന്റെ ഭാരത്തിന് തുല്യമായിരിക്കും. ഉദാഹരണത്തിന്, ഒരു 300 kg ഭാരമുള്ള തടി വസ്തു (ഏകദേശം 3000 N) വെള്ളത്തിൽ പൊങ്ങിക്കിടക്കുന്നു. ഇത് 300 kg (ഏകദേശം 3000 N) വെള്ളത്തെ മാറ്റി വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുന്നു.

കുറിപ്പ്

ഒരു വസ്തു പൊങ്ങിക്കിടക്കുകയാണെങ്കിൽ വസ്തുവിന്റെ ഭാരം അത് ആദേശം ചെയ്യുന്ന ദ്രവത്തിന്റെ ഭാരത്തിന് തുല്യമായിരിക്കും. കൂടാതെ വെള്ളത്തിൽ മുങ്ങിയ വസ്തുവിന്റെ വ്യാപ്തത്തിന്റെ ശതമാനം ഏതു ദ്രവത്തിലാണോ മുങ്ങിയിരിക്കുന്നത് അതിന്റെ സാന്ദ്രതയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട വസ്തുവിന്റെ ആപേക്ഷികസാന്ദ്രതയ്ക്ക് തുല്യമാണ്.

ഉദാഹരണത്തിന്, 0.9 $g\,cm^{-3}$ സാന്ദ്രതയുള്ള ഒരു ഐസ് ക്യൂബ് 1.0 $g\,cm^{-3}$ സാന്ദ്രതയുള്ളശുദ്ധജലത്തിൽ പൊങ്ങിക്കിടക്കുന്നു. എങ്കിൽ ശുദ്ധജലത്തിൽ മുങ്ങിയ വസ്തുവിന്റെവ്യാപ്ത ശതമാനം എന്നത് $\frac{0.9\,g\,cm^{-3}}{1.0\,g\,cm^{-3}} \times 100\% = 90\%$. തിരിച്ചും, അതേ ഐസ് ക്യൂബ് 1.3 $g\,cm^{-3}$ സാന്ദ്രതയുള്ള സമുദ്രജലത്തിൽ പൊങ്ങിക്കിടക്കുമ്പോൾ സമുദ്രജലത്തിൽ പൊങ്ങിക്കിടക്കുന്ന വസ്തുവിന്റെ വ്യാപ്ത ശതമാനം $\frac{0.9\,g\,cm^{-3}}{1.3\,g\,cm^{-3}} \times 100\% = 69.23\%$ മാത്രം.

ഉദാഹരണം 7.8

വെള്ളത്തിൽ പൊങ്ങിക്കിടക്കുന്ന ഒരു തടിക്യൂബ് 300 g ദ്രവ്യമാനത്തെ അതിന്റെ മുകളിലെ മുഖത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്ത് പിന്തുണയ്ക്കുന്നു. പിണ്ഡം നീക്കം ചെയ്യുമ്പോൾ ക്യൂബ് 3 cm ൽ ഉയരുന്നു. ക്യൂബിന്റെ വ്യാപ്തം കണ്ടുപിടിക്കുക.

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 64 2/14/2023 11:07:57 AM

നിർദ്ധാരണം

ക്യൂബിന്റെ ഒരു വശം l ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. 3 cm ആഴമുള്ള ക്യൂബിന്റെ വ്യാപ്തം,

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

പ്ലവന തത്വം അനുസരിച്ച്

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

ρ ജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രത = $1000\ kg\ m^{-3}$

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

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

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

അതിനാൽ ക്യൂബിന്റെ വ്യാപ്തം $V = l^3 = 1000\ \text{cm}^3$

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ബൊയൻസിയെ നിയന്ത്രിക്കുന്നതിലൂടെ അന്തർവാഹിനികൾ മുങ്ങാനോ അല്ലെങ്കിൽ വെള്ളത്തിന്റെ അടിവാരത്തിൽ നിന്നും ഉയരാനോകഴിയും. ഇത് നേടാൻ അന്തർവാഹിനികളിൽ ബാലസ്റ്റ് ടാങ്കുകൾ ഉണ്ട്. ഇതിൽ വെള്ളമോ വായുവോ മാറ്റിമാറ്റി നിറയ്ക്കുക. ബാലസ്റ്റ് ടാങ്കുകളിൽ വായു നിറയ്ക്കുമ്പോൾ അന്തർവാഹിനിയുടെ മൊത്തത്തിലുള്ള സാന്ദ്രത ചുറ്റുപാടുമുള്ള വെള്ളത്തിനേക്കാൾ കുറവായിരിക്കുകയും അതിനാൽ അത് ഉപരിതലത്തിൽ ചലിക്കുന്നു. (പോസിറ്റീവ് ബൊയാൻസി) വായുവിനെ നീക്കം ചെയ്ത് പകരം ടാങ്കുകളിൽ വെള്ളം നിറക്കുകയാണെങ്കിൽ മൊത്തത്തിലുള്ള സാന്ദ്രത ചുറ്റുമുള്ള വെള്ളത്തേക്കാൾ ഉയർന്നുവരുകയും അന്തർവാഹിനി മുങ്ങാൻ തുടങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. (നെഗറ്റീവ് ബൊയാൻസി). അന്തർവാഹിനികളെ ഒരു നിശ്ചിത ആഴത്തിൽ നിലനിർത്താൻ ടാങ്കുകളിൽ വായുവും വെള്ളവും നിറച്ചിരിക്കും (ന്യൂട്രൽ ബൊയാൻസി).

പ്ലവന വസ്തുക്കൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങൾ :

i) നദിയിലെ വെള്ളത്തേക്കാൾ എളുപ്പത്തിൽ ഒരാൾക്ക് സമുദ്രജലത്തിൽ നീന്താൻ കഴിയും.

ii) മഞ്ഞുക്കട്ടകൾ വെള്ളത്തിൽ പൊന്തിക്കിടക്കുന്നു.

iii) കപ്പൽ ഉരുക്ക് കൊണ്ടാണ് നിർമ്മിച്ചതെങ്കിലും അതിന്റെ ആന്തരികഭാഗം ഒരു അവതല ആകൃതിയിൽ പൊള്ളയായി നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നു.

7.4 വിസ്കോസിറ്റി അഥവാ ശ്വാനത

7.4.1 ആമുഖം

7.3 എന്ന വിഭാഗത്തിൽ നിശ്ചലാവസ്ഥയിലെ ദ്രാവകങ്ങളുടെ സ്വഭാവം ചർച്ച ചെയ്തു. തുടർച്ചയായുള്ള ചർച്ചകൾ ദ്രാവകങ്ങളുടെ ചലനത്താൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യത്യസ്ത സ്വഭാവ സവിശേഷതകളുടെ സ്വാധീനം വെളിപ്പെടുത്തും. ചലനാവസ്ഥയിലെ ദ്രവം എന്നത് ഒരു സങ്കീർണ്ണമായ പ്രതിഭാസമാണ് കാരണം അതിന് വിസ്കസ് ബലത്താലുണ്ടാകുന്ന ഘർഷണത്തിനു പുറമെ സ്ഥിതിക, ഗതിക, ഗുരുത്വാകർഷണ ഊർജ്ജം ഉണ്ട്. അതിനാൽ അനുയോജ്യമായ ഒരു മാതൃകാദ്രാവകത്തെ പരിഗണിക്കേണ്ടതുണ്ട്. ഒരു ഐഡിൽ ദ്രാവകം എന്നത് ഇൻകംപ്രസിബിൾ (ബൾക്ക് മോഡുലസ് അനന്തമാണ്) ആണ് കൂടാതെ ഷിയറിംഗ് ഫോഴ്സുകളെ ഒന്നും നിലനിർത്താൻ കഴിയില്ല. (അതായത് ശ്വാനത ഗുണാങ്കം എന്നത് പൂജ്യം).

ഭൂരിഭാഗം ദ്രവങ്ങളും അവയുടെ ഒഴുക്കിനെ ചെറിയ തോതിൽ പ്രതിരോധിക്കുന്നു. ഒരു ദ്രവം ഖരവസ്തുവിലൂടെ ചലിക്കുമ്പോഴോ അല്ലെങ്കിൽ രണ്ട് ദ്രവങ്ങൾ പരസ്പരം സഞ്ചരിക്കുമ്പോഴോ സമ്പർക്ക പ്രതലത്തിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ഒരു ഘർഷണ ബലം ഉണ്ട്. ദ്രവ പ്രവാഹത്തിലെ ഈ പ്രതിരോധം ഒരു പ്രതലത്തിലൂടെ ഖര വസ്തുചലിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്നതിനു സമാനമാണ്. ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ദ്രാവക പടലങ്ങൾക്കിടയിൽ നിലകൊള്ളുന്ന ആന്തരിക ഘർഷണ ബലമാണ് ശ്വാനത. അതിനാൽ ശ്വാനതയെ നമുക്ക് ഇങ്ങനെ നിർവ്വചിക്കാം. ദ്രാവക പാളികൾക്കിടയിലുള്ള ആപേക്ഷിക ചലനത്തെ പ്രതിരോധിക്കാനുള്ള ദ്രവത്തിന്റെ സവിശേഷതയാണ് ശ്വാനത.

പ്രവർത്തനം

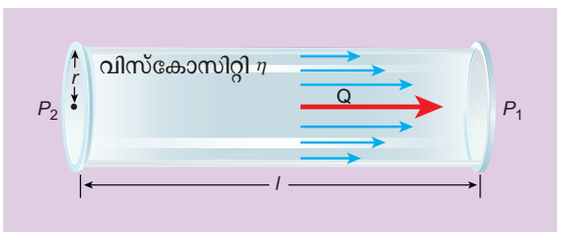
മൂന്ന് നീളമുള്ള ജാറുകളിൽ യഥാക്രമം വായു, വെള്ളം, എണ്ണ എന്നിവ നിറക്കുക. ഇവയിൽ ഒരേ വലിപ്പത്തിലുള്ള സ്റ്റീൽ പന്തുകളെ ഒരേ സമയം ഇടുന്നതായി സങ്കല്പിക്കുക. പന്ത് വായുവിൽ വളരെ വേഗത്തിൽ, സഞ്ചരിക്കുന്നു. പക്ഷെ വെള്ളത്തിൽ അത്ര എളുപ്പമല്ല. എണ്ണയിൽ നീങ്ങുന്നത് കുറച്ചുകൂടി ദുർഘടമായി മാത്രമാണ്. പന്തിനെ വീഴ്ത്തുമ്പോൾ ദ്രാവകത്തിലെ വ്യത്യസ്ത പാളികൾക്കിടയിൽ ഒരു ആപേക്ഷിക ചലനം സംജാതമാകും. ഇത്

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 65 2/14/2023 11:07:57 AM

വിസ്കസ് ഫോഴ്സിനു കാരണമാകുന്നു. ഈ ഘർഷണബലം ദ്രാവകത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ദ്രാവക പാളികൾ തമ്മിലുള്ള ആപേക്ഷിക ചലനത്തെ പ്രതിരോധിക്കുന്ന ചലിക്കുന്ന ദ്രാവകത്തിന്റെ ഈ സവിശേഷതയെ വിസ്കോസിറ്റി എന്നു പറയുന്നു.

വിസ്കോസിറ്റിയുടെ കാരണം :

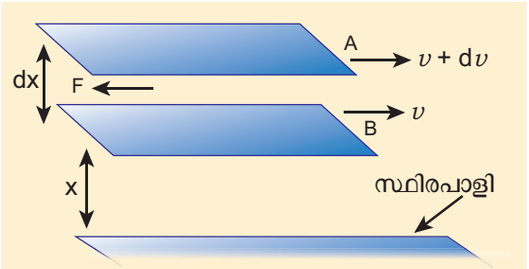
ഒരു തിരശ്ചീന പ്രതലത്തിൽ രണ്ട് അടുത്തടുത്ത പാളികളുള്ള ഒരു ദ്രാവകം ഒഴുകുന്നതായി പരിഗണിക്കുക. മുകളിലത്തെ പാളി താഴത്തെ പാളിയെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നു. അതുപോലെ താഴത്തെ പാളി മുകളിലത്തെ പാളിയെ മന്ദഗതിയിലാക്കുന്നു. തത്ഫലമായി ഒരു പിന്നോക്ക ടാൻജൻഷ്യൽ ഫോഴ്സ് സജ്ജമാക്കുന്നു. ഇത് ആപേക്ഷിക ചലനത്തെ നശിപ്പിക്കുന്ന പ്രവണത കാണിക്കുന്നു. ദ്രാവകങ്ങളുടെ വിസ്കസ് സ്വഭാവത്തിന് ഇത് കാരണമാകുന്നു.



ചിത്രം 7.14 വിസ്കോസിറ്റി

ശ്വാനതാ ഗുണാങ്കം :

തിരശ്ചീന സ്ഥിര പാളിക്ക് മുകളിലൂടെ സ്ഥിരമായി ഒഴുകുന്ന ദ്രാവകത്തെ പരിഗണിക്കുക. (ചിത്രം 7.15) സ്ഥിര പാളിയിൽ നിന്ന് അകലും തോറും പാളികളുടെ പ്രവേഗങ്ങൾ ഏകാത്മകമായി ഉയരുന്നു. A, B എന്നീ സമാന്തരമായി നിലകൊള്ളുന്ന ഏതെങ്കിലും രണ്ട് പാളികളെ പരിഗണിക്കുക. അടുത്തടുത്ത പാളികളിലെ പ്രവേഗങ്ങൾ യഥാക്രമം v യും $v+dv$ യും ആകുന്നു. ഇവ സ്ഥിര പാളിയിൽ നിന്നും x ഉം $x + dx$ ദൂരം അകലെയും ആണ്.



ചിത്രം 7.15 തിരശ്ചീന പാളികളിലൂടെയുള്ള ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രവാഹം

ന്യൂട്ടണിന്റെ ഒന്നാം നിയമപ്രകാരം രണ്ട് പാളികൾക്കിടയ്ക്ക് സമാന്തരമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന വിസ്കസ് ഫോഴ്സ് കണ്ടുപിടിക്കാം. ഈ ബലം (i) ദ്രാവകത്തിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം A (ii) വെലോസിറ്റി ഗ്രേഡിയന്റ് $\frac{dv}{dx}$ എന്നിവക്ക് നേർ അനുപാതത്തിലാണ്

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

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

ഇവിടെ ആനുപാതിക സ്ഥിരാങ്കം η യെ ദ്രാവകത്തിന്റെ ശ്വാനതാ ഗുണാങ്കം എന്നു പറയുന്നു. നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നത് ബലം എന്നത് ഘർഷണത്താലുണ്ടാകുന്നതും കൂടാതെ ആപേക്ഷിക ചലനത്തെ പ്രതിരോധിക്കുന്നതും ആകുന്നു. ശ്വാനതാ ഗുണാങ്കത്തിന്റെ ഡയമെൻഷണൽ സൂത്രം $\left[ML^{-1}T^{-1}\right]$ ആണ്.

കുറിപ്പ്

വിസ്കോസിറ്റി ഘർഷണത്തിനു സമമാണ്. വസ്തുവിന്റെ ഗതികോർജ്ജം താപോർജ്ജമായി പരിണയിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 7.9

$2.5\times10^{-4}\,m^2$ വസ്തീർണ്ണമുള്ള ഒരു ലോഹപാളിയെ $0.25\times10^{-3}\,m$ വിസ്താരമുള്ള ആവെണക്കെണ്ണയുടെ കട്ടികൂടിയ പാളിയിൽ വച്ചിരിക്കുന്നു. ആ പ്ലേറ്റിനെ $3\times10^{-2}\,m\,s^{-1}$ പ്രവേഗത്തിൽ ചലിപ്പിക്കുവാൻ 2.5 N ബലം ആവശ്യമെങ്കിൽ ആവെണക്കെണ്ണയുടെ ശ്വാനതാ ഗുണാങ്കം എത്ര.

തന്നിട്ടുള്ളത് : $A=2.5\times10^{-4}\,m^2$, $dx=0.25\times10^{-3}m$, $F=2.5$ N and $dv=3\times10^{-2}\,m\,s^{-1}$

നിർദ്ധാരണം

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

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

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

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

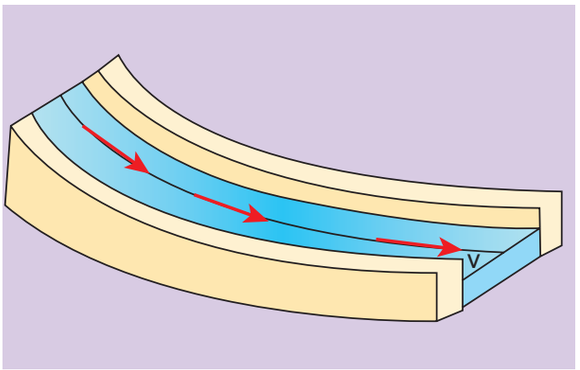
XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 66 2/14/2023 11:07:59 AM

7.4.2 ധാരാരേഖിത പ്രവാഹം

ദ്രവങ്ങളുടെ പ്രവാഹം വ്യത്യസ്ത രീതിയിലാണ് സംഭവിക്കുന്നത്. ഇത് സുസ്ഥിര അല്ലെങ്കിൽ ധാരാ പ്രവാഹം, അസ്ഥിരം അല്ലെങ്കിൽ പ്രക്ഷുബ്ദ്ധ പ്രവാഹം, കംപ്രസിബിൾ അഥവാ ഇൻകംപ്രസിബിൾ അതുമല്ലെങ്കിൽ വിസ്കസ് അഥവാ നോൺ വിസ്കസ് പ്രവാഹം ആകാം. ഉദാഹരണത്തിന് വളരെ ശാന്തമായി ഒഴുകുന്ന നദിയെ സങ്കല്പിക്കുക. വളരെ ശ്രദ്ധയോടെ വീക്ഷിച്ചാൽ നദിയിലെ വ്യത്യസ്ത ഭാഗങ്ങളിലെ ജലത്തിന്റെ പ്രവേഗം വ്യത്യാസമാണെന്നു മനസ്സിലാക്കാം. മദ്ധ്യഭാഗത്ത് വേഗത കൂടിയും അരികുകളിൽ വേഗത കുറഞ്ഞും കാണാം. ഇതൊക്കെയാണെങ്കിലും ഒരു നിശ്ചിത പോയിന്റിൽ പ്രവേഗം സ്ഥിരമായിരിക്കും. കുറച്ചു കൂടി നന്നായി മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് നദിയിലെ മദ്ധ്യഭാഗത്ത് ഒഴുകുന്ന കണങ്ങളുടെ പ്രവേഗം 4 m/s ആണെന്നു കരുതുക. മറ്റെല്ലാ കണങ്ങളും ഈ പോയിന്റ് കടക്കുമ്പോൾ ഒരേ പ്രവേഗത്തിലായിരിക്കും സഞ്ചരിക്കുന്നത്. ഇതുപോലെ നദിയുടെ അരികുകളിലെ പ്രവേഗം 0.5 m/s ആണെങ്കിൽ പിന്നിൽ വരുന്ന കണങ്ങളും ഇതേ പ്രവേഗത്തിൽ ആ പോയിന്റ് കടക്കുന്നു.

ഒരു ബിന്ദുവിൽ കൂടി കടന്നുപോകുന്ന ഓരോ കണികയും അതിന്റെ മുൻഗാമികൾ പോയ പാതയിലൂടെ അതേ പ്രവേഗത്തിൽ ചലിച്ചാൽ അത്തരത്തിലുള്ള ദ്രാവഹ പ്രവാഹത്തെ ധാരാരേഖിത പ്രവാഹം എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇതിനെ സുസ്ഥിര പ്രവാഹം അല്ലെങ്കിൽ ലാമിനാർ പ്രവാഹം എന്നും പറയാറുണ്ട്. ചലിക്കുന്ന ദ്രാവകത്തിലെ കണിക സ്വീകരിച്ച യഥാർത്ഥ പാതയെ സ്ട്രീംലൈൻ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇത് ഒരു കർവ്വ് ആണ്. ചിത്രം 7.16-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ഏതെങ്കിലും ഒരു പോയിന്റിനു വരക്കുന്ന സ്പർശരേഖ ഒഴുക്കിന്റെ ദിശ തരുന്നു. അനുയോജ്യമായ സാഹചര്യങ്ങളിൽ ഒരു അരുവിയുടേയോ നദിയുടേയോ ഒഴുക്ക് പോലെ ഈ പ്രവാഹം കാണപ്പെടുന്നതിനാലാണ് ഇതിന് ഈ പേര് നൽകിയിരിക്കുന്നത്.

അതിനാൽ ഒരു ട്യൂബ് ഓഫ് ഫ്ളോയിലെ ഏതെങ്കിലും ഒരു കണിക എല്ലായ്പ്പോഴും അതിന്റെ ചലനത്തിലുടനീളം ട്യൂബിൽ നിലനിൽക്കുന്നുവെന്നും മറ്റൊരു ട്യൂബിലെ ദ്രാവകവുമായി കൂടിച്ചേരാനാവില്ലെന്നും ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്. ട്യൂബ് ഓഫ് ഫ്ളോയുടെ അക്ഷം എല്ലായ്പ്പോഴും സ്ട്രീംലൈൻ നൽകുന്നു.



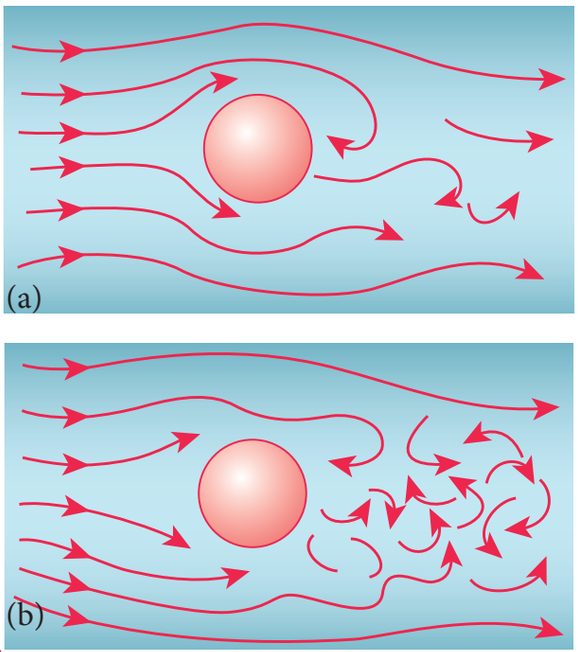
ചിത്രം 7.16 സുസ്ഥിര പ്രവാഹത്തിൽ ദ്രാവകത്തിലെ ഓരോ ബിന്ദുവിലേയും പ്രവേഹം സ്ഥിരമായിരിക്കും

സ്ട്രീംലൈനുകൾ എല്ലായ്പ്പോഴും ദ്രാവക കണങ്ങളുടെ സഞ്ചാര പാതകളെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ദ്രാവകത്തിന്റെ ഒഴുക്ക് നിർണ്ണായക വേഗത എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഒരു നിശ്ചിത വേഗതവരെ ക്രമീകരിക്കുന്നു. ക്രിറ്റിക്കൽ വേഗതയെക്കാൾ കുറഞ്ഞ പ്രവാഹ വേഗതയിൽ സ്റ്റെഡി ഫ്ളോ കൈവരിക്കാനാകുമെന്നാണ് ഇതിനർത്ഥം. ഒഴുക്കിന്റെ ദിശയിലേക്ക് ലംബമായി ഏതെങ്കിലും ക്രോസ് സെക്ഷനിൽ ഒരേ വേഗതയുള്ള സ്ട്രിംലൈനുകളുടെ ഒരു ബണ്ടിൽ നമ്മൾ കരുതുന്നുവെങ്കിൽ അത്തരം ബണ്ടിലിനെ ട്യൂബ് ഓഫ് ഫ്ളോ എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

7.4.3 പ്രക്ഷുബ്ധ പ്രവാഹം

ചലിക്കുന്ന ദ്രവത്തിന്റെ വേഗത ക്രിറ്റിക്കൽ വേഗത v_c കവിയുമ്പോൾ ചലനം പ്രക്ഷുബ്ധമായി മാറുന്നു. ഇവിടെ പ്രവേഗത്തിന്റെ പരിമാണവും ദിശയും കണത്തിൽ നിന്നും കണത്തിലേക്ക് വ്യതിയാനപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ വ്യക്തിഗത കണികകൾ ധാരാരേഖിത പ്രവാഹ പാതയിലേക്ക് മാറുന്നില്ല. അതിനാൽ പ്രക്ഷുബ്ധമായ ഒഴുക്കിലെ കണികകൾ സ്വീകരിക്കുന്ന പാത ക്രമംകെട്ട ഒന്നാണ്. കൂടാതെ ചുഴലിക്കാറ്റ് പോലുള്ള സർക്കിളുകളായ എഡ്ഡികറന്റ് അഥവാ എഡീസ് (ചിത്രം 7.17 (a) ഉം (b) യും) ആയി മാറുന്നു. ഒരു ബോട്ടിന്റേയോ കപ്പലിന്റേയോ തൊട്ടുപിന്നിലുള്ള ജലപ്രവാഹവും, ചലിക്കുന്ന ബസ്സിനു പിന്നിലുള്ള വായുപ്രവാഹവും പ്രക്ഷുബ്ധ ഒഴുക്കിന് ചില ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 67 2/14/2023 11:07:59 AM



ചിത്രം 7.17 (a) ഗോളത്തിനു ചുറ്റുമുള്ള പ്രക്ഷുബ്ധ പ്രവാഹം ($v = v_c$ ആകുമ്പോൾ) (b) ഗോളത്തിനു ചുറ്റുമുള്ള പ്രക്ഷുബുധ പ്രവാഹം ($v > v_c$ ആകുമ്പോൾ)

വെള്ളം ഒഴുകുന്ന വിശാല ട്യൂബിൽ ശക്തിയായി മഷിയെ തെറിപ്പിച്ച് ഈ രണ്ട് തരം ചലനങ്ങളുടേയും വ്യത്യാസം എളുപ്പത്തിൽ പ്രകടമാക്കാം. ദ്രവത്തിന്റെ പ്രവേഗം ചെറുതായിരിക്കുമ്പോൾ മഷി ഒരു നേർരേഖാ പാതയിലേക്ക് നീങ്ങും. വിപരീതമായി ഒരു നിശ്ചിത മൂല്യത്തിനപ്പുറം വേഗത വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ മഷി എല്ലായിടത്തും വ്യാപിച്ച് ക്രമക്കേട് പ്രകടമാക്കുന്നു. അതിനാൽ ചലനം പ്രക്ഷുബ്ധമാവുന്നു. സിഗ്-സാഗ് ചലനം എഡ്ഡി വൈദ്യുതധാരകളുടെ രൂപവത്കരണത്തിന് കാരണമാവുകയും വളരെയധികം ഊർജ്ജം നഷ്ടപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

7.4.4 റേനോൾഡ്സ് നമ്പർ

ദ്രവങ്ങളുടെ പ്രവാഹ വേഗത ക്രിറ്റിക്കൽ വേഗത (v_c) യേക്കാൾ കുറവാണെങ്കിൽ ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രവാഹം സ്റ്റെഡി അഥവാ ലാമിനാർ ആണെന്നും അല്ലാത്തപക്ഷം പ്രക്ഷബ്ധ പ്രവാഹമായിത്തീരുമെന്നും നമ്മൾ മനസ്സിലാക്കി. ദ്രവങ്ങളുടെ സ്വഭാവ പ്രകൃതം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് ഓസ്ബോൺ റെയ്നോൾഡ്സ് (1842-1912) ഒരു സമവാക്യം രൂപീകരിച്ചു. അതായത് പ്രവാഹം സ്റ്റെഡിയാണോ പ്രക്ഷുബ്ധമാണോ എന്നറിയുന്നതിന്.

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

ഇത് ഡൈമെൻഷൻ ഇല്ലാത്ത ഒരു സംഖ്യയാണ് ഇതിനെ *'റെയ്നോൾഡ്സ് നമ്പർ'* എന്നു വിളിക്കുന്നു. R_c അഥവാ K കൊണ്ട് പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു. ഈ സമവാക്യത്തിൽ ρ എന്നത് ദ്രാവകത്തിന്റെ സാന്ദ്രത, v എന്നത് പ്രവഹിക്കുന്ന ദ്രവത്തിന്റെ പ്രവേഗം, D എന്നത് ഏത് പൈപ്പിലൂടെയാണോ പ്രവഹിക്കുന്നത് അതിന്റെ വ്യാസം, η എന്നത് ശ്വാനതാ ഗുണാങ്കം. ഏത് മാത്രാസമ്പ്രദായത്തിലും R_c യുടെ മൂല്യം സ്ഥിരമായിരിക്കും.

പട്ടിക 7.3 ദ്രവപ്രവാഹം മനസ്സിലാക്കുന്നതിന്, റെയ്നോഡ് കണ്ടുപിടിച്ച R_c യുടെ മൂല്യം കൊടുത്തിരിക്കുന്നു

ക്ര.ന	റെയ്നോഡ്സ് നമ്പർ	പ്രവാഹം
1	$R_c < 1000$	ധാരാ രേഖീയ പ്രവാഹം
2	$1000 < R_c < 2000$	സ്റ്റെഡി അല്ല
3	$R_c > 2000$	പ്രക്ഷുബ്ധ പ്രവാഹം

ഇപ്രകാരം റെയ്നോൾഡ് നമ്പർ R_c എന്നത് ഒരു ക്രിറ്റിൽ വേരിയബിൾ ആണ്. ഇത് ഒരു സിലിണ്ട്രിക്കൽ പൈപ്പിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രവാഹം സ്ട്രിംലൈൻ ആണോ ടർബുലന്റ് ആണോ എന്ന് തീരുമാനിക്കും.

വാസ്തവത്തിൽ ജ്യാമിതീയമായി സമാനമായ ഒഴുക്കുകൾക്ക് പ്രക്ഷുബ്ധമായ സെറ്റുകൾക്ക് R_c യുടെ നിർണ്ണായക മൂല്യം തുല്യമാണെന്നു കണ്ടെത്തി. ഉദാഹരണത്തിന് വ്യത്യസ്ത സാന്ദ്രതകളോടും വിസ്കോസിറ്റികളോടും ഉള്ള രണ്ട് ദ്രാവകങ്ങൾ ഒരേ ആകൃതിയും വലിപ്പവുമുള്ള പൈപ്പുകളിലൂടെ പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ പ്രക്ഷുബ്ധത R_c യുടെ മൂല്യം ഏതാണ്ട് സമാനമായി കാണപ്പെട്ടു. മുകളിലുള്ള വസ്തുത സമാനത നിയമത്തിലേയ്ക്ക് നയിച്ചു. ഇത് പ്രസ്താവിക്കുന്നത് ജ്യാമിതീയമായി സമാനമായ രണ്ട് പ്രവാഹങ്ങൾ ഉള്ളപ്പോൾ ഇവ രണ്ടും ഒരേ റെയ്നോൾഡ്സ് സംഖ്യ സ്വീകരിക്കുന്നിടത്തോളം ഈ രണ്ടു പ്രവാഹങ്ങളും പരസ്പരം തുല്യമാണ്. *'സാദൃശ നിയമം'* എന്ന നിയമം സാങ്കേതിക പ്രയോഗങ്ങളിൽ നിർണ്ണായക പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. കപ്പലുകൾ അന്തർവാഹിനികൾ, റേസിംഗ് കാറുകൾ, വിമാനങ്ങൾ

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 68 2/14/2023 11:08:00 AM

എന്നിവയുടെ ആകൃതി രൂപകൽപ്പന ചെയ്തിരിക്കുന്നത് അവയുടെ വേഗത വർദ്ധിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്ന തരത്തിലാണ്.

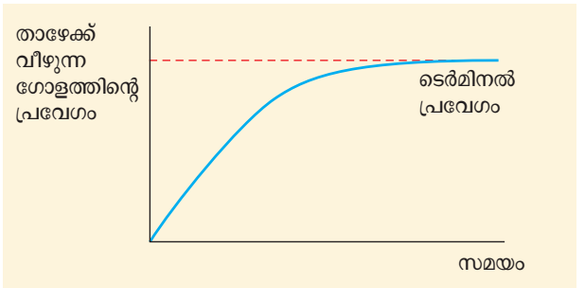
7.4.5 ടെർമിനൽ പ്രവേഗം

ടെർമിനൽ പ്രവേഗം മനസിലാക്കുന്നതിന്, ഒരു ചെറിയ ലോഹ ഗോളത്തെ വിസ്കസ് ദ്രവം നിറച്ചിട്ടുള്ള വലിയ സ്തംഭത്തിലേക്ക് സ്ഥിരാവസ്ഥയിൽ നിന്നും സ്വതന്ത്രമായി വീഴാൻ അനുവദിക്കുക.

ലോഹഗോളത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലങ്ങൾ (i) ലംബമായി താഴോട്ട് പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഗോളത്തിന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണ ബലം, (ii) ബൊയോൻസിയാലുണ്ടാകുന്ന പ്ലവക്ഷമ ബലം (iii) മുകളിലേക്ക് വർത്തിക്കുന്ന വിസ്കസ് ഡ്രാഗ് (ഗോളത്തിന്റെ ചലന ദിശക്ക് എപ്പോഴും വിപരീതമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നതാണ് വിസ്കസ് ഫോഴ്സ്).

തുടക്കത്തിൽ താഴേക്കുള്ള ദിശയിൽ ഗോളത്തെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നു. ഇവിടെ മുകളിലേക്ക് ഉള്ള ബലം താഴേക്കുള്ള ബലത്തേക്കാൾ കുറവാണ്. ഗോളത്തിന്റെ പ്രവേഹം കൂടുന്നതനുസരിച്ച് വിസ്കസ് ബലത്തിന്റെ പ്രവേഗവും കൂടുന്നു. ഒരു പ്രത്യേക ഘട്ടത്തിൽ മൊത്തത്തിലുള്ള താഴേക്ക് പ്രയോഗിക്കുന്ന ബലം മുകളിലേയ്ക്കുള്ള ബലത്തെ സംതുലനം ചെയ്യും. അപ്പോൾ ഗോളത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന പരിണിതബലം പൂജ്യമായി മാറുന്നു. ഇപ്പോൾ ഗോളം സ്ഥിരമായ വേഗതയോടെ താഴേക്ക് നീങ്ങുന്നു.

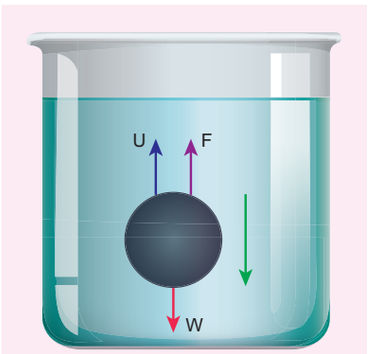
ഒരു വസ്തു വിസ്കസ് മാദ്ധ്യമത്തിൽ കൂടി സ്വതന്ത്രമായി പതിക്കുമ്പോൾ അത് സ്വായത്തമാക്കുന്ന പരമാവധി സ്ഥിര പ്രവേഗത്തെ ടെർമിനൽ പ്രവേഗം v_t എന്നു വിളിക്കുന്നു. ചിത്രം 7.18-ൽ y-അക്ഷത്തിൽ വേഗതയും, x- അക്ഷത്തിൽ സമയവും ഉപയോഗിച്ച് ഒരു ഗ്രാഫ് വരച്ചിരിക്കുന്നു. തുടക്കത്തിൽ ഗോളം ആക്സിലറേറ്റ് ചെയ്യപ്പെട്ടതും, കുറച്ച് സമയം കഴിഞ്ഞ് അതിന് സ്ഥിരപ്രവേഗമായ ടെർമിനൽ പ്രവേഗം (v_t) കൈവരിച്ചതും ഗ്രാഫിൽ നിന്നും മനസ്സിലാക്കാം.



ചിത്രം 7.18 പ്രവേഗത്തിനും സമയത്തിനും ഇടയ്ക്കുള്ള ഗ്രാഫ്

ടെർമിനൽ പ്രവേഹത്തിന്റെ എക്സ്പ്രഷൻ :

ശ്യാനത ഗുണാങ്കം η ഉള്ള ശ്യാനത കൂടിയ ദ്രാവകത്തിൽ കൂടി r ആരമുള്ള ഒരു ഗോളം സ്വതന്ത്രമായി പതിക്കുന്നുവെന്ന് സങ്കല്പിക്കുക. ഗോളത്തിന്റെ സാന്ദ്രത ρ യും ദ്രവത്തിന്റെ സാന്ദ്രത σ യും ആകുന്നു.



ചിത്രം 7.19 ഒരു വിസ്കസ് ദ്രാവകത്തിൽ വീഴുന്ന ഗോളത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലങ്ങൾ

ഗോളത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണ ബലം, $F_G = mg = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g$ (അധോബലം)

പ്ലവക്ഷമബലം, $U = \frac{4}{3}\pi r^3 \sigma g$ (ഊർധ്വബലം)

വിസ്കസ് ബലം, $F = 6\pi\varepsilon r v_t$

ടെർമിനൽ പ്രവേഗത്തിൽ v_t,

പരിണിത അധോബലം = ഊർദ്ധ്വബലം

$$F_G = U + F$$

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

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

ഇവിടെ ഒരു കാര്യം മനസ്സിലാക്കേണ്ടത്, ഗോളത്തിന്റെ ടെർമിനൽ പ്രവേഗം ഗോളത്തിന്റെ ആരത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് ആനുപാതികമാണ്.

π യുടെ മൂല്യം 0 യേക്കാളും വലുതാണെങ്കിൽ $(\rho - \sigma)$ എന്നത് നെഗറ്റീവ് ആകുകയും ടെർമിനൽ പ്രവേഗം നെഗറ്റീവ് ആയി മാറുകയും ചെയ്യും. അതിനാലാണ് വെള്ളത്തിലോ മറ്റേതു ദ്രവത്തിലോ

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 69 2/14/2023 11:08:01 AM

വായു കുമിളകൾ മുകളിലേക്ക് ഉയരുന്നത്. ആകാശത്തിലെ മേഘങ്ങൾ ഊർദ്ധ്വ ദിശയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നതിന് കാരണവും ഇതുതന്നെയാണ്.

ചിന്തനീയ വിഷയം

i) ഒരു ഗോളത്തിന്റെ ടെർമിനൽ പ്രവേഗം അതിന്റെ ആരത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് ആനുപാതികമാണ്. അതിനാൽ ചെറിയ മഴത്തുള്ളികളുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ വലിയ മഴത്തുള്ളികൾ കൂടുതൽ വേഗതയിൽ വീഴുന്നു.

ii) ഗോള പദാർത്ഥ സാന്ദ്രതയേക്കാൾ മാദ്ധ്യമത്തിന്റെ സാന്ദ്രത കൂടുതലാണെങ്കിൽ ഗോളത്തിന് കൈവരുന്ന ടെർമിനൽ പ്രവേഗം ഊർദ്ധ്വദിശയിലായിരിക്കും. അതിനാലാണ് സോഡ വെള്ളത്തിൽ ഗ്യാസ് കുമിളകൾ ഉയരുന്നത്.

7.4.6 സ്റ്റോക്കിന്റെ നിയമവും അതിന്റെ പ്രയോജനങ്ങളും

ഒരു വസ്തു ഒരു വിസ്കസ് മാദ്ധ്യമത്തിൽ പതിക്കുമ്പോൾ അത് സമ്പർക്കം പുലർത്തുന്ന ദ്രാവകത്തിന്റെ പാളി ഉടൻ വലിച്ചിടുന്നു. ഇത് ദ്രാവകത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത പാളികൾക്കിടയിൽ ആപേക്ഷിക ചലനം ഉണ്ടാക്കുന്നു. വിവിധ ദ്രാവകങ്ങളിൽ ചെറിയ ഗോളാകൃതിയിലുള്ള വസ്തുക്കളുടെ ചലനത്തെക്കുറിച്ച് സ്റ്റോക്ക് നിരവധി പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തി. ആരം r ഉള്ള ഒരു ഗോളാകൃതിയിലുള്ള വസ്തുവിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന വിസ്കസ് ഫോഴ്സ് നേരിട്ട് ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നത്

i) ഗോളത്തിന്റെ ആരം (r)

ii) ഗോളത്തിന്റെ പ്രവേഗം (υ)

iii) ദ്രാവകത്തിന്റെ ശ്വാനതാഗുണാങ്കം η എന്ന നിഗമനത്തിൽ എത്തിച്ചേർന്നു

അതിനാൽ $F \propto \eta^x r^y \upsilon^z \Rightarrow F = k\eta^x r^y \upsilon^z$, ഇവിടെ k എന്നത് ഡൈമെൻഷൻ ഇല്ലാത്ത സ്ഥിരാങ്കം.

ഡയമെൻഷൻ ഉപയോഗിച്ച് മുകളിലത്തെ സമവാക്യത്തെ ഇപ്രകാരം എഴുതാം

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

നിർദ്ധാരണം ചെയ്യുമ്പോൾ നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്, $x=1, y=1, z=1$

അതിനാൽ, $F=k\eta r\upsilon$

k യുടെ മൂല്യം പരീക്ഷണത്തിലൂടെ സ്റ്റോക്കിനു കണ്ടെത്താൻ കഴിഞ്ഞത് $k = 6\pi$ എന്നാണ്

$$F = 6\pi\eta r\upsilon \qquad (7.23)$$

ഈ ബന്ധം സ്റ്റോക്ക്സ് നിയമം എന്നറിയപ്പെടുന്നു

സ്റ്റോക്ക്സ് നിയമത്തിന്റെ പ്രായോഗിക ഉപയോഗങ്ങൾ

മഴത്തുള്ളികൾ വലുപ്പത്തിൽ ചെറുതും അവയുടെ ടെർമിനൽ പ്രവേഗം ചെറുതും ആയതിനാൽ മേഘങ്ങളുടെ രൂപത്തിൽ വായുവിൽ നിർത്തിവച്ചിരിക്കുന്നു. വലുപ്പം വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ അവ മഴയുടെ രൂപത്തിൽ വീഴാൻ തുടങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഈ നിയമം ഇനിപ്പറയുന്നവ വിശദീകരിക്കുന്നു :

a) മേഘങ്ങളുടെ പ്ലവനം

b) ചെറിയ മഴത്തുള്ളികളേക്കാൾ വലിയ മഴത്തുള്ളികൾ കൂടുതൽ പരുക്കേൽപ്പിക്കുന്നു

c) ഒരു പാരച്യൂട്ടിന്റെ സഹായത്തോടെ ഇറങ്ങിവരുന്ന ഒരാൾ സ്ഥിരമായ ടെർമിനൽ പ്രവേഗം കൈവരിക്കുന്നു.

7.4.7 പോയ്സ്യൂയിലിന്റെ സമവാക്യം

ഒരു കാപ്പിലറി ട്യൂബിൽ കൂടി സുസ്ഥിര പ്രവാഹം നടത്തുന്ന ദ്രാവകത്തെ പോയ്സ്യൂലി വിശകലനം നടത്തി. ഒരു കാപ്പിലറി ട്യൂബിലൂടെ സെക്കന്റിൽ ഒഴുകുന്ന ദ്രാവകത്തിന്റെ വ്യാപ്തത്തിനുള്ള ആവിഷ്ക്കാരം അദ്ദേഹം നേടി എടുത്തു.

അദ്ദേഹത്തിന്റെ സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് സമവാക്യം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് താഴെപ്പറയുന്ന വ്യവസ്ഥകൾ ഉറപ്പായും നിലനിർത്തണം.

- ട്യൂബിലൂടെ ഒഴുകുന്ന ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രവാഹം ധാരാരേഖിതമായിരിക്കണം.
- ഗുരുത്വാകർഷണം പ്രവാഹത്തെ സ്വാധീനിക്കാതിരിക്കാൻ ട്യൂബ് തിരശ്ചീനമായി വയ്ക്കണം
- ട്യൂബിന്റെ അരികുകളുമായി സമ്പർക്കം പുലർത്തുന്ന പാളി നിശ്ചലാവസ്ഥയിലായിരിക്കും
- ട്യൂബിന്റെ ഏതെങ്കിലും ക്രോസ് സെക്ഷനിൽ മർദ്ദം യൂണിഫോം ആയിരിക്കും

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 70 2/14/2023 11:08:02 AM

ഡൈമെൻഷണൽ അനാലിസിസ് ഉപയോഗിച്ച് നമുക്ക് പോയ്സ്യൂയിലിന്റെ സമവാക്യം വ്യുൽപ്പാദിപ്പിക്കാൻ കഴിയും. തിരശ്ചീനമായി സ്ഥാപിച്ചിട്ടുള്ള ഒരു കാപ്പിലറി ട്യൂബിലൂടെ ദ്രാവക ധാരാരേഖിത പ്രവാഹം നടത്തുന്നുവെന്നത് സങ്കല്പിക്കുക. ഇവിടെ $v = \left(\frac{V}{t}\right)$ എന്നത് ഒരു സെക്കന്റിൽ കാപ്പിലറി ട്യൂബിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന ദ്രാവകത്തിന്റെ വ്യാപ്തമാണെന്നു കരുതുക. ഇത് ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നത്, (1) ദ്രാവകത്തിന്റെ ശ്യാനത ഗുണാങ്കം (η), (2) ട്യൂബിന്റെ ആരം (r), (3) മർദ്ദ ഗ്രേഡിയന്റ് $\left(\frac{P}{l}\right)$ എങ്കിൽ,

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

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

k എന്നത് ഡയമെൻഷൻ ഇല്ലാത്ത സ്ഥിരാങ്കം. അതിനാൽ,

$$[v] = \frac{\text{വ്യാപ്തം}}{\text{സമയം}} = \left[L^3T^{-1}\right], \left[\frac{dP}{dx}\right] = \frac{\text{മർദ്ദം}}{\text{അകലം}} :$$

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

സമവാക്യം (7.24)-ൽ പകരുമ്പോൾ,

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

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

M, L, T എന്നതിന്റെ ഘാതങ്ങളെ രണ്ടു വശത്തും സമവൽക്കരിക്കുമ്പോൾ,

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

a, b, c. എന്നീ മൂന്നിന്റേയും മൂല്യം കണ്ടുപിടിക്കാൻ മൂന്നു സമവാക്യങ്ങൾ ലഭിച്ചു. അവയെ നിർദ്ധാരണം ചെയ്യുമ്പോൾ

$$a = -1, b = 4, c = 1 \text{ എന്ന് ലഭിക്കും}$$

അതിനാൽ സമവാക്യം (7.24) ഇങ്ങനെ മാറുന്നു,

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

k യുടെ മൂല്യം പരീക്ഷണാത്മകമായി ലഭിച്ചത് $\frac{\pi}{8}$, എന്നാണ്.

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

ഇതാണ് ഇടുങ്ങിയ ട്യൂബ് അഥവാ കാപ്പിലറി ട്യൂബിലൂടെ ഒഴുകുന്ന ദ്രാവകത്തിന്റെ പോയ്സ്യൂലീസ് സമവാക്യം എന്നു പറയുന്നത്. ക്രിട്ടിക്കൽ പ്രവേഗത്തേക്കാൾ വേഗത കുറഞ്ഞ ദ്രാവകങ്ങൾ ഈ സമവാക്യം വളരെ ഫലവത്താണ് (v_c).

7.4.8 ശ്യാനതയുടെ പ്രയോജനങ്ങൾ

വിസ്കോസിറ്റിയുടെ പ്രാധാന്യം താഴെപ്പറയുന്ന ഉദാഹരണങ്ങളിൽ നിന്നും മനസ്സിലാക്കാം.

(1) വലിയ മെഷീനുകളിൽ ഘർഷണം കുറയ്ക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന എണ്ണയുടെ ശ്യാനതാഗുണാങ്കം വളരെ ഉയർന്നതാണ്. ഉചിതമായ സ്നിഗ്ധ പദാർത്ഥം (ലൂബ്രിക്കന്റ്) തിരഞ്ഞെടുക്കുന്നതിനായി നമുക്ക് അതിന്റെ ശ്യാനത അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ടതാണ്. കൂടാതെ താപനിലക്ക് അനുസ്യൂതമായി അത് എപ്രകാരം മാറുന്നു എന്നും അറിയണം. (കുറിപ്പ്: ഊഷ്മാവ് കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് ഒരു ദ്രാവകത്തിന്റെ ശ്യാനത കുറയുന്നു). മാത്രമല്ല കാർ എൻജിനുകളിൽ (ലളിത മെഷിനറി) ഉപയോഗിക്കുന്ന ശ്യാനത കുറഞ്ഞ എണ്ണകൾ തിരഞ്ഞെടുക്കാനും സഹായിക്കുന്നു

(2) ശ്യാനത കൂടിയ ദ്രാവകങ്ങൾ ചില ഉപകരണങ്ങളുടെ ചലനം കുറയ്ക്കുന്നതിനും ഹൈഡ്രോളിക് ബ്രേക്കിൽ ബ്രേക്ക് ഓയിൽ ആയും ഉപയോഗിക്കുന്നു.

(3) ധമനികളിലും സിരകളിലും ഉള്ള രക്തചംക്രമണം ദ്രാവകങ്ങളുടെ ശ്യാനതയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

(4) ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ് കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനായുള്ള മില്ലിഗത്തിന്റെ ഓയിൽ ഡ്രോപ്പ് പരീക്ഷണത്തിൽ ശ്യാനതയെ കുറിച്ചുള്ള അറിവ് ഉപയോഗിച്ചാണ് അദ്ദേഹം ചാർജ്ജിന്റെ മൂല്യം നിർണ്ണയിച്ചത്.

7.5 പ്രതലബലം

7.5.1 തന്മാത്രാന്തര ബലങ്ങൾ

ചില ദ്രാവകങ്ങൾ അവയുടെ സാന്ദ്രത, പ്രതലബലം തുടങ്ങിയ ഭൗതിക ഗുണങ്ങൾ കാരണം തമ്മിൽ കലരാറില്ല. ഉദാഹരണമായി ജലവും മണ്ണെണ്ണയും പരസ്പരം കലരാറില്ല. രസം ഗ്ലാസ്സിനെ നനയ്ക്കാറില്ല. പക്ഷെ ജലം ഒട്ടിപ്പിടിക്കാറുണ്ട്.

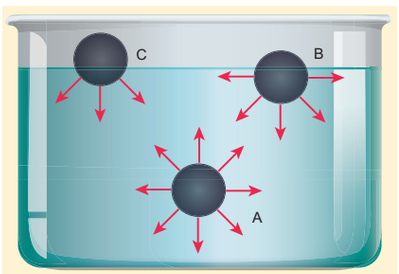
XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 71 2/14/2023 11:08:04 AM

ജലം തണ്ടുവഴി ഇലകളിലേയ്ക്ക് എത്തിച്ചേരുന്നുണ്ട്. ഇത് പ്രധാനമായും ദ്രാവകങ്ങളുടെ സ്വതന്ത്ര പ്രതലങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ദ്രാവകങ്ങൾക്ക് വ്യക്തമായ ഒരു ആകൃതി ഇല്ല. പക്ഷെ കൃത്യമായ വ്യാപ്തം ഉണ്ട്. ആയതിനാൽ അവയെ ഒരു പാത്രത്തിൽ ഒഴുക്കുമ്പോൾ അവ ഒരു സ്വതന്ത്ര ഉപരിതലം നേടിയെടുക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഉപരിതലങ്ങൾക്ക് കുറച്ചധികം ഊർജ്ജം ഉണ്ടാകുന്നു. ഇതിനെയാണ് ഉപരിതല ഊർജ്ജം എന്നു പറയുന്നത്. ഈ വസ്തുതയ്ക്ക് പുറകിലുള്ള പ്രതിഭാസത്തെയാണ് പ്രതലബലം എന്നു പറയുന്നത്. വ്യത്യസ്ത സാഹചര്യങ്ങളിൽ ഒരു ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രതലം, ചലനം ഇവയെക്കുറിച്ച് ഒരു സിദ്ധാന്തം ലാപ്ലേസ്, ഗാസ്സ് എന്നിവർ വികസിപ്പിച്ചെടുത്തു.

ഖര പദാർത്ഥങ്ങളിൽ ഉള്ളതുപോലെ ദൃഢമായി അല്ല തന്മാത്രകളെ ദ്രാവകത്തിൽ ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത്. അവയ്ക്ക് സ്വതന്ത്രമായി ചലിക്കുവാൻ കഴിയും. ഒരു ദ്രാവകത്തിൽ ഒരേ പോലുള്ള തന്മാത്രകളെ തമ്മിൽ ചേർത്തുവച്ചിരിക്കുന്ന ബലത്തിനെ ഏകീകൃത ശക്തി (കൊഹിസീവ് ബലം) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഒരു ദ്രാവകം ഒരു ഖര പദാർത്ഥവുമായി സമ്പർക്കത്തിലാകുമ്പോൾ ദ്രാവകത്തിലേയും ഖര പദാർത്ഥത്തിലേയും തന്മാത്രകളിൽ ഒരു ആകർഷണ ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഇതിനെയാണ് ഒട്ടിപ്പിടിക്കുന്ന ബലം എന്ന് വിളിക്കുന്നത്.

തന്മാത്രകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം വളരെ ചെറിയ അളവിൽ ഏകദേശം 10^{-9} m (അതായത് 10 Å) ആകുമ്പോൾ മാത്രമേ ഈ തന്മാത്രാന്തര ബലങ്ങൾ ഫലപ്രദമാകുകയുള്ളൂ. എല്ലാദിശകളിലും ഈ തന്മാത്രാ ബലങ്ങളുടെ സ്വാധീനം അനുഭവ വേദ്യമാകുന്ന ആ പ്രദേശത്തെ സ്വാധീന വലയം എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഈ വലയത്തിന് പുറത്ത് ബലങ്ങളുടെ അളവ് തികച്ചും അവഗണിക്കത്തക്കതാണ്.

ചിത്രം 7.20-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു ദ്രാവകത്തിലെ മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത തന്മാത്രകൾ A, B, C എന്നിവയെ പരിഗണിക്കുക. ഇതിൽ 'A' എന്ന തന്മാത്ര ദ്രാവകത്തിനുള്ളിൽ സ്വാധീന വലയത്തോടെ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നുവെന്ന് കരുതുക. ഈ തന്മാത്ര ദ്രാവകത്തിനുള്ളിൽ എല്ലാ ദിശയിലും കാണപ്പെടുന്ന തന്മാത്രകളുമായി സമ്പർക്കം പുലർത്തുന്നതു കാരണം അതിൽ അനുഭവവേദ്യമാകുന്ന ആകെ ബലം പൂജ്യമാണ്. ദ്രാവകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും നാലിൽ മൂന്ന് ഭാഗത്ത് സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന 'B' എന്ന അടുത്ത തന്മാത്രയെ പരിഗണിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ നാലിൽ ഒരു ഭാഗം അന്തരീക്ഷവായുവിൽ കാണപ്പെടുന്നു. B എന്ന തന്മാത്രയുടെ അടിഭാഗത്ത് മുകൾ ഭാഗത്തുള്ളതിനേക്കാൾ കൂടുതൽ ജലതന്മാത്രകൾ കാണപ്പെടുന്നു. ആയതിനാൽ ഇതിന്റെ ആകെ ബലം താഴോട്ടുള്ള ദിശയിൽ അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഇതുപോലെ നമ്മൾ പരിഗണനക്ക് എടുത്ത 'C' എന്ന തന്മാത്ര ദ്രാവകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിലാണെന്ന് കരുതുക. (അതായത്, തന്മാത്രയുടെ മുകളിലുള്ള അര ഭാഗം വായുവിലും ബാക്കി താഴെയുള്ള അരഭാഗം ദ്രാവകത്തിനുള്ളിലും) ഇതിൽ പ്രധാനമായും താഴേയ്ക്കുള്ള ഒരു ബലമാണ് അനുഭവപ്പെടുന്നത്. ഇതിനു കാരണം തന്മാത്രയുടെ അടിഭാഗത്തായി ധാരാളം ദ്രാവക തന്മാത്രകൾ ഉള്ളതാണ്. ദ്രാവകത്തിനുള്ളിലെ ആ പരിധിക്കുള്ളിലെ എല്ലാ തന്മാത്രകളും ഈ തന്മാത്രയുമായി പരസ്പര സമ്പർക്കം ചെയ്യുന്നതിനാലാണ് താഴേയ്ക്കുള്ള ഒരു ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നത് എന്ന് ഇതിൽ നിന്നും വ്യക്തമാണ്.



ചിത്രം 7.20 ദ്രാവകത്തിലെ വ്യത്യസ്ത ഭാഗങ്ങളിലെ തന്മാത്രകൾ

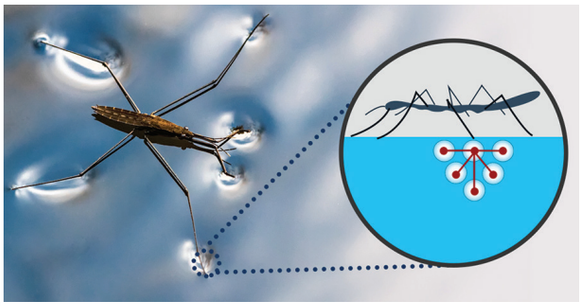
ദ്രാവകത്തിന്റെ ഉൾഭാഗത്ത് നിന്നും ഏതെങ്കിലും ഒരു തന്മാത്രയെ മുകളിലേക്ക് കൊണ്ടുവരുമ്പോൾ ഉപരിതലത്തിലുള്ള തന്മാത്രകളുടെ (കൊഹിസീവ് ബലത്തിന്) ഏകീകൃത ശക്തിക്ക് എതിരായി നാം പ്രവർത്തി ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രവൃത്തി തന്മാത്രകളിൽ സ്ഥിതികോർജ്ജമായി ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നു. ആയതിനാൽ ദ്രാവകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിലുള്ള തന്മാത്രകളേക്കാൾ സ്ഥിതികോർജ്ജം കൂടുതലായിരിക്കും. എന്നാൽ ഒരു സുസ്ഥിര സംതുലനാവസ്ഥയിൽ ഉള്ള ഒരു വ്യവസ്ഥിയിയിൽ അതിന്റെ സ്ഥിതികോർജ്ജം (അഥവാ പ്രതല ഊർജ്ജം) ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ അളവിലായിരിക്കും. അതുകൊണ്ട് ഒരു സുസ്ഥിരമായ സംതുലനാവസ്ഥ നിലനിറുത്തുന്നതിനായി എപ്പോഴും ദ്രാവകത്തിലെ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം എപ്പോഴും കുറഞ്ഞ അളവിലായിരിക്കും. മറ്റൊരു വിധത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ ഒരു ദ്രാവകം എപ്പോഴും വളരെ കുറഞ്ഞ പ്രതല വിസ്തീർണ്ണം സ്വായത്തമാക്കുവാൻ ശ്രമിക്കുന്നു. ദ്രാവകത്തിന്റെ ഈ സ്വഭാവ സവിശേഷത പ്രതലബലം എന്ന ഗുണത്തിനു ഹേതുവാകുന്നു.

പ്രതലബലത്തിന് ഉദാഹരണങ്ങൾ.

മൂട്ടകളും വാട്ടർ സ്ട്രൈഡറുകളും ജലോപരിതലത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്നത് (ചിത്രം 7.21) കാണാം. ജലതന്മാത്രകളെ ഉള്ളിലേക്ക് വലിക്കുന്നതുകാരണം ജലോപരിതലം ഒരു ഇലാസ്തികതയുള്ള അല്ലെങ്കിൽ വലിവുള്ള ഒരു സ്തരം പോലെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇത് മൂട്ടയുടെ ഭാരത്തെ സമതുലനാവസ്ഥയിൽ നിറുത്തുന്നതിനു കാരണം ജലോപരി

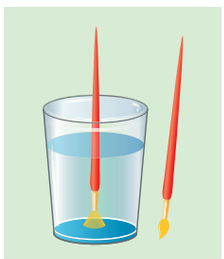
XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 72 2/14/2023 11:08:05 AM

തലത്തിലൂടെ നടക്കുന്നതിന് സാധ്യമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തിനെയാണ് നാം പ്രതലബലം എന്ന് വിളിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 7.21 നീർച്ചാടികൾക്ക് ജലോപരിതലത്തിൽ നടക്കാൻ കഴിയുന്നത് പ്രതലബലം കൊണ്ടാണ്

പെയിന്റ് ചെയ്യാനുപയോഗിക്കുന്ന ബ്രഷിന്റെ ഇഴകളെല്ലാം ജലത്തിൽ നിന്നും പുറത്തെടുക്കുമ്പോൾ കൂടിച്ചേരുന്നു. ഇതിനു കാരണം അവയിലുണ്ടാകുന്ന ജലപാട അതിനെ ചുരുക്കി പ്രതല വിസ്തീർണ്ണം കുറയ്ക്കാൻ ശ്രമിക്കുന്നു. (ചിത്രം 7.22).

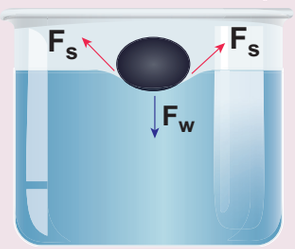


ചിത്രം 7.22 പെയിന്റ് ബ്രഷിന്റെ ഇഴകൾ പ്രതലബലം കാരണം കൂടിച്ചേർന്നിരിക്കുന്നു.

പ്രവർത്തനം

സൂചി ജലോപരിതലത്തിൽ പൊങ്ങി കിടക്കുന്നു

ഗ്രീസ് തേച്ച ഒരു സ്റ്റീൽ സൂചി ഒരു കഷണം ബ്ലോട്ടിംങ് കടലാസ്സിൽ എടുത്ത് അതിനെ സാവധാനം ജലോപരിതലത്തിൽ ഇടുക. ബ്ലോട്ടിംഗ് കടലാസ് ജലത്തിൽ കുതിർന്ന് താഴ്ന്നു പോകുകയും എന്നാൽ സൂചി തുടർന്നും പൊങ്ങിത്തന്നെ കിടക്കുന്നു.

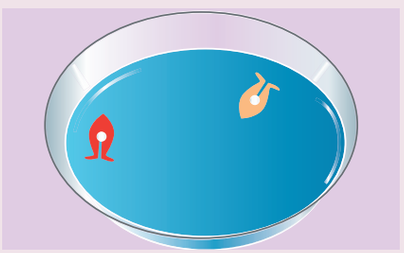


ചിത്രം 7.23 പൊങ്ങിക്കിടക്കുന്ന സൂചി

പൊങ്ങിക്കിടക്കുന്ന സൂചി കാരണം ഒരു നിമ്നഭാഗം ഉണ്ടാകുന്നു. ഇപ്രകാരം വളഞ്ഞ പ്രതലങ്ങളിൽ പ്രതല ബലത്തിനാൽ F_s ചിത്രം 7.23-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ചരിവുണ്ടാകുന്നു. ഈ രണ്ടു ബലങ്ങളിലേയും ലംബ ദിശയിലെ ഘടകം സൂചിയുടെ ഭാരത്തെ പിന്തുണയ്ക്കുന്നു. ഇപ്പോൾ ഇതിൽ കുറച്ച് സോപ്പിന്റെ ദ്രാവകം ചേർത്ത് നന്നായി ഇളക്കുകയാണെങ്കിൽ സൂചി മുങ്ങിത്താഴുന്നു.

പ്രവർത്തനം

ഒരു കഷണം പ്ലാസ്റ്റിക് ഷീറ്റെടുത്ത് അതിനെ ഒരു ബോട്ടിന്റെആകൃതിയിൽമുറിച്ചെടുക്കുക (ചിത്രം 7.24). മുൻഭാഗം മിനുസമാർന്ന് കൂർത്തിരിക്കുന്നവിധവും പിൻഭാഗം വക്ര ആകൃതിയിൽ ആയിരിക്കത്തക്കവിധവും ആയിരിക്കണം. കുഴിആകൃതിയിലുള്ള പിൻഭാഗത്ത് ഒരു കഷണം കർപ്പൂരം വയ്ക്കുക. എന്നിട്ട് ബോട്ടിനെ ജലോപരിതലത്തിൽ പതിയെ നിക്ഷേപിക്കുക. കർപ്പൂരം അലിയുന്നതിന്റെ ഫലമായി ബോട്ട് മുന്നോട്ട് കുതിക്കുന്നതായി നമുക്ക് കാണാൻ സാധിക്കും. കർപ്പൂരം അലിയുന്നതിന്റെ ഫലമായി പ്രതലബലം കുറയുന്നു. മാത്രമല്ല ഇത് ജലത്തിനും തൊട്ടടുത്തുള്ള കുഴിഞ്ഞ ഭാഗത്തിനും ഇടയിൽ പ്രതലബലത്തിൽ ഒരു വ്യത്യാസം ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഇത് ജലത്തിനെ ബോട്ടിന്റെ പിൻഭാഗത്തുനിന്നും അകലേക്ക് ജലത്തിനെ ഒഴുക്കുന്നു. ഇതുകാരണം ബോട്ട് മുന്നോട്ട് ചലിക്കുന്നു.



ചിത്രം 7.24 കർപ്പൂര ബോട്ട്

7.5.2 ഒരു ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രതല ബലത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ

താഴെപറയുന്ന സാഹചര്യങ്ങൾ ഒരു ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രതല ബലത്തിൽ വ്യതിയാനങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു

(1) **ഏതെങ്കിലും വിധത്തിലുള്ള മാലിന്യങ്ങളുടെ അഥവാ മലിനീകരണത്തിന്റെ** സാന്നിദ്ധ്യത്തിൽ പ്രതലബലം ഗണ്യമായ അളവിൽ ബാധിക്കുന്നു. മലിനീകരണത്തിന്റെ തോതിനനുസരിച്ച് പ്രതലബലം ബാധിക്കപ്പെടുന്നു.

(2) **അലിഞ്ഞു ചേർന്നിരിക്കുന്ന പദാർത്ഥങ്ങളുടെ** സാന്നിദ്ധ്യത്തിലും പ്രതലബലം ബാധിക്ക

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 73 2/14/2023 11:08:05 AM

പ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണമായി വളരെ നന്നായി അലിഞ്ഞു ചേരുന്ന സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് (*NaCl*) പോലുള്ള പദാർത്ഥങ്ങൾ ജല (H_20) ത്തിൽ ലയിക്കുമ്പോൾ ജലത്തിന്റെ പ്രതലബലം വർദ്ധിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഭാഗീകമായി അലിഞ്ഞു ചേരുന്ന പദാർത്ഥങ്ങളായ ഫീനോൾ അല്ലെങ്കിൽ സോപ്പുലായനി മുതലായവ ജലത്തിൽ കലർത്തുമ്പോൾ ജലത്തിന്റെ പ്രതല ബലം കുറയുന്നു.

(3) **വൈദ്യുതീകരണം** പ്രതലബലത്തിനെ ബാധിക്കുന്നു. ഒരു ദ്രാവകത്തിനെ വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ പ്രതലബലം കുറയുന്നു. ഇതിനു കാരണം വൈദ്യുതീകരിക്കപ്പെടുന്ന ദ്രാവകത്തിൽ പുറത്തുനിന്നും ഒരു ബലം പ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രതല വിസ്തീർണ്ണം കൂടുകയും ഇത് സങ്കോചത്തിന് എതിരായി വർത്തിക്കുകയും പ്രതല ബലം കുറയ്ക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

(4) **ഊഷ്മാവ്** ഒരു ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രതലബലത്തെ വ്യത്യാസപ്പെടുത്തുന്നതിൽ വളരെ വലിയ പങ്ക് വഹിക്കുന്നു, ഊഷ്മാവ് വർദ്ധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് രേഖീയമായി പ്രതലബലം കുറയുമെന്നത് സുനിശ്ചിതമാണ്. ഊഷ്മാവിലെ ചെറിയ പരിധിയ്ക്ക് t °C ലെ പ്രതലബലം T_t യെ $T_t = T_0 (1 - \alpha t)$ എന്നു രേഖപ്പെടുത്താം

ഇവിടെ, T_0 എന്നത് 0°C ലെ പ്രതലബലവും α എന്നത് പ്രതലബലത്തിന്റെ ഊഷ്മഗുണാങ്കവും ആകുന്നു. ദ്രാവകത്തിനും ബാഷ്പത്തിനുമിടയിലുള്ള സമ്പർക്കമുഖം അപ്രത്യക്ഷമാകുന്നതു കാരണം ക്രിറ്റിക്കൽ ഊഷ്മാവിൽ പ്രതലബലത്തിന്റെ മൂല്യം പൂജ്യമാണ്. ഉദാഹരണമായി ജലത്തിന്റെ ക്രിറ്റിക്കൽ ഊഷ്മാവ് 374°C ആണ്. അതുകൊണ്ട് ജലത്തിന്റെ പ്രതല ബലം ഊഷ്മാവിൽ പൂജ്യം ആയിരിക്കും. പ്രതലബലത്തിനും ക്രിറ്റിക്കൽ ഊഷ്മാവിനും ഇടയിൽ ഉള്ള ഒരു പ്രധാനപ്പെട്ട ബന്ധം വാണ്ടർവാൾ എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ഇപ്രകാരം നിർദ്ദേശിച്ചിട്ടുണ്ട്

$$T_t = T_0 \left(1 - \frac{t}{t_c}\right)^{\frac{3}{2}}$$

ഈ ബന്ധത്തെ സാമാന്യവൽക്കരിക്കുമ്പോൾ,

$$T_t = T_0 \left(1 - \frac{t}{t_c}\right)^{n}$$ എന്ന് ലഭിക്കും.

ഇത് കുറച്ചുകൂടി കൃത്യമായ ഒരു മൂല്യമാണ് നൽകുന്നത്. ഇവിടെ വ്യത്യസ്ത ദ്രാവകത്തിന്റെ n മൂല്യം വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. t, t_c എന്നിവ യഥാക്രമം കേവല സ്കെയിലിലുള്ള ഊഷ്മാവ്, ക്രിറ്റിക്കൽ ഊഷ്മാവ് എന്നിവയാണ്.

7.5.3 പ്രതല ഊർജ്ജം (S.E.) യും പ്രതലബലം (S.T.)

പ്രതല ഊർജ്ജം

ഒരു പാത്രത്തിൽ എടുത്തിട്ടുള്ള ഒരു ദ്രാവകത്തിനെ പരിഗണിക്കുക. ദ്രാവകത്തിനുള്ളിലെ ഒരു തന്മാത്രയെ ദ്രാവകത്തിന്റെ എല്ലാ ദിശകളിൽ നിന്നും അതിനെ ചുറ്റിയിരിക്കുന്ന എല്ലാ തന്മാത്രകളാലും പിടിച്ച് വലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. എന്നിരുന്നാലും ദ്രാവക പ്രതലത്തിനടുത്തുള്ള ഒരു തന്മാത്രയെ അതിന് താഴെയുള്ള തന്മാത്രകൾ താഴേക്ക് വലിച്ചു കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ അവിടെയുള്ള ആകെ ബലം താഴേക്ക് ആയിരിക്കും. ഇതു കാരണം ദ്രാവകത്തിന്റെ മുഴുവൻ ഉപരിതല ഭാഗവും ഉള്ളിലേക്ക് വലിക്കപ്പെടുന്നു. അങ്ങനെ ദ്രാവക പ്രതലം അതിന്റെ പ്രതല വിസ്തീർണ്ണം കുറയ്ക്കുന്നതിന് ശ്രമിക്കുന്നു. പ്രതലവിസ്തീർണ്ണം കൂട്ടുന്നതിനായി കുറച്ച് തന്മാത്രകളെ ഉള്ളിൽ നിന്നും ദ്രാവക ഉപരിതലത്തിലേക്ക് കൊണ്ടുവരപ്പെടുന്നു. ഇതുകാരണം ആകർഷണ ബലത്തിന് എതിരായി പ്രവൃത്തിചെയ്യപ്പെടേണ്ടതായി വരുന്നു. ചെയ്യുന്ന പ്രവൃത്തി മുഴുവനും സ്ഥിതികോർജ്ജമായി സംഭരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇതിനാൽ ദ്രാവകോപരിതലത്തിലുള്ള തന്മാത്രകൾ മറ്റുള്ള തന്മാത്രകളെക്കാളും കൂടുതൽ സ്ഥിതികോർജ്ജം സ്വായത്തമാക്കുന്നു. ദ്രാവകത്തിന്റെ സ്വതന്ത്ര ഉപരിതലത്തിലെ ഒരു യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണത്തിലുള്ള അധിക ഊർദ്ജത്തിനെ പ്രതല ഊർജ്ജം എന്നുവിളിക്കുന്നു. മറ്റൊരു വിധത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ ഒരു യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണത്തിൽ പ്രതല വിസ്തീർണ്ണം വർദ്ധിപ്പിക്കാനാവശ്യമായ പ്രവൃത്തിയുടെ അളവിനെ ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രതല ഊർജ്ജം എന്നു പറയുന്നു.

$$\text{പ്രതല ഊർജ്ജം} = \frac{\text{പ്രതല വിസ്തീർണ്ണം വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നതിനായി ചെയ്ത പ്രവൃത്തിയുടെ അളവ്}}{\text{പ്രതല വിസ്തീർണ്ണത്തിലെ വർദ്ധന}}$$

$$= \frac{W}{\Delta A} \qquad (7.26)$$

ഇത് $J\ m^{-2}$ അഥവാ $N\ m^{-1}$ എന്ന് സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

പ്രതലബലം

ഒരു യൂണിറ്റ് ദൈർഘ്യമുള്ള ദ്രാവകത്തിലെ ബലത്തിനെയാണ് പ്രതലബലം എന്ന് നിർവ്വചിച്ചിരിക്കുന്നത്. അതുമല്ലെങ്കിൽ ഒരു ദ്രാവകത്തിലെ ഉപരിതലത്തിന്റെ ഒരു യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണത്തിലുള്ള ഊർജ്ജമാണ്

$$T = \frac{F}{l} \qquad (7.27)$$

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 74 2/14/2023 11:08:07 AM

T യുടെ SI മാത്രയും ഡയമെൻഷനും യഥാക്രമം $N\,m^{-1}$ ഉം $M\,T^{-2}$ ഉം ആകുന്നു.

പ്രതലബലത്തിനും പ്രതല ഊർജ്ജത്തിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം :

സോപ്പ് ലായനിയിൽ എടുത്തിട്ടുള്ള ABCD എന്ന ദീർഘചതുരാകൃതിയിൽ കമ്പി കൊണ്ടുണ്ടാക്കിയ ഒരു ചട്ടക്കൂടിനെ സങ്കല്പിക്കുക. (ചിത്രം 7.25). ഇതിൽ AB ചലിക്കാൻ കഴിവുള്ള കമ്പിയാണ്. ഈ ചട്ടക്കൂടിനെ സോപ്പ് ലായനിയിൽ മുക്കിവയ്ക്കുമ്പോൾ സോപ്പിന്റെ ഒരു പാട ഇതിൽ രൂപം കൊള്ളുന്നു. പ്രതലബലം കാരണം AB എന്ന കമ്പിയെ ഉള്ളിലേക്ക് വലിക്കുന്നു. പ്രതല ബലം കൊണ്ടുള്ള ബലം F ആണെങ്കിൽ

$$F = (2\mathrm{T})l$$

ഇവിടെ, 2 എന്നത് വരാൻ കാരണം ഇതിന് രണ്ട് സ്വതന്ത്ര പ്രതലങ്ങൾ ഉള്ളതുകൊണ്ടാണ്. AB യെ ഒരു ചെറിയ ദൂരം Δx ചലിപ്പിച്ചാൽ അത് ഒരു പുതിയ സ്ഥാനം $A'B'$ കൈവരിക്കുന്നു. വിസ്തീർണ്ണം ഇവിടെ വർദ്ധിക്കുന്നതിനാൽ പ്രതലബലം കൊണ്ട് ഉണ്ടാകുന്ന ഉൾനോക്കിയുള്ള ബലത്തിന് എതിരായി പ്രവൃത്തി ചെയ്യേണ്ടിവരുന്നു.

ചെയ്യുന്ന പ്രവൃത്തി = ബലം × ദൂരം = $(2\mathrm{T}\,l)\,(\Delta x)$

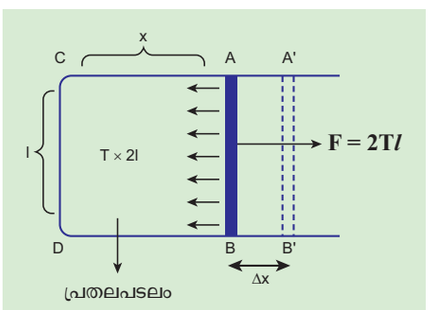
പാടയുടെ വിസ്തീർണ്ണത്തിൽ വന്ന വർദ്ധനവ്

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

അതിനാൽ,

$$\text{പ്രതല ഊർജ്ജം} = \frac{\text{ചെയ്ത പ്രവൃത്തി}}{\text{പ്രതല വിസ്തീർണ്ണത്തിൽ വന്ന വർദ്ധന}} = \frac{2Tl\Delta x}{2l\Delta x} = T \qquad (7.28)$$

അതിനാൽ ഒരു യൂണിറ്റ് ഉപരിതലത്തിന്റെ പ്രതല ഊർജ്ജം പ്രതലബലത്തിന് സമമാകുന്നു.



ചിത്രം 7.25 ദീർഘചതുരാകൃതിയിലുള്ള ABCD എന്ന കമ്പിയിലുള്ള തിരശ്ചീനമായ സോപ്പുപാട

കുറിപ്പ്

ഒരു ദ്രാവക തുള്ളിക്ക് ഒരേ ഒരു സ്വതന്ത്ര പ്രതലമേ ഉള്ളൂ എന്ന കാര്യം ഓർത്തിരിക്കേണ്ടതാണ്. ആരം r ഉള്ള ഒരു ഗോളീയ തുള്ളിയുടെ പ്രതല വിസ്തീർണ്ണം $4\pi r^2$ നു തുല്യമാണ്. എന്നാൽ കുമിളക്ക് രണ്ട് സ്വതന്ത്ര പ്രതലങ്ങൾ കാരണം ഗോളീയ കുമിളയുടെ പ്രതല വിസ്തീർണ്ണം എന്നത് $2 \times 4\pi r^2$ നു തുല്യമാണ്.

ഉദാഹരണം 7.10

ഒരു സോപ്പുകുമിളയുടെ പാടയുടെ വിസ്തീർണ്ണം $50\,\mathrm{cm}^2$ ൽ നിന്നും $100\,\mathrm{cm}^2$ ലേക്ക് ഉയർത്താൻ ചെയ്യേണ്ടി വരുന്ന പ്രവൃത്തിയുടെ അളവ് $2.4\times10^{-4}\,J$ ആണ്. എന്നാൽ സോപ്പ് ലായനിയുടെ പ്രതലബലത്തിന്റെ മൂല്യം കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം:

സോപ്പ് കുമിളക്ക് രണ്ട് സ്വതന്ത്ര പ്രതലങ്ങൾ ഉണ്ട്. അതുകൊണ്ട് പ്രതല വിസ്തീർണ്ണത്തിലുണ്ടാകുന്ന വർദ്ധനവ് $\Delta A = A_2 - A_1 = 2(100-50)\times10^{-4}\mathrm{m}^2 = 100\times10^{-4}\mathrm{m}^2$.

ചെയ്ത പ്രവൃത്തി $W = T\times\Delta A \Rightarrow T = \dfrac{W}{\Delta A}$

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

7.5.4 സ്പർശകോൺ

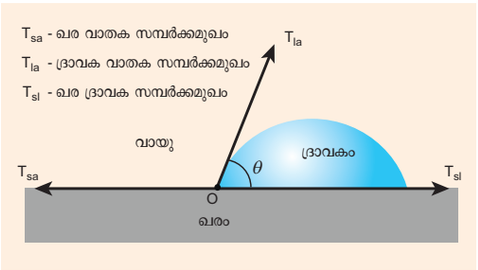
ഒരു ദ്രാവകത്തിന്റെ സ്വതന്ത്രപ്രതലം ഒരു ഖര വസ്തുവുമായി സമ്പർക്കത്തിൽ വരുമ്പോൾ ദ്രാവകത്തിന്റെ സ്പർശിക്കുന്ന ആ ബിന്ദു വളയുന്നു. ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രതലം എപ്പോഴൊക്കെയാണോ വളഞ്ഞ് കാണപ്പെടുന്നത് അപ്പോഴൊക്കെ രണ്ട് വ്യത്യസ്തമാദ്ധ്യമങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള (ഖര-ദ്രാവക ഇന്റർഫേസ്) കോണുകൾ പരിഗണിക്കേണ്ടി വരുന്നു. ഉദാഹരണമായി ഒരു ഗ്ലാസ്സ് പ്ലേറ്റിന്റെ വശങ്ങൾ ലംബമായിരിക്കത്തക്കവണ്ണം ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ജലത്തിൽ മുക്കുക. വെള്ളം പ്ലേറ്റിലേക്ക് ഒഴുകുന്നത് കാണാൻ സാധിക്കും. ഇതുപോലെ ജലത്തിനു പകരം ഗ്ലാസ്സ് പ്ലേറ്റിനെ രസത്തിൽ മുക്കുമ്പോൾ പ്രതലം വളഞ്ഞതായി മാറുന്നു. എന്നാൽ ഈ വളഞ്ഞ ഭാഗം ചിത്രം 7.29 കാണുന്നതുപോലെ കുഴിഞ്ഞുകാണപ്പെടുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 75 2/14/2023 11:08:07 AM

ഒരു ദണ്ഡ് ദ്രാവകത്തിൽ താണിരിക്കുമ്പോൾ പ്രതലത്തിലെ മെനിസ്കസിന്റെ സ്പർശരേഖയും ദണ്ഡിന്റെ പ്രതലവും തമ്മിലുള്ള കോണാണ് സ്പർശകോൺ. ഇതിനെ θ കൊണ്ട് പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു.

വെവ്വേറെ ഖര ദ്രാവക സമ്പർക്കമുഖ ജോഡികൾക്ക് ഇതിന്റെ മൂല്യം വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ഒരു ഖര വസ്തുവിനു മുകളിലെ പ്രതലത്തിൽ വ്യാപനം ചെയ്യണോ അതോ തുള്ളികളായി കാണപ്പെടണോ എന്ന് തീർത്തും തീരുമാനിക്കുന്നത് ഈ ഘടകമാണ്.

മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത സമ്പർക്കമുഖങ്ങൾ നമുക്ക് പരിഗണിക്കാം. ദ്രാവകം- വാതകം, ഖര-വാതകം, ഖര-ദ്രാവകം. സ്പർശ ബിന്ദു 'O' എന്നും സമ്പർക്ക മുഖ പ്രതലബല ശക്തികൾ യഥാക്രമം T_{sa}, T_{sl} , T_{la} എന്നാണ്. ഈ മൂന്നു മുഖങ്ങളേയും ചിത്രം 7.26-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ അവലംബിക്കാം.



ചിത്രം 7.26 ദ്രാവകത്തിന്റെ സ്പർശകോൺ

ദ്രാവകം സംതുലനാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിരതയുള്ളതായതിനാൽ ഈ മൂന്ന് സമ്പർക്ക മുഖങ്ങളിലെ പ്രതലബലങ്ങളും സംതുലനാവസ്ഥയിൽ തന്നെ ആയിരിക്കും. അതിനാൽ,

$$T_{sa} = T_{la}\cos\theta + T_{sl} \Rightarrow \cos\theta = \frac{T_{sa} - T_{sl}}{T_{la}} \quad (7.29)$$

മുകളിലുള്ള സമീകരണത്തിൽ നിന്നും അവിടെ മൂന്നു വ്യത്യസ്ത സാദ്ധ്യതകൾ കാണുന്നു. അവയെ താഴെ പറയുന്നവിധം നമുക്ക് പ്രതിപാദിക്കാവുന്നതാണ്.

(i) $T_{sa} > T_{sl}$ ഉം $T_{sa} - T_{sl} > 0$ (ജലം-പ്ലാസ്റ്റിക് സമ്പർക്ക മുഖം), ഇവിടെ സ്പർശകോൺ θ എന്നത് ന്യൂനകോൺ ($\theta < 90°$) ആകുന്നു. അതിനാൽ cosθ യുടെ മൂല്യം പോസിറ്റീവ്.

(ii) $T_{sa} < T_{sl}$ ഉം $T_{sa} - T_{sl} < 0$ ആണെങ്കിൽ (ജല-ഇല സമ്പർക്കമുഖം) സ്പർശകോൺ θ എന്നത് വിഷമകോൺ ($\theta < 180°$) ആകുന്നു. അതിനാൽ cosθ യുടെ മൂല്യം നെഗറ്റീവ്.

(iii) $T_{sa} > T_{la} + T_{sl}$ എങ്കിൽ സംതുലനാവസ്ഥ നിലനിൽക്കുന്നില്ല. ദ്രാവകം ഖരപദാർത്ഥത്തിൽ വ്യാപനം നടത്തുന്നു.

അതിനാൽ ഖര-ദ്രാവക സമ്പർക്കമുഖങ്ങളിലെ സ്പർശകോൺ എന്ന ആശയം യഥാർത്ഥ ജീവിതത്തിൽ വളരെയധികം പ്രായോഗിക പ്രയോജനങ്ങൾക്ക് വഴിയൊരുക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി സോപ്പുകളും അലക്കു സോപ്പുകളും നനയ്ക്കാനുള്ള വസ്തുക്കളായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. ജലത്തിൽ ഇവ ചേർക്കുമ്പോൾ സ്പർശകോണിനെ കുറയ്ക്കാൻ ശ്രമിക്കുന്നു. മാത്രമല്ല തുണിയിഴകൾക്കിടയിൽ തുളച്ചുകയറി അഴുക്കു നീക്കം ചെയ്യുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു. ഇതുപോലെ വാട്ടർ പ്രൂഫ് പെയിന്റുകൾ കെട്ടിടങ്ങളുടെ പുറത്ത് പൂശുമ്പോൾ അവ മഴസമയത്ത് വെള്ളത്തിനും പെയിന്റ് ചെയ്ത പ്രതലത്തിനും ഇടയ്ക്കുള്ള സ്പർശകോണിനെ വർദ്ധിപ്പിക്കും.

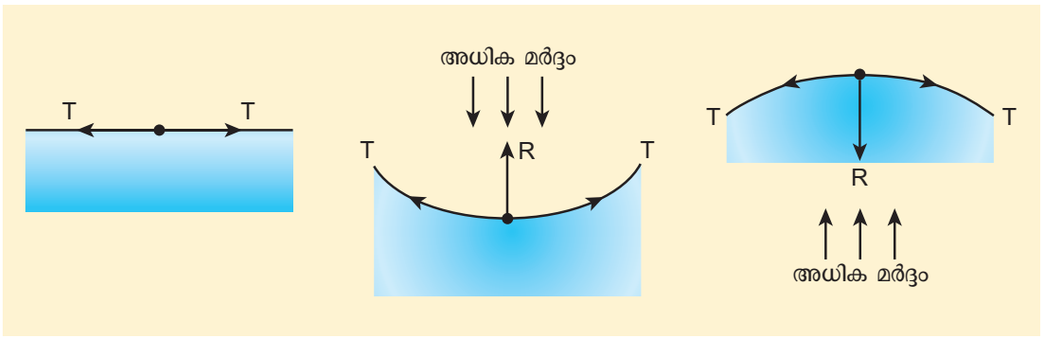
7.5.5 ഒരു ദ്രാവകതുള്ളി, സോപ്പ് കുമിള വായുകുമിള ഇവയ്ക്കുള്ളിലെ അധിക മർദ്ദം

നേരത്തെ ചർച്ച ചെയ്തതുപോലെ ഒരു ദ്രാവകത്തിന്റെ സ്വതന്ത്ര ഉപരിതലം ഒരു ഖരവുമായി സമ്പർക്കം പുലർത്തുമ്പോൾ വളഞ്ഞതായിത്തീരുന്നു. ലിക്വിഡ്-എയർ അല്ലെങ്കിൽ ലിക്വിഡ്-ഗ്യാസ് ഇന്റർഫേസിന്റെ സ്വഭാവമനുസരിച്ച് ഇന്റർഫേസിയൽ പ്രതലബലത്തിന്റെ വ്യാപ്തി വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. മറ്റൊരുവിധത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ പ്രതലബലത്തിന്റെ അനന്തര ഫലമായി മുകളിലുള്ള അത്തരം ഇന്റർഫേസുകൾക്ക് ഊർജ്ജം ലഭിക്കുകയും ഒരു നിശ്ചിത വ്യാപ്തത്തിന് കുറഞ്ഞ വിസ്തീർണ്ണമുള്ളതും മിനിമം എനർജി ഉള്ളതുമായ പ്രതലം കൈവരിക്കുന്നു. ഇക്കാരണത്താൽ ദ്രാവക കണിക ഗോളാകൃതിയിലാകുന്നു (കുറഞ്ഞ ആരമുള്ള).

ദ്രാവകത്തിന്റെ സ്വതന്ത്ര ഉപരിതലം വളഞ്ഞിരിക്കുന്നതിനാൽ പ്രതലത്തിന്റെ ആന്തരിക ബാഹ്യ വശങ്ങൾക്കിടയിൽ മർദ്ദ വ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുന്നു. (ചിത്രം 7.27).

i) ദ്രാവക പ്രതലം നിരപ്പായിരിക്കുമ്പോൾ, പ്രതലബലത്താൽ (T, T) ഉണ്ടാകുന്ന ബലങ്ങൾ ദ്രാവക പ്രതലത്തിൽ ടാൻജെന്റിഷ്യലായി എതിർദിശകളിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഒരു തന്മാത്രയിലെ പരിണിത ബലം

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 76 2/14/2023 11:08:08 AM



ചിത്രം 7.27 ഒരു ദ്രാവക പ്രതലത്തിലെ അധിക മർദ്ദം

പൂജ്യമായിരിക്കും. അതിനാൽ ദ്രാവകപ്രതലം പ്ലെയിൻ ആയിരിക്കുന്ന കേസിൽ ദ്രാവക ഭാഗത്തെ മർദ്ദം നീരാവി ഭാഗത്തെ മർദ്ദത്തിനു തുല്യമായിരിക്കും.

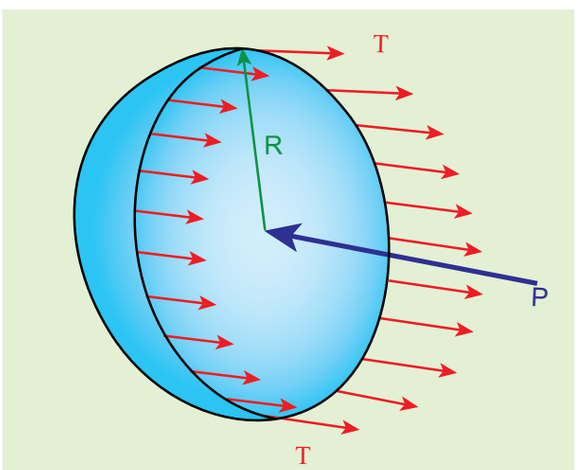
ii) ദ്രാവക പ്രതലം വളഞ്ഞിരുന്നാൽ, ദ്രാവക പ്രതലത്തിലെ എല്ലാ തന്മാത്രകളിലും പ്രതല ബലത്താൽ ഉണ്ടാകുന്ന ബലങ്ങൾ (F_T, F_T) പ്രതലത്തിലെ ട്രാൻജന്റിന്റെ അതേ ദിശയി ലായിരിക്കും. ഈ ബലങ്ങളെ റെക്റ്റാഗുലർ ഘടകങ്ങളായി വേർതിരിച്ചാൽ തിരശ്ചീന ഘടകങ്ങൾ റദ്ദാകുകയും ലംബ ഘടകങ്ങൾ കൂട്ടിച്ചേർക്കപ്പെടും എന്നു നമുക്ക് മനസ്സിലാ ക്കാം. അതിനാൽ പ്രതലത്തിനു ലംബമായ പരിണിതബലം ദ്രാവക പ്രതലത്തിലെ വള ഞ്ഞ പ്രതലത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇതു പോലെ കോൺവെക്സ് പ്രതലത്തിന് പരി ണിതബലം അകത്തേക്ക് വക്രതാകേന്ദ്രത്തി ലൂടെയും, കോൺകേവ് പ്രതലത്തിന് പരി ണിതബലം വക്രതാ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും പുറ ത്തേക്കും നയിക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം സംതുല നാവസ്ഥയിൽ വളഞ്ഞിരിക്കുന്ന ഒരു ദ്രാവക പ്രതലത്തിലെ കോൺകേവ് ഭാഗത്തെ മർദ്ദം കോൺവെക്സ് ഭാഗത്തെ മർദ്ദത്തേക്കാളും കൂടിയിരിക്കും.

കുമിള, ദ്രാവക തുള്ളി ഇവയ്ക്കുള്ളിലെ അമിത മർദ്ദം :

ചെറിയ കുമിളകൾക്കും ദ്രാവക തുള്ളികൾക്കും ഗോളാകൃതി ആണുള്ളത്. ഇതിനു കാരണം പ്രതലബലമാണ്. കുമിള അല്ലെങ്കിൽ തുള്ളിയ് ക്കുള്ളിലെ മർദ്ദം ബാഹ്യഭാഗത്തുള്ളതിനേക്കാൾ കൂടുതലാണ്. ഈ സംയോജിത ഫലം കാരണം കുമിളയോ ദ്രാവകതുള്ളിയോ തകരുന്നില്ല.

1) ഒരു ദ്രാവകത്തിൽ വായു കുമിളയ്ക്കു ള്ളിലെ മർദ്ദം.

ചിത്രം 7.28 (a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ പ്രതലബലം T യുള്ള ഒരു ദ്രാവകത്തിനുള്ളിൽ R ആരമുള്ള ഒരു വായുകുമിളയെ പരിഗണിക്കുക. വായു കുമിളയുടെ പുറത്തും അകത്തും ഉള്ള മർദ്ദം യഥാക്രമം P_1 , P_2 ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. ഇപ്പോൾ വായു കുമിളയ്ക്കുള്ളിലെ അധിക മർദ്ദം എന്നത് $\Delta P = P_1 - P_2$.



ചിത്രം 7.28. (a) വായു കുമിള

വായു കുമിളയ്ക്കുള്ളിലെ അധിക മർദ്ദം കണ്ടു പിടിക്കുന്നതിന് വായു കുമിളയിൽ പ്രവർത്തി ക്കുന്ന ബലങ്ങളെ നമ്മൾ പരിഗണിക്കണം. കുമിളയുടെ അർദ്ധഗോളഭാഗത്തിന്, അതിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലങ്ങളെ കണക്കിലെടുക്കു മ്പോൾ നമുക്ക് ലഭിക്കും.

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 77 2/14/2023 11:08:08 AM

i) പ്രതലബലത്തിനാലുണ്ടാകുന്നതും $2\pi R$ നീളത്തിന് വലതുവശത്തേക്കു പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലം $F_T = 2\pi RT$

ii) ബാഹ്യമർദ്ദം P_1 നാലുണ്ടാകുന്ന ബലം, πR^2 ക്ലോസ് സെക്ഷണലിനുടനീളം വലതുവശത്തേക്ക് പ്രവർത്തിക്കുന്നത് $F_{P_1} = P_1\pi R^2$

iii) കുമിളയ്ക്കുള്ളിലെ മർദ്ദം P_2 നാൽ ഇടതു ഭാഗത്ത് പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലം $F_{P_2} = P_2\pi R^2$.

ഈ മൂന്ന് ബലങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനത്താൽ വായു കുമിള സംന്തുലനാവസ്ഥ പ്രാപിക്കുന്നു,

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

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

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

അധിക മർദ്ദം എന്നത് $\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{2T}{R}$ (7.30)

2) സോപ്പ് കുമിളയ്ക്കുള്ളിലെ അധികമർദ്ദം

ചിത്രം 7.28 (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ പ്രതലബലം T യുള്ള R ആരമുള്ള ഒരു സോപ്പു കുമിളയെ പരിഗണിക്കുക. സോപ്പു കുമിളയ്ക്ക് വായുവുമായി സമ്പർക്കത്തിലേർപ്പെടുന്ന രണ്ട് ദ്രാവക പ്രതലങ്ങളുണ്ട്. ഒന്ന് കുമിളയ്ക്കുള്ളിലും മറ്റേത് പുറത്തും. അതിനാൽ പ്രതലബലത്തിനാലുണ്ടാകുന്ന ബലം എന്നത് $2\times2\pi RT$ ആകുന്നു. സോപ്പു കുമിളയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഇതര ബലങ്ങൾ ഇവയാണ്.

i) വലതുഭാഗത്ത് പ്രവർത്തിക്കുന്ന പ്രതലബലത്തിനാലുണ്ടാകുന്ന ബലം $F_T = 4\pi RT$

ii) വലതുഭാഗത്ത് പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബാഹ്യമർദ്ദത്തിനാലുണ്ടാകുന്ന ബലം, $F_{P_1} = P_1\pi R^2$

iii) ഇടതു ഭാഗത്ത് പ്രവർത്തിക്കുന്ന ആന്തര മർദ്ദത്തിനാനാലുണ്ടാകുന്ന ബലം, $F_{P_2} = P_2\pi R^2$

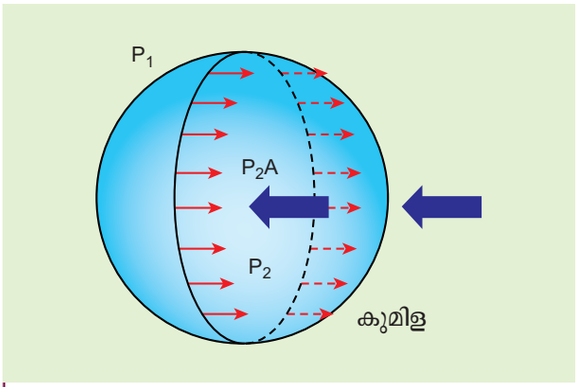
കുമിള സംതുലനാവസ്ഥയിലായിരിക്കുമ്പോൾ,

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

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

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

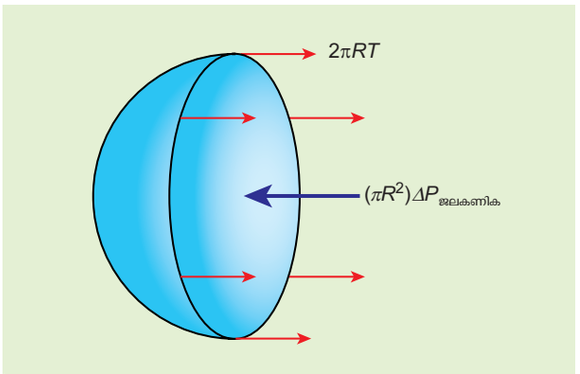
അധിക മർദ്ദം എന്നത് $\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{4T}{R}$ (7.31)



ചിത്രം 7.28 (b) സോപ്പ് കുമിള

3) ദ്രാവക തുള്ളിയ്ക്കുള്ളിലെ അധികമർദ്ദം

ചിത്രം 7.28 (c) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ പ്രതലബലം T ഉള്ള R ആരമുള്ള ഒരു ദ്രാവക തുള്ളിയെ പരിഗണിക്കുക.



ചിത്രം 7.28 (c) ദ്രാവകതുള്ളി

ദ്രാവക തുള്ളിയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന വിവിധ ബലങ്ങൾ ഇവയാണ്,

i) പ്രതലബലത്താലുണ്ടാകുന്ന ബലം $F_T = 2\pi RT$ വലതു ദിശയിലേക്ക്

ii) ബാഹ്യ മർദ്ദത്തിനാലുണ്ടാകുന്ന ബലം, $F_{P_1} = P_1\pi R^2$ വലതുദിശയിലേക്ക്

iii) ആന്തര മർദ്ദത്തിനാലുണ്ടാകുന്ന ബലം, $F_{P_2} = P_2\pi R^2$ ഇടതു ദിശയിലേക്ക്

തുള്ളി സംതുലനാവസ്ഥയിൽ ഇരിക്കുമ്പോൾ,

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

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

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

അധിക മർദ്ദം എന്നത് $\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{2T}{R}$ (7.32)

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 78 2/14/2023 11:08:10 AM

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ദ്രാവകതുള്ളിയിലെ ആരം കുറയുംതോറും അതിനുള്ളിലെ അധിക മർദ്ദം വർദ്ധിക്കുന്നു. ഡ്രോപ്പിനകത്തുള്ള ഈ അധികമർദ്ദത്തിനാൽ ചെറിയ മൂടൽ മഞ്ഞ് കണികകൾ ദൃഢതയുള്ള ഖരരൂപങ്ങളെ പോലെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

ഐസ് പ്രതലത്തിൽ ഐസ് സ്കേറ്റർ സ്കേറ്റിംഗ് ചെയ്യുമ്പോൾ, സ്കേറ്റ്സിലെ കൂർത്ത ലോഹ അഗ്രങ്ങൾ കൊടുക്കപ്പെടുന്ന മർദ്ദത്തിനാൽ ചില ഐസ് ഉരുകിപ്പോകുന്നു. ഈ ചെറിയ വെള്ളത്തുള്ളികൾ ദൃഢതയേറിയ ബോൾ ബെയറിംഗുകളായി വർത്തിക്കുകയും സ്കേറ്ററിന് വളരെ സുഗമമായി ഐസിലൂടെ ഓടിക്കാനും സാധിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 7.11

4 *mm* ഉയരമുള്ള ഒരു ഓയിൽ കോളം അധിക മർദ്ദത്തെ സമതുലിതപ്പെടുത്തുകയാണെങ്കിൽ (ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത 0.8) സോപ്പ് കുമിളയുടെ പ്രതലബലം കാണുക? ഇവിടെ R = 2.0 *cm*.

നിർദ്ധാരണം

സോപ്പ് കുമിളയിലെ അധികമർദ്ദം എന്നത്,

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{4T}{R}$$

എന്നാൽ $\Delta P = P_2 - P_1 = \rho gh \Rightarrow \rho gh = \frac{4T}{R}$

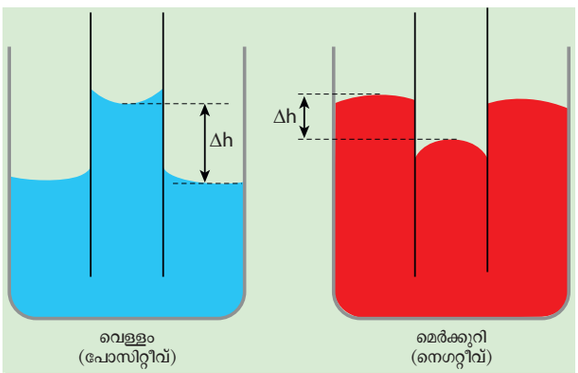
$\Rightarrow$ പ്രതലബലം,

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

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

7.5.6 കേശികത്വം

ലാറ്റിനിൽ 'ക്യാപില്ല' എന്ന പദത്തിന്റെ അർത്ഥം മുടി എന്നാണ്. ട്യൂബുകൾ മുടിപോലെ നേർത്ത താണെങ്കിൽ അതിലെ ഉയർച്ച വളരെ വലുതായിരിക്കും. വളരെ ചെറിയ വ്യാസമുള്ള ട്യൂബിനെ കാപ്പിലറി ട്യൂബ് എന്ന് വിളിക്കുന്നു. രണ്ട് അഗ്രത്തും തുറന്ന ഒരു ഗ്ലാസ്സ് കാപ്പിലറി ട്യൂബ് ലംബമായി വെള്ളത്തിൽ മുക്കിയാൽ ട്യൂബിലെ വെള്ളം പാത്രത്തിലെ ജലനിരപ്പിന് മുകളിലേക്ക് ഉയരും. മെർക്കുറിയുടെ കാര്യത്തിൽ പാത്രത്തിലെ മെർക്കുറിയുടെ അളവിനു താഴെ ട്യൂബിൽ ദ്രാവകം കുഴിവ് കാണിക്കുന്നു. (ചിത്രം 7.29-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു) ഒരു ദ്രാവകത്തിൽ ഖരവസ്തുവുമായുള്ള സ്പർശകോൺ 90° യേക്കാൾ കുറഞ്ഞാൽ കാപ്പിലറി ഉയർച്ച അനുഭവപ്പെടുന്നു. മറിച്ച് ദ്രാവകത്തിൽ സ്പർശകോൺ 90° യേക്കാൾ വർദ്ധിക്കുകയാണെങ്കിൽ കേശിക താഴ്ച (പട്ടിക 7.4) അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഇടുങ്ങിയ ട്യൂബിൽ ദ്രാവകത്തിന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ഉയർച്ച അഥവാ താഴ്ചയെ കേശികത്വം അഥവാ കാപ്പിലറി ആക്ഷൻ എന്നു പറയുന്നു. കാപ്പിലറി ട്യൂബിന്റെ വ്യാസത്തിനനുസരിച്ച് വ്യത്യസ്ത ഉയരങ്ങളിൽ ദ്രാവകത്തിന് ഉയർച്ചയോ താഴ്ചയോ സംഭവിക്കുന്നു.

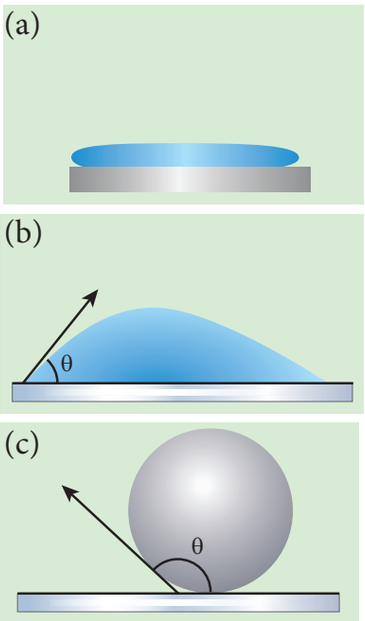


ചിത്രം 7.29 കേശിക ഉയർച്ച അഥവാ താഴ്ച

പട്ടിക 7.4 കേശിക ഉയർച്ചയും താഴ്ചയും

സ്പർശ കോൺ	ശക്തി		നനയാത്ത തോത്	മിനിസ്കസ്	കേശിയ ഉയർച്ച അഥവാ താഴ്ച
	കൊഹിസീവ് ബലം	അഡ്ഹസീവ് ബലം			
θ=0 (A)	ദുർബലം	ശക്തം	പരിപൂർണ്ണ നനയ്ക്കൽ	സമതലം	ഒന്നുകിൽ ഉയർച്ച അല്ലെങ്കിൽ താഴ്ച
θ<90 (B)	ദുർബലം	ശക്തം	ഉയർന്ന	അവതലം	ദ്രാവകം ഉയരുന്നു
θ>90 (C)	ശക്തം	ദുർബലം	കുറഞ്ഞ	ഉത്തലം	ദ്രാവകം താഴുന്നു

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 79 2/14/2023 11:08:11 AM



ചിത്രം 7.30 (a) സിൽവർ പ്രതലത്തിലെ ജലം (b) ഗ്ലാസ്സ്പ്ലേറ്റിലെ ജലം (c) ഗ്ലാസ്സ്പ്ലേറ്റിലെ രസം

കേശികത്വത്തിന്റെ പ്രായോഗിക ഉപയോഗങ്ങൾ

- കേശികത്വം കാരണമാണ്, റാന്തൽ വിളക്ക് തിരിയിൽ എണ്ണ ഉയർന്നുവരുന്നത്. അതുപോലെ ചെടിയുടെ വേരുകളിൽ നിന്ന് ഇലകളിലേക്കും ശാഖകളിലേക്കും കറ ഉയരുന്നതും കേശികത്വം കാരണമാണ്.
- ബ്ലോട്ടിംഗ് പേപ്പർ മഷി വലിച്ചെടുക്കുന്നത്
- കണ്ണിൽ നിന്നുള്ള കണ്ണുനീർ ദ്രാവകം നിരന്തരം പുറന്തള്ളാൻ കാപ്പിലറി പ്രവർത്തനം അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്.
- പരുത്തി വസ്ത്രങ്ങൾക്ക് നല്ല സുഷിരങ്ങൾ ഉള്ളതിനാൽ വേനൽക്കാലത്ത് കോട്ടൺ വസ്ത്രങ്ങൾക്ക് കൂടുതൽ മുൻഗണന നല്കുന്നു. ഇത് വിയർപ്പിന് കാപ്പിലറികളായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

7.5.7 കേശിയ ഉയർച്ച രീതി ഉപയോഗിച്ചുള്ള പ്രതലബലം

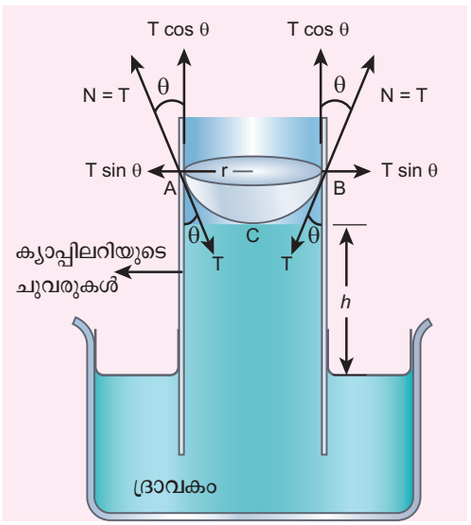
ഒരു ഇടുങ്ങിയ ട്യൂബിൽ വെള്ളം ഉയരുന്നതിന് പിന്നിലെ അടിസ്ഥാന ഘടകം ഒരു വളഞ്ഞ ദ്രാവക-വായു ഇന്റർഫേസിലെ (ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന്റെ സ്വാധീനം അവഗണിക്കപ്പെടുന്നു) സമ്മർദ്ദ വ്യത്യാസമാണ്. വളരെ നേർത്ത ട്യൂബുകളുടെ കാര്യത്തിൽ കാപ്പിലറി ഉയർച്ച കൂടുതൽ പ്രബലമാണ് എന്നാൽ ഈ പ്രതിഭാസം പ്രതലബലത്തിന്റെ ഫലമാണ്. കേശിയ ഉയർച്ചയും (h) പ്രതലബലവും (T) തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് വെള്ളം നിറച്ച ഒരു ബീക്കറിൽ ഒരു കാപ്പിലറി ട്യൂബിനെ ലംബമായി ഘടിപ്പിക്കുന്നുവെന്ന് സങ്കല്പിക്കുക. പ്രതലബലത്തിനാൽ കാപ്പിലറി ട്യൂബിലെ വെള്ളം h ഉയരത്തിൽ കയറുന്നു. ചിത്രം 7.31.

F_T പോയിന്റ് ഓഫ് കോൺടാക്റ്റിന്റെ സ്പർശരേഖയുടെ അതേ ദിശയിൽ പ്രതലബലം താഴോട്ടും അതിന്റെ പ്രതിപ്രവർത്തന ബലം മുകളിലേക്കും പ്രവർത്തിക്കുന്നു. പ്രതലബലം T യെ രണ്ട് ഘടകങ്ങളായി വേർപെടുത്താം.i) $T\sin\theta$ എന്ന തിരശ്ചീന ഘടകം ii) എന്ന ലംബഘടകം മിനിസ്ക്കസിന്റെ മുഴുവൻ പ്രദേശത്തിനും മുകളിലേക്ക് പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

$$\text{പരിണിത ഊർദ്ധ ബലം} = (T\cos\theta)\,(2\pi r) = 2\pi r T\cos\theta$$

ഇവിടെ θ എന്നത് സ്പർശകോൺ, r എന്നത് ട്യൂബിന്റെ ആരം. വെള്ളത്തിന്റെ സാന്ദ്രത ρ യും ട്യൂബിനുള്ളിൽ ഉയർന്ന ദ്രാവകത്തിന്റെ ഉയരം h ഉം ആണെങ്കിൽ,

$$\begin{pmatrix}\text{ട്യൂബിനുള്ളിലെ ദ്രാവക സ്തംഭത്തിന്റെ വ്യാപ്തം ,V}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\text{r ആരവും h ഉയരവും ഉള്ള ദ്രാവക സ്തംഭത്തിന്റെ വ്യാപ്തം}\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}\text{r ആരവും h ഉയരവുമുള്ള ദ്രാവകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം r ആരമുള്ള അർദ്ധഗോളത്തിന്റെ വ്യാപ്തം}\end{pmatrix}$$



ചിത്രം 7.31 പ്രതലബലം കേശിക ഉയർച്ച

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 80 2/14/2023 11:08:11 AM

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

ഊർദ്ധബലം, സ്വതന്ത്രപ്രതലത്തിനു മുകളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ദ്രാവക സ്തംഭത്തിന്റെ ഭാരത്തെ പിൻതാങ്ങുന്നു. അതിനാൽ,

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

കാപ്പിലറി ട്യൂബ് വളരെ നേർത്ത ആരമുള്ളത് ആണെങ്കിൽ (ആരം വളരെ കുറവ്) ഉയരം h നെ താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ $\frac{r}{3}$ യെ അവഗണിക്കാം. അതിനാൽ,

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

h ഉയരത്തിൽ ദ്രാവകം ഉയരുന്നുവെങ്കിൽ

$$h = \frac{2T\cos\theta}{r\rho g} \Rightarrow h \propto \frac{1}{r} \qquad (7.34)$$

ഇത് വ്യക്തമാക്കുന്നത്, കേശീയ ഉയർച്ച (h) ട്യൂബിന്റെ ആര (r) ത്തിന് വിപരീത അനുപാതത്തിലാണെന്നതാണ്. അതായത് ട്യൂബിന്റെ ആരം കുറയുമ്പോൾ കേശികത്വം വർദ്ധിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 7.12

ഒരു കാപ്പിലറി ട്യൂബിൽ വെള്ളം 2.0cm ഉയരത്തിലേക്ക് കയറുന്നു. ആദ്യത്തെ ട്യൂബിന്റെ മൂന്നിലൊന്ന് ആരമുള്ള മറ്റൊരു കാപ്പിലറി ട്യൂബിൽ എത്ര ഉയരത്തിൽ വെള്ളം ഉയരും?

നിർദ്ധാരണം

സമവാക്യം (7.34) ൽ നിന്നും, നമുക്ക് അറിയാം

$$h \propto \frac{1}{r} \Rightarrow hr = \text{സ്ഥിരാങ്കം}$$

ആരം r_1 , r_2 ഉള്ള രണ്ട് കാപ്പിലറി ട്യൂബുകളെ ഒരു ദ്രാവകത്തിൽ പിടിപ്പിക്കുക. h_1 , h_2 എന്നീ ഉയരങ്ങളിൽ കേശീയ ഉയർച്ച സംഭവിക്കുന്നു. എങ്കിൽ,

$$h_1 r_1 = h_2 r_2 = \text{സ്ഥിരാങ്കം}$$

$$\Rightarrow\ h_2 = \frac{h_1 r_1}{r_2} = \frac{\left(2\times10^{-2}m\right)\times r}{\frac{r}{3}} \Rightarrow h_2 = 6\times10^{-2}\text{m}$$

ഉദാഹരണം 7.13

സോഡാ ലൈം ഗ്ലാസ്സിൽ രസത്തിന്റെ സ്പർശ കോൺ 140° ആകുന്നു. ഇതേ ഗ്ലാസ്സിൽ 2 mm ആരത്തിൽ ഒരു ഇടുങ്ങിയ ട്യൂബിനെ രസം നിറച്ചിട്ടുള്ള ട്രഫിൽ താഴ്ത്തി വയ്ക്കുക. ബാഹ്യദ്രാവക പ്രതലത്തെ അപേക്ഷിച്ച് ട്യൂബിൽ എത്ര അളവ് രസം കുഴിഞ്ഞു കാണപ്പെടും. രസത്തിന്റെ പ്രതലബലം T=0.456 N m^{-1}; രസത്തിന്റെ സാന്ദ്രത $\rho = 13.6 \times 10^3\ \text{kg m}^{-3}$

നിർദ്ധാരണം

കാപ്പിലറി ഇറക്കം, $\cos140 = \cos(90+50)$

$-\sin50 = -0.7660$

$$h = \frac{2T\cos\theta}{r\rho g} = \frac{2\times(0.456 N m^{-1})(\cos140^0)}{(2\times10^{-3}m)(13.6\times10^3)(9.8 m s^{-2})}$$

$$= \frac{2\times0.456\times(-0.7660)}{2\times13.6\times9.8}$$

$$= \frac{-0.6986}{266.56} = -2.62\times10^{-3}m$$

ഗ്ലാസ്ട്യൂബിൽ രസത്തിന് താഴ്ച ഉണ്ടാകുന്നതാണ് നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം (രസ ച്യുതി) സൂചിപ്പിക്കുന്നത്.

7.5.8 പ്രതലബലത്തിന്റെ പ്രയോജനങ്ങൾ

- കൊതുകുകൾ ജലോപരിതലത്തിൽ മുട്ടയിടുന്നു. വെള്ളത്തിന്റെ പ്രതലബലം കുറയ്ക്കുന്നതിനുവേണ്ടി കുറച്ച് എണ്ണ ജലോപരിതലത്തിൽ തളിക്കുന്നു. ഇത് ജലോപരിതലത്തിലെ ഇലാസ്തിക പാട നശിപ്പിക്കുകയും മുട്ടകൾ മുങ്ങിതാണ് ചത്തുപോകുകയും ചെയ്യുന്നു.
- കെമിക്കൽ എഞ്ചിനീയർമാർ ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രതലബലം നന്നായി ക്രമീകരിക്കുന്നതുവഴി രൂപകല്പന ചെയ്ത വലുപ്പത്തിലുള്ള തുള്ളികളാക്കി മാറ്റാൻ കഴിയുന്നു. ഇത് സ്മിയറിംഗ് ഇല്ലാതെ ഉപരിതലത്തിലോട്ട് ചേർന്നു നിൽക്കുന്നു. ഡെസ്ക് ടോപ്പ് പ്രിന്റിംഗ്, വാഹനങ്ങൾ, അലങ്കാര വസ്തുക്കൾ എന്നിവയുടെ പെയിന്റിംഗിനു ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു.
- ഡിറ്റർജന്റുകളോടൊപ്പം ചൂടുവെള്ളം ഉപയോഗിച്ച് വസ്ത്രങ്ങൾ കഴുകുകയാണെങ്കിൽ അഴുക്കിന്റെ പാടുകൾ നീക്കം ചെയ്യാൻ സാധിക്കും. എന്തെന്നാൽ പ്രതലബലം ഊഷ്മാവ് കൂടുമ്പോൾ കുറയുന്നു.
- അനുയോജ്യമായ വാട്ടർപ്രൂഫ് മെറ്റീരിയൽ (മെഴുക്) ചേർത്ത് ഒരു ഫാബ്രിക് വാട്ടർപ്രൂഫ് ആക്കാം. ഇത് സ്പർശ കോണിനെ വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നു

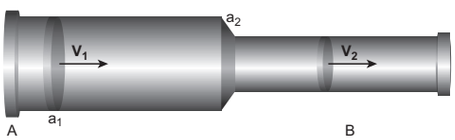
XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 81 2/14/2023 11:08:13 AM

7.6 ബെർണൂലിയുടെ സിദ്ധാന്തം

7.6.1 കൺടിനുവിറ്റിയുടെ സമവാക്യം

ഒരു പൈപ്പിലൂടെയുള്ള ദ്രവ്യമാന ഒഴുക്ക് നിരക്ക് ചർച്ച ചെയ്യുന്നതിന് ദ്രാവകത്തിന്റെ ഒഴുക്ക് സ്റ്റെഡിയാണെന്ന് അനുമാനിക്കേണ്ടതുണ്ട്. കടന്നു പോകുന്ന ഓരോ ദ്രാവക കണങ്ങളുടേയും വേഗത സമയവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് സ്ഥിരമായി നില നിൽക്കുകയാണെങ്കിൽ ദ്രാവകത്തിന്റെ ഒഴുക്ക് സ്റ്റെഡി ആണെന്നു പറയാം. ഈ അവസ്ഥയിൽ ദ്രാവക കണിക സ്വീകരിച്ച പാത സ്ട്രീംലൈൻ ആണ്.

വ്യത്യസ്ത ഛേദവിസ്തീർണ്ണങ്ങൾ a_1, a_2 ഇവിടെ $a_1 > a_2$ ഉള്ള ഒരു പൈപ്പ് AB യെ പരിഗണിക്കുക. a_1 , a_2 എന്നീ വിസ്തീർണ്ണങ്ങളിൽ കൂടി പ്രവേഗങ്ങൾ v_1 , v_2 ഉള്ള ശ്വാനത ഇല്ലാത്ത, ഇൻ കംപ്രസിബിൾ ആയ ദ്രാവകം സ്ട്രിംലൈൻ പ്രവാഹത്തിലൂടെ പൈപ്പിൽ കൂടി ഒഴുകുന്നു എന്ന് കരുതുക. (ചിത്രം 7.32).



ചിത്രം 7.32 വ്യത്യസ്ത ഛേദവിസ്തീർണ്ണമുള്ള പൈപ്പിലൂടെയുള്ള ദ്രവത്തിന്റെ ധാരാരേഖിത പ്രവാഹം

Δt സമയത്തിൽ A ഭാഗത്തുകൂടി കടന്നുപോകുന്ന ദ്രവത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം m_1, $m_1 = (a_1 v_1 \Delta t)\ \rho$

Δt സമയത്തിൽ B ഭാഗത്തുകൂടി കടന്നുപോകുന്ന ദ്രവത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം m_2, $m_2 = (a_2 v_2 \Delta t)\ \rho$

ഇൻകംപ്രസിബിൾ ദ്രാവകത്തിന് ദ്രവ്യമാനം സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു, $m_1 = m_2$

$$a_1 v_1 \Delta t\ \rho = a_2 v_2 \Delta t\ \rho$$

$$a_1 v_1 = a_2 v_2 \Rightarrow a\ v = \text{സ്ഥിരാങ്കം} \qquad (7.35)$$

ഇതിനെ കൺടിനുവിറ്റിയുടെ സമവാക്യം എന്നു പറയുന്നു. ഇത് ദ്രവപ്രവാഹത്തിലെ ദ്രവ്യമാന സംരക്ഷണ പ്രസ്താവനയാണ്.

പൊതുവായി, $a\ v$ = സ്ഥിരസംഖ്യ, ഇതിന്റെ അർത്ഥം പൈപ്പിലുടനീളം പ്രവാഹനിരക്ക് അഥവാ വ്യാപ്ത ഫ്ളക്സ് സ്ഥിരമായിരിക്കും. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ ഛേദവിസ്തീർണ്ണം കുറയുമ്പോൾ ദ്രവങ്ങളുടെ പ്രവേഗം കൂടുന്നു.

ഉദാഹരണം 7.14

പ്രായപൂർത്തിയായ ഒരു മനുഷ്യനിൽ അയോട്ടയിൽ കൂടി പ്രവഹിക്കുന്ന രക്തത്തിന്റെ ശരാശരി വേഗത ($r = 0.8$ cm) 0.33 ms^{-1} ആകുന്നു. അയോട്ടയിൽ നിന്നും ആരം 0.4 cm ഉം 30 എണ്ണവും ഉള്ള മേജൻ ആർട്ടറീസിലോട്ട് രക്തം പോകുന്നു. ആർട്ടറീസിൽ കൂടിയുള്ള രക്തത്തിന്റെ വേഗത കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം :

$$a_1 v_1 = 30\ a_2\ v_2 \Rightarrow \pi r_1^2 v_1 = 30\ \pi r_2^2 v_2$$

$$v_2 = \frac{1}{30}\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 v_1$$

$$\Rightarrow v_2 = \frac{1}{30} \times \left(\frac{0.8\times10^{-2}\,\text{m}}{0.4\times10^{-2}\,\text{m}}\right)^2 \times (0.33\,\text{ms}^{-1})$$

$$v_2 = 0.044\ \text{m s}^{-1}$$

7.6.2 ദ്രാവകങ്ങളുടെ മർദ്ദം, ഗതികോർജ്ജം, സ്ഥിതികോർജ്ജം

സ്റ്റെഡി പ്രവാഹം കാഴ്ചവയ്ക്കുന്ന ദ്രാവകങ്ങളിൽ മൂന്നു തരം ഊർജ്ജം ഉണ്ട്. അവ യഥാക്രമം (1) ഗതികോർജ്ജം, (2) സ്ഥിതികോർജ്ജം (3) സമ്മർദ്ദ ഊർജ്ജം ഇവയാണ്.

i) **ഗതികോർജ്ജം :** m ദ്രവ്യമാനവും v പ്രവേഗവുമുള്ള ഒരു ദ്രാവകത്തിന്റെ ഗതികോർജ്ജത്തെ ഇങ്ങനെ എഴുതാം

$$KE = \frac{1}{2} mv^2$$

യൂണിറ്റ് ദ്രവ്യമാനത്തിലുള്ള ഗതികോർജ്ജം =

$$\frac{KE}{m} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{m} = \frac{1}{2} v^2$$

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 82 2/14/2023 11:08:15 AM

അതുപോലെ യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിലെ ഗതികോർജ്ജം

$$= \frac{KE}{\text{വ്യാപ്തം}} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{V} = \frac{1}{2}\left(\frac{m}{V}\right)v^2 = \frac{1}{2}\rho v^2$$

ii) **സ്ഥിതികോർജ്ജം :** ഗ്രൗഡ് ലെവലിൽ നിന്നും h ഉയരത്തിൽ m ദ്രവ്യമാനമുള്ള ദ്രാവകത്തിന്റെ സ്ഥിതികോർജ്ജം

$$PE = mgh$$

യൂണിറ്റ് ദ്രവ്യമാനത്തിലെ സ്ഥിതികോർജ്ജം

$$= \frac{PE}{m} = \frac{mgh}{m} = gh$$

അതുപോലെ യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിലെ സ്ഥിതികോർജ്ജം $= \frac{PE}{\text{വ്യാപ്തം}} = \frac{mgh}{V} = \left(\frac{m}{V}\right)gh = \rho gh$

iii) **മർദ്ദ ഊർജ്ജം :** ദ്രവത്തിൽ മർദ്ദം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ ദ്രവം കൈവരിക്കുന്ന ഊർജ്ജമാണിത്. നമുക്ക് അറിയാം,

$$\text{മർദ്ദം} = \frac{\text{ബലം}}{\text{വിസ്തീർണ്ണം}} \Rightarrow \text{ബലം} = \text{മർദ്ദം} \times \text{വിസ്തീർണ്ണം}$$

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

$$\Rightarrow F \times d = \mathrm{W} = \mathrm{P\,V} = \text{സമ്മർദ്ദ ഊർജ്ജം}$$

അതിനാൽ, സമ്മർദ്ദ ഊർജ്ജം, $E_P = PV$

യൂണിറ്റ് ദ്രവ്യമാനത്തിലെ മർദ്ദ ഊർജ്ജം =

$$\frac{E_P}{m} = \frac{\mathrm{PV}}{m} = \frac{\mathrm{P}}{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{V}}} = \frac{\mathrm{P}}{\rho}$$

അതുപോലെ യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിലെ സമ്മർദ്ദ ഊർജ്ജം $= \frac{E_P}{\text{വ്യാപ്തം}} = \frac{PV}{V} = P$

7.6.3 ബെർണൂലിയുടെ സിദ്ധാന്തവും അതിന്റെ പ്രയോജനങ്ങളും

1738-ൽ സ്വിസ് ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ഡാനിയേൽ ബെർണൂലി വ്യത്യസ്ത ക്രോസ് സെക്ഷനുള്ള പൈപ്പിലൂടെയുള്ള ദ്രവത്തിന്റെ പ്രവാഹത്തെ സംബന്ധിച്ച് ഒരു സിദ്ധാന്തം നിർദ്ദേശിച്ചു. ഊർജ്ജ സംരക്ഷണ നിയമത്തെ ആധാരമാക്കിയുള്ള ഈ സിദ്ധാന്തം സ്ട്രീംലൈൻ പ്രവാഹം ഉള്ള ദ്രാവകത്തെ സംബന്ധിച്ചിട്ടുള്ളതാണ്.

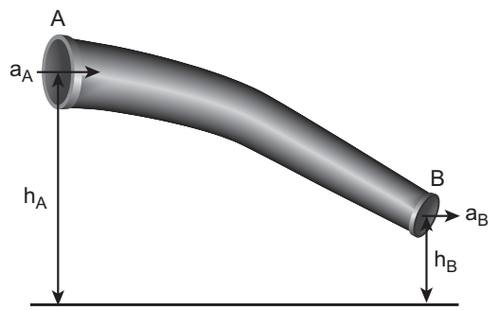
ബെർണൂലിയുടെ സിദ്ധാന്തം

ബെർണൂലിയുടെ സിദ്ധാന്ത പ്രകാരം, യൂണിറ്റ് ദ്രവ്യമാനമുള്ള സ്ട്രീം ലൈൻ പ്രവാഹം കാഴ്ച വയ്ക്കുന്ന ഇൻകംപ്രസിബിൾ, നോൺ-വിസ്കസ് ദ്രവത്തിന്റെ സമ്മർദ്ദ ഊർജ്ജം, ഗതികോർജ്ജം, സ്ഥിതികോർജ്ജം എന്നിവയുടെ കൂട്ടുതുക ഒരു സ്ഥിരാങ്കം ആയിരിക്കും, ഗണിതപരമായി

$$\frac{P}{\rho} + \frac{1}{2}v^2 + gh = \text{സ്ഥിരസംഖ്യ} \qquad (7.36)$$

ഇതിനെ ബർണൂലിയുടെ സിദ്ധാന്തം എന്നു പറയുന്നു.

തെളിവ് :



ചിത്രം 7.33 AB എന്ന പൈപ്പിലൂടെയുള്ള ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രവാഹം

ചിത്രം 7.33-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ AB എന്ന പൈപ്പിലൂടെ ഒരു ദ്രാവകം ഒഴുകുന്നു എന്ന് സങ്കല്പിക്കുക. t സമയത്തിൽ A യിൽ കൂടെ കടക്കുന്ന ദ്രാവകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം V ആണെങ്കിൽ അതേസമയം B യിലൂടെ പുറത്തേക്കു പോകുന്ന ദ്രാവകത്തിന്റെ വ്യാപ്തത്തിനു സമമാണ്. A യിലെ ദ്രാവകത്തിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം, പ്രവേഗം, മർദ്ദം എന്നിവ യഥാക്രമം a_A, v_A പിന്നെ P_A ആണെങ്കിൽ, A യിൽ ദ്രാവകത്തിൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന ബലം എന്നത്,

$$F_A = P_A a_A$$

t സമയത്തിൽ ദ്രാവകം സഞ്ചരിച്ച ദൂരം

$$d = v_A\, t$$

എങ്കിൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്തത്

$$W = F_A d = P_A a_A v_A\, t$$

എന്നാൽ $a_A v_A t = a_A d = V$, A യിലൂടെ കടക്കുന്ന ദ്രാവകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം.

എങ്കിൽ A യിലെ സമ്മർദ്ദ ഊർജ്ജമെന്നത് പ്രവൃത്തി ചെയ്തതാണ്, $W = F_A d = P_A V$

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 83 2/14/2023 11:08:16 AM

യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിൽ A യിലെ സമ്മർദ്ദ ഊർജ്ജം

$$\frac{\text{സമ്മർദ്ദ ഊർജ്ജം}}{\text{വ്യാപ്തം}} = \frac{P_A V}{V} = P_A$$

A യിലെ യൂണിറ്റ് ദ്രവ്യമാനത്തിലെ സമ്മർദ്ദ ഊർജ്ജം

$$\frac{\text{സമ്മർദ്ദ ഊർജ്ജം}}{\text{ദ്രവ്യമാനം}} = \frac{P_A V}{m} = \frac{P_A}{\frac{m}{V}} = \frac{P_A}{\rho}$$

നിശ്ചിത സമയത്തിൽ A യിലൂടെ കടക്കുന്ന ദ്രാവകത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം m ആയതിനാൽ A യിൽ ദ്രാവകത്തിന്റെ സമ്മർദ്ദ ഊർജ്ജം

$$E_{PA} = P_A V = P_A V \times \left(\frac{m}{m}\right) = m\frac{P_A}{\rho}$$

A യിലെ സ്ഥിതികോർജ്ജം,

$$PE_A = mg\,h_A,$$

ദ്രാവകം ഒഴുകുന്നതിനാൽ A യിൽ ദ്രാവകത്തിന്റെ ഗതികോർജ്ജം,

$$\text{A യിലെ സ്ഥിതികോർജ്ജം } KE_A = \frac{1}{2} m\, v_A^2$$

അതിനാൽ, A യിൽ ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രവാഹത്താലുണ്ടാകുന്ന ആകെ ഊർജ്ജം,

$$E_A = E_{PA} + KE_A + PE_A$$

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

ഇതുപോലെ, a_B എന്നത് ട്യൂബിന്റെ വിസ്തീർണ്ണവും v_B എന്നത് ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രവേഗവും P_B എന്നത് B യിലെ ദ്രാവകത്തിന്റെ മർദ്ദവുമാണെന്നിരിക്കട്ടെ E_B,

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

ഊർജ്ജ സംരക്ഷണ നിയമം അനുസരിച്ച്,

$$E_A = E_B$$

$$m\frac{P_A}{\rho} + \frac{1}{2} m v_A^2 + mg\,h_A = m\frac{P_B}{\rho} + \frac{1}{2} m v_B^2 + mg\,h_B$$

$$\frac{P_A}{\rho} + \frac{1}{2} v_A^2 + g\,h_A = \frac{P_B}{\rho} + \frac{1}{2} v_B^2 + g\,h_B = \text{സ്ഥിരസംഖ്യ}$$

മുകളിലത്തെ സമവാക്യത്തെ ഇപ്രകാരം എഴുതാം

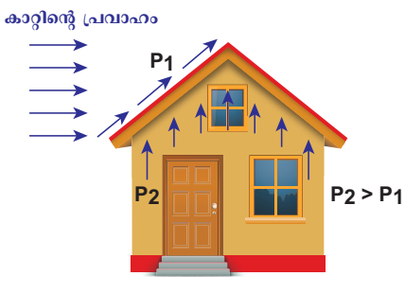
$$\frac{P}{\rho g} + \frac{1}{2}\frac{v^2}{g} + h = \text{സ്ഥിരസംഖ്യ}$$

ഘർഷണം മൂലം ഊർജ്ജനഷ്ടം ഉണ്ടാകാതിരിക്കുന്നതുവരെ മുകളിലത്തെ സമവാക്യം ഊർജ്ജ സംരക്ഷണ നിയമത്തിന്റെ പരിണിതഫലമാണ്. പ്രായോഗികമായി കുറച്ച് ഊർജ്ജം ഘർഷണം വഴി നഷ്ടപ്പെടും. ഒരു ദ്രാവക പ്രവാഹത്തിൽ വ്യത്യസ്ത വേഗതകളിലൂടെ ഒഴുകുന്ന പാളികൾ പരസ്പരം ഘർഷണ ശക്തികൾ പ്രയോഗിക്കുന്നു, എന്നതിനാലാണ് ഇത് ഉണ്ടാകുന്നത്. ഈ ഊർജ്ജനഷ്ടം പൊതുവെ താപോർജ്ജമായി പരിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ പൂജ്യം വിസ്കോസിറ്റി അല്ലെങ്കിൽ നോൺ-വിസ്കസ് ദ്രാവകങ്ങളുള്ള ദ്രാവകങ്ങൾക്ക് ബെർണൂലിയുടെ സിദ്ധാന്തം തികച്ചും അടിസ്ഥാനമുള്ളതാണ്. ഒരു തിരശ്ചീന പൈപ്പിലൂടെ ദ്രാവകം ഒഴുകുമ്പോൾ, ഇവിടെ $h = 0 \Rightarrow \frac{P}{\rho g} + \frac{1}{2}\frac{v^2}{g} = \text{സ്ഥിരാങ്കം}.$

ബെർണൂലിയുടെ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ പ്രയോജനങ്ങൾ

(a) കൊടുങ്കാറ്റിൽ മേൽക്കൂരകൾ പറന്നു പോകുന്നത്

പണ്ട് കാലത്ത് കുടിലുകളുടേയും വീടുകളുടേയും മേൽക്കൂരകൾ ചിത്രം 7.34-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു ചരിവ് ഉപയോഗിച്ച് രൂപകൽപ്പന ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. ഒരു പ്രധാന ശാസ്ത്രീയ കാരണം എന്തെന്നാൽ ബെർണൂലിയുടെ തത്വമനുസരിച്ച് കൊടുങ്കാറ്റിലോ ചുഴലിക്കാറ്റിലോ മേൽക്കൂരയൊഴികെ വീടിന്റെ മറ്റ് ഭാഗങ്ങൾക്ക് കേടുപാടുകൾ വരുത്താതെ സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 7.34 കുടിലുകളുടേയും വീടുകളുടേയും മേൽക്കൂരകൾ

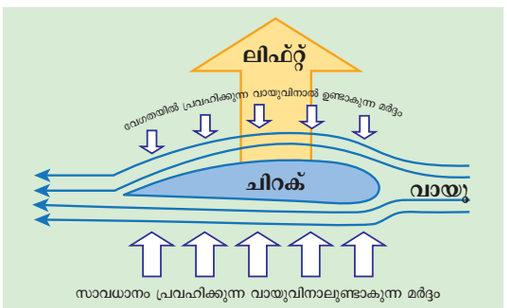
ബെർനോലിയുടെ തത്വത്തിന് അനുസൃതമായി മേൽക്കൂരക്ക് മുകളിലൂടെ വീശുന്ന ഉയർന്ന കാറ്റ് ഒരു കുറഞ്ഞ മർദ്ദം P_1 സൃഷ്ടിക്കുന്നു. മേൽക്കൂരക്ക് കീഴിലുള്ള മർദ്ദം P_2 ഉയർന്നതാണ്. അതിനാൽ ഈ സമ്മർദ്ദ വ്യത്യാസം $(P_2 - P_1)$ ഒരു പ്ലവക്ഷമ ബലം ഉണ്ടാക്കുകയും മേൽക്കൂരയെ പറപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 84 2/14/2023 11:08:18 AM

(b) എയ്റോ ഫോയിൽ ലിഫ്റ്റ്

ഒരു വിമാനത്തിന്റെ ചിറകുകൾ (എയ്റോ ഫോയിൽ) രൂപകല്പന ചെയ്തിരിക്കുന്നതെങ്ങനെ എന്നാൽ അതിന്റെ ഉപരിതലം താഴത്തെ പ്രതലത്തേക്കാൾ കൂടുതൽ വളഞ്ഞതും മുൻവശത്തെ വശം യഥാർത്ഥ അരികിനേക്കാൾ വിശാലവുമാണ്. വിമാനം നീങ്ങുമ്പോൾ ചിത്രം 7.35-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ വായു എയർഫോയിലിനു മുകളിലൂടെ വളഞ്ഞ വേഗതയിൽ താഴേക്കു സഞ്ചരിക്കുന്നു.

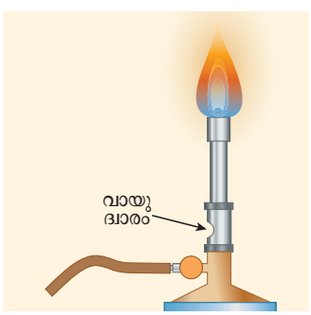
ബെർന്നൂലിയുടെ തത്വമനുസരിച്ച് താഴെയുള്ള വായുവിന്റെ മർദ്ദം മുകളിലേതിനേക്കാൾ കൂടുതലാണ്. ഇത് ഒരു പ്ലവക്ഷമബലം സംജാതമാകുന്നു. ഇതിനെ എയർക്രാഫ്റ്റിന്റെ ഡൈനാമിക് ലിഫ്റ്റ് എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 7.35 ബൻസൺ ബർണർ

(c) ബൻസൺ ബർണർ

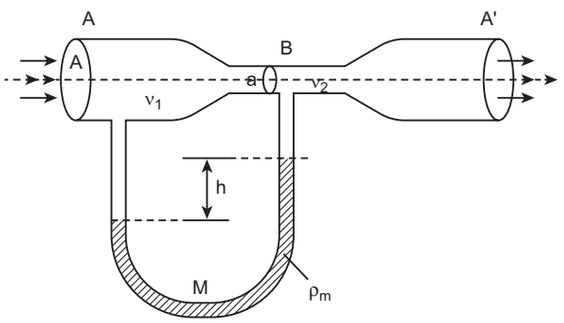
ഇതിൽ വാതകം നോസിലിൽ നിന്നും ഉയർന്ന പ്രവേഗത്തിൽ പുറത്തുവരുന്നു. അതിനാൽ തണ്ടിലുണ്ടാകുന്ന മർദ്ദം കുറയുന്നു. ഇതിനാൽ പുറത്തുനിന്നുള്ള വായു ഒരു എയർ വെന്റിലൂടെ ബർണറിലേക്ക് എത്തുകയും വായുവിന്റേയും വാതകത്തിന്റേയും മിശ്രിതം ചിത്രം 7.36-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു നീലജ്വാല സംജാതമാക്കുന്നു.



ചിത്രം 7.36 ബുൻസൺ ബർണ്ണർ

(d) വെഞ്ചുറി മീറ്റർ

ഒരു പൈപ്പിലൂടെ പ്രവഹിക്കുന്ന ഇൻകംപ്രസിബിൾ ദ്രവത്തിന്റെ പ്രവാഹനിരക്ക് (അഥവാ പ്രവാഹ വേഗത) കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് ഈ ഉപകരണം ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഇത് ബെർണൂലിയുടെ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇതിൽ A, A' തുടങ്ങിയ വിശാലമായ ട്യൂബുകളെ (ഛേദവിസ്തീർണ്ണം A) ഇടുങ്ങിയ ട്യൂബ് B യുമായി (ഛേദ വിസ്തീർണ്ണം a) ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രം 7.37-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ U- ട്യൂബിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ള ഒരു മാനോമീറ്ററിനെ വിശാലവും ഇടുങ്ങിയതുമായ ട്യൂബുകൾക്ക് ഇടയിൽ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. 'ρ_m' സാന്ദ്രതയുള്ള ഒരു ദ്രാവകം മാനോമീറ്ററിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 7.37 വെൻചുറിമീറ്ററിന്റെ സ്ക്രീമാറ്റിക് ഡയഗ്രം

ട്യൂബ് A യുടെ വിശാലമായ പ്രദേശത്തെ ദ്രാവകത്തിന്റെ മർദ്ദം P_1 എന്നിരിക്കട്ടെ. 'ρ' സാന്ദ്രതയുള്ള ദ്രവം പൈപ്പിൽ നിന്നും 'v_1' വേഗതയിൽ ഇടുങ്ങിയ പ്രദേശത്തു പ്രവഹിക്കുന്നുവെന്ന് കരുതുക. അപ്പോൾ അതിന്റെ വേഗത 'v_2' ആയി ഉയരുന്നു. ബെർണൂലിയുടെ സമവാക്യം അനുസരിച്ച്, ട്യൂബിന്റെ ഇടുങ്ങിയ പ്രദേശത്തെ വേഗതയിലെ വർദ്ധനവ് ദ്രവമർദ്ദം P_2 കുറയ്ക്കപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ A, B എന്നീ ട്യൂബുകളിലുണ്ടാകുന്ന മർദ്ദ വ്യത്യാസം മാനോമീറ്റർ ദ്രാവകത്തിന്റെ ഉപരിതലങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ഉയര വ്യത്യാസം ($\Delta P = P_1 - P_2$) അളക്കുന്നതിലൂടെ കണ്ടുപിടിക്കാൻ സാധിക്കും.

കൺടിന്യുവിറ്റി സമവാക്യത്തിൽ നിന്ന്, നമുക്ക് പറയാൻ സാധിക്കും $Av_1 = a\,v_2$. ഇത് അർത്ഥമാക്കുന്നത്,

$$v_2 = \frac{A}{a}\, v_1.$$

ബെർണൂലിയുടെ സമവാക്യ പ്രകാരം,

$$P_1 + \rho\,\frac{v_1^2}{2} = P_2 + \rho\,\frac{v_2^2}{2} = P_2 + \rho\,\frac{1}{2}\left(\frac{A}{a}v_1\right)^2$$

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 85 2/14/2023 11:08:19 AM

മുകളിലത്തെ സമവാക്യത്തിൽ നിന്നും, മർദ്ദ വ്യത്യാസം

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \rho \frac{v_1^2}{2} \frac{(A^2 - a^2)}{a^2}$$

ഇപ്രകാരം ട്യൂബ് A യിലെ വിശാല ഭാഗത്തെ ദ്രവ പ്രവാഹത്തിന്റെ വേഗത,

$$v_1^2 = \frac{2(\Delta P)a^2}{\rho(A^2 - a^2)} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2(\Delta P)a^2}{\rho(A^2 - a^2)}}$$

യൂണിറ്റ് സെക്കന്റിൽ പ്രവഹിക്കുന്ന ദ്രാവക ത്തിന്റെ വ്യാപ്തം എന്നത്

$$V = Av_1 = A\sqrt{\frac{2(\Delta P)a^2}{\rho(A^2 - a^2)}} = aA\sqrt{\frac{2(\Delta P)}{\rho(A^2 - a^2)}}$$

(e) മറ്റ് ആപ്ലിക്കേഷനുകൾ

ഓട്ടോ മൊബൈലുകളിലെ കാർബ്യുറേറ്റർകളു ടെ രൂപകല്പന, ഫിൽട്ടർ പമ്പുകൾ, അറ്റോമൈ സറുകൾ, സ്പ്രേയറുകൾ എന്നിവകളിൽ പ്രധാന മായും ബെർനോലിയുടെ ആശയം ഉപയോഗിക്കു ന്നു. ഉദാഹരണത്തിന്, കാർബ്യുറേറ്ററിൽ നോസി ൽ എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്ന വളരെ നേർത്ത ചാനൽ ഉണ്ട്. ഇത് വായുവിനെ വളരെ വേഗതയിൽ ഒഴു കുവാൻ അനുവദിക്കുന്നു. ഈ സാഹചര്യത്തിൽ ഇടുങ്ങിയ കഴുത്ത് ഭാഗത്ത് മർദ്ദം കുറയുന്നതി നാൽ ആവശ്യമായ ഇന്ധനമോ അഥവാ പെട്രോ ളോ അറയിലേക്ക് വലിച്ചെടുക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം ചെയ്യുന്നതുവഴി ജ്വലന പ്രക്രിയയ്ക്ക് ആവശ്യമായ വായുവിന്റേയും ഇന്ധനത്തിന്റേയും ശരിയായ മിശ്രിതം നൽകുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നു.

പ്രവർത്തനം

ഒരു കുപ്പിയിൽ തെർമോകോൾ പന്തുകൾ നിറ യ്ക്കുക. ട്യൂബിന്റെ ഫ്ളെക്സിബിൾ അറ്റത്തെ പന്തുകൾക്കുള്ളിൽ മുക്കിയ കുപ്പിക്കുള്ളിൽ വയ്ക്കുക. സ്വതന്ത്ര അഗ്രത്തെ കറക്കുമ്പോൾ പന്തുകൾ എല്ലാ ഭാഗത്തും തെറിയ്ക്കുന്നത് കാണാൻ സാധിക്കും. ഒരു സ്പ്രേയർ അഥവാ അറ്റോമൈസറിന്റെ പ്രവർത്തനത്തെ ഇപ്ര കാരം വിശദീകരിക്കാം.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

നമ്മൾ കരുതുന്നതിൽ നിന്നും എത്രയോ ശക്തമാണ് ചിലന്തിവല. ഒരൊറ്റ ഇഴ ചിലന്തി വലക്ക് ഇതിന്റെ പത്തോ, ആയിരം മടങ്ങ് ദ്രവ്യമാനമുള്ള പറക്കുന്ന ഷഡ്പദങ്ങളെ തടയാൻ കഴിയും. ചിലന്തി വലയുടെ യങ്സ് മോഡുലസ് ഏകദേശം $4.5 \times 10^9 \, N m^{-2}$ ആകുന്നു. ഇതിന്റെ മൂല്യത്തെ തടിയുടെ യങ്സ് മോഡുലസ്സുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുക.

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 86 2/14/2023 11:08:20 AM

സംഗ്രഹം

- പദാർത്ഥത്തിലെ ആറ്റങ്ങൾക്കിടയ്ക്കുള്ള ബലത്തെ ഇന്റർ-അറ്റോമിക ബലമെന്നും തന്മാത്രകൾക്കിടയിലുള്ള ബലത്തെ ഇന്റർ-മോളിക്കുലാർ ബലമെന്നും പറയുന്നു.
- *ഹൂക്ക് നിയമം :* ഇലാസ്തിക പരിധിയിൽ സ്ട്രെസ്സ് സ്ട്രെയിനു ആനുപാതികമായിരിക്കും.
- യൂണിറ്റ് ഛേദവിസ്തീർണ്ണത്തിലെ ബലത്തെ പ്രതിബലം എന്നു പറയുന്നു. A ഛേദവിസ്തീർണ്ണത്തിൽ F ബലം പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ടാൽ F/A യുടെ മൂല്യത്തെ സ്ട്രെസ്സ് (പ്രതിബലം) എന്നു പറയുന്നു. ലോഞ്ചിറ്റ്യൂഡിനൽ സ്ട്രെസ്സ് എന്ന ഒറ്റ പ്രയോഗത്താൽ നമുക്ക് ടെൻസൈൽ അഥവാ കംപ്രസ്സീവ് സ്ട്രെസ്സിനെ പ്രതിപാദിക്കാം.
- സിലിണ്ടറിൽ യഥാർത്ഥ നീളത്തിനും വ്യതിയാനപ്പെട്ട നീളത്തിനും ഇടയ്കുള്ള അനുപാതത്തെ $\Delta L/L$ ലോഞ്ചിറ്റ്യൂഡിനൽ സ്ട്രെയിൻ എന്നു പറയുന്നു.
- ഇലാസ്തിക പരിധിക്കുള്ളിൽ, ലോഞ്ചിറ്റ്യൂഡിനൽ സ്ട്രെസ്സിനും ലോഞ്ചിറ്റ്യൂഡിനൽ സ്ട്രെയിനിനും തമ്മിലുള്ള അനുപാതത്തെ യങ്സ് മോഡുലസ് എന്നുവിളിക്കുന്നു.
- ഇലാസ്തിക പരിധിക്കുള്ളിൽ വ്യാപ്ത സ്ട്രെസ്സിനും വ്യാപ്ത സ്ട്രെയിനിനും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണ് ബൾക്ക് മോഡുലസ്.
- ഇലാസ്തിക പരിധിക്കുള്ളിൽ ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ ഷിയർ സ്ട്രെസ്സിനും ഷിയർ സ്ട്രെയിനിനും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണ് റിജിഡിറ്റി മോഡുലസ്.
- പോയിസൺ അനുപാതം = പാർശ്വ സ്ട്രെയിൻ / ലോഞ്ചിറ്റ്യൂഡിനൽ സ്ട്രെയിൻ
- യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിൽ സംഭരിക്കപ്പെടുന്ന ഇലാസ്റ്റിക പൊട്ടൻഷ്യൽ ഊർജ്ജം $U = \frac{1}{2} \times$ സ്ട്രെസ്സ് $\times$ സ്ട്രെയിൻ $= \frac{1}{2} \times Y \times (\text{സ്ട്രെയിൻ})^2$, Y എന്നത് പദാർത്ഥത്തിന്റെ യങ്സ് മോഡുലസ് ആണ്..
- A ഛേദ വിസ്തീർണ്ണത്തിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ലംബബലത്തിന്റെ മൂല്യം F ആണെങ്കിൽ മർദ്ദം എന്നതിനെ യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലം എന്നു നിർവ്വചിക്കാം.
- h ആഴത്തിനു താഴെയുള്ള ദ്രാവക പ്രതലത്തിലെ മൊത്ത മർദ്ദം $P = P_a + \rho gh$, ഇതിൽ P_a അന്തരീക്ഷ മർദ്ദം. ഇതിന്റെ മൂല്യം 1.013×10^5 Pa ആകുന്നു.
- ഒരേ ഉയരത്തിൽ സ്ഥിരമായി സ്ഥാപിച്ചിട്ടുള്ള ഒരു ദ്രാവകത്തിലെ എല്ലാ പോയിന്റുകളിലും മർദ്ദം തുല്യമായിരിക്കും. ഇതാണ് പാസ്ക്കൽ നിയമം.
- പ്ലവന തത്വപ്രകാരം ഒരു വസ്തു ഒരു ദ്രവത്തിൽ പൊങ്ങിക്കിടക്കുമ്പോൾ വസ്തുവിന്റെ ഭാരം അത് ആദേശം ചെയ്യുന്ന ദ്രവത്തിന്റെ ഭാരത്തിന് തുല്യമായിരിക്കും.
- യൂണിറ്റ് പ്രതല വിസ്തീർണ്ണമുള്ള രണ്ട് പടലങ്ങൾക്കിടയിൽ യൂണിറ്റ് പ്രവേഗ ഗ്രേഡിയന്റ് നിലനിൽക്കുമ്പോഴുള്ള വിസ്കസ് ബലത്തിന് ശ്വാനത ഗുണാങ്കം എന്നു പറയുന്നു.
- ഒരു ദ്രാവകം ഒഴുകുമ്പോൾ ദ്രാവകത്തിന്റെ ഓരോ കണികയും അതിലെ മുന്നിലുള്ള കണികയുടെ അതേ പാതയും ഒരേ പ്രവേഗവും പിൻതുടരുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള ഒഴുക്കിനെ സ്ട്രീംലൈൻ ഫ്ളോ എന്നു പറയുന്നു.
- ദ്രാവകം ഒഴുകുന്ന സമയത്ത് അതിന്റെ പ്രവേഗം ക്രിറ്റിക്കൽ പ്രവേഗത്തിനേക്കാൾ കൂടുകയാണെങ്കിൽ അത്തരം ഒഴുക്കിനെ പ്രക്ഷുബ്ധ പ്രവാഹം അഥവാ ടർബുലന്റ് ഫ്ളോ എന്നു പറയുന്നു.
- ഒരു സിലിണ്ടർ പൈപ്പിലൂടെ ഒഴുകുന്ന ദ്രാവക പ്രവാഹം സ്ട്രീംലൈൻ ആണോ ടർബുലന്റ് പ്രവാഹമാണോ എന്നു മനസ്സിലാക്കാൻ റെയ്നോൾസ് നമ്പർ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

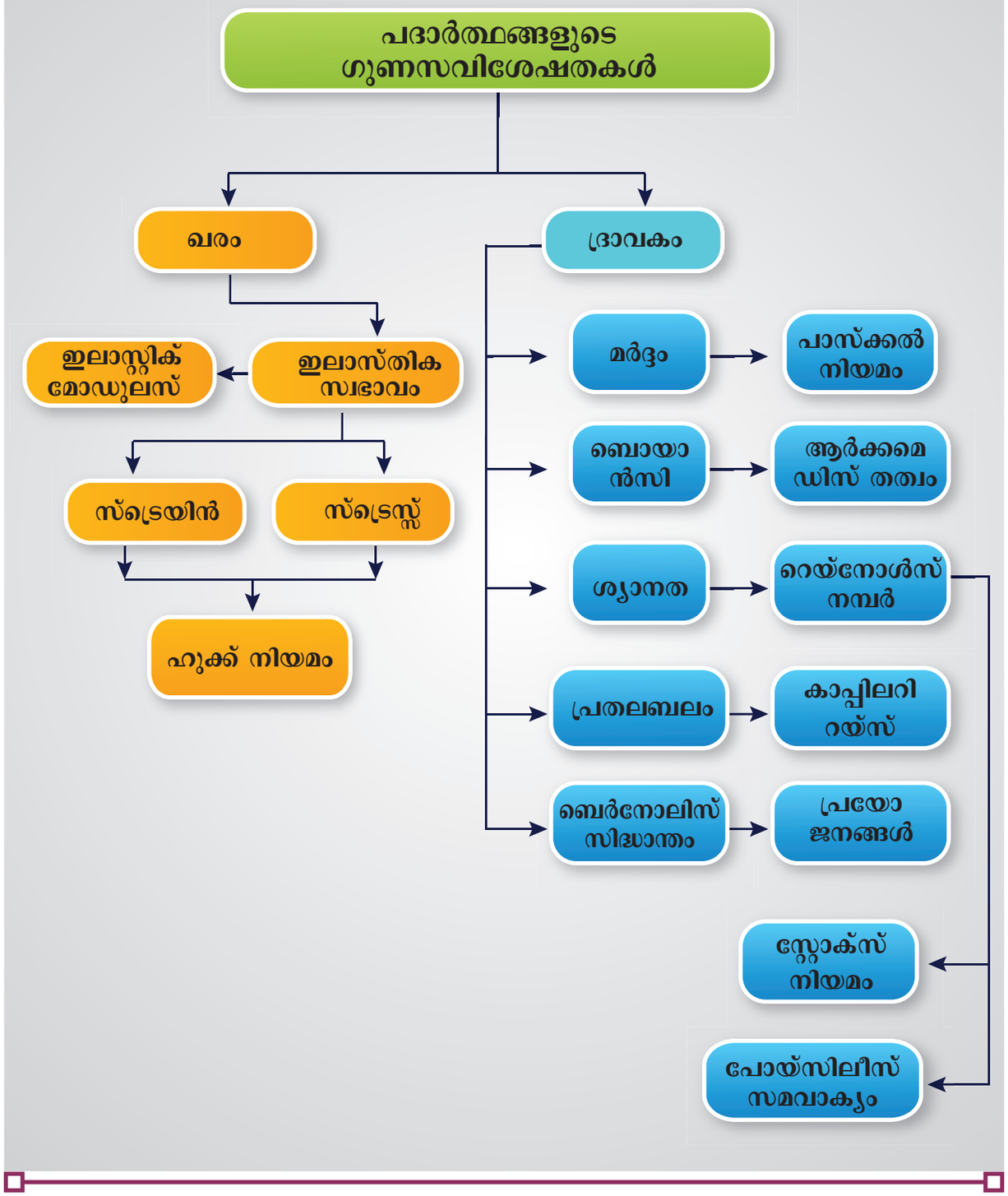
XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 87 2/14/2023 11:08:21 AM

സംഗ്രഹം (തുടർച്ച)

- സ്റ്റോക്കിന്റെ സമവാക്യം $F = 6\pi\eta av$, ഇവിടെ F എന്നത് വിസ്കസ് ബലം a എന്നത് ഗോളത്തിന്റെ ആരം v ടെർമിനൽ പ്രവേഗം.
- ഒരു ദ്രാവകത്തിന്റെ സ്വതന്ത്ര പ്രതലത്തിൽ വരയ്ക്കുന്ന സാങ്കല്പിക രേഖയിൽ യൂണിറ്റ് നീളത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ടെൻഷണൽ ബലത്തെ പ്രതലബലം എന്നുപറയുന്നു. ഈ ബലം രേഖയ്ക്കു ലംബവും പ്രതലത്തിനു സമാന്തരവും ആകുന്നു.
- ദ്രാവക ഉപരിതലത്തിലേക്കും ദ്രാവകത്തിനുള്ളിലെ ഖര പ്രതലത്തിലേക്കും കോൺടാക്റ്റ് പോയിന്റിൽ വരച്ച ടാൻജെന്റുകൾ തമ്മിലുള്ള കോണിനെ ഒരു ജോഡി സോളിഡ്, ലിക്വിഡ് എന്നിവയ്ക്കുള്ള കോൺടാക്റ്റ് ആംഗിൾ എന്നു പറയുന്നു.
- കടന്നുപോകുന്ന ഓരോ ദ്രാവക കണങ്ങളുടേയും വേഗത സമയവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് സ്ഥിരമായി തുടർന്നാൽ ആ ദ്രാവകത്തിന്റെ ഒഴുക്ക് സ്റ്റെഡി എന്നുപറയാം.
- $a_1 v_1 = a_2 v_2$ എന്ന സമവാക്യത്തെ ദ്രാവക പ്രവാഹത്തിന്റെ തുടർച്ചയുടെ സമവാക്യം എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇത് ദ്രവ്യമാന സംരക്ഷണ നിയമത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ളതാണ്. ഒരു സ്ട്രീം ലൈൻ പ്രവാഹം കാഴ്ചവയ്ക്കുന്ന ഒരു ഇൻകംപ്രസിബിൾ, നോൺ വിസ്കസ് ദ്രവത്തിന്റെ യൂണിറ്റ് മാസ്സിലുള്ള പ്രഷർ എനർജി, ഗതികോർജ്ജം സ്ഥാനികോർജ്ജം എന്നിവയുടെ കൂട്ടുത്തുക ഒരു സ്ഥിരാങ്കം ആയിരിക്കും. i.e., $P/\rho + v^2/2 + gh$ = സ്ഥിരാങ്കം.

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 88 2/14/2023 11:08:21 AM

ആശയ ചിത്രീകരണം



XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 89 2/14/2023 11:08:21 AM

മൂല്യ നിർണ്ണയം

I. ശരിയായ ഉത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്ത് എഴുതുക

1. X, Y എന്നീ രണ്ട് വയറുകളെ പരിഗണിക്കുക. X ന്റെ ആരം Y യുടെ ആരത്തിന്റെ 3 മടങ്ങാണ്. ഇവ രണ്ടിനേയും ഒരേ ലോഡ് കൊണ്ട് വലിച്ചു നീട്ടിയാൽ Y ൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന പ്രതിബലം ഇതാകുന്നു

(a) X നു തുല്യമാണ്

(b) X ന്റെ മൂന്ന് മടങ്ങ്

(c) X ന്റെ ഒൻപത് മടങ്ങ്

(d) X ന്റെ പകുതി

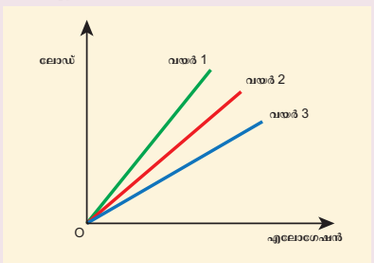
HQP4B

2. ഒരു വയറിനെ അതിന്റെ യഥാർത്ഥ നീളത്തിനു ഇരട്ടിയായി വലിച്ചു നീട്ടുക. (ചിത്രം താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു). ഇതിൽ ഏത് വയറിനാണ് കട്ടി കൂടുതൽ ഉള്ളത്?

(a) 1 (b) 2

(c) 3 (d) 4

3. ഒരേ പദാർത്ഥം കൊണ്ട് ഉണ്ടാക്കിയ മൂന്നു വയറുകളുടെ ലോഡ് എലോഗേഷൻ ഗ്രാഫ് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന വയറുകളിൽ കട്ടിയുള്ള വയർ ഏതാണ്?



(a) വയർ 1

(b) വയർ 2

(c) വയർ 3

(d) എല്ലാത്തിനും ഒരേ കട്ടിയാണുള്ളത്

4. തന്നിട്ടുള്ള ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ റിജിഡിറ്റി മോഡുലസ്സ് എന്നത് യങ്സ് മോഡുലസ്സിന്റെ $\left(\frac{1}{3}\right)^{rd}$ ആകുന്നു. എങ്കിൽ പോയ്സൺ അനുപാതം എന്ത്

(a) 0 (b) 0.25

(c) 0.3 (d) 0.5

5. സ്ഥിരാവസ്ഥയിൽ നിന്നും 2cm ആരമുള്ള ഒരു ചെറിയ ഗോളം വിസ്കസ് ദ്രാവകത്തിൽ വീഴുന്നു. വിസ്കസ് ബലത്തിനാൽ താപം ഉണ്ടാകുന്നു. താപോർജ്ജ ഉൽപ്പാദനത്തിന്റെ സ്പീസ്, ടെർമിനൽ പ്രവേഗം കൈക്കൊള്ളുമ്പോൾ എത്രയാണ്

(NEET മാതൃക 2018)

(a) 2^2 (b) 2^3

(c) 2^4 (d) 2^5

6. രണ്ട് വയറുകൾ ഒരേ വ്യാപ്തത്തിൽ ഒരേ പദാർത്ഥം കൊണ്ട് ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നു. ഒന്നും രണ്ടും വയറുകളും ഛേദതല വിസ്തീർണ്ണം യഥാക്രമം A, 2A എന്നിവയാണ്. F ബലം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ ആദ്യ വയറിന്റെ നീളം Δl കൂടുകയാണ്. ഇതേ നീളം വലിച്ചു നീട്ടുമ്പോൾ രണ്ടാമത്തെ വയറിനു കിട്ടണമെങ്കിൽ എത്ര ബലം ആവശ്യമായി വരും?

(NEET മാതൃക 2018)

(a) 2 F (b) 4 F

(c) 8 F (d) 16 F

7. താപനിലയിലെ വർദ്ധനവോടെ ദ്രാവകം, വാതകം എന്നിവയുടെ വിസ്കോസിറ്റി യഥാക്രമം

(a) വർദ്ധിപ്പിക്കുകയും വർദ്ധിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുക

(b) വർദ്ധിപ്പിക്കുകയും കുറയ്ക്കുകയും ചെയ്യുക

(c) കുറയ്ക്കുകയും കൂട്ടുകയും ചെയ്യുക

(d) കുറയ്ക്കുകയും കുറയ്ക്കുകയും ചെയ്യുക

8. തികഞ്ഞ ഒരു റിജിഡ് ബോഡിയുടെ യങ്സ് മോഡുലസ്

(a) 0 (b) 1

(c) 0.5 (d) അനന്തം

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 90 2/14/2023 11:08:22 AM

9. അദിശം അല്ലാത്തത് ഇവയിൽ ഏതാണ്?

(a) ശ്യാനത

(b) പ്രതലബലം

(c) മർദ്ദം

(d) പ്രതിബലം

10. വയറിന്റെ താപനില ഉയർത്തുമ്പോൾ യങ്സ് മോഡുലസ് എന്ത് സംഭവിക്കുന്നു

(a) അതുപോലെ തുടരും

(b) കുറയും

(c) വളരെ പെട്ടെന്ന് കൂടും

(d) വളരെ കുറച്ച് മാത്രം കൂടും

11. നിശ്ചിത വ്യാപ്തം V ഉള്ള ഒരു കോപ്പറിനെ l നീളമുള്ള വയറാക്കി മാറ്റുന്നു. ഇതിനെ സ്ഥിരബലം F നു വിധേയമാക്കുമ്പോൾ വയറിൽ Δl നീളകൂടുതൽ ഉണ്ടാകുന്നു. Y അതിന്റെ യങ്സ് മോഡുലസ് ആണെങ്കിൽ താഴെ പറഞ്ഞിട്ടുള്ള ഏത് ഗ്രാഫാണ് നേർ രേഖ കാണിക്കുന്നത്?

(NEET 2014 മോഡൽ)

(a) Al നും V യ്ക്കും

(b) Al നും Y യ്ക്കും

(c) Al നും F യ്ക്കും

(d) Al നും $\frac{1}{l}$ നും

12. ആരം R ഉള്ള കുറെ ഗോളീയ ദ്രാവക തുള്ളികൾ ചേർന്ന് R ആരമുള്ള ഒറ്റതുള്ളിയായി മാറുന്നു. ഇതിന്റെ വ്യാപ്തം V ആകുന്നു. T അതിന്റെ പ്രതലബലം ആണെങ്കിൽ

(a) ഊർജ്ജം = $4\ V\ T\ \left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R}\right)$ പുറത്തേക്ക് പോകുന്നു

(b) ഊർജ്ജം = $3\ V\ T\ \left(\frac{1}{r}+\frac{1}{R}\right)$ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു

(c) ഊർജ്ജം = $3\ V\ T\ \left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R}\right)$ പുറത്തേക്ക് പോകുന്നു

(d) ഊർജ്ജം പുറത്തേക്കോ ആഗിരണമോ ചെയ്യുന്നില്ല

13. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന നാലു വയറുകൾ ഒരേ പദാർത്ഥം കൊണ്ട് ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നു. ഒരേ ടെൻഷനൽ എല്ലാത്തിലും പ്രയോഗിക്കപ്പെടുമ്പോൾ കൂടുതൽ എക്സ്റ്റൻഷൻ ഉണ്ടാകുന്നത് ഏതിനാണ്?

(a) നീളം = 200 cm, വ്യാസം = 0.5 mm

(b) നീളം = 200 cm, വ്യാസം = 1 mm

(c) നീളം = 200 cm, വ്യാസം = 2 mm

(d) നീളം = 200 cm, വ്യാസം = 3 m

14. ദ്രാവകത്തിനാൽ ഒരു പ്രതലത്തിനുണ്ടാകുന്ന വെറ്റബിലിറ്റി പ്രധാനമായും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നത്

(a) ശ്യാനത

(b) പ്രതലബലം

(c) സാന്ദ്രത

(d) പ്രതലത്തിനും ദ്രാവകത്തിനും ഇടയ്ക്കുള്ള ആംഗിൾ ഓഫ് കോൺടാക്റ്റ്

15. യൂണിഫോം ക്രോസ്സെക്ഷൻ അല്ലാത്ത ഒരു തിരശ്ചീന പൈപ്പിൽ $1\ m\ s^{-1}$ പ്രവേഗത്തിൽ വെള്ളം ഒഴുകുന്നു. ആ ഭാഗത്തെ പൈപ്പിന്റെ വ്യാസം 20 cm ആകുന്നു. ഒരു പോയിന്റിൽ വെള്ളത്തിന്റെ പ്രവേഗം $1.5\ m\ s^{-1}$ ആണെങ്കിൽ പൈപ്പിന്റെ വ്യാസം (സെ.മീ. ലുള്ള) കണക്കാക്കുക

(a) 8 (b) 16

(c) 24 (d) 32

ഉത്തരങ്ങൾ :

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. ഹ്രസ്വ ഉത്തര ചോദ്യങ്ങൾ

1. സ്ട്രെസ്സ്, സ്ട്രിയിൻ ഇവ നിർവ്വചിക്കുക.

2. ഇലാസ്തികതയുടെ ഹുക്ക് നിയമം പ്രസ്താവിക്കുക.

3. പോയ്സൺ അനുപാദത്തെ നിർവ്വചിക്കുക.

4. തന്മാത്രാനന്തര ബലത്തെ ആസ്പദമാക്കി ഇലാസ്തികതയെ വിശദീകരിക്കുക.

5. സ്റ്റീൽ അല്ലെങ്കിൽ റബ്ബർ, ഇവയിൽ ഏതിനാണ് കൂടുതൽ ഇലാസ്തികത ഉള്ളത്? എന്തുകൊണ്ട്?

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 91 2/14/2023 11:08:22 AM

6. വളരെക്കാലം ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ട ഒരു സ്പ്രിംഗ് ബാലൻസ് തെറ്റായ അളവുകൾ പ്രകടമാക്കുക. എന്തുകൊണ്ട്?
7. ഇലാസ്തികതയെ താപനില എപ്രകാരം സ്വാധീനിക്കുന്നു?
8. വലിച്ചുനീട്ടിയ ഒരു വയറിന്റെ ഇലാസ്റ്റിക് പൊട്ടൻഷ്യൽ എനർജിയുടെ ആവിഷ്ക്കാരം എഴുതുക.
9. ദ്രവങ്ങളുടെ പാസ്ക്കൽ നിയമം പ്രസ്താവിക്കുക.
10. ആർക്കമെഡിസ് തത്വം പ്രസ്താവിക്കുക.
11. പ്ലവക്ഷമബലം അഥവാ ബൊയൊൻസി കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത് എന്ത്?
12. പ്ലവന തത്വം പ്രതിപാദിക്കുക.
13. ഒരു ദ്രാവകത്തിന്റെ ശ്വാനത ഗുണാങ്കം പ്രതിപാദിക്കുക.
14. സ്ട്രീംലൈൻ പ്രവാഹം, ടർബുലന്റ് പ്രവാഹം ഇവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം വ്യക്തമാക്കുക.
15. റെയ്നോൾസ് നമ്പർ എന്നാൽ എന്ത്? അതിന്റെ പ്രാധാന്യം വ്യക്തമാക്കുക.
16. ടെർമിനൽ പ്രവേഗം പ്രതിപാദിക്കുക.
17. സ്റ്റോക്സ് ബലത്തിന്റെ ആവിഷ്ക്കാരം എഴുതുക? അതിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന പ്രതീകങ്ങളെ പ്രതിപാദിക്കുക.
18. ബെർനോലി സിദ്ധാന്തം പ്രതിപാദിക്കുക.
19. ദ്രാവകങ്ങളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഊർജ്ജങ്ങൾ ഏതെല്ലാം? അവയെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്ന സമവാക്യങ്ങൾ എഴുതുക.
20. രണ്ടു സ്ട്രീംലൈനുകൾ പരസ്പരം ഖണ്ഡിക്കുന്നില്ല. കാരണം വ്യക്തമാക്കുക?
21. ദ്രാവകങ്ങളുടെ പ്രതലബലം പ്രതിപാദിക്കുക? S.I മാത്രയും ഡൈമെൻഷനും വ്യക്തമാക്കുക.
22. പ്രതലബലം എപ്രകാരമാണ് പ്രതല ഊർജ്ജത്തെ ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് വ്യക്തമാക്കുക?
23. ഒരു നിർദ്ദിഷ്ട ജോഡി ഖരദ്രാവക പ്രതലത്തിലെ ആംഗിൾ ഓഫ് കോൺടാക്റ്റിനെ പ്രതിപാദിക്കുക.
24. കൊഹിസീവ്, അഡ്ഹസീവ് ബലങ്ങളുടെ വ്യത്യാസം വ്യക്തമാക്കുക.
25. ദ്രാവകങ്ങളുടെ പ്രതലബലത്തെ ബാധിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ ഏതെല്ലാം?
26. ഒരു സോപ്പ് കുമിളയ്ക്കുള്ളിൽ വായു കടക്കുമ്പോൾ അതിലെ മർദ്ദത്തിന് എന്ത് സംഭവിക്കുന്നു?
27. കാപ്പിലാരിറ്റി അല്ലെങ്കിൽ കാപ്പിലറി പ്രവർത്തനം എന്നതുകൊണ്ട് നിങ്ങൾ എന്താണ് അർത്ഥമാക്കുന്നത്?
28. ജലത്തിന്റെഉപരിതലത്തിൽഒരുതുള്ളിഎണ്ണ വയ്ക്കുമ്പോൾ അത് എല്ലായിടത്തും വ്യാപിക്കുന്നു. എന്നാൽ എണ്ണയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ വയ്ക്കുന്ന ഒരു തുള്ളി വെള്ളം ഗോളാകൃതിയിലേക്ക് ചുരുങ്ങുന്നു. എന്തുകൊണ്ട്?
29. വെൻചുറിമീറ്ററിന്റെ തത്വവും ഉപയോഗവും പ്രസ്താവിക്കുക.

III. ദീർഘ ഉത്തര ചോദ്യങ്ങൾ

1. ഹുക്ക് നിയമം പ്രസ്താവിക്കുക? പരീക്ഷണത്തിന്റെ സഹായത്തോടെ ഇതിനെ തെളിയിക്കുക.
2. ഇലാസ്തികതയുടെ വിവിധതരം മോഡുലസ്സുകളെ വിശദീകരിക്കുക.
3. ഒരു വയറിന്റെ യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിൽ സംഭരിക്കപ്പെടുന്ന ഇലാസ്തിക ഊർജ്ജത്തിന്റെ ആവിഷ്ക്കാരം ഉരുത്തിരിച്ചെടുക്കുക.
4. ദ്രാവക ഉപരിതലത്തിന് താഴെയുള്ള 'h' ആഴത്തിൽ ഉള്ള പരിണിത മർദ്ദത്തിന് ഒരു സമവാക്യം കാണുക.
5. ദ്രാവകങ്ങളുടെ പാസ്ക്കൽ നിയമം പ്രസ്താവിക്കുകയും തെളിയിക്കുകയും ചെയ്യുക.
6. ആർക്കമിഡീസ് തത്വം പ്രസ്താവിച്ച് തെളിയിക്കുക.
7. ഉയർന്ന വിസ്ക്കസ് ദ്രാവകത്തിൽ സ്റ്റോക്സ് ഫോഴ്സ് ഉപയോഗിച്ച് ചലിക്കുന്ന ഒരു ഗോളത്തിന്റെ ടെർമിനൽ വേഗതയുടെ എക്സ്പ്രഷൻ കാണുക.
8. സ്ട്രീംലൈൻ പ്രവാഹത്തിൽ ഒരു പൈപ്പിലൂടെ ഒരു സെക്കന്റിൽ ഒഴുകുന്ന ദ്രാവകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം വ്യക്തമാക്കുന്ന പോയ്സിലിയുടെ ഫോർമുല കണ്ടുപിടിക്കുക.
9. i) ലിക്വിഡ് ഡ്രോപ്പ് ii) ലിക്വിഡ് ബബിൾ iii) വായു ബബിൾ എന്നിവയ്ക്കുള്ളിലെ അധിക മർദ്ദം കണ്ടുപിടിക്കാനുള്ള എക്സ്പ്രഷൻ നേടുക.
10. കാപ്പിലാരിറ്റി എന്നാൽ എന്ത്? ക്യാപ്പിലറി റൈസ് പ്രക്രിയ ഉപയോഗിച്ച് ഒരു ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രതലബലം കണ്ടുപിടിക്കാനുള്ള എക്സ്പ്രഷൻ കാണുക.
11. ദ്രവ്യമാന സംരക്ഷണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ദ്രവ പ്രവാഹത്തിന്റെ നിരന്തരത്വ സമവാക്യം കണ്ടുപിടിക്കുക.

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 92 2/14/2023 11:08:23 AM

12. സങ്കോചനക്ഷമത ഇല്ലാത്ത, ശ്യാനതയറ്റ, സ്ട്രീംലൈൻ പ്രവാഹം കാഴ്ചവയ്ക്കുന്ന ഒരു ദ്രവത്തിന്റെ ബെർനോലി സിദ്ധാന്തം പ്രസ്താവിക്കുകയും തെളിയിക്കുകയും ചെയ്യുക.

13. വെൻചുറിമീറ്ററിന്റെ നിർമ്മാണവും പ്രവർത്തനവും വിവരിക്കുക. വിശാല പ്രവേശനത്തിലൂടെ ഒരു സെക്കന്റിൽ ട്യൂബിൽ കടക്കുന്ന ദ്രാവകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനുള്ള സമവാക്യം കാണുക.

IV. അഭ്യാസങ്ങൾ

1. 30*mm* ഉയരത്തിലേക്ക് ഉയരുന്ന തരത്തിൽ d*mm* വ്യാസമുള്ള ഒരു കാപ്പിലറിയെ വെള്ളത്തിൽ മുക്കി വച്ചിരിക്കുന്നു. മുൻ മൂല്യത്തിൽ നിന്നും കാപ്പിലറിയുടെ ആരം $\left(\frac{2}{3}\right)$ ആയി നിർമ്മിച്ചതെങ്കിൽ പുതിയ കാപ്പിലറി ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ വെള്ളം എത്ര ഉയരത്തിൽ ഉയരും എന്നു കണക്കു കൂട്ടുക?

(ഉത്തരം : 45 mm)

2. 1.5 മീറ്റർ നീളവും 4 cm വ്യാസവുമുള്ള ഒരു സിലിണ്ടർ ഒരു അറ്റത്ത് ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. മറ്റേ അറ്റത്ത് 4×10^5 N പാർശ്വബലം പ്രയോഗിക്കുന്നു. സിലിണ്ടറിന്റെ റിജിഡിറ്റി മോഡുലസ് 6×10^{10} N m^{-2} ആണെങ്കിൽ സിലിണ്ടറിൽ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ടിസ്റ്റ് കണക്കാക്കുക. (ഉത്തരം : 45.60)

3. 4 cm ആരമുള്ള B എന്ന സോഷ്യകുമിളയ്ക്കുള്ളിൽ 2 cm ആരമുള്ള ഗോളാകൃതിയിലുള്ള മറ്റൊരു സോപ്പുകുമിള രൂപം കൊള്ളുന്നു. A, B എന്നീ രണ്ടു സോപ്പുകുമിളകളുടെ ആരത്തേക്കാൾ ഒരേ മർദ്ദ വ്യത്യാസം നിലനിർത്തുന്ന ഉള്ളിൽ ചെറുതും പുറത്ത് വലുതുമായ ഒരൊറ്റ സോപ്പ് കുമിളയുടെ ആരം ചെറുതാണെന്ന് തെളിയിക്കുക.

4. ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത 0.72 ഉള്ള ഒരു ദ്രാവകത്തിൽ x kg ദ്രവ്യമാനമുള്ള വെള്ളിയുടെ ഒരു ബ്ലോക്കിനെ നൂൽ ഉപയോഗിച്ച് നിമജ്ജനം ചെയ്തിരിക്കുന്നു. സിൽവറിന്റെ ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത 10 ഉം നൂലിലെ ടെൻഷൻ 37.12 N ഉം ആണെങ്കിൽ Ag ബ്ലോക്കിന്റെ ദ്രവ്യമാനം കണ്ടുപിടിക്കുക. (ഉത്തരം : $x = 4$ kg)

5. അടച്ച പൈപ്പിനു സമീപത്ത് പ്രതിഷ്ഠിച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു മർദ്ദമാപിനിയിലെ അളവ് 5×10^5 N m^{-2} ആകുന്നു. പൈപ്പിന്റെ വാൽവ് തുറക്കുമ്പോൾ മർദ്ദമാപിനി 4.5×10^5 Nm^{-2} മർദ്ദം രേഖപ്പെടുത്തുന്നു. പൈപ്പിൽ ഒഴുകുന്ന വെള്ളത്തിന്റെ വേഗത കണക്കാക്കുക.

(ഉത്തരം : 10 ms^{-1})

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ

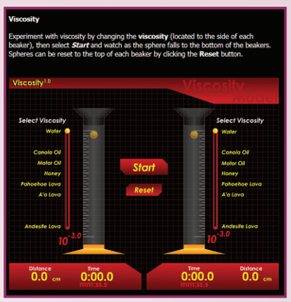
1. Serway and Jewett, Physics for scientist and Engineers with modern physics, Brook/Coole publishers, Eighth edition
2. Paul Tipler and Gene Mosca, Physics for scientist and engineers with modern physics, Sixth edition, W.H.Freeman and Company
3. H.C.Verma, Concepts of physics volume 1 and Volume 2, Bharati Bhawan Publishers

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 93 2/14/2023 11:08:23 AM

ഐ.സി.റ്റി കോർണർ

പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഗുണ സവിശേഷതകൾ

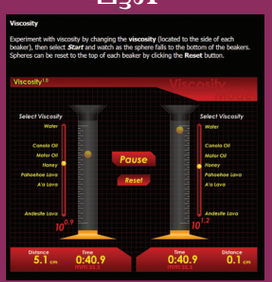
ഈ പ്രവർത്തനത്തിലൂടെ നിങ്ങൾക്ക് ശ്യാനത എന്തെന്നു പഠിക്കാൻ സാധിക്കും



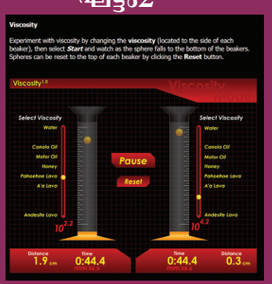
ഘട്ടങ്ങൾ:

- വിസ്കോസിറ്റി പ്രവർത്തന പേജ് തുറക്കാൻ URL ഉപയോഗിക്കുക. അല്ലെങ്കിൽ QR കോഡ് സ്കാൻ ചെയ്യുക.
- ആക്റ്റിവിറ്റി വിൻഡോയിൽ ബോൾ ഡ്രാഗ് ചെയ്ത് വിസ്കോസിറ്റി തിരഞ്ഞെടുക്കുക.
- സ്റ്റാർട്ട് ബട്ടൺ തിരഞ്ഞെടുക്കുക. ബീക്കറിൽ മുകളിൽ നിന്നും താഴോട്ട് ഗോളം പതിക്കുമ്പോൾ ദൂരം, സമയം എന്നിവയിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങൾ നമുക്ക് കാണാൻ സാധിക്കും.
- റീസെറ്റ് ബട്ടൺ ക്ലിക്ക് ചെയ്ത് ഓരോ ബീക്കറിന്റേയും മുകളിലേക്ക് ഗോളത്തെ പുനസജ്ജമാക്കാൻ കഴിയും.

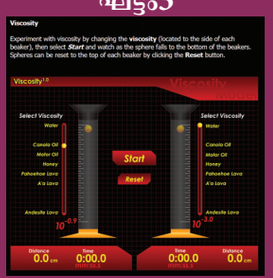
ഘട്ടം1



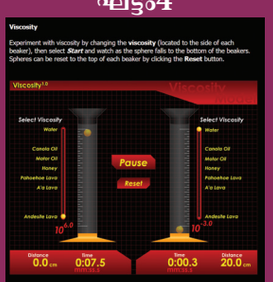
ഘട്ടം2



ഘട്ടം3



ഘട്ടം4



URL:

http://www.geo.cornell.edu/hawaii/220/PRI/viscosity.html

* ചിത്രങ്ങൾ സൂചന മാത്രമാണ്.

* ബ്രൗസറിന് ആവശ്യമെങ്കിൽ പേജ് ലോഡ് ചെയ്യാൻ ഫ്ളാഷ് പ്ലേയർ അല്ലെങ്കിൽ ജാവ സ്ക്രിപ്റ്റിനെ അനുവദിക്കുക.

58IYM

XI Physics Vol-2 Unit 7 Malayalam.indd 94 2/14/2023 11:08:25 AM

അദ്ധ്യായം

8

താപവും താപഗതികവും

സാർവത്രിക ഉള്ളടക്കത്തിന്റെ ഒരേയൊരു ഭൗതിക സിദ്ധാന്തമാണ് പ്രാചീനതാപഗതികം. അതൊരിക്കലും അട്ടിമറിക്കപ്പെടുകില്ലെന്ന് എനിക്ക് ബോധ്യമുണ്ട്. – ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റീൻ

പഠന ലക്ഷ്യങ്ങൾ

ഈ അദ്ധ്യായത്തിൽ വിദ്യാർത്ഥികൾ മനസ്സിലാക്കുന്നത്

NS34H

- താപം, പ്രവൃത്തി, താപനില എന്നിവയുടെ അർത്ഥം
- ആദർശ വാതക നിയമങ്ങൾ
- വിശിഷ്ട താപധാരിതയെക്കുറിച്ചുള്ള ധാരണ
- ഖര, ദ്രാവക, വാതകങ്ങളുടെ താപവികാസം
- വസ്തുക്കളുടെ പലതരത്തിലുള്ള അവസ്ഥകൾ
- ന്യൂട്ടന്റെ ശീതീകരണ നിയമം
- സ്റ്റെഫാൻ നിയമവും വിയൻ നിയമവും
- താപഗതിക സന്തുലനാവസ്ഥയുടെ സാരം
- ആന്തരികോർജ്ജത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം
- താപഗതികത്തിലെ പൂജ്യം നിയമവും ഒന്നാം നിയമവും
- പലതലത്തിലുള്ള താപഗതിക പ്രക്രിയകൾ
- പലതരത്തിലുള്ള താപഗതിക പ്രക്രിയകളിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി
- താപഗതികത്തിന്റെ രണ്ടാം നിയമം
- കാർണോയന്ത്രത്തിന്റെയും ശീതീകരണിയുടെയും പ്രവർത്തനം

8.1 താപവും താപനിലയും

8.1.1 ആമുഖം

താപനിലയും താപവും നിത്യജീവിതത്തിൽ വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളും ശരിയായി പ്രവർത്തിക്കുന്നതിന് അവയുടെ ശരീര താപനില ഒരു നിശ്ചിത അളവിൽ നിലനിർത്തേണ്ടത് ആവശ്യമാണ്. ആവശ്യമായ താപനില സൂര്യൻ തരുന്നു. പ്രകൃതിയെ മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് വളരെയടിസ്ഥാനമായത് താപനില, താപം എന്നിവയെക്കുറിച്ചുള്ള അറിവാകുന്നു. താപനിനല, താപം എന്നിവയെ വിശദീകരിക്കുന്ന ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഒരു ശാഖയാണ് താപഗതികം. ഈ അധ്യായത്തിൽ കൊടുക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള ആശയങ്ങൾ ചൂടും തണുപ്പും താപനിലയിൽ നിന്ന് താപത്തെ വേർതിരിച്ച് കാണൽ എന്നിവയെക്കുറിച്ച് മനസ്സിലാക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു. താപഗതികത്തിലുള്ള താപം താപനില എന്നിവ രണ്ടും ഒന്നിനൊന്ന് അടുത്ത ബന്ധമുള്ള വ്യത്യസ്ത ഭൗതിക അളവുകളാകുന്നു.

8.1.2 താപത്തിന്റെ സാരം

കുറഞ്ഞ താപനിലയിലുള്ള വസ്തുക്കൾ ഉയർന്ന താപനിലയുള്ള വസ്തുക്കളുമായി സമ്പർക്കത്തിലായിരിക്കുമ്പോൾ ഉയർന്ന താപനിലയിലുള്ള വസ്തുക്കളിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞ താപനിലയിലുള്ള

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 95 22-07-2022 15:13:10

വസ്തുക്കളിലേക്ക് സ്വയം ഊർജ്ജ കൈമാറ്റം സംഭവിക്കുന്നു. ഈ ഊർജ്ജത്തിനെ താപോർജ്ജം അല്ലെങ്കിൽ താപം എന്നുപറയുന്നു. ഈ ഊർജ്ജ കൈമാറ്റ പ്രക്രിയയ്ക്ക് ചൂടാക്കൽ എന്നുപറയുന്നു. ഈ താപ കൈമാറ്റത്തിനാൽ ചില സമയത്ത് വസ്തുക്കളുടെ താപനില ഉയരും അല്ലെങ്കിൽ മാറ്റം സംഭവിക്കാതെ അതേ താപ നിലയിൽത്തന്നെ തുടരും.

കുറിപ്പ്

താപം എന്നത് ഊർജ്ജത്തിന്റെ അളവ് എന്ന തെറ്റായ ധാരണ ചിലപ്പോൾ ഉണ്ടാകാറുണ്ട്. ഇത് താപം കൂടിയ ജലം, ഇത് താപം കുറഞ്ഞ ജലം ഇവ അർത്ഥശൂന്യമായവാക്കുകളാണ്. എന്തെന്നാൽ, താപം എന്നത് ഒരു അളവല്ല; അത് ഉയർന്ന താപനിലയിലുള്ള വസ്തുക്കളിൽ നിന്ന് താഴ്ന്ന താപ നിലയിലുള്ള വസ്തുക്കളിൽ പ്രവഹിക്കുന്ന ഊർജ്ജ കൈമാറ്റം ആകുന്നു. ചൂടാക്കൽ എന്ന പ്രക്രിയ അവസാനിച്ച ശേഷം താപം എന്നവാക്ക് നാം ഉപയോഗിക്കാൻ പാടില്ല. താപം എന്നതു കൈമാറ്റോർജ്ജത്തെക്കുറിക്കുന്നതല്ലാതെ വസ്തുക്കളിൽ സംഭരിച്ചു വയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള ഊർജ്ജത്തെക്കുറിക്കുന്നില്ല.

ഉദാഹരണം 8.1

a. 'ഈ തടാകത്തിൽ അധിക മഴയുണ്ട്'.

b. 'ഒരു ചൂടുള്ള കപ്പ് കാപ്പിക്ക് കൂടുതൽ ചൂട് ഉണ്ട്. ഈ രണ്ടു പ്രസ്താവനകളിലേയും തെറ്റ് എന്താണ്?

നിർദ്ധാരണം

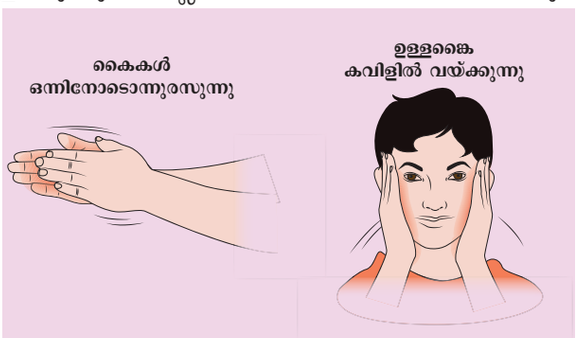
a. മഴപെയ്യുമ്പോൾ, മേഘങ്ങളിൽ നിന്ന് തടാകത്തിൽ ജലം ലഭിക്കുന്നു. മഴ നിൽക്കുന്നതും തടാകത്തിൽ മഴയ്ക്കു മുമ്പുള്ളതിനേക്കാൾ കൂടുതൽ ജലം ഉണ്ടായിരിക്കും. ഇവിടെ മഴ എന്നത് മേഘങ്ങളിൽ നിന്ന് ജലം ലഭിക്കുന്ന ഒരു പ്രക്രിയയാകുന്നു. മഴ പെയ്യുന്നത് ഒരു അളവല്ല. മഴ മേഘങ്ങൾ ജലമായി മാറി തടാകത്തിലെത്തുന്നതിനെയാണ് കുറിക്കുന്നത്. അതുകൊണ്ട് തടാകത്തിൽ അധികം മഴയുണ്ട് എന്ന് പറയുന്നത് തെറ്റാണ്. നേരെ മറിച്ച് തടാകത്തിൽ അധികം ജലമുണ്ട് എന്ന് പറയുന്നതാണ് അനുയോജ്യമായിട്ടുള്ളത്.

b. കപ്പിലെ കാപ്പി ചൂടാക്കുന്നതിനാൽ, അടുപ്പിൽ നിന്ന് താപം ലഭിക്കുന്നു. കാപ്പി അടുപ്പിൽ നിന്ന് മാറ്റിയ ഉടൻ അത് മുമ്പത്തേക്കാൾ അധിക ആന്തരോർജ്ജം നേടിയിരിക്കും. താപം എന്നത് ഉയർന്ന താപ നിലയിലുള്ള വസ്തുവിൽ നിന്ന് താഴ്ന്ന താപനിലയിലുള്ള വസ്തുക്കളിൽ ഊർജ്ജം പ്രവഹിക്കുന്നതിനെ കുറിക്കുന്നു. താപം ഒരു അളവല്ല . ആയതിനാൽ കപ്പിലെ കാപ്പിയിൽ കൂടുതൽ ചൂടുണ്ട് എന്ന് പറയുന്നതിനേക്കാൾ കാപ്പിലെ കാപ്പി ചൂടായിട്ടാണുള്ളത് എന്നതാണനുയോജ്യം.

8.1.3 പ്രവൃത്തിയുടെ പൊരുൾ

നിങ്ങളുടെ രണ്ടു ഉള്ളങ്കൈകളും തമ്മിൽ ഉരസുമ്പോൾ, അവയുടെ താപനില ഉയരുന്നു. നിങ്ങളുടെ ഉള്ളങ്കൈയ്ക്കുമേൽ ഒരു പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ആ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയാൽ താപനില ഉയരുന്നു. ഉടനെതന്നെ നിങ്ങളുടെ ഉള്ളങ്കൈകൾ കവിൾ തടത്തിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ, കവിൾതടത്തിലെ താപനില ഉയരുന്നതായി അറിയാൻ സാധിക്കും. കാരണം ഉള്ളങ്കൈകളിലെ താപനില കവിൾതടത്തിന്റെ താപനിലയേക്കാൾ കൂടുതലാണ്. അതുകൊണ്ട് താപം ഉള്ളങ്കൈയിൽ നിന്ന് കവിളിലോട്ട് പ്രവഹിക്കുന്നു. മുകളിൽപ്പറഞ്ഞ ഉദാഹരണത്തിൽ നിന്ന് നാം മനസ്സിലാക്കുന്നതെന്തെന്നാൽ ഉള്ളങ്കൈകളുടെ താപനില ഉയർന്നത് ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയിലാകുന്നു. കവിൾത്തടത്തിന്റെ താപനില ഉയർന്നതു ഉള്ളങ്കൈകളിൽ നിന്ന്, കവിൾത്തടത്തിൽ താപ കൈമാറ്റം നടന്നതിനാലാണ് ഇവ ചിത്രം (8.1) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു

ഒരു വ്യവസ്ഥയിൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെടുമ്പോൾ, ചിലപ്പോൾ വ്യവസ്ഥയുടെ താപനില ഉയരുന്നു. അല്ലെങ്കിൽ അതേ അവസ്ഥയിൽ തുട



ചിത്രം 8.1 പ്രവൃത്തി, താപം ഇയവക്കിടയിലുള്ള വ്യത്യാസം

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 96 22-07-2022 15:13:10

രുന്നു. താപത്തെപ്പോലെ പ്രവൃത്തിയും ഒരു അളവല്ല. അത് ഊർജ്ജം കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്ന ഒരു പ്രവൃത്തിയാകുന്നു. ആയതിനാൽ ഈ വസ്തുവിന് കൂടുതൽ പ്രവൃത്തി ലഭിച്ചിട്ടുണ്ട്. അല്ലെങ്കിൽ കുറഞ്ഞ പ്രവൃത്തി ലഭിച്ചിട്ടുണ്ട്. തുടങ്ങിയ വാക്യങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കാൻ സാധിക്കില്ല'.

വ്യവസ്ഥ, ചുറ്റുപാടുകളിന്മേൽ ഒരു പ്രവൃത്തി ചെയ്ത ആ ചുറ്റുപാടിനു ഊർജ്ജ കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നു. അല്ലെങ്കിൽ ചുറ്റുപാട്, വ്യവസ്ഥയിന്മേൽ ഒരു പ്രവൃത്തി ചെയ്ത്, ആ വ്യവസ്ഥയ്ക്ക് ഊർജ്ജ കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഒരു വസ്തുവിൽ നിന്ന് മറ്റൊരു വസ്തുവിലേക്ക് പ്രവൃത്തിമൂലം ഊർജ്ജകൈമാറ്റം നടത്തുന്നതിന് ആ രണ്ടുവസ്തുക്കളും വ്യത്യസ്ത താപനിലയിലായിരിക്കേണ്ടതില്ല.

8.1.4 താപനിലയുടെ പൊരുൾ

താപനില എന്നത് ഒരു വസ്തുവിന്റെ ചൂട് അല്ലെങ്കിൽ തണുപ്പിനെക്കുറിക്കുന്നു. ചൂടായ ഒരു വസ്തുവിന്റെ താപനില ഉയർന്നതായിരിക്കും. രണ്ടു വസ്തുക്കൾ താപസമ്പർക്കത്തിലായിരിക്കുമ്പോൾ അവയ്ക്കിടയ്ക്ക് പ്രവഹിക്കുന്ന താപത്തിന്റെ ദിശയെ താപനില നിർണ്ണയിക്കുന്നു.

താപനിലയുടെ SI മാത്ര **കെൽവിൻ (K)**.

ദൈനം ദിനാവശ്യങ്ങളിൽ സെൽഷ്യസ് (°C) ഫാറൻ ഹീറ്റ് (°F) എന്നീ അളവുകൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നുണ്ട്.

താപമാനി ഉപയോഗിച്ച് താപനില അളക്കുന്നു.

പട്ടിക 8.1-ൽ താപനിലയെ ഒരു സ്കെയിലിൽ നിന്ന് മറ്റൊരു സ്കെയിലിലേക്ക് പരിവർത്തനം ചെയ്യുന്നത് കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 8.1 താപനിലയെ ഒരു സ്കെയിലിൽ നിന്ന് മറ്റൊരു സ്കെയിലിലേക്ക് മാറ്റുന്ന രീതി

സ്കെയിൽ	കെൽവിനിലേക്ക്	കെൽവിനിൽ നിന്ന്
സെൽഷ്യസ്	K=°C + 273.15	°C = K – 273.15
ഫാറൻഹീറ്റ്	K=(°F + 459.67)÷1.8	°F=(K × 1.8)-459.67

സ്കെയിൽ	ഫാറൻ ഹീറ്റിലേക്ക്	ഫാറൻ ഹീറ്റിൽ നിന്ന്
സെൽഷ്യസ്	°F=(1.8 × °C) + 32	°C = (°F – 32)÷1.8

സ്കെയിൽ	സെൽഷ്യസിലേക്ക്	സെൽഷ്യസിൽ നിന്ന്
ഫാറൻ ഹീറ്റ്	°C=(°F – 32)÷1.8	°F = (1.8 × °C) + 32

8.2 ദ്രവ്യത്തിന്റെ താപീയ സ്വഭാവങ്ങൾ

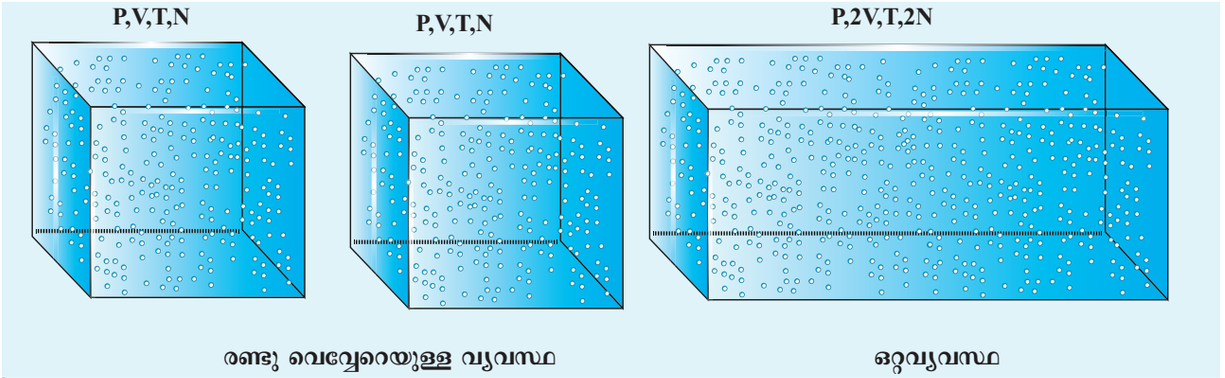
8.2.1 ബോയിൽസ് നിയമം, ചാൾസ് നിയമം, ആദർശ വാതക നിയമം

V വ്യാപ്തമുള്ള പാത്രത്തിൽ കുറഞ്ഞ മർദ്ദത്തിൽ സൂക്ഷിച്ചിട്ടുള്ള വാതകത്തിൽ നടത്തപ്പെട്ട പരീക്ഷണങ്ങളുടെ വിവരങ്ങൾ താഴെകൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

- താപനില സ്ഥിരമായിരിക്കുമ്പോൾ വാതകത്തിന്റെ മർദം, അതിന്റെ വ്യാപ്തത്തിനു വ്യുൽക്രമാനുപാതത്തിലായിരിക്കും. $P \propto \frac{1}{V}$. ഇത് റോബർട്ട് ബോയിൽ കണ്ടുപിടിച്ചു. അതിനാൽ ഈ നിയമം ബോയിൽസ് നിയമം എന്നറിയപ്പെടുന്നു (1627-1691) .
- മർദ്ദം സ്ഥിരമായിരിക്കുമ്പോൾ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം, അതിന്റെ താപനിലയ്ക്ക് (കെൽവിൻ) അനുക്രമാനുപാതത്തിലായിരിക്കും. $V \propto T$ ഇത് ജാക്വസ് ചാൾസ് (1743-1823) നാൽ കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടു. അതിനാൽ ഈ നിയമം ചാൾസ് നിയമം എന്നറിയപ്പെടുന്നു.
- ഈ രണ്ടു നിയമങ്ങളേയും സംയോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ താഴെപ്പറയുന്ന സമീകരണം കിട്ടുന്നു

$PV = CT$. ഇവിടെ C എന്നത് ധനാത്മകമായ സ്ഥിരസംഖ്യയാകുന്നു. ധനാത്മക സ്ഥിരസംഖ്യ C പാത്രത്തിലുള്ള പദാർത്ഥങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിനു അനുക്രമപാതത്തിലായിരിക്കും എന്നത് താഴെ പറയുന്ന വാദത്തിൽ നിന്ന് അറിയാൻ കഴിയും. ഒരേ വ്യാപ്തം V, മർദ്ദം P താപനില T, എന്നിവയുള്ള ഒരേ തരത്തിലുള്ള വാതകത്തിനാൽ രണ്ടു പാത്രങ്ങൾ നിറയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട് എന്ന് കരുതുക. രണ്ടു പാത്രങ്ങളിലും ഉള്ള വാതകം മുകളിൽ പറഞ്ഞിട്ടുള്ള $PV = CT$. എന്ന സമീകരണത്തിനനുസരിച്ച് പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഈ രണ്ടു പാത്രങ്ങളും ചിത്രം 8.2 -ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ ഒരു വ്യവസ്ഥയായി കരുതിയാൽ ആ വാതകത്തിന്റെ മർദ്ദം, താപനില എന്നിവയ്ക്ക് ഒരേ മൂല്യമായിരിക്കും. എന്നാൽ വ്യാപ്തം, പദാർത്ഥങ്ങളുടെ എണ്ണം എന്നിവ ഇരട്ടിക്കും.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 97 22-07-2022 15:13:11



ചിത്രം 8.2 ആദർശ വാതക നിയമം

ആയതിനാൽ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം 2V പദാർത്ഥങ്ങളുടെ എണ്ണം 2C അതുകൊണ്ട് ആദർശവാതക സമീകരണം $\frac{P(2V)}{T} = 2C$ ഈ സമീകരണം ധ്വനിപ്പിക്കുന്നത് ധനാത്മക സ്ഥിരാങ്കം C തീർച്ചയായും വാതകത്തിലെ പദാർത്ഥങ്ങളുടെ എണ്ണത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു എന്നതാണ്. മാത്രമല്ല ഇതിന്റെ പരിമാണം $\left[\frac{PV}{T}\right] = \mathrm{JK}^{-1}$ സ്ഥിരസംഖ്യ C പദാർത്ഥങ്ങളുടെ എണ്ണം N ന്റെ k മടങ്ങാണെന്നെഴുതാം. ഇവിടെ k എന്നത് സാർവത്രിക സ്ഥിരാങ്കമായ ബോൾട്സ്മാൻ സ്ഥിരാങ്കമാകുന്നു (1.381×10^{-23} JK^{-1}).

ആദർശവാതക സമീകരണത്തെ താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ളതുപോലെ പ്രസ്താവിക്കാം

$$PV = NkT \qquad (8.1)$$

സമീകരണം (8.1) നെ മോളുകളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലും എഴുതാം.

വാതകത്തിന്റെ അളവ് കാണിക്കുന്നതിനുള്ള പ്രായോഗിക യൂണിറ്റാണ് മോൾ ഏതെങ്കിലും പദാർത്ഥത്തിന്റെ ഒരു മോൾ എന്നത് അവഗാഡ്രോ സംഖ്യ (N_A) കണങ്ങൾ (ആറ്റങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ തൻമാത്രകൾ) അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന പദാർത്ഥത്തിന്റെ അളവാകുന്നു. അവഗാഡ്രോയുടെ സംഖ്യ N_A എന്നത് കൃത്യമായി *12* ഗ്രാം ^{12}C ൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന കാർബൺ ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണമാകുന്നു.

μ മോൾ കണികകളുള്ള ഒരു വാതകത്തിലെ ആകെ കണികകളുടെ എണ്ണം താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ളതുപോലെ എഴുതാം.

$$N = \mu N_A \qquad (8.2)$$

ഇവിടെ N_A എന്നത് അവഗാഡ്രോ നമ്പർ ($6.023\times10^{23}\mathrm{mol}^{-1}$) ആകുന്നു

സമീകരണം (8.2) ലെ N ന്റെ മൂല്യം (8.1) ൽ പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ

$PV = \mu N_A kT$ എന്നു ലഭിക്കും. ഇവിടെ $N_A k = R$ എന്നത് സാർവത്രിക വാതക സ്ഥിരാങ്കം ആകുന്നു. ഇതിന്റെ മൂല്യം 8.314 J /mol. K.

ആയതിനാൽ μ മോളുകൾ ഉള്ള ഒരു ആദർശ വാതകത്തിന്റെ വാതക സമീകരണം താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ളതുപോലെ എഴുതാം

$$PV = \mu RT \qquad (8.3)$$

ഈ സമീകരണത്തിനെ ആദർശവാതകത്തിന്റെ അവസ്ഥാ സമീകരണം എന്നു പറയുന്നു. ഈ സമീകരണം സംതുലനാവസ്ഥയിലുള്ള ഒരു താപഗതിക വ്യവസ്ഥയിലെ മർദ്ദം, വ്യാപ്തം, താപനില എന്നിവയെ ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 8.2

8 km ദൂരത്തിൽ നിന്ന് സൈക്കിളിൽ വിദ്യാലയത്തിൽ വരുന്ന വിദ്യാർത്ഥിനിയുടെ, സൈക്കിളിന്റെ ചക്രത്തിന്റെ വായു മർദം 27°C ൽ 240 kPa ആ വിദ്യാർത്ഥിനി വിദ്യാലയത്തിൽ എത്തിച്ചേർന്നപ്പോൾ ചക്രത്തിന്റെ താപനില 39°C ആണെങ്കിൽ ചക്രത്തിന്റെ വായുമർദം കണക്കാക്കുക?

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 98 22-07-2022 15:13:13

നിർദ്ധാരണം

ചക്രത്തിലെ വാതകം ആദർശവാതകമായി കരുതിയാൽ വാതക തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണവും ചക്രത്തിന്റെ വ്യാപ്തവും ഇവിടെ സ്ഥിരാങ്കമാകുന്നു. അതുകൊണ്ട് 27°C താപനിലയിലുള്ള വാതക തന്മാത്രകൾ $P_1V_1 = NkT_1$ എന്ന വാതക സമീകരണത്തേയും, 39°C താപനിലയുള്ള വാതക തന്മാത്രകൾ $P_2V_2 = NkT_2$ എന്ന വാതക സമീകരണത്തേയും പൂർത്തീകരിക്കുന്നു

നമുക്കറിയാം

$$V_1 = V_2 = V$$

$$\frac{P_1V}{P_2V} = \frac{NkT_1}{NkT_2}$$

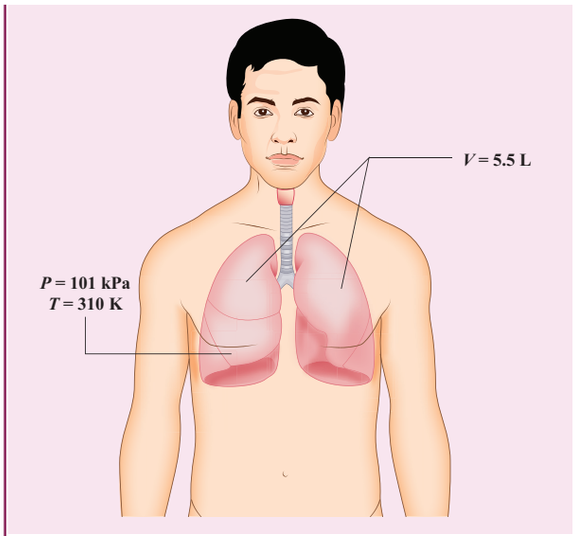
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{T_2}{T_1}P_1$$

$$P_2 = \frac{312K}{300K} \times 240 \times 10^3\,Pa = 249.6\,kPa$$

ഉദാഹരണം 8.3

37°C ശരീരതാപനിലയിൽ ഉള്ള ഒരു വ്യക്തി ശ്വസിക്കുമ്പോൾ, വ്യക്തിയുടെ ശ്വാസകോശം 5.5 ലിറ്റർ വായു 1 അന്തരീക്ഷമർദ്ദത്തിൽ (1 atm =101 kPa) ഉള്ളിലെത്തുന്നു. വ്യക്തിയുടെ ശ്വാസകോശത്തിലെ ഓക്സിജൻ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം കണക്കാക്കുക. (കുറിപ്പ്: വായുവിൽ 21% ഓക്സിജനാകുന്നു.).



നിർദ്ധാരണം

ശ്വാസകോശത്തിലുള്ള വായു ഒരു ആദർശവാതകമായി കരുതി, ആദർശ വാതക സമീകരണമുപയോഗിച്ച് വായു തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം കണക്കാക്കാം.

$$PV = NkT$$

ഇവിടെ വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം ലിറ്ററിൽ കൊടുക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഒരു ലിറ്റർ എന്നത് ഭുജം 10 സെ.മി. അളവുള്ള ഒരു ക്യൂബിന്റെ വ്യാപ്തത്തിനു സമം. ആയതിനാൽ,

1ലിറ്റർ = 10സെ.മി × 10സെ.മി × 10സെ.മി = 10^{-3} മീ^{3}

$$N = \frac{PV}{kT} = \frac{1.01\times10^5\,\text{Pa}\times5.5\times10^{-3}\,\text{m}^3}{1.38\times10^{-23}\,\text{JK}^{-1}\times310\text{K}}$$

$= 1.29 \times 10^{23}$ തന്മാത്രകൾ

ഇതിൽ 21% മാത്രമേ ഓക്സിജൻ തന്മാത്രകളായുള്ളൂ. അതുകൊണ്ട് ആകെ ഓക്സിജൻ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം

$$= 1.29 \times 10^{23} \times \frac{21}{100}$$

ഓക്സിജൻ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം
$= 2.7 \times 10^{22}$ തന്മാത്രകൾ

ഉദാഹരണം 8.4

ഒരു മോൾ അളവിലുള്ള ഏതെങ്കിലും ഒരു വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം STP ൽ കണക്കാക്കുക. അതേ തന്മാത്രകളുടെ വ്യാപ്തം മുറിയിലെ താപനില (300K) യിൽ ഒരു അന്തരീക്ഷ മർദ്ദ (1 atm) ത്തിൽ കണക്കാക്കുക.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 99 22-07-2022 15:13:17

നിർദ്ധാരണം:

STP ൽ, താപനില (T=273K അല്ലെങ്കിൽ 0°C) മർദം (P=1 atm അല്ലെങ്കിൽ 101.3 kPa)

ആദർശവാതക സമീകരണം ഇവിടെ ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ $V = \frac{\mu RT}{P}$. ഇവിടെ μ = 1 mol, R =8.314 J/mol.K.

ഇവ സമീകരണത്തിൽ പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ

$$V = \frac{(1\ \text{mol})(8.314\ \frac{\text{J}}{\text{mol}}\ \text{K})(273\text{K})}{1.013\times10^{5}\ \text{Nm}^{-2}}$$

$=22.4 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$

നമുക്കറിയാം 1 ലിറ്റർ (L) = $=10^{-3}\text{m}^3$. ഇതിൽ നിന്ന് 1 മോൾ അളവുള്ള ഏതൊരു ആദർശവാതകത്തിന്റേയും വ്യാപ്തം 22.4 ലിറ്റർ എന്ന് അനുമാനിക്കാം. മുറിയിലെ താപനിലയിൽ ഒരു മോൾ അളവുള്ള വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം 22.4 ലിറ്ററെ $\frac{300K}{273K}$ ൽ ഗുണിക്കേണ്ടതാണ്. ഇപ്രകാരം കണക്കാക്കുമ്പോൾ, വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം 24.6 ലിറ്റർ എന്ന് ലഭിക്കും.

ഉദാഹരണം 8.5

നിങ്ങളുടെ ക്ലാസ്സ് മുറിയിലുള്ള വായുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം NTP ൽ കണക്കാക്കുക. ഇവിടെ NTP എന്നത് മുറിയുടെ താപനിലയേയും ഒരു അന്തരീക്ഷ മർദ്ദത്തെയും കുറിക്കുന്നു 1 atm.

നിർദ്ധാരണം

ഒരു ക്ലാസ്സ് മുറിയുടെ ശരാശരി വലുപ്പം 6m നീളം, 5 m വീതി 4 m ഉയരം എന്നിങ്ങനെയാകുന്നു. മുറിയുടെ വ്യാപ്തം $V = 6 \times 5 \times 4 = 120\text{m}^3$ ആകുന്നു. ഈ വ്യാപ്തത്തിലുള്ള മോളുകളുടെ എണ്ണം കണക്കാക്കേണ്ടതാണ്.

മുറിയുടെ താപനിലയിൽ 300K, ഒരു മോൾ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം 24.6 ലിറ്റർ.

മോളുകളുടെ എണ്ണം $\mu = \frac{120\text{m}^3}{24.6\times10^{-3}\ \text{m}^3} \approx 4878\ \text{mol.}$

വായുവിൽ 20% ഓക്സിജൻ, 79% നൈട്രജൻ 1% ആർഗൻ, ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം, സെനാൺ തുടങ്ങിവയുടെ മിശ്രിതമാണുള്ളത്. വായുവിന്റെ തന്മാത്രാദ്രവ്യമാനം 29 gmol^{-1}.

ആയതിനാൽ മുറിയിലുള്ള വായുവിന്റെ ആകെ ദ്രവ്യമാനം $m = 4878 \times 29 \times 10^{-3} = 141.4\text{kg}$ ആകുന്നു.

8.2.2 താപധാരിതയും വിശിഷ്ടതാപധാരിതയും

27°C താപനിലയിലുള്ള ജലം, എണ്ണ ഇവ രണ്ടും സമ അളവിൽ എടുത്ത് 50°C താപനിലയിൽ എത്തുന്നതുവരെ ഇവ രണ്ടിനെയും ചൂടാക്കുക. ജലത്തിനും എണ്ണക്കും 50°C താപനിലയിൽ എത്താനെടുത്ത സമയം കുറിക്കുക. ഈ രണ്ടു സമയങ്ങളും തീർച്ചയായും ഒന്നുപോലെയായിരിക്കില്ല. എണ്ണയുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ ജലത്തിനു കൂടുതൽ സമയം വേണ്ടിവരും. ഇതിൽ നിന്നും50°C താപനിലയിലെത്താൻ എണ്ണയേക്കാൾ ജലത്തിനു കൂടുതൽ താപ ഊർജ്ജം ആവശ്യമാണെന്നു നമുക്ക് അനുമാനിക്കാം. ഇപ്പോൾ 27°C ൽ രണ്ടിരട്ടി ജലമെടുത്ത് അതിന്റെ താപനില 50°C ൽ എത്തുന്നതുവരെ ചൂടാക്കി അതിനെടുത്ത സമയം മുമ്പ് കുറിക്കപ്പെട്ട സമയത്തിന്റെ രണ്ടിരട്ടിയുള്ളതായി കാണാം.

തന്നിട്ടുള്ള വസ്തുവിന്റെ താപനില T യിൽ നിന്ന് T + ΔT യായി ഉയർത്താൻ ആവശ്യമായ താപ ഊർജ്ജത്തിന്റെ അളവ് താപധാരിത എന്ന് നിർവ്വചിക്കപ്പെടുന്നു.

$$\text{താപധാരിത } S = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

ഒരു കിലോഗ്രാം ദ്രവ്യമാനമുള്ള വസ്തുവിന്റെ താപനില ഒരു കെൽവിൻ അല്ലെങ്കിൽ 1°C ഉയർത്താൻ ആവശ്യമായ താപ ഊർജ്ജത്തിന്റെ അളവിനെ വിശിഷ്ട താപധാരിത എന്ന് നിർവ്വചിക്കപ്പെടുന്നു

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 100 22-07-2022 15:13:19

$$\Delta Q = m\, s \Delta T$$

ആയതിനാൽ,

$$s = \frac{1}{m}\left(\frac{\Delta Q}{\Delta T}\right)$$

ഇവിടെ s എന്നത് വസ്തുവിന്റെ വിശിഷ്ട താപധാരിതയാകുന്നു. ഇതിന്റെ മൂല്യം വസ്തുവിന്റെ സ്വഭാവത്തെമാത്രം ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു, അളവിനെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല

ΔQ = താപഊർജ്ജത്തിന്റെ അളവ്

ΔT = താപനിലയിലെ വ്യതിയാനം

m = വസ്തുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം

വിശിഷ്ട താപധാരിതയുടെ SI മാത്ര J kg^{-1} K^{-1} ആകുന്നു. താപധാരിത, വിശിഷ്ടതാപധാരിത ഇവ രണ്ടും ധനാത്മക അളവുകൾ ആകുന്നു.

പട്ടിക 8.2 ചില പൊതുവായ വസ്തുക്കളുടെ വിശിഷ്ട താപധാരിത (20°C താപനില, 1 atm മർദ്ദത്തിൽ)

വസ്തുക്കൾ	വിശിഷ്ടതാപധാരിത ($Jkg^{-1}K^{-1}$)
വായു	1005
ഈയം	130
ചെമ്പ്	390
ഇരുമ്പ് (സ്റ്റീൽ)	450
കണ്ണാടി	840
അലുമിനിയം	900
മനുഷ്യ ശരീരം	3470
ജലം	4186

പട്ടിക (8.2) ൽ നന്ന് ജലത്തിന്റെ വിശിഷ്ട താപധാരിത ഏറ്റവും ഉയർന്നതാണെന്നു കാണാം. അതുകൊണ്ടാണ് വൈദ്യുതനിലയം, അണുശക്തി റിയാക്ടർ മുതലായവയിൽ തണുപ്പിക്കുവാനുള്ള പദാർത്ഥമായിട്ടുപയോഗിക്കുന്നത്.

കുറിപ്പ്

താപധാരിത അല്ലെങ്കിൽ വിശിഷ്ട താപധാരിത എന്നത് വസ്തുക്കളിലുള്ള താപത്തിന്റെ അളവിനെക്കുറിക്കുന്നതല്ല.എന്തെന്നാൽ താപം എന്നത് ഉയർന്ന താപനിലയിലുള്ള വസ്തുക്കളിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞ താപനിലയിലുള്ള വസ്തുക്കളിലേക്കുള്ള ഊർജ്ജപ്രേഷണമാകുന്നു. അതുകൊണ്ട് താപധാരിത എന്നതിനേക്കാൾ ആന്തരികോർജ്ജ ധാരിത എന്നതാണ് ശരിയായ പദം. എന്നാൽ ദീർഘകാലമായി ഈ പദങ്ങൾ പ്രയോഗത്തിലുള്ളതുകൊണ്ട് അതങ്ങനെ തന്നെ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

സമദ്രവ്യമാനമുള്ള രണ്ടു വ്യത്യസ്ത വസ്തുക്കളെ ഒരേ അനുപാതത്തിൽ ചൂടാക്കുമ്പോൾ, കുറഞ്ഞ വിശിഷ്ടധാപധാരിതയുള്ള വസ്തുക്കളുടെ താപനില വേഗത്തിൽ അധികരിക്കുന്നു. അതുപോലെ തന്നെ അവയെ തണുപ്പിക്കുമ്പോൾ, കുറഞ്ഞ വിശിഷ്ട താപധാരിതയുള്ള വസ്തുക്കൾ വേഗത്തിൽ തണുക്കുന്നു.

വാതകങ്ങളുടെ സവിശേഷതകളെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുമ്പോൾ, മോളാർ വിശിഷ്ട താപധാരിത പ്രായോഗികമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. മോളാർ വിശിഷ്ട താപധാരിത താഴെ കാണുന്നതുപോലെ നിർവ്വചിക്കാം. ഒരു മോൾ അളവുള്ള പദാർത്ഥത്തിന്റെ താപനില 1K അല്ലെങ്കിൽ 1°C ഉയർത്താൻ ആവശ്യമായ താപോർജ്ജത്തിന്റെ അളവ് മോളാർ വിശിഷ്ട താപധാരിത എന്നുപറയുന്നു. ഇത് താഴെ കാണുന്നതുപോലെ എഴുതാം

$$C = \frac{1}{\mu}\left(\frac{\Delta Q}{\Delta T}\right)$$

ഇവിടെ C എന്നത് പദാർത്ഥത്തിന്റെ മോളാർ വിശിഷ്ട താപധാരിതയെക്കുറിക്കുന്നു. μ എന്നത് പദാർത്ഥത്തിലുള്ള മോളുകളുടെ എണ്ണത്തെക്കുറിക്കുന്നു.

മോളാർ വിശിഷ്ട താപധാരിതയുടെ SI മാത്ര J mol^{-1} K^{-1} ആകുന്നു. ഇതും ഒരു ധനാത്മക അളവാകുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 101 22-07-2022 15:13:20

8.2.3 ഖര, ദ്രവ, വാതകങ്ങളുടെ താപീയ വികാസം

താപനിലയുടെ വ്യത്യാസത്താൽ വസ്തുക്കളുടെ രൂപം, വിസ്തീർണ്ണം, വ്യാപ്തം എന്നിവയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന മാറ്റം താപീയ വികാസം എന്നു പറയുന്നു.

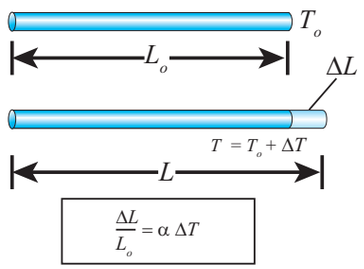
വസ്തുക്കളുടെ മൂന്നു അവസ്ഥകളിലും (ഖര, ദ്രവ,വാതകം) ചൂടാക്കുമ്പോൾ അവ വികസിക്കുന്നു. ഒരു ഖര വസ്തുവിനെ ചൂടാക്കുമ്പോൾ അതിലെ അണുക്കൾ അവയുടെ സംതുലന ബിന്ദുവിനനുസരിച്ച് ഉയർന്ന ആയാമത്തിൽ കമ്പനം കൊള്ളുന്നു. മറ്റുവസ്തുക്കളോടു താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ ഖര വസ്തുക്കളുടെ വലുപ്പത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന മാറ്റം കുറവായിരിക്കും. റയിൽപ്പാളത്തിലെ ചില സ്ഥലങ്ങളിൽ ചെറിയ വിടവുകൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. എന്തെന്നാൽ വേനൽക്കാലങ്ങളിൽ റയിൽപ്പാളം വികസിക്കും. ഇപ്രകാരം താപനിലയിലെ വ്യത്യാസത്തിനാൽ എളുപ്പത്തിൽ വികസിക്കുകയും ചുരുങ്ങുകയും ചെയ്യാൻ തക്കവിധത്തിൽ പാലങ്ങളിലും റയിൽപ്പാളങ്ങളിലും വികസിക്കുന്ന സന്ധികൾ ചിത്രം (8.3) ൽ ഉള്ളതുപോലെ കാണപ്പെടുന്നു.

ദ്രാവകങ്ങളിൽ പാരസ്പാരിക തന്മാത്രാ ബലങ്ങൾ ഖരവസ്തുക്കളിലേതിനേക്കാൾ കുറവായിരിക്കും. അതിനാൽ അവ ഖരവസ്തുക്കളേക്കാൾ അധികമായി വികസിക്കുന്നു. ഈ സവിശേഷതയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് മെർക്കുറി തെർമോമീറ്റർ പ്രവർത്തിക്കുന്നത്.

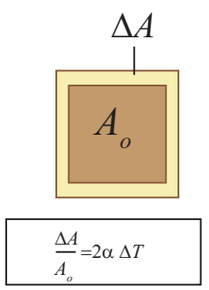
വാതക തന്മാത്രകളെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം അവയുടെ പാരസ്പാരിക തന്മാത്രാ ബലങ്ങൾ ഏറെക്കുറെ അവഗണിക്കത്തക്ക അളവിലാണുള്ളത്. ആയതിനാൽ അവയ്ക്ക് ഖരവസ്തുക്കളേക്കാൾ വളരെ കൂടുതൽ വികാസമുണ്ടാകുന്നു. ഉദാഹരണമായി ചൂടായ വായു നിറച്ച ബലൂണുകളിലെ വാതക തന്മാത്രകളെ ചൂടാക്കുമ്പോൾ അവ വികസിച്ച് കൂടുതൽ സ്ഥലം എടുക്കുന്നു.

താപനില ഉയരുന്നതുകൊണ്ട് വസ്തുക്കളുടെ പരിമാണത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വർദ്ധന താപ വികാസം എന്നു പറയുന്നു.

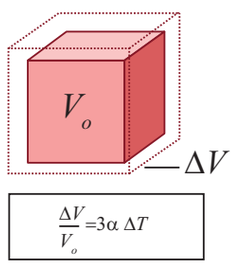
ചിത്രം 8.3 പാലങ്ങളിലെ വികസിക്കുന്ന സന്ധികൾ



(a) രേഖീയവികാസം



(b) പരപ്പളവുവികാസം



(c) ഉള്ളളവു വികാസം

ചിത്രം 8.4 താപീയ വികാസം

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 102 22-07-2022 15:13:20

നീളത്തിന് ഉണ്ടാകുന്ന വികാസം **രേഖീയ വികാസം** എന്നു പറയപ്പെടുന്നു. ഇതുപോലെ പരപ്പളവിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വികാസത്തെ **പരപ്പളവു വികാസം** എന്നും ഉള്ളളവിലുണ്ടാകുന്ന വികാസത്തെ **ഉള്ളളവു വികാസം** എന്നും പറയുന്നു. ചിത്രം 8.4-ൽ ഈ വികാസങ്ങൾ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു

രേഖീയ വികാസം

ഖരവസ്തുക്കളിൽ ΔT എന്ന ചെറിയ താപനിലയിലെ മാറ്റത്തിനാൽ ദൈർഘ്യത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ചെറുമാറ്റം $\left(\frac{\Delta L}{L_0}\right)$ എന്നത് ΔT ക്ക് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha_L \Delta T$$

അതുകൊണ്ട്, $\alpha_L = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T}$

ഇവിടെ, α_L = രേഖീയ വികാസ സ്ഥിരാങ്കം.

ΔL = ദൈർഘ്യത്തിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റം

L_0 = ആരംഭ ദൈർഘ്യം

ΔT = താപനിലയിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റം.

- മുറുക്കമായി അടയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള കണ്ണാടിക്കുപ്പിയുടെ അടപ്പിനെ എളുപ്പത്തിൽ തുറക്കാൻ, അതിനെ ചൂടായ ജലത്തിനരുകിൽ കുറച്ചുസമയം വയ്ക്കേണ്ടതാണ്. അതിനുശേഷം അടപ്പ് എളുപ്പത്തിൽ തുറക്കാൻ സാധിക്കും. കാരണം കണ്ണാടിക്കുപ്പിയുടെ അടപ്പിന്റെ താപീയ വികാസം കണ്ണാടിയേക്കാൾ അധികമായതിനാലാണ്.
- ചൂടുള്ള വേവിച്ച മുട്ട തണുത്ത വെള്ളത്തിലിട്ടാൽ അതിന്റെ പുറംതോട് എളുപ്പത്തിൽ നീക്കാൻ കഴിയും. കാരണം മുട്ടയ്ക്കും പുറംതോടിനും വ്യത്യസ്ത താപീയ വികാസമുള്ളതിനാലാണ്.

ഉദാഹരണം 8.6

ഫ്രാൻസിലെ ഇരുമ്പിനാൽ നിർമ്മിക്കപ്പെട്ട ഈഫൽ ഗോപുരത്തിന്റെ ഉയരം ഏകദേശം 300 m ആകുന്നു. ഫ്രാൻസിൽ ശൈത്യകാലത്തിലെ താപനില 2°C വേനൽക്കാലത്തെ ശരാശരി താപനില 25°C ഈ രണ്ടു കാലാവസ്ഥകൾക്കിടയ്ക്ക് ഈഫിൽ ഗോപുരത്തിന്റെ ഉയരത്തിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റം കണക്കാക്കുക. ഇരുമ്പിന്റെ രേഖീയ വികാസ സ്ഥിരാങ്കം $\alpha = 10 \times 10^{-6}/°C$

നിർദ്ധാരണം

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha_L \Delta T$$

$$\Delta L = \alpha_L L_0 \Delta T$$

$\Delta L = 10 \times 10^{-6} \times 300 \times 23 = 0.069$ m=69 mm

പരപ്പളവു വികാസം

ΔT എന്ന ചെറുതാപനില മാറ്റത്താൽ വസ്തുവിന്റെ പരപ്പളവിലുണ്ടാകുന്ന ഭിന്നിതമായ മാറ്റം $\left(\frac{\Delta A}{A_0}\right)$, ΔT യ്ക്കു അനുക്രമാനുപാതത്തിലായിരിക്കും. ഇതിനെ താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ളതുപോലെ എഴുതാം

$$\frac{\Delta A}{A_0} = \alpha_A \Delta T$$

ആയതിനാൽ, $\alpha_A = \frac{\Delta A}{A_0 \Delta T}$

ഇവിടെ, α_A = പരപ്പളവു വികാസ സ്ഥിരാങ്കം.

ΔA = പരപ്പളവിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റം

A_0 = ആരംഭ പരപ്പളവ്

ΔT = താപനിലയിലുണ്ടായ മാറ്റം

ഉള്ളളവു വികാസം

ΔT എന്ന ചെറുതാപനിലയിലെ മാറ്റത്തിനാൽ, വസ്തുവിന്റെ ഉള്ളളവിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഭിന്നിതമായ മാറ്റം $\left(\frac{\Delta V}{V_0}\right)$, ΔT യ്ക്ക് അനുക്രമാനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \alpha_V \Delta T$$

അതുകൊണ്ട്, $\alpha_V = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T}$

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 103 22-07-2022 15:13:22

ഇവിടെ, α_V = ഉള്ളളവു വികാസ സ്ഥിരാങ്കം.

ΔV = ഉള്ളളവിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റം

V_0 = ആരംഭ ഉള്ളളവ്

ΔT = താപനിലയിലുണ്ടായ മാറ്റം

ഖരവസ്തുക്കളുടെ രേഖീയ, പരപ്പളവ്, ഉള്ളളവ് എന്നിവയുടെ വികാസ സ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ മാത്രം $^\circ C^{-1}$ അല്ലെങ്കിൽ K^{-1}

കുറിപ്പ്

തന്നിട്ടുള്ള വസ്തുക്കൾക്ക്,

$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha_L \Delta T$ (രേഖീയ വികാസം)

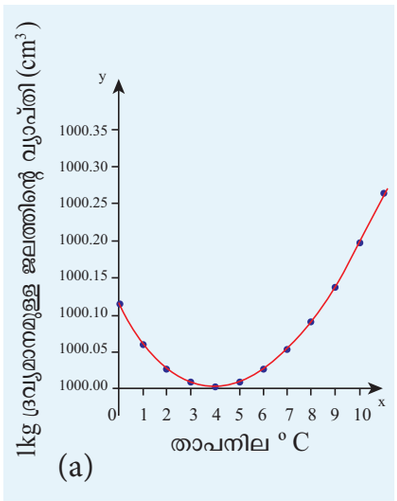
$\frac{\Delta A}{A_0} \approx 2\,\alpha_L \Delta T$ (പരപ്പളവു വികാസം ≈ 2 × രേഖീയ വികാസം)

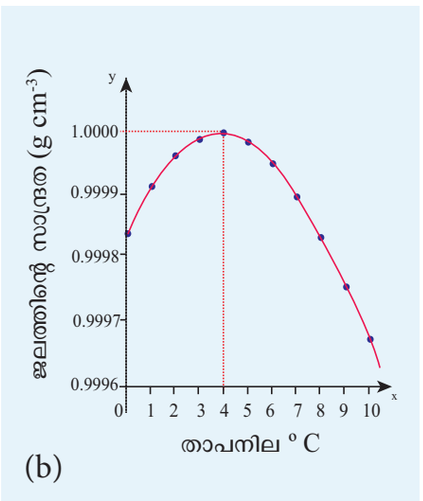
$\frac{\Delta V}{V_0} \approx 3\,\alpha_L \Delta T$ (ഉള്ളളവു വികാസം ≈ 3 × രേഖീയ വികാസം)

8.2.4 ജലത്തിന്റെ ക്രമവിരുദ്ധ വികാസം

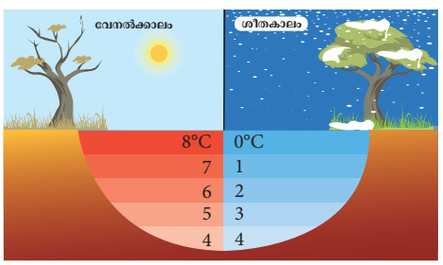
സാധാരണ താപനിലകളിൽ ദ്രാവകങ്ങളെ ചൂടാക്കുമ്പോൾ വികസിക്കുകയും തണുപ്പിക്കുമ്പോൾ ചുരുങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ ജലത്തിനു ഇതിനു വിരുദ്ധമായ ഒരു സവിശേഷതയുണ്ട്. 0°C മുതൽ 4°C വരെ ചൂടാക്കുമ്പോൾ ജലം ചുരുങ്ങുന്നു. ജലം മുറിയിലുള്ള താപനിലയിൽ നിന്ന് തണുപ്പിക്കുമ്പോൾ 4°C താപനിലയിലെത്തുന്നതുവരെ അതിന്റെ ഉള്ളളവ് കുറയുന്നു. 4°C താപനിലയ്ക്കു താഴെ അതിനെ തണുപ്പിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ ഉള്ളളവ് വർധിക്കുന്നു. മാത്രമല്ല അതിന്റെ സാന്ദ്രത കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. അതായത് 4°C താപനിലയിൽ ജലം ഏറ്റവും ഉയർന്ന സാന്ദ്രതയിലായിരിക്കും. ജലത്തിന്റെ ഈ സവിശേഷതയെ ജലത്തിന്റെ ക്രമവിരുദ്ധ വികാസം എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം (8.5) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു

തണുപ്പുള്ള രാജ്യങ്ങളിൽ, ശൈത്യകാലത്ത് തടാകങ്ങളുടെ മേൽ പ്രതലത്തിലെ താപനില അതിന്റെ അടിഭാഗത്തെ താപനിലയേക്കാൾ കുറവായി കാണപ്പെടുന്നു. ഇത് ചിത്രം (8.6) ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്. എന്തെന്നാൽ ഖര ജലത്തിന്റെ (ice) സാന്ദ്രത സാധാരണ ജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയേക്കാൾ കുറവാകുന്നു. 4°C താപനിലയ്ക്കു താഴെ ഉറഞ്ഞ ജലം സാധാരണ ജലത്തിനു മുകളിൽ പൊങ്ങി തടാകങ്ങളുടെ മുകൾ പരപ്പിൽ വരുന്നു. ഇതിനു കാരണം ജലത്തിന്റെ ക്രമവിരുദ്ധ വികാസമാകുന്നു. തടാകങ്ങൾ, കുളങ്ങൾ എന്നിവയുടെ മേൽപരപ്പ് ഉറഞ്ഞ് ഐസുകളാൽ മൂടപ്പെട്ടിരുന്നാലും, അടിയിലുള്ള ജലം ഉറയാതെ ജലജീവികളെ സംരക്ഷിക്കുന്നു.





ചിത്രം 8.5 ജലത്തിന്റെ ക്രമവിരുദ്ധ വികാസം



ചിത്രം 8.6 തടാകങ്ങളിൽ ജലത്തിന്റെ ക്രമവിരുദ്ധ വികാസം

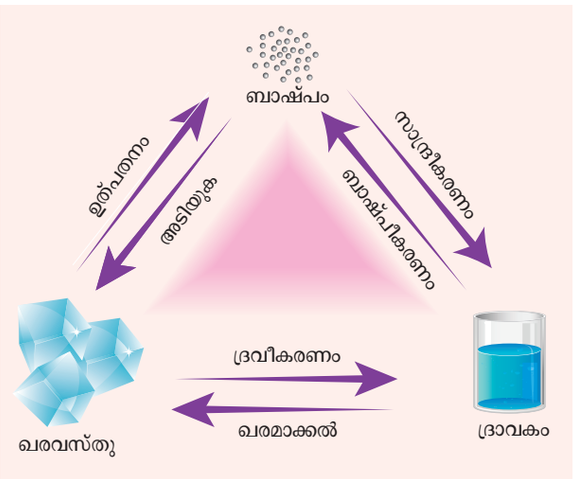
XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 104 22-07-2022 15:13:23

8.2.5 അവസ്ഥാമാറ്റം

സാധാരണയായി എല്ലാ വസ്തുക്കളും ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം എന്നീ മൂന്നു അവസ്ഥകളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ചൂടാക്കുമ്പോൾ അല്ലെങ്കിൽ തണുപ്പിക്കുമ്പോൾ വസ്തുക്കൾ ഒരവസ്ഥയിൽ നിന്ന് മറ്റൊരവസ്ഥയിലേക്ക് പരിവർത്തനം ചെയ്യുന്നു.

ഉദാഹരണങ്ങൾ :

1. ദ്രവീകരണം (ഖരാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ദ്രാവകത്തിലേയ്ക്ക്)
2. ബാഷ്പീകരണം (ദ്രാവകാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് വാതകാവസ്ഥയിലേക്ക്)
3. ഉത്പതനം (ഖരാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് വാതകാവസ്ഥയിലേക്ക്)
4. ശീതീകരണം (ദ്രാവകാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ഖരാവസ്ഥയിലേക്ക്)
5. സാന്ദ്രീകരണം (വാതകാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ദ്രാവകാവസ്ഥയിലേക്ക്)



ചിത്രം 8.7 വസ്തുക്കളുടെ അവസ്ഥാമാറ്റം

ലീനതാപധാരിത:

ഒരു പാത്രത്തിലെ ജലം ചൂടാക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ തിളനിലയായ 100 °C താപനില എത്തുന്നതുവരെ, അതിന്റെ താപനില ഉയരും. അതിനുശേഷം എല്ലാ ജലവും ആവിയാകുന്നതുവരെ അതിന്റെ താപനിലയിൽ മാറ്റമില്ലാതെ സ്ഥിരമായിരിക്കും. ഈ പ്രക്രിയയിൽ താപം തുടർച്ചയായി ജലത്തിലോട്ടു പ്രവഹിക്കുന്നു. എന്നാലും അതിന്റെ താപനില, തിളനിലയേക്കാൾ ഉയരാതെ അതേ അവസ്ഥയിൽ തന്നെ തുടരുന്നു. ഇതാണ് ലീനതാപധാരിതയുടെ ആശയം.

ഒരുമാത്ര ദ്രവ്യമാനമുള്ള വസ്തുവിന്റെ അവസ്ഥ മാറ്റുന്നതിന് ആവശ്യമായ താപോർജ്ജ അളവിനെ വസ്തുവിന്റെ ലീന താപധാരിത എന്നു നിർവ്വചിക്കപ്പെടുന്നു.

$$Q = m \times L$$

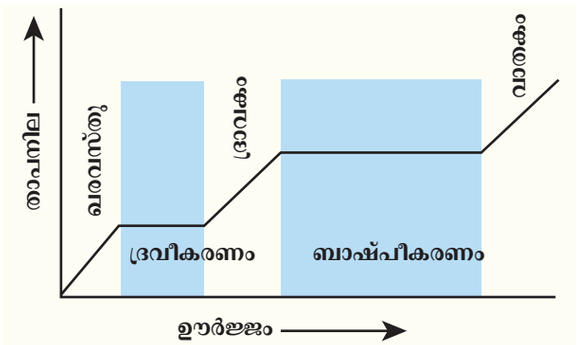
അതുകൊണ്ട്, $L = \frac{Q}{m}$

ഇവിടെ L = വസ്തുവിന്റെ ലീന താപധാരിത

Q = താപത്തിന്റെ അളവ്

m = വസ്തുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം

ലീന താപധാരിതയുടെ SI മാത്ര $J\ kg^{-1}$ ആകുന്നു.



ചിത്രം 8.8 ജലത്തിന്റെ താപോർജ്ജത്തിനും താപനിലയ്ക്കും ഉള്ള ബന്ധം

കുറിപ്പ്

അവസ്ഥാമാറ്റത്തിൽ താപം കൊടുക്കുകയോ അല്ലെങ്കിൽ നീക്കപ്പെടുകയോ ചെയ്താലും, അതിന്റെ താപനിലയിൽ മാറ്റമില്ലാതെ തുടർന്ന് അതേ അവസ്ഥയിൽ നിലനിൽക്കും.

- ഖര-ദ്രാവക അവസ്ഥാമാറ്റത്തിനാവശ്യമായ ലീന താപത്തെ ദ്രവീകരണലീന താപം (L_f) എന്നു പറയുന്നു
- ദ്രാവക-വാതക അവസ്ഥാമാറ്റത്തിനാവശ്യമായ ലീനതാപത്തെ ബാഷ്പീകരണ ലീന താപം (L_v) എന്നു പറയുന്നു
- ഖര-വാതക അവസ്ഥാമാറ്റത്തിനാവശ്യമായ ലീന താപത്തെ ഉത്പതന ലീനതാപം (L_s) എന്നു പറയുന്നു

ട്രിപ്പിൾ പോയിന്റ്

തന്നിട്ടുള്ള ഒരു വസ്തുവിന്റെ മൂന്നു അവസ്ഥകളും (ഖര, ദ്രാവക, വാതക) താപഗതിക സംതുലനാവസ്ഥയിരിക്കുമ്പോൾ, ആ വസ്തുവിന്റെ താപനില, മർദ്ദം എന്നിവയെ വസ്തുവിന്റെ ട്രിപ്പിൾ പോയിന്റ് എന്നു വിളിക്കപ്പെടുന്നു.

ജലത്തിന്റെ ട്രിപ്പിൾ പോയിന്റ് 273.1 K ഭാഗികമായ ബാഷ്പമർദ്ദം 611.657 പാസ്കലാകുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 105 22-07-2022 15:13:24

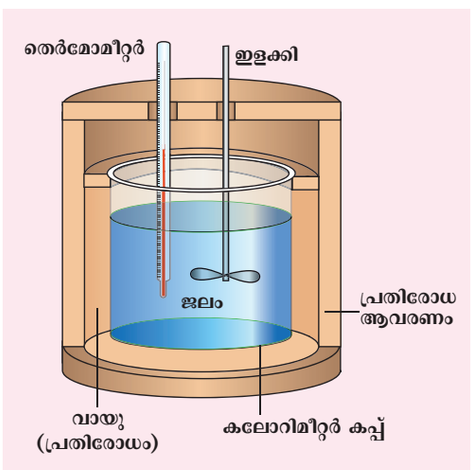
8.2.6 താപമിതി

ഒരു താപഗതിക വ്യവസ്ഥയെ ചൂടാക്കുമ്പോൾ, ആ വ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് പുറത്തുവരുന്ന താപത്തെ അല്ലെങ്കിൽ ആ വ്യവസ്ഥയാൽ വലിച്ചെടുക്കപ്പെട്ട താപത്തെ അളക്കുന്ന ഒരു പ്രവൃത്തിയാണ് താപ മിതി. ഉയർന്ന താപനിലയിലുള്ള ഒരു വസ്തു കുറഞ്ഞ താപനിലയിലുള്ള ഒരു വസ്തുവുമായി സമ്പർക്കത്തിലായിരിക്കുമ്പോൾ ഉയർന്ന താപനി ലയിലുള്ള വസ്തുവിന് നഷ്ടപ്പെട്ട താപം, കുറഞ്ഞ താപനിലയിലുള്ള വസ്തുവിന് ലഭിച്ച താപത്തി നു സമമായിരിക്കും. ചുറ്റുപാടിലും യാതൊരുവിധ താപവും കടത്തപ്പെടുന്നില്ല. ഇതിനെ ഗണിത രീതിയിൽ താഴെക്കാണുന്നതുപോലെ ആവിഷ് ക്കരിക്കാം.

$$Q_{\text{നേട്ടം}} = -Q_{\text{നഷ്ടം}}$$

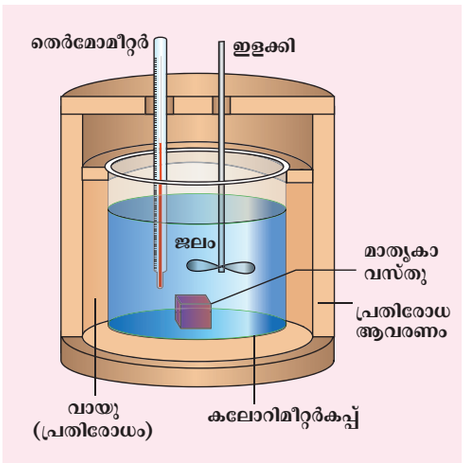
$$Q_{\text{നേട്ടം}} + Q_{\text{നഷ്ടം}} = 0$$

നേടിയ താപം അല്ലെങ്കിൽ നഷ്ടപ്പെട്ട താപം കലോറി മീറ്റർ (താപമിതി) ഉപയോഗിച്ച് അളക്കാം. സാധാ രണായയി കലോറി മീറ്റർ എന്നത് ചിത്രം (8.9) ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ ജലം നിറയ്ക്കപ്പെട്ട താപം കടത്തിവിടുന്ന പദാർത്ഥങ്ങൾ ഉൾക്കൊ ള്ളുന്ന പാത്രമാകുന്നു.



ചിത്രം 8.9 കലോറിമീറ്റർ

ഉയർന്ന താപനിലയിലുള്ള (T_1) ഒരു മാതൃകാവ സ്തുവിനെ, മുറിയുടെ താപനിലയിൽ (T_2) കലോ റിമീറ്ററിൽ ഉള്ള ജലത്തിൽ മുങ്ങിയ അവസ്ഥയിൽ വയ്ക്കേണ്ടതാണ്. അല്പ സമയത്തിനുശേഷം ജലം, കലോറിമീറ്റർ ഇവ രണ്ടും T_f എന്ന അവ സാന താപനിലയിലെത്തും. കലോറി മീറ്റർ താപം കടത്തിവിടാത്തതിനാൽ, ഉയർന്ന താപനിലയിലെ മാതൃകാവസ്തുവിന് നഷ്ടപ്പെട്ട താപവും, കുറഞ്ഞ താപ നിലയിലെ ജലം നേടിയ താപവും സമമാ കുന്നു. ഇതു ചിത്രം 8.10-ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്



ചിത്രം 8.10 മാതൃകാവസ്തു ഉള്ള കലോറി മീറ്റർ

$$Q_{\text{നേട്ടം}} = -Q_{\text{നഷ്ടം}}$$

ഇവിടെ സാങ്കേതിക ചിഹ്നം ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്. താപനഷ്ടം ഋണാത്മകമായും, നേടിയ താപം ധനാത്മകമായും കുറിയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

വിശിഷ്ട താപധാരിത നിർവ്വചനത്തിൽ നിന്ന്

$$Q_{\text{നേട്ടം}} = m_2 s_2 (T_f - T_2)$$

$$Q_{\text{നഷ്ടം}} = m_1 s_1 (T_f - T_1)$$

ഇവിടെ s_1 , s_2 എന്നിവ യഥാക്രമം ജലം, മാതൃകാ വസ്തു എന്നിവയുടെ വിശിഷ്ട താപധാരിതകളാ കുന്നു.

അതുകൊണ്ട്,

$$m_2 s_2 (T_f - T_2) = - m_1 s_1 (T_f - T_1)$$

$$m_2 s_2 T_f - m_2 s_2 T_2 = - m_1 s_1 T_f + m_1 s_1 T_1$$

$$m_2 s_2 T_f + m_1 s_1 T_f = m_2 s_2 T_2 + m_1 s_1 T_1$$

അവസാനതാപനില

$$T_f = \frac{m_1 s_1 T_1 + m_2 s_2 T_2}{m_1 s_1 + m_2 s_2}$$

ഉദാഹരണം 8.7

50°C താപനിലയിലുള്ള 5 L ജലം, 30°C താപ നിലയിലുള്ള 4L ജലവുമായി കൂട്ടിക്കലർത്ത പ്പെടുന്നു. ജലത്തിന്റെ അവസാന താപനില എന്തായിരിക്കും? ഇവിടെ ജലത്തിന്റെ വിശിഷ്ട താപധാരിത 4184 J kg^{-1} K^{-1} എന്നെടുക്കുക.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 106 22-07-2022 15:13:25

നിർദ്ധാരണം

താഴെ കാണുന്ന സമീകരണം ഉപയോഗിക്കാം

$$T_f = \frac{m_1 s_1 T_1 + m_2 s_2 T_2}{m_1 s_1 + m_2 s_2}$$

$m_1 = 5L = 5\text{kg}$, $m_2 = 4L = 4\text{kg}$, $s_1 = s_2$

$T_1 = 50°\text{C} = 323\text{K}$, $T_2 = 30°\text{C} = 303\text{ K}$.

ആയതിനാൽ

$$T_f = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2} = \frac{5 \times 323 + 4 \times 303}{5 + 4} = 314.11\text{ K}$$

$T_f = 314.11\text{ K} - 273\text{K} \approx 41°\text{C}$.

50°C, 30°C എന്നീ താപനിലകളിൽ ഉള്ള സമഅളവുജലം ($m_1 = m_2$) തമ്മിൽ കലർത്തുമ്പോൾ, അവസാന താപനില ഈ രണ്ടു താപനിലകളുടേയും ശരാശരിയാകുന്നു.

$$T_f = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{323 + 303}{2} = 313\text{K} = 40°\text{C}$$

ഒരേ താപനിലയിൽ 30°C ഉള്ള രണ്ടു ജലമാതൃകകളെ തമ്മിൽ കലർത്തുമ്പോൾ അവയുടെ അവസാന താപനിലയും 30°C ആകുന്നു. ഇതിൽ നിന്നും നാം മനസ്സിലാക്കുന്നത് എന്തെന്നാൽ ഈ രണ്ടു ജലമാതൃകകളും താപസംതുലനാവസ്ഥയിലാണുള്ളത്. അതുകൊണ്ട് രണ്ടിനും നടുവിൽ യാതൊരു തലത്തിലുമുള്ള താപ കൈമാറ്റവും നടക്കുന്നില്ല എന്നതാണ്.

കുറിപ്പ്

വാതകങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ ദ്രാവകങ്ങളെ തമ്മിൽ കലർത്തുമ്പോൾ ആ മിശ്രിതത്തിന്റെ അവസാന സംതുലനാവസ്ഥയിലുള്ള താപനില ആ വസ്തുക്കളുടെ ദ്രവ്യമാനങ്ങൾ, വിശിഷ്ട ധാപധാരിതകൾ, താപനിലകൾ എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു എന്നത് ഇവിടെ ഓർമ്മിക്കേണ്ടതാണ്. മാത്രമല്ല സമ അളവുള്ള ഒരേ ദ്രവ്യങ്ങളെ തമ്മിൽ കലർത്തുമ്പോൾ മാത്രമേ അവസാന താപനില വെവ്വേറെ താപനിലകളുടെ ശരാശരി മൂല്യത്തിനു സമമാകുന്നുള്ളൂ.

8.2.7 താപ പ്രേഷണം

നാം മനസ്സിലാക്കിയതുപോലെ താപം എന്നത് ഒരു തരത്തിൽ കൈമാറ്റഊർജ്ജമാകുന്നു. ആ ഊർജ്ജം താപനിലയിലെ വ്യത്യാസത്തിനാൽ ഒരു വസ്തുവിൽ നിന്ന് മറ്റൊരു വസ്തുവിലോട്ട് പ്രേഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. താപപ്രേഷണം മൂന്നു രീതിയിൽ നടന്നു. അവ ചാലനം, സംവഹനം, വികിരണം എന്നിവയാകുന്നു.

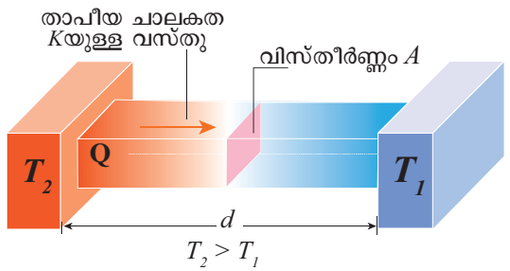
ചാലനം

താപനില വ്യത്യാസത്താൽ വസ്തുക്കൾക്കിടയ്ക്ക് നേരിട്ട് താപ കൈമാറ്റം നടക്കുന്ന പ്രക്രിയയ്ക്ക് ചാലനം എന്നുപറയുന്നു. രണ്ടു വസ്തുക്കൾ തമ്മിൽ സ്പർശിക്കുന്ന അവസ്ഥയിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ, ഉയർന്ന താപനിലയിലുള്ള വസ്തുവിൽ നിന്ന്, കുറഞ്ഞ താപനിലയിലുള്ള വസ്തുവിലോട്ട് താപ കൈമാറ്റം നടക്കുന്നു. താപം എളുപ്പത്തിൽ തന്നിലൂടെ കടന്നു പോകാൻ അനുവദിക്കുന്ന വസ്തുക്കൾക്ക് ചാലകങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു.

താപീയ ചാലകത

താപം കടത്തുന്നതിനുള്ള കഴിവിനെ താപീയ ചാലകത എന്നു പറയുന്നു.

സ്ഥിരാവസ്ഥാ നിബന്ധനയിൽ ഒരു മാത്ര താപനില വ്യതിയാനത്താൽ, ഒരു മാത്ര നീളമുള്ള വസ്തുവിലൂടെ ഒരുമാത്ര വിസ്തീർണ്ണത്തിനു ലംബമായ ദിശയിൽ കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്ന താപത്തിന്റെ അളവിനെ, വസ്തുവിന്റെ താപീയ ചാലകത എന്നുവിളിക്കപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 8.11 താപ കൈമാറ്റത്തിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന സ്ഥിരാവസ്ഥാ താപ പ്രവാഹം.

സ്ഥിരാവസ്ഥയിൽ, താപപ്രവാഹ നിരക്ക് Q താപനിലാവ്യതിയാനം ΔT ഛേദതല വിസ്തീർണ്ണം A എന്നിവയ്ക്ക് അനുക്രാനുപാതത്തിലും, ചാലകത്തിന്റെ നീളത്തിനു L വ്യുൽക്രമാനുപാതത്തിലുമായിരിക്കും. താപപ്രവാഹ നിരക്ക് താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ളതുപോലെ എഴുതാം

$$\frac{Q}{t} = \frac{KA\Delta T}{L}$$

ഇവിടെ K എന്നത് ആനുപാതിക സ്ഥിരാങ്കമാകുന്നു. (ഇതിനെ കെൽവിൻ താപനില K എന്ന് ആശയകുഴപ്പിത്തിലാകരുത്)

താപീയ ചാലകതയുടെ SI മാത്ര

$\text{J s}^{-1}\text{ m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ അല്ലെങ്കിൽ $\text{W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 107 22-07-2022 15:13:26

പട്ടിക 8.3: ചില വസ്തുക്കളുടെ താപീയ ചാലകത (in $W\ m^{-1}\ K^{-1}$) ൽ 1 *atm*

വസ്തു	താപീയ ചാലകത	വസ്തു	താപീയ ചാലകത
വജ്രം	2300	ജലം	0.56
വെള്ളി	420	മനുഷ്യകല	0.2
ചെമ്പ്	380	തടി	0.17
അലുമിനിയം	200	ഹീലിയം	0.152
സ്റ്റീൽ	40	കോർക്ക്	0.042
കണ്ണാടി	0.84	വായു	0.023
ഇഷ്ടിക	0.84		
ഐസ്	2		

കുറിപ്പ്

സ്ഥിരാവസ്ഥ: എല്ലായിടത്തും താപനില ഒരു സ്ഥിര മൂല്യത്തിലെത്തുന്നതും, ഒരിടത്തുനിന്നും യാതൊരു തരത്തിലുള്ള താപ കൈമാറ്റം നടക്കാത്തതുമായ അവസ്ഥയെ സ്ഥിരാവസ്ഥ എന്നു പറയപ്പെടുന്നു.

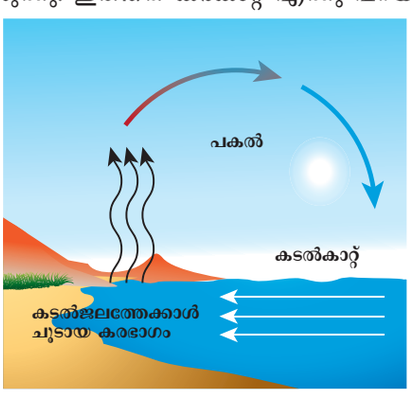
താപീയ ചാലകത വസ്തുവിന്റെ സ്വഭാവത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി വെള്ളി, അലൂമിനിയം എന്നിവ ഉയർന്ന താപീയ ചാലകത യുള്ളതായതിനാൽ അവ ഭക്ഷണം പാകം ചെയ്യുന്ന പാത്രങ്ങൾ നിർമ്മിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

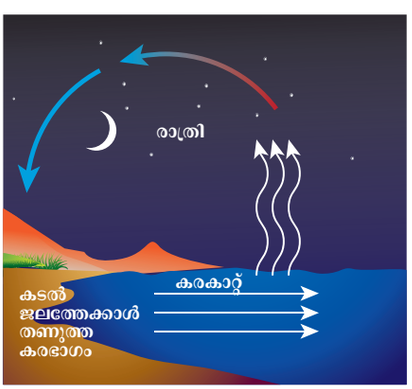
സംവഹനം

ദ്രാവകങ്ങൾ, വാതകങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയിലുള്ള തന്മാത്രകൾ യഥാർത്ഥ ചലനത്താൽ താപോർജ്ജം കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്ന പ്രക്രിയയെ സംവഹനം എന്നു പറയുന്നു. ഈ താപചലനത്തിൽ തന്മാത്രകൾ യാതൊരുവിധ നിയന്ത്രണവുമില്ലാതെ ഒരു സ്ഥലത്തുനിന്നും മറ്റൊരു സ്ഥലത്തേക്ക് ചലിക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയ സ്വാഭാവികമായോ അല്ലെങ്കിൽ ബാഹ്യബലത്തിനാലോ സംഭവിക്കാം.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

പകൽ സമയത്ത് സൂര്യ രശ്മികൾ കടൽ ജലത്തെക്കാൾ വേഗത്തിൽ കരയെ ചൂടാക്കുന്നു. ഇതിനു കാരണം കരയുടെ കുറവായ വിശിഷ്ടതാപധാരിതയാകുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി നിലപ്പരപ്പിലുള്ള വായു വികസിച്ച് അതിന്റെ സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ് മുകളിലോട്ട് പോകുന്നു. അതേ സമയം കടലിനു മുകളിലുള്ള തണുത്ത വായുകരയിലോട്ടു പ്രവഹിക്കുന്നു. ഇതിനെ കടൽക്കാറ്റ് എന്നു വിളിക്കുന്നു. രാത്രി സമയത്ത് കടൽ പ്രതലത്തെക്കാൾ, നിലപരപ്പ് വേഗമായി തണുക്കുന്നു. (നിലപരപ്പിന്റെ കുറവായ വിശിഷ്ടതാപധാരിത) ഇതിന്റെ ഫലമായി കടൽ പ്രതലത്തിലുള്ള വായു വികസിച്ച് അതിന്റെ സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ് മുകളിലോട്ട് പോകുന്നു. അതേ സമയം നിലപരപ്പിലുള്ള സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ കുളിർകാറ്റ് കരയിലോട്ട് വീശുന്നു. ഇതിനെ കരകാറ്റ് എന്നു പറയുന്നു.'





XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 108 22-07-2022 15:13:27

ഭക്ഷണം പാകം ചെയ്യുന്ന പാത്രത്തിൽ തിള ക്കുന്ന ജലം താപചലനത്തിന് ഒരു മികച്ച ഉദാ ഹരണമാകുന്നു. പാത്രത്തിന്റെ അടിഭാഗത്തുള്ള ജലത്തിന് അധികതാപം ലഭിക്കുന്നതുകൊണ്ട് വികാസം പ്രാപിച്ച് സാന്ദ്രത കുറയുന്നു. ഈ കുറഞ്ഞ സാന്ദ്രതയിനാൽ തന്മാത്രകൾ മുകൾ പരപ്പിലോട്ട് പോകുന്നു. അതേ സമയത്ത് മേൽ പരപ്പിലുള്ള തന്മാത്രകൾക്ക് കുറഞ്ഞ താപോർ ജ്ജം ലഭിക്കുന്നതിനാൽ അവയുടെ സാന്ദ്രത അധികമായിരിക്കും. അതുകൊണ്ട് അവ പാത്ര ത്തിന്റെ അടിഭാഗത്തോട്ട് വരുന്നു. ഈ പ്രക്രിയ തുടർന്നു സംഭവിക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം തന്മാത്രകൾ മുകളിലോട്ടും കീഴോട്ടും ചലിക്കുന്നതിനെ സംവഹന പ്രവാഹം എന്നു പറയുന്നു.

ഒരു മുറിയെ ഇളം ചൂടായി നിലനിർത്താൻ നാം റൂം ഹീറ്റർ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഹീറ്ററിനരികിലുള്ള വായു തന്മാത്രകൾ ചൂടായി വികസിക്കുന്നു. അതു കൊണ്ട് അവയുടെ സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ് മുറിയുടെ മുകൾഭാഗത്തോട്ട് പോകുന്നു. അതേ സമയത്ത് സാന്ദ്രത അധികമുള്ള തണുത്ത വായു അടിഭാഗ ത്തുവരുന്നു. ഇപ്രകാരം സംഭവിക്കുന്ന വായു തന്മാത്രകളുടെ തുടർ ചംക്രമണത്തെ സംവഹന പ്രവാഹം എന്നു പറയുന്നു.

വികിരണം :

ഒരു ചൂടായ അടുപ്പിനരികിൽ നമ്മുടെ കൈകൾ വയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ ചൂട് അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഇവിടെ ചൂടായ ആ വസ്തുവിനെ സ്പർശിക്കാതെ തന്നെ നാം താപത്തെ അനുഭവിക്കുന്നു. എന്തെ ന്നാൽ ഇവിടെ ചൂടായ അടുപ്പിൽ നിന്ന് താപം വികിരണം മൂലം നമ്മുടെ കൈകളിലോട്ട് വരുന്നു. സൂര്യനിൽ നിന്നും താപോർജ്ജം നമുക്ക് ഇതേ രീതിയിൽ തന്നെയാണ് ലഭിക്കുന്നത്. ഈ വികി രണം ശൂന്യതയിലൂടെ സഞ്ചരിച്ച് ഭൂമിയിലെത്തി ച്ചേരുന്നു. മാധ്യമത്തിന്റെ സഹായമില്ലാതെ ഒരു വസ്തുവിൽ നിന്ന് മറ്റൊരു വസ്തുവിലേക്ക് ഊർ ജ്ജം കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നത് വികിരണത്തിന്റെ ഒരു മുഖ്യസവിശേഷതയാകുന്നു. എന്നാൽ താപ ചാലനം, സംവഹനം ഇവ രണ്ടിലും താപോർജ്ജം കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നതിന് മാധ്യമം ആവശ്യമാണ്.

വികിരണം എന്നത് ഒരു വസ്തുവിൽ നിന്ന് മറ്റൊരു വസ്തുവിലേക്ക് വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളാൽ ഊർജ്ജം വിസരിക്കുന്ന പ്രക്രിയ ആകുന്നു.

ഉദാഹരണം :

1. സൂര്യനിൽ നിന്നും വരുന്ന സൗരോർജ്ജം.
2. റൂം ഹീറ്ററിൽ നിന്നും വരുന്ന താപവികിരണം.

കുറിപ്പ്

പൊതുവായി താപനില ദ്രവ്യ ങ്ങളോടു മാത്രമേ (ഖര, ദ്രാവക, വാതക) ബന്ധമുള്ളൂ എന്നൊരു പൊതു ആശയമുണ്ട്. എന്നാൽ താപവികിരണവും ഒരു താപഗതിക വ്യവ സ്ഥയാകുന്നു. ഇതിനു പൂർണ്ണമായി നിർവ്വ ചിക്കപ്പെട്ട താപനിലയും മർദ്ദവും ഉണ്ട്. സൂര്യനിൽ നിന്നു വരുന്ന ദൃശ്യമായ വികിര ണത്തിന്റെ താപനില 5700 K. ഇതിനെ ഭൂമി ഏകദേശം 300K താപനിലയിലുള്ള അപ രക്ത വികിരണങ്ങളാൽ ശൂന്യാകാശത്തി ലോട്ട് വീണ്ടും പുറംതള്ളപ്പെടുന്നു.

8.2.8 ന്യൂട്ടന്റെ കൂളിംഗ് നിയമം

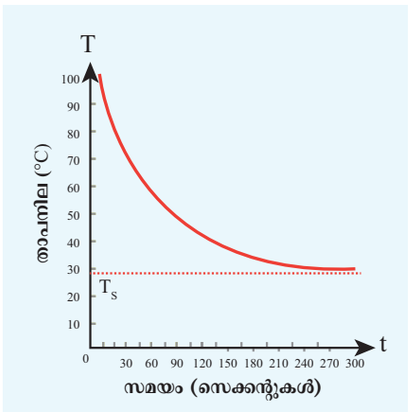
ന്യൂട്ടന്റെ കൂളിംഗ് നിയമമനുസരിച്ച് ഒരു വസ്തു വിന്റെ താപനഷ്ടനിരക്ക്, ആ വസ്തുവിനും ചുറ്റുപാടിനും ഉള്ള താപനില വ്യതിയാനത്തിനു അനുക്രമാനുപാതത്തിലായിരിക്കുന്നു .

$$\frac{dQ}{dt} \propto -(T - T_s) \qquad (8.4)$$

സമയത്തിനനുസരിച്ച് താപം തുടർന്ന് കുറഞ്ഞു വരുന്നതിനെ ഋണാത്മക പ്രതീകം കുറിക്കുന്നു. ഇവിടെ,

T = വസ്തുവിന്റെ താപനില

T_s = ചുറ്റുപാടിന്റെ താപനില



ചിത്രം 8.12 സമയത്തിനനുസരിച്ച് ചൂടായ ജലം തണുക്കുന്നതിനെക്കുറിക്കുന്ന ഗ്രാഫ്

ചിത്രം 8.12-ൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ള ഗ്രാഫിൽ നിന്ന് ആരംഭത്തിൽ തണുപ്പിന്റെ നിരക്ക് അധികമായും പിന്നീട് താപനില കുറയുംതോറും കുറവായും ഉള്ളത് വ്യക്തമായി കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 109 22-07-2022 15:13:28

ഒരു വസ്തുവിന് m ദ്രവ്യമാനവും, s വിശിഷ്ടതാ പധാരിതയും ഉള്ളതായി കരുതുക. അതിന്റെ താപനില T ചുറ്റുപാടിന്റെ താപനില T_s ആണെന്ന് കരുതുക. dt എന്ന ചുരുങ്ങിയ സമയത്തിൽ സംഭവിച്ച താപനില കുറവിന്റെ അളവ് dT ആണെങ്കിൽ താപനഷ്ടത്തിന്റെ അളവ്,

$$dQ = msdT \qquad (8.5)$$

സമീകരണം (8.5) ന്റെ രണ്ടുവശവും dt കൊണ്ട് ഹരിക്കുമ്പോൾ

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{msdT}{dt} \qquad (8.6)$$

ന്യൂട്ടന്റെ കൂളിംഗ് നിയമത്തിൽ നിന്ന്

$$\frac{dQ}{dt} \propto -(T - T_s)$$

$$\frac{dQ}{dt} = -\,a\,(T - T_s) \qquad (8.7)$$

ഇവിടെ a എന്നത് ഋണാത്മക സ്ഥിരാങ്കം.
സമീകരണങ്ങൾ (8.6), (8.7) ഇവയിൽ നിന്ന്

$$-\,a\,(T - T_s) = ms\,\frac{dT}{dt}$$

$$\frac{dT}{T - T_s} = -\frac{a}{ms}dt \qquad (8.8)$$

സമീകരണം (8.8) ന്റെ രണ്ടു വശവും സമകലനം ചെയ്യുക,

$$\int \frac{dT}{T - T_s} = -\int \frac{a}{ms}dt$$

$$\ln (T - T_s) = -\,\frac{a}{ms}\,t + b_1$$

ഇവിടെ b_1 ഒരു സ്ഥിരാങ്കമാകുന്നു. രണ്ടുവശവും അടുക്കു ചിഹ്നങ്ങൾ കൊടുക്കുകയാണെങ്കിൽ ലഭിക്കുന്നത്

$$T = T_s + b_2\, e^{-\frac{a}{ms}t} \qquad (8.9)$$

ഇവിടെ $b_2 = e^{b_1}$ = സ്ഥിരാങ്കം

ഉദാഹരണം 8.8

27°C താപനിലയിലുള്ള ഒരു മുറിയിൽ ചൂടായ ജലം 92°C ൽ നിന്ന് 84°C താപനിലയിലേക്ക് തണുക്കാൻ 3 മിനിറ്റുകൾ ആയാൽ അതേ ജലം 65°C ൽ നിന്ന് 60°C താപനിലയായി കുറയാനെടുത്ത സമയം കണക്കാക്കുക?

ചൂടായ ജലത്തിന്റെ താപനില 3 മിനിറ്റുകളിൽ 8°C കുറഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. 92°C, 84°C എന്നിവയുടെ ശരാശരി താപനില 88°C ആകുന്നു. ഇത് മുറിയുടെ താപനിലയേക്കാൾ 61°C അധികമായാണ് ഉള്ളത്. സമീകരണം (8.8) നെ ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ

$$\frac{dT}{T - T_s} = -\frac{a}{ms}dt \text{ അല്ലെങ്കിൽ } \frac{dT}{dt} = -\frac{a}{ms}(T - T_s)$$

$$\frac{8^oC}{3\,\text{min}} = -\frac{a}{ms}(61^oC)$$

ഇതുപോലെ 65°C, 60°C ഇവയുടെ ശരാശരി താപനില 62.5°C ആകുന്നു. ഇത് മുറിയുടെ താപനിലയേക്കാൾ 35.5°C അധികമായിട്ടുണ്ട്

$$\frac{5^oC}{dt} = -\frac{a}{ms}(35.5^oC)$$

ഈ രണ്ടു സമീകരണങ്ങളേയും ഹരിക്കുമ്പോൾ

$$\frac{\frac{8^oC}{3\,\text{മിനിറ്റ്}}}{\frac{5^oC}{dt}} = \frac{-\frac{a}{ms}(61^oC)}{-\frac{a}{ms}(35.5^oC)}$$

$$\frac{8 \times dt}{3 \times 5} = \frac{61}{35.5}$$

$$dt = \frac{61 \cdot 15}{35.5 \cdot 8} = \frac{915}{284} = 3.22\,\text{മിനിറ്റ്}$$

8.3 താപപ്രേക്ഷണത്തിന്റെ നിയമങ്ങൾ

8.3.1 താപകൈമാറ്റത്തിനായുള്ള പ്രിവോസ്റ്റ് സിദ്ധാന്തം

0 കെൽവിൻ (0 K) താപനിലയൊഴിച്ച് എല്ലാ താപനിലകളിലും എല്ലാ വസ്തുക്കളും താപവികിരണത്തെ പുറന്തള്ളുന്നു. ഇതുപോലെ ചുറ്റുപാടിൽ നിന്ന് താപ വികിരണത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ഉദാഹരണമായി നിങ്ങൾ ഒരാളെ തൊടുമ്പോൾ അയാൾക്ക് നിങ്ങളുടെ വിരലുകൾ ചൂടായിട്ട് അല്ലെങ്കിൽ തണുപ്പായിട്ടുള്ളതായി അനുഭവപ്പെടുന്നു.

ഉയർന്ന താപനിലയിലുള്ള ഒരു വസ്തുവിന് ചുറ്റുപാടിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്ന താപത്തേക്കാൾ അധിക താപം ചുറ്റുപാടിന് വികിരണം മൂലം കൊടുക്കുന്നു. ഇതുപോലെ കുറഞ്ഞ താപനിലയിലുള്ള ഒരു വസ്തുവിന് നഷ്ടപ്പെടുന്ന താപത്തേക്കാൾ അധികതാപം ചുറ്റുപാടിൽ നിന്ന് ലഭിക്കുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 110 22-07-2022 15:13:31

പ്രിവൊസ്റ്റ് താപസംതുലന ആശയത്തെ വികിരണത്തിൽ ഉപയോഗപ്പെടുത്തി. അതനുസരിച്ച് എല്ലാ വസ്തുക്കളും താപവികിരണത്തെ പ്രസരിപ്പിക്കുന്നു. എന്നാൽ തണുപ്പായിട്ടുള്ള വസ്തുക്കളേക്കാൾ, ഉയർന്ന താപനിലയിലുള്ള വസ്തുക്കൾ അധിക താപവികിരണത്തെ പ്രസരിപ്പിക്കുന്നു. ഒരു നിശ്ചിത സമയത്തിൽ രണ്ടു വസ്തുക്കളുടെ താപ കൈമാറ്റ നിരക്ക് സമമാകുന്നു. ഈ അവസ്ഥയിൽ രണ്ടു വസ്തുക്കളും താപ സംതുലനാവസ്ഥയിലാണെന്ന് പറയാം.

പൂജ്യം കെൽവിൻ താപനിലയിൽ മാത്രം വസ്തുക്കൾ താപ പ്രസരണം നിർത്തുന്നു. അതുകൊണ്ട് പ്രിവൊസ്റ്റിന്റെ ആശയമനുസരിച്ച് ചുറ്റുപാടിന്റെ സ്വഭാവം എത്തരത്തിലുള്ളതായാലും, എല്ലാ വസ്തുക്കളും പൂജ്യം കെൽവിൻ താപനിലയ്ക്കു മുകളിൽ ഉള്ള എല്ലാ താപനിലകളിലും താപവികിരണം പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു.

8.3.2 സ്റ്റെഫാൻ ബോൾട്സ്മാൻ നിയമം

സ്റ്റെഫാൻബോൾട്സ്മാൻനിയമനനുസരിച്ച്,ബ്ലാക്ക് ബോഡിയുടെ ഒരു മാത്ര പരപ്പളവിനാൽ ഒരു മാത്ര സമയത്തിൽ വികിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന താപോർജ്ജത്തിന്റെ ആകെ അളവ്, ആ ബ്ലാക്ക് ബോഡിയുടെ കെൽവിൻ താപനിലയുടെ നാലടുക്ക് മൂല്യത്തിന് ആനുക്രമാനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

$$E \propto T^4 \text{ അല്ലെങ്കിൽ } E = \sigma T^4 \qquad (8.10)$$

ഇവിടെ, σ എന്നത് സ്റ്റെഫാൻ സ്ഥിരാങ്കമാകുന്നു. ഇതിന്റെ മൂല്യം 5.67×10^{-8} W $m^{-2} k^{-4}$

കുറിപ്പ്

പൂർണ്ണമായും ബ്ലാക്ക് ബോഡി അല്ലാത്ത വസ്തുക്കൾക്ക്

$$E = e \sigma T^4 \qquad (8.11)$$

ഇവിടെ 'e' എന്നത് പ്രതലത്തിന്റെ പ്രസരണ പ്രാപ്തിയാകുന്നു. ഒരു നിശ്ചിത താപനില, തരംഗദൈർഘ്യം എന്നിവയിലുള്ള വസ്തുവിന്റെ പ്രതലത്തിനാൽ വികിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജത്തിനും, അതേ താപനില തരംഗ ദൈർഘ്യം എന്നിവയുള്ള പൂർണ്ണ ബ്ലാക്ക് ബോഡിയാൽ വികിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജത്തിനും തമ്മിലുള്ള അനുപാതം പ്രസരണ പ്രാപ്തി എന്ന് നിർവ്വചിക്കപ്പെടുന്നു.

8.3.3 വിയൻസ് സ്ഥാനമാറ്റ നിയമം

പ്രപഞ്ചത്തിലെ എല്ലാ വസ്തുക്കളും വികിരണം പുറത്തുവിടുന്നു. ആ വികിരണത്തിന്റെ തരംഗ ദൈർഘ്യങ്ങൾ വസ്തുക്കളുടെ കെൽവിൻ താപനിലയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. പുറത്തുവിടുന്ന വികിരണങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത തരംഗ ദൈർഘ്യങ്ങളുള്ളതായിരിക്കും. മാത്രമല്ല ആ തരംഗ ദൈർഘ്യങ്ങളുടെ തീവ്രതയും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും.

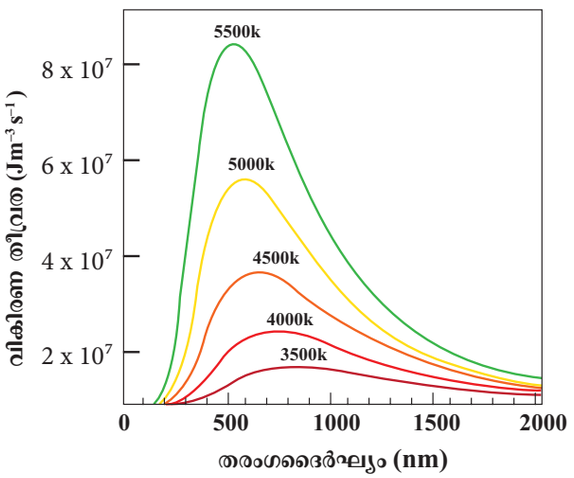
വിയൻസ് നിയമമനുസരിച്ച്, ഒരു ബ്ലാക്ക് ബോഡി വികിരണത്താൽ പുറത്തുവിടുന്ന പരമാവധി തീവ്രതയുള്ള തരംഗദൈർഘ്യം ആ ബ്ലാക്ക് ബോഡിയുടെ കെൽവിൻ താപനിലയ്ക്ക് വ്യുൽക്രമാനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

$$\lambda_m \propto \frac{1}{T} \text{ (അഥവാ) } \lambda_m = \frac{b}{T} \qquad (8.12)$$

ഇവിടെ, b എന്നത് വിയൻ സ്ഥിരാങ്കം. ഇതിന്റെ മൂല്യം 2.898×10^{-3} m K

ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നതെന്തെന്നാൽ വസ്തുവിന്റെ കെൽവിൻ താപനില ഉയരുമ്പോൾ പരമാവധി തീവ്രതയുള്ള തരംഗ ദൈർഘ്യം (λ_m) വൈദ്യുത കാന്തിക വർണ്ണരാജിയിലെ കുറഞ്ഞ തരംഗ ദൈർഘ്യത്തി (പരമാവധി കമ്പനം) ലോട്ട് സ്ഥാന മാറ്റം നടത്തുന്നു. ഇത് ചിത്രം 8.13 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു

രേഖാചിത്രം മൂലം പ്രസ്താവിക്കൽ



ചിത്രം 8.13 വിയൻസ് സ്ഥാനമാറ്റ നിയമം

മുകളിൽ കണ്ട ഗ്രാഫിൽ നിന്ന് പരമവാധി തീവ്രതയുള്ള തരംഗദൈർഘ്യം കെൽവിൻ താപനിലയ്ക്ക് വ്യുൽക്രമാനുപാതത്തിലാണെന്നു വ്യക്തമാണ്. ഈ വക്ര രേഖയ്ക്ക് ബ്ലാക്ക് ബോഡി വികിരണ വക്രരേഖ എന്നു പറയുന്നു.

വിയൻസ് നിയമവും നമ്മുടെ വീക്ഷണവും:

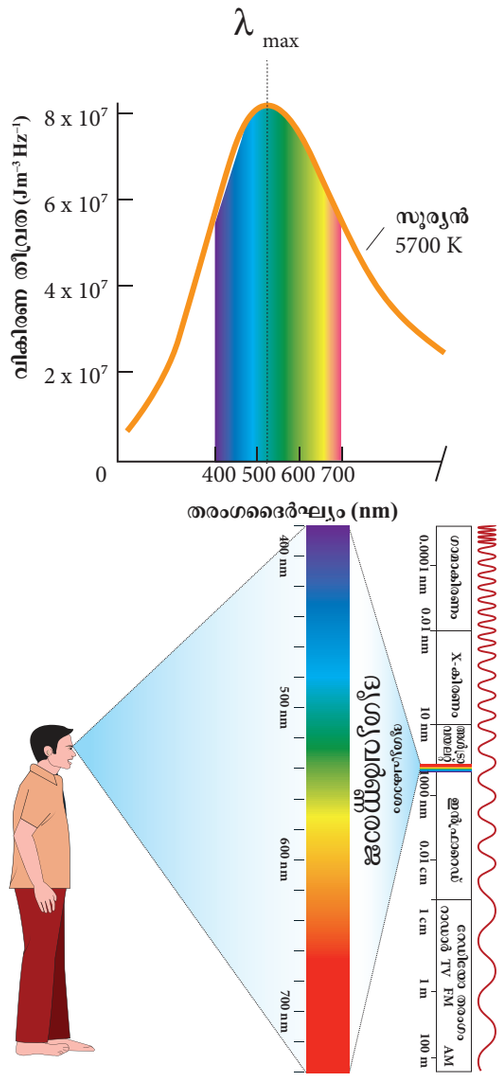
നമ്മുടെ നേത്രങ്ങൾ കൊണ്ട് വൈദ്യുത കാന്തിക വർണ്ണരാജിയിലെ ദൃശ്യഭാഗം മാത്രം (400 nm മുതൽ 700 nm വരെ) കാണാൻ സാധിക്കുന്നതിനു കാരണമെന്താണ്?

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 111 22-07-2022 15:13:32

സൂര്യനെ ഏതാണ്ട് ഒരു ബ്ലാക്ക് ബോഡിയായി കരുതാം. 0 K താപനിലയ്ക്കു മുകളിലുള്ള ഏതൊരു വസ്തുവും വികിരണത്തെ പുറത്തു വിടും. ആയതിനാൽ സൂര്യനും വികിരണത്തെ പുറത്തുവിടും. മാത്രമല്ല അതിന്റെ പ്രതല താപ നില ഏകദേശം 5700 K ആകുന്നു. ഈ മൂല്യം സമീകരണം (8.12) ൽ പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ,

$$\lambda_m = \frac{b}{T} = \frac{2.898\times10^{-3}}{5700} \approx 508\, nm$$

ഇത് പരമാവധി തീവ്രതയുടെ തരംഗ ദൈർഘ്യ മാകുന്നു. സൂര്യന്റെ പ്രതല താപനില ഏകദേശം 5700K ആയതിനാൽ അതിന്റെ വികിരണ വർണ്ണ രാജി ദൈർഘ്യം 400 nm മുതൽ 700 nm വരെ കാണപ്പെടുന്നു. ഇതു തന്നെയാണ് വൈദ്യുത കാന്തിക വർണ്ണരാജിയിലെ ദൃശ്യഭാഗം. ഇത് ചിത്രം 8.14 ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്



ചിത്രം 8.14 വിയൻസ് നിയമവും നമ്മുടെ വീക്ഷണവും

ഈ വികിരണം സ്വീകരിച്ചു തന്നെയാണ് മനു ഷ്യന് പരിണാമ വളർച്ചയുണ്ടായത്. ആയതിനാൽ മനുഷ്യ നേത്രങ്ങൾ സൂര്യ വർണ്ണരാജിയിലെ ദൃശ്യഭാഗം മാത്രം കാണുന്നു. ഇൻഫ്രാറെഡ് ഭാഗമോ അല്ലെങ്കിൽ വർണ്ണരാജിയിലെ X-കിരണ ഭാഗമോ അറിയാൻ സാധിക്കുകയില്ല.

സിറിയസ് (9940K) എന്ന നക്ഷത്രത്തിനരുകി ലുള്ള ഗ്രഹത്തിലാണ് മനുഷ്യ പരിണാമ വളർച്ച ഉണ്ടായതെങ്കിൽ അവരുടെ നേത്രങ്ങൾക്ക് വൈദ്യുത കാന്തിക വർണ്ണരാജിയിലെ അൾട്രാവ യലറ്റ് രശ്മികളെ കാണാൻ സാധിക്കും.

ഉദാഹരണം 8.9

A ഒരു ബ്ലാക്ക് ബോഡിയുടെ വികിരണ പവർ E_A ഇത് λ_A എന്ന തരംഗ ദൈർഘ്യത്തിൽ പരമവധി ഊർജ്ജം വികിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. B എന്ന മറ്റൊരു ബ്ലാക്ക് ബോഡിയുടെ വികിരണ പവർ $E_B = N\, E_A$; $\frac{1}{2}\lambda_A$ എന്ന തരംഗ ദൈർഘ്യത്തി ൽ B ബ്ലാക്ക് ബോഡിയിൽ നിന്ന് വികിരണം ചെയ്യ പ്പെടുന്നു എങ്കിൽ N ന്റെ മൂല്യം കണക്കാക്കുക?

വിയൻസ് സ്ഥാനമാറ്റ നിയമമനുസരിച്ച്

$\lambda_{max}\, T$ = സ്ഥിരാങ്കം, ഇത് A, B എന്ന രണ്ടു രണ്ടു ബ്ലാക്ക് ബോഡികൾക്കും അനുയോജ്യമാകുന്നു

$$\lambda_A T_A = \lambda_B T_B.\ \text{ഇവിടെ}\ \lambda_B = \frac{1}{2}\lambda_A$$

$$\frac{T_B}{T_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{\lambda_A}{\left(\frac{1}{2}\right)\lambda_A} = 2$$

$$T_B = 2T_A$$

സ്റ്റെഫാൻ - ബോർട്സ്മാൻ നിയമത്തിൽ നിന്ന്

$$\frac{E_B}{E_A} = \left(\frac{T_B}{T_A}\right)^4 = (2)^4 = 16 = N$$

ബ്ലാക്ക് ബോഡി B ബ്ലാക്ക് ബോഡി A യേക്കാൾ കുറഞ്ഞ തരംഗ ദൈർഘ്യം പുറത്തുവിടുന്നു. അതുകൊണ്ട് ബ്ലാക്ക് ബോഡി A യേക്കാൾ അധിക ഊർജ്ജമുള്ള വികിരണം ബ്ലാക്ക് ബോഡി B പുറത്തുവിടുന്നു.

8.4 താപഗതികം

8.4.1 ആമുഖം

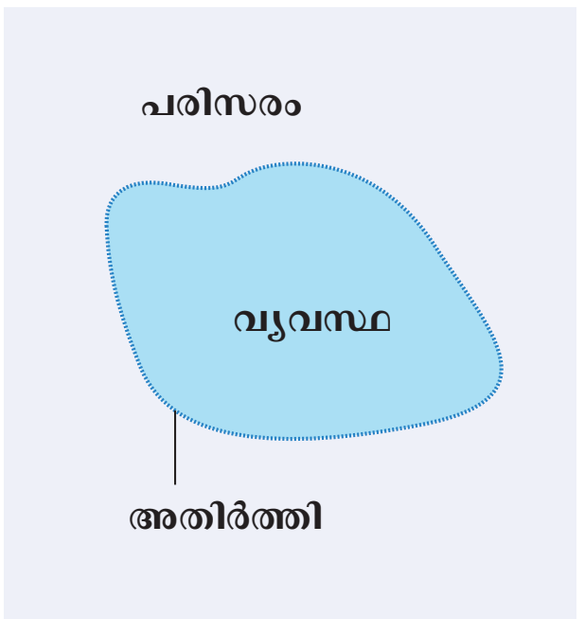
മുമ്പുള്ള ഭാഗങ്ങളിൽ നാം താപം, താപനില, വസ്തുക്കളുടെ താപ സവിശേഷതകൾ എന്നിവ

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 112 22-07-2022 15:13:33

യെപ്പറ്റി പഠിച്ചു. താപഗതികം എന്നത് ഭൗതിക ത്തിന്റെ ഒരു ശാഖയാകുന്നു. ഈ ശാഖ പ്രവൃത്തി യെ താപമായും, താപത്തെ പ്രവൃത്തിയായും മാറ്റു ന്നതിൽ ഉള്ള നിയമങ്ങളെ വിശദീകരിക്കുന്നു. താപഗതികത്തിലെ നിയമങ്ങൾ ബോയിൽ, ചാൾ സ്, ബെർനൂലി, ജൂൾ, ക്ലാശിയസ്, കെൽവിൻ, കാർനോ, ഹെൽമം ഹോൾട്സ് തുടങ്ങിയ ശാസ് ത്രജ്ഞരുടെ മൂന്നു നൂറ്റാണ്ടുകാലത്തെ പരീക്ഷ ണങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ രൂപപ്പെടുത്ത പ്പെട്ടതാകുന്നു. നിത്യജീവിതത്തിൽ നമുക്കു ചുറ്റും നടക്കുന്ന എല്ലാ പ്രവർത്തനങ്ങളും, നമ്മുടെ ശരീരത്തിന്റെ പ്രവർത്തനം പോലും താപഗതിക നിയമങ്ങൾക്കനുസരിച്ചാണ് നടക്കുന്നത്. ആയ തിനാൽ താപഗതികം എന്നത് ഭൗതികത്തിലെ സർവ്വപ്രധാന ശാഖയാകുന്നു.

താപഗതിക വ്യവസ്ഥ :

താപഗതിക വ്യവസ്ഥ എന്നത് ഈ പ്രപഞ്ചത്തി ലെ നിർവ്വചിക്കപ്പെട്ട ഒരു ഭാഗമാകുന്നു. മാത്രമല്ല മർദ്ദം (P) വ്യാപ്തം (V) താപനില (T)തുടങ്ങിയ മുഖ്യ ഘടകങ്ങളാൽ നിർവ്വചിക്കപ്പെട്ട വളരെ എണ്ണങ്ങളടങ്ങിയ കണികകളുടെ (അണുക്കൾ, തന്മാത്രകൾ) കൂട്ടമാകുന്നു താപഗതിക വ്യവസ്ഥ. ഈ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ബാക്കിഭാഗം പരിസരം എന്ന റിയപ്പെടുന്നു. ഇവ രണ്ടും ഒരു അതിർത്തിയാൽ വേർതിരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 8.15 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു



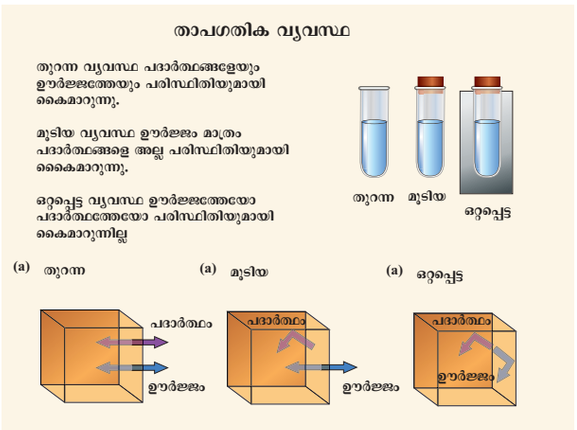
ചിത്രം 8.15 താപഗതിക വ്യവസ്ഥ

ഉദാഹരണങ്ങൾ :

ഒരു താപഗതിക വ്യവസ്ഥ എന്നത് ഖര, ദ്രാവക, വാതക, വികിരണം മുതലായ ഏതു രൂപത്തിലു മായിരിക്കാം.

താപഗതിക വ്യവസ്ഥ	പരിസരം
ബക്കറ്റിലെ ജലം	തുറസ്സായ അന്തരീക്ഷം
ഒരു മുറിയിലെ വായു തന്മാത്രകൾ	മുറിയ്ക്കു പുറത്തുള്ള കാറ്റ്
മനുഷ്യ ശരീരം	തുറസ്സായ അന്തരീക്ഷം
കടലിലെ മീൻ	കടൽ ജലം

ചിത്രം 8.16-ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ താപഗ തിക വ്യവസ്ഥയെ മൂന്നായി തരം തിരിക്കാം



ചിത്രം 8.16 താപഗതിക വ്യവസ്ഥയുടെ വ്യത്യസ്ഥ തരങ്ങൾ

8.4.2 താപസംതുലനം

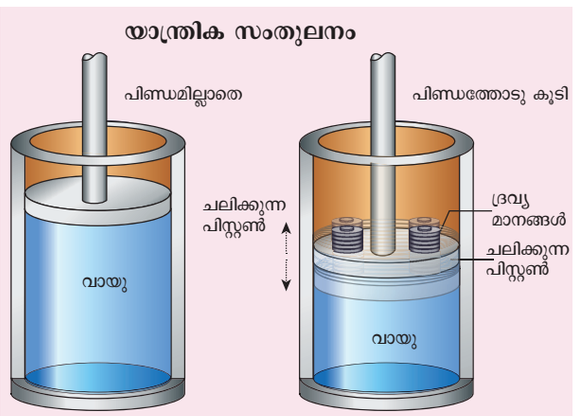
ഒരു മുറിയിൽ ഒരു കപ്പിൽ ചൂടായ കാപ്പി വയ്ക്ക പ്പെട്ടാൽ, കാപ്പിയിൽ നിന്ന് താപം പരിസരത്തി ലേക്ക് പ്രവഹിക്കുന്നു. കുറച്ചു സമയത്തിനുശേഷം ചൂടായ കാപ്പി പരിസരത്തിന്റെ താപനിലയ്ക്ക് സമമായ താപനിലയിലെത്തുന്നു. ഇതിനുശേഷം കാപ്പിയിൽ നിന്ന് പരിസരത്തിലോ അല്ലെങ്കിൽ പരിസരത്തിൽ നിന്ന് കാപ്പിയിലോട്ടോ ആകെ യാതൊരു വിധ താപ കൈമാറ്റവും നടക്കുന്നില്ല. കാപ്പിയും പരിസരവും താപ സംതുലനാവസ്ഥയി ലെത്തിയെന്നാണിതു കുറിക്കുന്നത്.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 113 22-07-2022 15:13:33

രണ്ടു വ്യവസ്ഥകൾ തമ്മിൽ താപ സംതുലനാവസ്ഥയിലാണെങ്കിൽ ആ രണ്ടു വ്യവസ്ഥകളും ഒരേ താപനിലയിലായിരിക്കേണ്ടതാണ്. മാത്രമല്ല അത് സമയത്തിനനുസരിച്ച് വ്യതിയാനം സംഭവിക്കാൻ പാടില്ല.

യാന്ത്രികമായ സംതുലനം:

ചിത്രം 8.17-ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ വാതകം നിറച്ചിട്ടുള്ള പിസ്റ്റണോടുകൂടിയ ഒരു പാത്രം കരുതുക. ആ പിസ്റ്റണിനുമുകളിൽ ഒരു പിണ്ഡം വയ്ക്കുമ്പോൾ താഴോട്ടുള്ള ഭൂഗുരുത്വ ബലത്തിനാൽ പിസ്റ്റൺ താഴോട്ടു ചലിച്ച് ചില ഏറ്റ ഇറക്കങ്ങൾക്ക് ശേഷം നിൽക്കുന്നു. പിസ്റ്റൺ ഒരു പുതിയ സ്ഥാനത്തെത്തുന്നു. വാതകത്തിന്റെ മുകളിലോട്ടുള്ള ബലം, താഴോട്ടുള്ള ഭൂഗുരുത്വബലത്തെ സംതുലനം ചെയ്യുന്നു. ഈ അവസ്ഥയിൽ ഈ വ്യവസ്ഥയെ യാന്ത്രിക സംതുലനാവസ്ഥയിൽ ആണെന്ന് പറയാം. ഒരു വ്യവസ്ഥ യാന്ത്രിക സംതുലനാവസ്ഥയിൽ ആണെങ്കിൽ, യാതൊരു വിധ സംതുലനം ചെയ്യപ്പെടാത്ത ബലവും താപ ഗതിക വ്യവസ്ഥയിൻമേൽ പ്രവർത്തിക്കുകയില്ല.



ചിത്രം 8.17 യാന്ത്രിക സംതുലനാവസ്ഥ

രാസസംതുലനാവസ്ഥ :

പരസ്പരം സമ്പർക്കത്തിലുള്ള രണ്ടു താപഗതിക വ്യവസ്ഥകൾ തമ്മിൽ യാതൊരുവിധ രാസ പ്രവർത്തനവും നടക്കുന്നില്ലായെങ്കിൽ ആ രണ്ടു വ്യവസ്ഥകളും രാസ സംതുലനാവസ്ഥയിലാണെന്ന് പറയാം.

താപഗതിക സംതുലനാവസ്ഥ :

രണ്ടു വ്യവസ്ഥകൾ താപഗതിക സംതുലനാവസ്ഥയിൽ ആണെങ്കിൽ, ആ രണ്ടു വ്യവസ്ഥകളും പരസ്പരം താപ, യാന്ത്രിക, രാസ സംതുലനാവസ്ഥയിൽ ആയിരിക്കുന്നതാണ്. താപഗതിക സംതുലനാവസ്ഥയിൽ സ്ഥൂല ചരങ്ങൾ ആയ മർദ്ദം, വ്യാപ്തം, താപനില എന്നിവയ്ക്ക് ഒരു സ്ഥിരമായ മൂല്യം ഉണ്ടായിരിക്കേണ്ടതാണ്. മാത്രമല്ല അവ സമയത്തിനനുസരിച്ച് മാറാതിരിക്കേണ്ടതാണ്.

8.4.3 താപഗതിക അവസ്ഥാ ചരങ്ങൾ

യന്ത്രശാസ്ത്രത്തിൽ പ്രവേഗം, ആക്കം, ത്വരണം എന്നിവ ചലിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിന്റെ അവസ്ഥയെ വിശദീകരിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു. (വാല്യം 1 ൽ ഇവയെപ്പറ്റി മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്.) താപഗതികത്തിൽ, ഒരു താപഗതിക വ്യവസ്ഥയുടെ അവസ്ഥയെ വിശദീകരിക്കുന്ന ചരങ്ങളുടെ കൂട്ടത്തിന് താപഗതിക ചരങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു.

ഉദാഹരണങ്ങൾ : മർദം, താപനില, വ്യാപ്തം, ആന്തരികോർജ്ജം തുടങ്ങിയവ.

ഈ പരിവർത്തികളുടെ മൂല്യം താപ ഗതിക വ്യവസ്ഥയുടെ സംതുലനാവസ്ഥയെ പൂർണ്ണമായും വിശദീകരിക്കുന്നു. താപം, പ്രവൃത്തി എന്നിവ താപഗതിക അവസ്ഥാചരങ്ങൾ അല്ല. നേരെ മറിച്ച് ഇവ പ്രക്രിയാ ചരങ്ങൾ ആകുന്നു. താപഗതിക ചരങ്ങൾ രണ്ടു തരത്തിലുണ്ട്. അവ: എക്സ്റ്റൻസീവ് ചരങ്ങളും ഇന്റൻസീവ് ചരങ്ങളും ആകുന്നു. എക്സ്റ്റൻസീവ് ചരങ്ങൾ, താപഗതിക വ്യവസ്ഥയുടെ വലുപ്പം അല്ലെങ്കിൽ ദ്രവ്യമാനത്തിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം : വ്യാപ്തം, ആകെ ദ്രവ്യമാനം, എൻട്രോപി, ആന്തരികോർജ്ജം, താപധാരിത തുടങ്ങിയവ.

ഇന്റൻസീവ് ചരങ്ങൾ താപഗതിക വ്യവസ്ഥയുടെ വലുപ്പം അല്ലെങ്കിൽ ദ്രവ്യമാനത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.

ഉദാഹരണം : താപനില, മർദം, വിശിഷ്ട താപധാരിത, സാന്ദ്രത തുടങ്ങിയവ.

അവസ്ഥാസമീകരണം :

അവസ്ഥാചരങ്ങളെ ഒരു നിശ്ചിത രീതിയിൽ ബന്ധപ്പെടുത്തുന്ന സമീകരണം. അവസ്ഥാ സമീകരണം എന്നുപറയുന്നു. ഈ അവസ്ഥാ സമീകരണം ഒരു താപഗതിക വ്യവസ്ഥയുടെ സംതുലനാവസ്ഥയിൽ അവസ്ഥാ ചരങ്ങൾക്കിടയ്ക്കുള്ള ബന്ധത്തെ പൂർണ്ണമായി വിശദീകരിക്കുന്നു. താപഗതിക വ്യവസ്ഥ സംതുലനാവസ്ഥയിൽ അല്ലെങ്കിൽ ഈ അവസ്ഥാസമീകരണം വ്യവസ്ഥയുടെ അവസ്ഥയെ വിശദീകരിക്കുന്നില്ല.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 114 22-07-2022 15:13:34

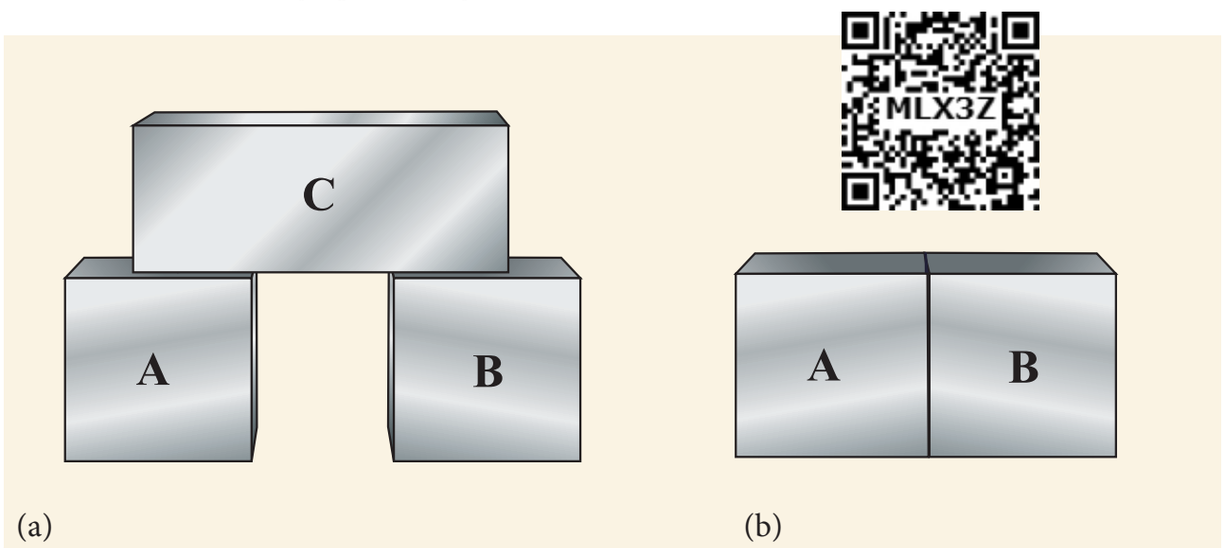
താപഗതിക സംതുലനാവസ്ഥയിലുള്ള ഒരു ആദർശവാതകം PV = NkT എന്ന അവസ്ഥാസമീകരണത്തിനാൽ കുറിക്കപ്പെടുന്നു. ഇവിടെ നാലു സ്ഥൂലചരങ്ങളും (P,V,T, N) അവസ്ഥാ സമീകരണത്തിനാൽ ഒന്നിനൊന്ന് ബന്ധപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ളതിനാൽ. ഏതെങ്കിലും ഒരു ചരത്തിനെ മാത്രം മാറ്റാൻ സാധിക്കില്ല. ഉദാഹരണമായി വായു നിറച്ചിട്ടുള്ള പാത്രത്തിൽ പിസ്റ്റൺ അമർത്തുമ്പോൾ വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം കുറയുന്നു. മർദ്ദം വർദ്ധിക്കുന്നു. അല്ലെങ്കിൽ വായുവിനെ ചൂടാക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ താപനില ഉയരുന്നു. വായുവിന്റെ മർദ്ദം, വ്യാപ്തം എന്നിവയും വർദ്ധിക്കാം.

അവസ്ഥാസമീകരണത്തിന് മറ്റൊരു ഉദാഹരണം വാണ്ടർ വാൾസ് സമീകരണം ആകുന്നു. താപഗതിക സംതുലനാവസ്ഥയിലുള്ള യഥാർത്ഥ വാതകങ്ങൾ ഈ സമീകരണത്തിന് അനുയോജ്യമായതാണ്. ഒരു മുറിയിലുള്ള വായു തന്മാത്രകൾ വാണ്ടർവാൾസ് അവസ്ഥാ സമീകരണത്തിനെ പൂർണ്ണമായും അനുസരിക്കുന്നു. എന്നിരുന്നാലും മുറിയിലെ താപനിലയിൽ കുറഞ്ഞ സാന്ദ്രതയുള്ള വായു തന്മാത്രകളെ നാം ഏകദേശമായി ആദർശ വാതകമായി കരുതുന്നു.

8.5 താപഗതികത്തിന്റെ പൂജ്യം നിയമം

താപഗതികത്തിന്റെ പൂജ്യം നിയമമനുസരിച്ച്, A, B എന്നീ രണ്ടു വ്യവസ്ഥകൾ C എന്ന മൂന്നാമത്തെ വ്യവസ്ഥയുമായി താപസംതുലനാവസ്ഥയിലാണെങ്കിൽ A, B എന്ന രണ്ടു വ്യവസ്ഥകളും തമ്മിൽ താപസംതുലനാവസ്ഥയിൽ ആയിരിക്കും. ആരംഭത്തിൽ വ്യത്യസ്ത താപനിലകളിലുള്ള A, B, C എന്നീ മൂന്നു വ്യവസ്ഥകളെ കരുതുക. ചിത്രം 8.18 (a) A, B എന്നീ രണ്ടു വ്യവസ്ഥകളും തമ്മിൽ യാതൊരു തരത്തിലുള്ള താപബന്ധവും ഉണ്ടായിരിക്കില്ല. എന്നാൽ അവ ഓരോന്നും C എന്ന മൂന്നാമത്തെ വ്യവസ്ഥയുമായി തനിച്ച് താപബന്ധത്തിൽ ആയിരിക്കും. കുറച്ചു സമയത്തിനുശേഷം A, B എന്നീ രണ്ടു വ്യവസ്ഥകളും തനിച്ച് C യുമായി താപസംതുലനാവസ്ഥയിലായിരിക്കും. A, B എന്നീ രണ്ടു വ്യവസ്ഥകളും താപസമ്പർക്കത്തിലുള്ള അവസ്ഥ ചിത്രം 8.18 (b) ലുള്ളതുപോലെ കൊടുക്കാം. ഇപ്പോൾ A, B എന്നീ വ്യവസ്ഥകൾ തമ്മിൽ യാതൊരു തരത്തിലും നേരിട്ടുള്ള താപ കൈമാറ്റം നടക്കുന്നില്ല. എന്തെന്നാൽ A, B എന്നിവ രണ്ടും താപ സംതുലനാവസ്ഥയിലാണെന്നുള്ളതിനെ കുറിക്കുന്നു. ഈ മൂന്നു വ്യവസ്ഥകളും ഒരു പ്രാവശ്യം താപ സംതുലനാവസ്ഥയിലെത്തിയതിനുശേഷം അവ തമ്മിൽ താപകൈമാറ്റം നടക്കുന്നില്ല. കാരണം ഈ മൂന്നും ഒരേ താപനിലയിലായിരിക്കും. ഇതിനെ ഗണിതത്തിൽ താഴെകൊടുത്തിട്ടുള്ളതുപോലെ ആവിഷ്കരിക്കാം, $T_A = T_C$, $T_B = T_C$ ആണെങ്കിൽ, $T_A = T_B$ ആകുന്നു. ഇവിടെ T_A, T_B, T_C എന്നിവ ക്രമത്തിൽ A, B, C എന്നീ മൂന്നു വ്യവസ്ഥകളുടെ താപനിലകളാകുന്നു.

വ്യവസ്ഥകൾ ഒന്നിനൊന്നു താപസംതുലനാവസ്ഥയിലാണോ അല്ലയോ എന്നു നിർണ്ണയിക്കുന്ന ഒരു സവിശേഷത താപനിലയാകുന്നു.



ചിത്രം 8.18 (a) A, B എന്നീ രണ്ടു വ്യവസ്ഥകൾ തനിച്ച് C എന്ന മൂന്നാമത്തെ വ്യവസ്ഥയുമായി താപബന്ധത്തിലാണുള്ളത് (b) A, B എന്നീ വ്യവസ്ഥകൾ രണ്ടും താപബന്ധത്തിലാണെങ്കിൽ അവ രണ്ടും ഒന്നിനൊന്നു താപ സംതുലനാവസ്ഥയിലായിരിക്കും.

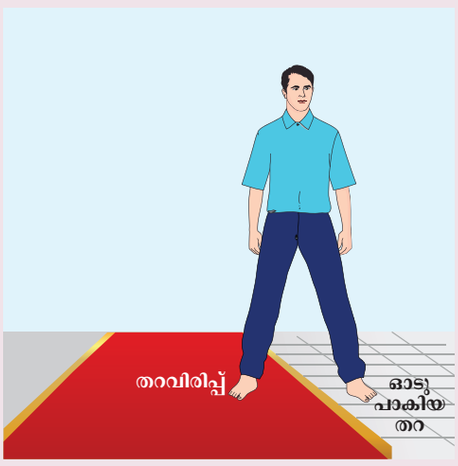
XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 115 22-07-2022 15:13:34

താപഗതികത്തിലെ പൂജ്യം നിയമം താപനില നിർണ്ണയിക്കാൻ ഉപയോഗപ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണമായി ഒരു തെർമോമീറ്റർ നാവിനടിഭാഗത്ത് വയ്ക്കപ്പെടുമ്പോൾ തെർമോമീറ്റർ ശരീരവുമായി താപ സംതുലനാവസ്ഥയിലെത്തും. ഈ നിബന്ധനയനുസരിച്ച് തെർമോമീറ്ററിന്റെ താപനില ശരീര താപനിലയ്ക്കു സമമാകും. ഇതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് നമ്മുടെ ശരീരത്തിന്റെ താപനില കണ്ടുപിടിക്കുന്നത്.

പ്രവർത്തനം

ഒരു വസ്തുവിനെ സ്പർശിക്കുമ്പോൾ ആ വസ്തു എത്രത്തോളം ചൂടായിട്ടുണ്ട് അല്ലെങ്കിൽ തണുപ്പായിട്ടുണ്ട് എന്നറിയാൻ താപനില സഹായിക്കുന്നു. നമ്മുടെ ഇന്ദ്രിയാവയവങ്ങളുപയോഗിച്ച് താപനില നിർണ്ണയിക്കാൻ സാധിക്കുമോ?

നമ്മുടെ കാലുകളിലൊന്ന് തറയിലെ വിരിപ്പിന്റെ മുകളിലും മറ്റേ കാല് മിനുസമായ ഓടുകൾ പാകിയ തറയിലും വയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ, മിനുസമായ തറയിൽ വയ്ക്കപ്പെട്ട കാലിന് വിരിപ്പിന്റെ മുകളിൽ വയ്ക്കപ്പെട്ട കാലിനേക്കാൾ അധിക തണുപ്പ് അനുഭവപ്പെടും. എന്നാൽ ഇവിടെ തറ, തറയിലെ വിരിപ്പ് ഇവ രണ്ടും ഒന്നുപോലുള്ള മുറിയിലെ താപനിലയിലാണെന്ന് ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്. ഇതിനു കാരണം തറവിരിപ്പിനേക്കാൾ മിനുസമായ തറയ്ക്കും നമ്മുടെ കാലിനുമിടയ്ക്ക് വളരെ വേഗത്തിൽ താപകൈമാറ്റം സംഭവിച്ചതാണ്. നമ്മുടെ കാലിന്റെ ചർമം വസ്തുവിന്റെ യഥാർത്ഥ താപനിലയെ ഗണിക്കുന്നില്ല. തൽസ്ഥാനത്ത് എത്രത്തോളം വേഗമായി താപകൈമാറ്റം നടന്നു എന്നതാണ് ഗണിക്കുന്നത്. ഒരു തെർമോമീറ്ററിനെ തറ, തറയിലെ വിരിപ്പ് എന്നിവയിൽ വെച്ചു നോക്കുമ്പോൾ രണ്ടും ഒരേ താപനിലയിലുള്ളതായി കാണാം.



8.6 ആന്തരിക ഊർജ്ജം (U)

ഒരു താപഗതിക വ്യവസ്ഥയുടെ ആന്തരികോർജ്ജം എന്നത് വ്യവസ്ഥയുടെ മാസ് കേന്ദ്രത്തെ ആധാരമാക്കി വ്യവസ്ഥയിലുള്ള എല്ലാ തന്മാത്രകളുടേയും ഗതികോർജ്ജത്തിന്റെയും, സ്ഥിതികോർജ്ജത്തിന്റേയും തുകയ്ക്കു സമമാകുന്നു.

സ്ഥാനാന്തര ചലനം പരിക്രമണ ചലനം കമ്പന ചലനം എന്നിവ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന തന്മാത്രാ ചലനത്താൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഊർജ്ജം, ആന്തരിക ഗതികോർജ്ജം (E_K) എന്നറിയപ്പെടുന്നു

തന്മാത്രകൾക്കിടയ്ക്ക് ആകർഷണത്താലും വികർഷണത്താലും ഉണ്ടാകുന്ന ഊർജ്ജം, ആന്തരിക സ്ഥിതികോർജ്ജം (E_p) എന്നു പറയുന്നു. ഉദാഹരണം : ബന്ധനോർജ്ജം. ആന്തരികോർജ്ജം താഴെ കാണുന്നതുപോലെ എഴുതാം.

$$U = E_K + E_P$$

- ആദർശവാതക തന്മാത്രകൾക്കിടയ്ക്ക് യാതൊരു തരത്തിലുള്ള പരസ്പര പ്രവർത്തനങ്ങളും ഇല്ല എന്നു കരുതുന്നതുകൊണ്ട് അവയുടെ ആന്തരികോർജ്ജം പൂർണ്ണമായും ആന്തരിക ഗതികോർജ്ജ രൂപത്തിലായിരിക്കും. ഇത് താപനില, കണികകളുടെ എണ്ണം എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഇത് വ്യാപ്തത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. എന്നിരുന്നാലും വാണ്ടർ വാൾസ് വാതകങ്ങളെ പോലെ യഥാർത്ഥ വാതകങ്ങൾക്ക് ഇത് അനുയോജ്യമല്ല (E_K) .
- ആന്തരികോർജ്ജം ഒരു അവസ്ഥാചരം ആകുന്നു. ഇത് താപഗതിക വ്യവസ്ഥയുടെ അന്ത്യാവസ്ഥ, ആദ്യാവസ്ഥ എന്നിവയെമാത്രമേ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നുള്ളൂ. ഉദാഹരണമായി ജലത്തിന്റെ താപനില 30°C ൽ നിന്നു 40°C യിൽ ചൂടാക്കുന്നതുകൊണ്ടോ അല്ലെങ്കിൽ ഇളക്കുന്നതുകൊണ്ടോ ഉയർത്തപ്പെടുന്നു. അതിന്റെ അവസാന ആന്തരിക ഊർജ്ജം, ജലം എപ്രകാരം 40°C താപനിലയിലെത്തി എന്നതിനെ ആശ്രയിക്കാതെ അതിന്റെ അവസാന താപനിലയെ മാത്രമേ ആശ്രയിക്കുന്നുള്ളൂ.

കുറിപ്പ്

താപഗതിക വ്യവസ്ഥയുടെ ആന്തരിക ഊർജ്ജം വ്യവസ്ഥയിലുള്ള ഓരോ തന്മാത്രയുടെയും ക്രമരഹിത ചലനത്താൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഗതികോർജ്ജത്തേയും അവയുടെ രാസ വ്യവസ്ഥയാൽ ഉണ്ടാകുന്ന സ്ഥിതികോർജ്ജം എന്നിവയെ മാത്രമേ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നുള്ളൂ എന്നതിനെ പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്. മുഴുവൻ വ്യവസ്ഥയുടേയും ആകെ ഗതികോർജ്ജം അല്ലെങ്കിൽ വ്യവസ്ഥയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണ സ്ഥിതികോർജ്ജം തുടങ്ങിയവ വ്യവസ്ഥയുടെ ആന്തരികോർജ്ജത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗം എന്നതെറ്റിദ്ധാരണ പാടില്ല.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 116 22-07-2022 15:13:35

കുറിപ്പ്

(a) ഒരേ താപനിലയും ആന്തരികോർജ്ജവും ഉള്ള രണ്ടു വാതകങ്ങൾ നിറയ്ക്കപ്പെട്ട പാത്രങ്ങൾ കരുതുക. അവയിൽ ഒന്ന് നിലത്തും, മറ്റൊന്ന് ചലനത്തിലുള്ള ട്രെയിനിലും വെയ്ക്കപ്പെടുന്നു. ട്രെയിനിലുള്ള വാതകപാത്രം ട്രെയിനിന്റെ വേഗത്തിൽ ചലിച്ചാലും അതിനുള്ളിൽ ഉള്ള വാതക തന്മാത്രകളുടെ ആന്തരികോർജ്ജത്തിൽ യാതൊരു വിധത്തിലുള്ള വർധനവും ഉണ്ടാകുന്നില്ല.

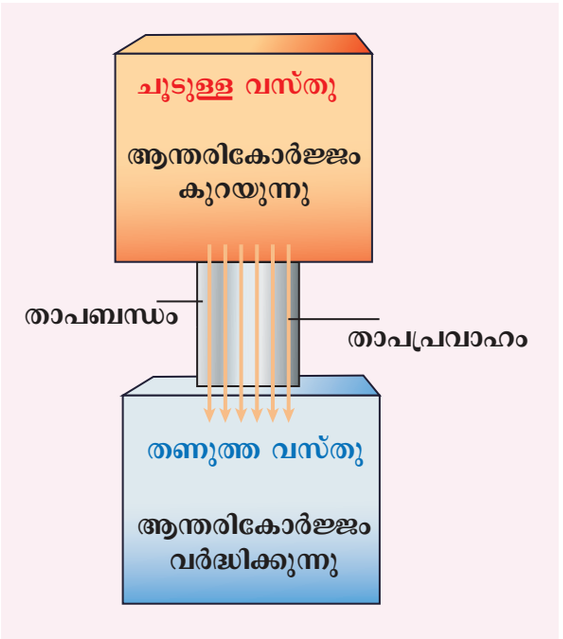
(b) ഒരേ താപനിലയും ആന്തരികോർജ്ജവുമുള്ള രണ്ടു വാതകം നിറയ്ക്കപ്പെട്ട പാത്രങ്ങൾ കരുതുക. അവയിൽ ഒന്ന് നിലത്തും, മറ്റൊന്ന് h ഉയരത്തിലും വെയ്ക്കപ്പെടുന്നു. h ഉയരത്തിലുള്ള വാതകപ്പാത്രത്തിന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണ സ്ഥിതികോർജ്ജം ഉയർന്നതാണെങ്കിലും ഈ ഉയർച്ച, വാതകത്തിന്റെ ആന്തരികോർജ്ജത്തിൽ യാതൊരു തരത്തിലുള്ള മാറ്റവും ഉണ്ടാക്കുന്നില്ല.

ഉദാഹരണം 8.10

ഒരു ബക്കറ്റ് സാധാരണ ജലത്തിൽ, ഒരു കപ്പ് ചൂടു ജലം മിശ്രണം ചെയ്യുമ്പോൾ താപം ഏതു ദിശയിൽ പ്രവഹിക്കും. നിങ്ങളുടെ ഉത്തരത്തിനുള്ള വിശദീകരണം തരുക.

ബക്കറ്റിലുള്ള സാധാരണ ജലത്തേക്കാൾ, കാപ്പിലെ ചൂടായ ജലത്തിന്റെ താപനില അധികമായാലും കപ്പിലുള്ള ചൂടു ജലത്തിന്റെ ആന്തരികോർജ്ജത്തേക്കാൾ ബക്കറ്റ് ജലത്തിന്റെ ആന്തരികോർജ്ജം അധികമാകുന്നു. എന്തെന്നാൽ ആന്തരികോർജ്ജം ഒരു എക്സ്റ്റെൻസീവ് ചരമാകുന്നു. അത് വ്യവസ്ഥയുടെ വലുപ്പം അല്ലെങ്കിൽ ദ്രവ്യമാനത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

ബക്കറ്റ് ജലത്തിന്റെ ആന്തരികോർജ്ജം അധികമാണെങ്കിലും, കപ്പിലുള്ള ജലത്തിൽ നിന്ന് താപം ബക്കറ്റ് ജലത്തിലോട്ട് പ്രവഹിക്കുന്നു. ഇതിനു കാരണം താപം എല്ലായ്പ്പോഴും ഉയർന്ന താപനിലയിലുള്ള വസ്തുക്കളിൽ നിന്ന് താഴ്ന്ന താപനിലയിലുള്ള വസ്തുക്കളിലോട്ട് പ്രവഹിക്കും. മാത്രമല്ല ഇത് വ്യവസ്ഥയുടെ ആന്തരികോർജ്ജത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. വസ്തുവിലോട്ട് താപം മാറ്റപ്പെട്ടതും ആ താപം വസ്തുവിന്റെ ആന്തരികോർജ്ജമായി മാറുന്നു. അതുകൊണ്ട് വസ്തു താപം സ്വീകരിച്ചു എന്നതിനേക്കാൾ "വസ്തു ഒരു നിശ്ചിത അളവ് ആന്തരികോർജ്ജം സ്വീകരിച്ചു" എന്നു പറയുന്നതായിരിക്കും ശരായ രീതി. ഒരു വ്യവസ്ഥയുടെ ആന്തരികോർജ്ജം അധികരിക്കുന്നതിനു ഒരു മികച്ച രീതി ചൂടാക്കുന്നതാകുന്നു. ഇത് താഴെ കാണുന്ന ചിത്രത്തിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.



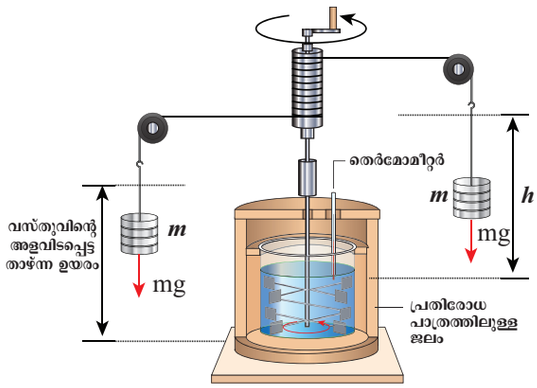
കുറിപ്പ്

ഇവിടെ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടത് എന്തെന്നാൽ താപം എപ്പോഴും ആന്തരികോർജ്ജത്തെ അധികരിക്കേണ്ട ആവശ്യമില്ല. സമതാപീയ പ്രക്രിയയിൽ ആദർശവാതകത്തിലോട്ട് താപം പ്രവഹിച്ചാലും അതിന്റെ ആന്തരികോർജ്ജത്തിൽ യാതൊരുവിധ ഉയർച്ചയും ഉണ്ടാകുന്നില്ല എന്നതിനെക്കുറിച്ച് നാം പിന്നീട് പഠിക്കുന്നതാണ്.

8.6.1 ജൂൾസ് താപയാന്ത്രിക സമാനം

ഒരു വസ്തുവിന്റെ താപനില അതിനെ ചൂടാക്കുന്നതുമൂലം ഉയർത്താം അല്ലെങ്കിൽ ആ വസ്തുവിന്മേൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യുന്നതുമൂലം ഉയർത്താം. 18-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ജയിംസ് ജൂൾ എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ യാന്ത്രികോർജ്ജത്തെ ആന്തരികോർജമായും, ആന്തരികോർജത്തെ യാന്ത്രികോർജമായും മാറ്റാൻ സാധിക്കുമെന്നു തെളിയിച്ചു. അദ്ദേഹത്തിന്റെ പരീക്ഷണം ചിത്രം 8.19-ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ രണ്ട് ദ്രവ്യമാനങ്ങൾ കയറുമൂലം പാഡിൽ ചക്രവുമായി ബന്ധിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്താൽ രണ്ടു ദ്രവ്യമാനങ്ങളും h ദൂരത്തിൽ താഴോട്ടു വരുമ്പോൾ 2mgh അളവ് സ്ഥിതികോർജ്ജം രണ്ടു ദ്രവ്യമാനത്തിനും നഷ്ടപ്പെടുന്നു. ദ്രവ്യമാനങ്ങൾ താഴോട്ട് വരുമ്പോൾ ജലത്തിലുള്ള പാഡിൽ ചക്രം ചുറ്റുന്നു. ആയതിനാൽ, പാഡിൽ ചക്രത്തിനും ജലത്തിനു മിടയ്ക്ക് ഒരു ഘർഷണബലം ഉണ്ടാകുന്നു. ഇത്

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 117 22-07-2022 15:13:35



ചിത്രം 8.19 ജൂൾസ് താപയാന്ത്രിക സമാനത്തെ നിർണയിക്കുന്ന പരീക്ഷണം.

ജലത്തിന്റെ താപനില ഉയർത്തുന്നു. ഇവിടെ ഗുരുത്വാകർഷണ സ്ഥിതികോർജ്ജം ജലത്തിന്റെ ആന്തരികോർജ്ജമായി മാറുന്നത് കാണിക്കുന്നു. ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവർത്തിയാൽ ജലത്തിന്റെ താപനില ഉയർന്നു കാണപ്പെട്ടു. യഥാർത്ഥത്തിൽ താപം കൊടുക്കുന്നതുകൊണ്ട് ഉണ്ടാകുന്ന അതേഫലം യന്ത്രത്തിനാൽ ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവർത്തിയാൽ ഉണ്ടാക്കാൻ സാധിക്കുമെന്ന് ജൂൾ തെളിയിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഒരു ഗ്രാം ദ്രവ്യമാനമുള്ള ജലത്തിന്റെ താപനില 1°C ഉയർത്താൻ 4.186 J ഊർജ്ജം ആവശ്യമാണെന്ന് ജൂൾ കണ്ടുപിടിച്ചു. മുമ്പ്, താപം കലോറി എന്ന മാത്രയാൽ അളക്കപ്പെട്ടു.

$$1 \text{ കലോറി} = 4.186 \text{ J}$$

ഇതിനെ ജൂൾസ് താപയാന്ത്രിക സമാനം എന്നു പറയുന്നു.

കുറിപ്പ്

ജയിംസ് ജൂളിന്റെ കാലത്തിനുമുമ്പ്, താപം എന്നത് കലോറിക് എന്ന പ്രവഹിക്കുന്ന ഒരു ദ്രവം എന്നു ജനങ്ങൾ കരുതിയിരുന്നു. ആ ദ്രവം ഉയർന്നതാപനിലയിലുള്ള വസ്തുക്കളിൽ നിന്ന്, കുറഞ്ഞ താപനിലയിലുള്ള വസ്തുക്കളിലോട്ട് പ്രവഹിക്കുമെന്നും കരുതിയിരുന്നു. കലോറിക് ദ്രവ ആശയമനുസരിച്ച് ഉയർന്ന താപനിലയിലുള്ള വസ്തുക്കളിൽ അധികം കലോറിക് ദ്രാവകവും തണുത്ത വസ്തുക്കളിൽ കുറഞ്ഞ കലോറിക് ദ്രാവകവും ഉണ്ട്. എന്തെന്നാൽ താപം എന്നത് ഒരു അളവാണെന്ന് അവർ കരുതിയതാകുന്നു. എന്നാൽ ഇക്കാലത്ത് നാം താപം എന്നത് ഒരു അളവല്ല അത് പ്രസരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ഒരു കൈമാറ്റ ഊർജ്ജം എന്ന് മനസ്സിലാക്കുന്നു. ആയതിനാൽ "താപയാന്ത്രിക സമാനം" എന്നത് ഒരു തെറ്റായ പ്രയോഗമാകുന്നു. എന്തെന്നാൽ യാന്ത്രികോർജം എന്നത് ഒരു അളവാകുന്നു. ഏതൊരു വസ്തുവിനും കൂടുതലായോ അല്ലെങ്കിൽ കുറവായോ യാന്ത്രികോർജ്ജത്തെ നേടാൻ സാധിക്കും. എന്നാൽ താപത്തിന് ഇത് അനുയോജ്യമല്ല. എന്തെന്നാൽ താപം എന്നത് ഒരു അളവല്ല. എന്നിരുന്നാലും ഈ പ്രയോഗം മുമ്പു മുതൽക്കേ പ്രചാരത്തിലുള്ളതിനാൽ ഇപ്പോഴും പിൻതുടരുന്നു. ഇതിന്റെ ശരിയായ പ്രയോഗം ജൂൾസ് ആന്തരികോർജ്ജം - യാന്ത്രികോർജ്ജ സമാനം എന്നതാകുന്നു. അടിസ്ഥാനപരമായി ജൂൾ യാന്ത്രികോർജത്തിനെ ആന്തരികോർജ്ജമായി മാറ്റിയിട്ടുണ്ട്. ജൂൾ പാഡിൽ ചക്ര പരീക്ഷണത്തിൽ ദ്രവ്യമാനങ്ങളുടെ ഗുരുത്വാകർഷണ സ്ഥിതികോർജം, പാഡിൽ ചക്രത്തിന്റെ പരിക്രമണ ഗതികോർജമായി മാറ്റപ്പെട്ട്, പിന്നീട് ജലത്തിന്റെ ആന്തരികോർജമായി മാറുന്നു.

ഉദാഹരണം 8.11

ഒരു വിദ്യാർത്ഥി പ്രഭാത ഭക്ഷണത്തിനായി 200 ഭക്ഷണ കലോറി ഊർജ്ജമുള്ള ആഹാരം കഴിക്കുന്നു. ആ വ്യക്തി കിണറ്റിൽ നിന്ന് ജലം കോരി വിദ്യാലയത്തിലുള്ള മരങ്ങൾക്ക് നനയ്ക്കുന്നതു മൂലം ആ ഊർജ്ജം ചെലവഴിക്കാമെന്ന് കരുതുന്നു. ഇപ്രകാരം ചെലവഴിക്കണമെങ്കിൽ എത്ര മരങ്ങൾക്ക് ആ വ്യക്തിക്ക് ജലം നനയ്ക്കാൻ സാധിക്കും? ഇവിടെ കിണറിന്റെ ആഴം 25 m കുടത്തിൽ 25L ജലം ശേഖരിക്കാൻ സാധിക്കും. ഓരോ മരത്തിനും ഒരു കുടം ജലം നനയ്ക്കേണ്ടതാണ് എന്നു കരുതുക. (നടക്കുമ്പോൾ ചെലവാകുന്ന ഊർജത്തെയും, കുടത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തെയും അവഗണിക്കേണ്ടതാണ്.) $g = 10 \text{ m s}^{-2}$ എന്നു കരുതുക

നിർദ്ധാരണം

കിണറ്റിൽ നിന്ന് 25 L ജലം കോരാനായി ആ വ്യക്തിയുടെ ആന്തരികോർജ്ജം ഉപയോഗപ്പെടുത്തി ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്തിനു എതിരായി പ്രവൃത്തി ചെയ്യേണ്ടതാണ്.

ജലത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം = 25 L = 25 kg (1L=1kg)

25 kg ദ്രവ്യമാനമുള്ള ജലം കോരാനായി ചെയ്യേണ്ട പ്രവൃത്തി = ജലത്താൽ ലഭിക്കുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണ സ്ഥിതികോർജം.

$W = mgh = 25 \times 10 \times 25 = 6250 \text{ J}$

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 118 22-07-2022 15:13:37

പ്രഭാതഭക്ഷണത്തിനാൽ ലഭിക്കുന്ന ഊർജ്ജം = 200 ഭക്ഷണ കലോറി =200 kcal.

$= 200\times10^3 \times 4.186\ J = 8.37\times10^5\ J$

ഈ ഊർജം കൊണ്ട് വിദ്യാർത്ഥി 'n' കുടങ്ങൾ ജലം കിണറ്റിൽ നിന്ന് കോരുന്നുവെന്ന് കരുതുക. വിദ്യാർത്ഥിയാൽ ചെലവഴിക്കപ്പെടുന്ന ആകെ ഊർജ്ജം $= 8.37 \times 10^5\ J = nmgh$

$$\text{അതുകൊണ്ട്}\quad n = \frac{8.37\times10^5\ J}{6250 J} \approx 134.$$

ഇവിടെ n എന്നത് ജലം നനയ്ക്കേണ്ട മരങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിനേയും കൂടി കുറിക്കുന്നു.

പ്രഭാത ഭക്ഷണം മാത്രം കഴിച്ചിട്ട് 134 കുടം ജലം കോരാൻ സാധിക്കുമോ? തീർച്ചയായും സാധിക്കില്ല. യഥാർത്ഥത്തിൽ മനുഷ്യ ശരീരം ഭക്ഷണ ഊർജം പൂർണമായും പ്രവർത്തിയായി മാറ്റുന്നില്ല. എന്തെന്നാൽ ഏകദേശമായി മനുഷ്യ ശരീരത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത 20% ആകുന്നു. അതായത് 200 ഭക്ഷണ കലോറിയിൽ 20% മാത്രമേ പ്രവർത്തിയായി മാറുന്നുള്ളൂ. അതുകൊണ്ട് 134 കുടങ്ങളിൽ 20% എന്നത് 26 കുടങ്ങൾ മാത്രം. ആയതിനാൽ ആ വിദ്യാർത്ഥി കഴിച്ച പ്രഭാത ഭക്ഷണത്തിനു സമാനമായി ചെയ്ത പ്രവർത്തിയുടെ അളവ് 26 കുടം ജലം കോരുന്നതാകുന്നു.

ബാക്കിയുള്ള ഊർജ്ജം രക്ത പ്രവാഹത്തിനും മറ്റു ശരീരഭാഗങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനത്തിനും ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. മാത്രമല്ല, ഒരു നിശ്ചിത അളവ് ഊർജ്ജം പാഴായിപ്പോകുന്നുവെന്നത് ഓർക്കേണ്ടതാണ്. നമ്മുടെ ശരീരത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത 100% അല്ലാത്തത് എന്തുകൊണ്ട്? ഇതിനുള്ള ഉത്തരം നിങ്ങൾ ഭാഗം 8.9-ൽ മനസ്സിലാക്കുന്നു

8.6.2 താപ ഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമം

ഊർജസംരക്ഷണ നിയമത്തിന്റെ പ്രസ്താവനയാണ് താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമം. ന്യൂട്ടന്റെ യന്ത്രശാസ്ത്രത്തിലെ ഊർജസംരക്ഷണത്തിൽ സ്ഥൂലവസ്തുക്കളുടെ ഗതികോർജവും സ്ഥിതികോർജവും ഉൾക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമം താപത്തേയും ഉൾക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഈ നിയമമനുസരിച്ച് വ്യവസ്ഥയുടെ ആന്തരികോർജ്ജ വ്യതിയാനം *(ΔU)* വ്യവസ്ഥയ്ക്ക് നൽകപ്പെട്ട താപത്തിനും *(Q)* പരിസരത്തിനുമേൽ ആ വ്യവസ്ഥ ചെയ്ത പ്രവർത്തിക്കും *(W)* ഉള്ള വ്യത്യാസത്തിന് സമമാകുന്നു. ഗണിതത്തിൽ ഇതിന താഴെക്കൊടുത്തിട്ടുള്ളതുപോലെ കുറിയ്ക്കാം.

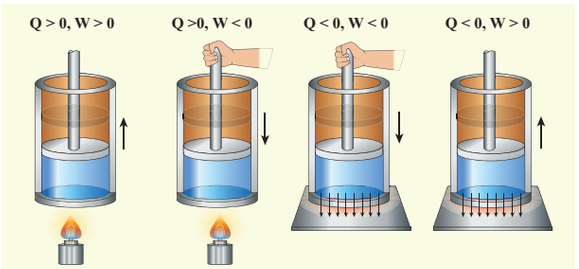
$$\Delta U = Q - W \qquad (8.13)$$

താപഗതിക വ്യവസ്ഥയുടെ ആന്തരികോർജത്തെ, ചൂടാക്കിയോ അല്ലെങ്കിൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്തോ മാറ്റാൻ സാധിക്കും. ഇതിനെ താഴെയുള്ള പട്ടികയിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

വ്യവസ്ഥയിലേക്കു താപ പ്രവാഹം	ആന്തരികോർജ്ജം അധികരിക്കും
വ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് താപം വെളിയിലേക്ക് പ്രവഹിക്കുന്നു	ആന്തരികോർജം കുറയുന്നു
വ്യവസ്ഥയിൻമേൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെടുമ്പോൾ	ആന്തരികോർജം അധികരിക്കുന്നു
വ്യവസ്ഥയാൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെടുമ്പോൾ	ആന്തരികോർജം കുറയുന്നു

മുകളിൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ള പട്ടികയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ, താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമം ഉപയോഗപ്പെടുത്താനുള്ള സാങ്കേതിക ചിഹ്നത്തെ അവതരിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇത് താഴെയുള്ള പട്ടികയിലും ചിത്രം 8.20 ലും കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

വ്യവസ്ഥയ്ക്ക് താപം ലഭിക്കുമ്പോൾ	Q ധനാത്മകം
വ്യവസ്ഥയ്ക്ക് താപം നഷ്ടപ്പെടുമ്പോൾ	Q ഋണാത്മകം
വ്യവസ്ഥയിന്മേൽ പ്രവർത്തി ചെയ്യപ്പെടുമ്പോൾ	W ഋണാത്മകം
വ്യവസ്ഥ പ്രവൃത്തി ചെയ്യുമ്പോൾ	W ധനാത്മകം



ചിത്രം 8.20 താപത്തിനും പ്രവർത്തിക്കുമുള്ള സാങ്കേതിക ചിഹ്നം

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 119 22-07-2022 15:13:38

പൊതുവായി വാതകങ്ങളെക്കൊണ്ട് താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാംനിയമം വിശദീകരിക്കപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ ഈ നിയമം എല്ലാത്തിനും പൊതുവായുള്ളതാകുന്നു. ദ്രാവകങ്ങൾക്കും ഖരവസ്തുക്കൾക്കും ഈ നിയമം ഉപയോഗിക്കാൻ സാധിക്കും.

കുറിപ്പ്

ചിലപുസ്തകങ്ങളിൽ $\Delta U = Q + W$ എന്ന താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമം കുറിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഇവിടെ വ്യവസ്ഥയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവർത്തി ഋണാത്മകമായും, വ്യവസ്ഥയിന്മേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി ധനാത്മകമായും കരുതപ്പെടുന്നു. ഇവ രണ്ടും ശരിയായ സാങ്കേതിക ചിഹ്നങ്ങളാകുന്നു. ഇവയിൽ ഏതെങ്കിലും ഒരു സാങ്കേതിക ചിഹ്നം നമുക്ക് അനുകരിക്കാം.

ഉദാഹരണം 8.12

ഒരു വ്യക്തി 2 kg ദ്രവ്യമാനമുള്ള ജലം പാഡിൽ ചക്രം കൊണ്ട് ഇളക്കുന്നതുകൊണ്ട് 30 kJ പ്രവൃത്തി ചെയ്യുന്നു. ഏറെക്കുറെ 5 kcal താപം ജലത്തിൽ നിന്നും പുറത്തുവിട്ട് പാത്രത്തിന്റെ പ്രതലം വഴി താപചാലനവും താപവികിരണവും മൂലം പരിസരത്തിൽ വ്യാപിക്കുന്നുവെങ്കിൽ വ്യവസ്ഥയുടെ ആന്തരികഊർജ്ജ വ്യതിയാനം കണക്കാക്കുക?

നിർദ്ധാരണം

വ്യവസ്ഥയിന്മേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി (ജലത്തിൽ ഇളക്കുന്നതുമൂലം വ്യക്തിയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി), W = -30 kJ = −30,000J
വ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് താപം പുറത്തു വരുന്നു,
$Q = -5\ \text{kcal} = -5 \times 4184\ J = -20920\ J$
താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമം ഉപയോഗപ്പെടുത്തുമ്പോൾ

$$\Delta U = Q - W$$
$$\Delta U = -20{,}920\ J - (-30{,}000)\ J$$
$$\Delta U = -20{,}920\ J + 30{,}000\ J = 9080\ J$$

ഇവിടെ, വ്യവസ്ഥയിന്മേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവർത്തിയെക്കാൾ താപനഷ്ടം കുറവായിട്ടാണ് ഉള്ളത്. ആയതിനാൽ ആന്തരികോർജ്ജ വ്യതിയാനം ധനാത്മകമാകുന്നു. ഇത് വ്യവസ്ഥയുടെ ആന്തരികോർജം അധികരിച്ചതിനെ കാണിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 8.13

ജോഗിങ് പരിശീലനം ദിവസവും ചെയ്യുന്നത് ആരോഗ്യത്തിന് നല്ലത് എന്നത് നമുക്കറിയാം. നിങ്ങൾ ജോഗിംങ് പരിശീലനം ചെയ്യുമ്പോൾ 500 kJ പ്രവൃത്തി നിങ്ങളാൽ ചെയ്യപ്പെടുന്നു. നിങ്ങളുടെ ശരീരത്തിൽ നിന്ന് 230 kJ താപം പുറത്തുവിടുന്നുവെങ്കിൽ നിങ്ങളുടെ ശരീരത്തിനുണ്ടാകുന്ന ആന്തരികോർജ വ്യതിയാനത്തെ കണക്കാക്കുക?

നിർദ്ധാരണം

വ്യവസ്ഥയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി (നമ്മുടെ ശരീരം വ്യവസ്ഥ എന്ന് കരുതുക),

$$W = +500\ \text{kJ}$$

വ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് (നമ്മുടെ ശരീരം) പുറത്തു വിടപ്പെട്ട താപം,

$$Q = -230\ \text{kJ}$$

ശരീരത്തിലുണ്ടാകുന്ന ആന്തരികോർജ വ്യതിയാനം = $\Delta U = -230\ kJ - 500\ kJ = -730\ kJ$

8.6.3 കാസിസ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയ

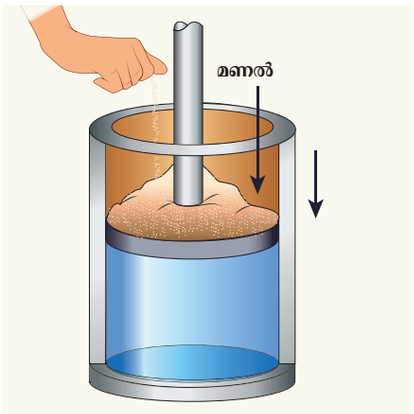
V വ്യാപ്തം, P മർദ്ദം, T താപനില എന്നിവനയുള്ള ഒരു ആദർശവാതക വ്യവസ്ഥയെ കരുതുക. ആദർശ വാതകം അടയ്ക്കപ്പെട്ട സിലിണ്ടറിന്റെ പിസ്റ്റൺ പുറത്തോട്ട് ചലിപ്പിക്കുമ്പോൾ ആദർശ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തത്തിൽ മാറ്റം സംഭവിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലത്താൽ താപനിലയിലും മർദ്ദത്തിലും മാറ്റം സംഭവിക്കുന്നു. എന്തെന്നാൽ, ഈ മൂന്ന് ചരങ്ങളും (P, T, V) PV = NkT എന്ന അവസ്ഥാ സമീകരണത്തിനാൽ ബന്ധപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഒരു ദ്രവ്യമാനത്തെ പിസ്റ്റണിന്മേൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ അത് പിസ്റ്റണെ പെട്ടെന്ന് താഴേക്ക് തള്ളുന്നു. പിസ്റ്റണിന്റെ അരികെയുള്ള ഭാഗത്തിന്റെ മർദ്ദം, വ്യവസ്ഥയുടെ മറ്റു ഭാഗങ്ങളിലുള്ള മർദ്ദത്തെക്കാൾ അധികമായിരിക്കും. ഇത് വാതകത്തിന്റെ അസംതുലനാവസ്ഥയെ കാണിക്കുന്നു. വാതകം വീണ്ടും സംതുലനാവസ്ഥയിൽ എത്തുന്നതുവരെ ആ വാതകത്തിന്റെ മർദ്ദം, താപനില അല്ലെങ്കിൽ ആന്തരികോർജ്ജം എന്നിവയെ നിർണയിക്കാൻ കഴിയില്ല. എന്നാൽ പിസ്റ്റണെ വളരെ സാവധാനത്തിൽ തള്ളുമ്പോൾ ഓരോ ഘട്ടത്തിലും വ്യവസ്ഥാ പരിസരവുമായി സംതുലനാവസ്ഥയിൽ ആയിരിക്കും. ഈ അവസ്ഥയിൽ നാം അവസ്ഥാ സമീകരണമുപയോഗിച്ച് ആന്തരികോർജ്ജം, മർദ്ദം അല്ലെങ്കിൽ താപനില എന്നിവയെ കണക്കാക്കാൻ കഴിയും. ഇത്തരത്തിലുള്ള പ്രക്രിയയ്ക്ക് കാസിസ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയ എന്നു പറയുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 120 26-07-2022 16:14:43

ക്വാസിസ് സ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയ എന്നത് വളരെ വളരെ സാവധാനം നടക്കുന്ന ഒരു പ്രക്രിയയാണ്. ഈ പ്രക്രിയ തീരുന്നതുവരെ വ്യവസ്ഥ, പരിസരവുമായി താപ സംതുലനാവസ്ഥ യാന്ത്രിക സംതുലനാവസ്ഥ, രാസ സംതുലനാവസ്ഥ, എന്നിവയിലായിരിക്കേണ്ടതിന് തന്നുടെ ചരങ്ങളായ (P,V,T) എന്നിവയുടെ മൂല്യങ്ങളെ വളരെ സാവധാനം മാറ്റുന്നു. നിർവചിക്കാൻ സാധിക്കാത്ത വിധം സാവധാനം സംഭവിക്കുന്ന ഈ വ്യതിയാനത്താൽ വ്യവസ്ഥ എപ്പോഴും സംതുലനാവസ്ഥയോടടുത്ത് കാണപ്പെടുന്നു.

ഉദാഹരണം 8.14

ക്വാസി സ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയയ്ക്ക് ഒരു ഉദാഹരണം തരുക. വ്യാപ്തം V, മർദം P, താപനില T എന്നിവയുള്ള ഒരു വാതകം പാത്രത്തിലാക്കിയിട്ടുണ്ടെന്നു കരുതുക. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ പിസ്റ്റണുമുകളിൽ ഓരോ മണൽ കണികകളായി ഇടുമ്പോൾ പിസ്റ്റൺ ഉള്ളിലോട്ട് വളരെ സാവധാനം ചലിക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയെ ഏതാണ്ട് ക്വാസിസ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയയായി കരുതാം



ഓരോ മണൽകണിക പിസ്റ്റണിൻമേലിടുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ക്വാസി സ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയ

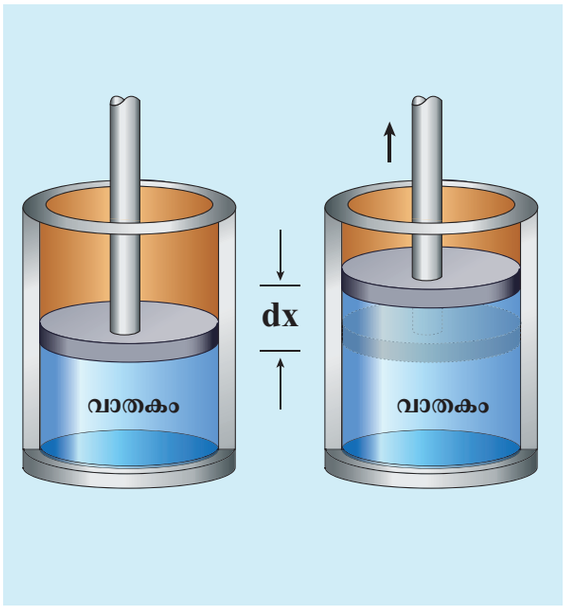
8.6.4 വ്യാപ്തത്തിൽ മാറ്റം സംഭവിക്കുമ്പോൾ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി

ചലിക്കുന്ന പിസ്റ്റണുള്ള വാതകം നിറയ്ക്കപ്പെട്ട ഒരു സിലിണ്ടറിനെ കരുതുക. ചിത്രം 8.21-ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ ക്വാസി സ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയയിൽ ഉള്ളതുപോലെ വാതകം വികസിച്ച് പിസ്റ്റണെ dx ദൂരത്തിൽ സാവധാനം തള്ളുന്നു. ഇവിടെ ക്വാസി സ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വാതകം വികസിക്കപ്പെടുന്നു. ആയതിനാൽ ഓരോ ക്ഷണത്തിലും മർദ്ദം, താപനില, ആന്തരികോർജ്ജം എന്നിവയ്ക്ക് ഒരു നിശ്ചിത മൂല്യം ലഭിച്ചിരിക്കും.

വാതകത്തിനാൽ പിസ്റ്റണിൻമേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട കുറഞ്ഞ പ്രവൃത്തി

$$dW = Fdx \qquad (8.14)$$

വാതകത്തിനാൽ പിസ്റ്റണിന്മേൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ട ബലം F = PA ഇവിടെ A എന്നത് പിസ്റ്റണിന്റെ വിസ്തീർണ്ണത്തേയും, P എന്നത് വാതകം പിസ്റ്റണിന്മേൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന മർദ്ദത്തേയും കുറിക്കുന്നു.



ചിത്രം 8.21 വാതകത്തിനാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി

സമീകരണം (8.14) നെ താഴെ കാണുന്നതുപോലെ മാറ്റി എഴുതാം

$$dW = PA\,dx \qquad (8.15)$$

എന്നാൽ Adx = dV= വാതകത്തിന്റെ വികാസത്താൽ സംഭവിച്ച വ്യാപ്ത വ്യതിയാനം.

വാതകം വികസിച്ചതിനാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട കുറഞ്ഞ പ്രവൃത്തി

$$dW = PdV \qquad (8.16)$$

ഇവിടെ dV ധനാത്മകം എന്നത് ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്. എന്തെന്നാൽ വ്യാപ്തം അധികരിക്കുന്നു അതുകൊണ്ട് dW ധനാത്മകം.

പൊതുവായി വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം V_i ൽ നിന്ന് V_f വരെ അധികരിക്കുന്നതുകൊണ്ട് ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയെ താഴെ കാണുന്നതുപോലെ എഴുതാം

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV \qquad (8.17)$$

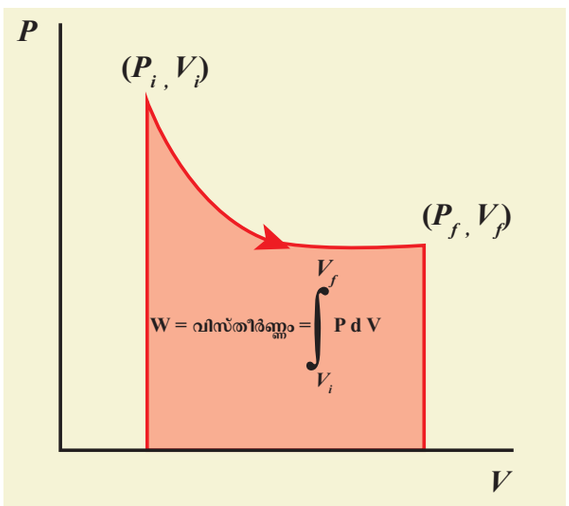
XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 121 22-07-2022 15:13:39

വ്യവസ്ഥയിന്മേൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെട്ടിരുന്നെങ്കിൽ ($V_i > V_f$) W ഋണാത്മക മൂല്യമാകുമായിരുന്നു.

സമീകരണം (8.17) ൽ മർദം P സമകലനത്തിനുള്ളിൽ ഉള്ളതു ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്. വ്യവസ്ഥ പ്രവൃത്തി ചെയ്യുമ്പോൾ മർദ്ദം സ്ഥിരമാകേണ്ട ആവശ്യമില്ല എന്നതാണ് ഇതിൽ നിന്നും മനസ്സിലാക്കേണ്ടത്. സമകലനം കണക്കാക്കാൻ അവസ്ഥാ സമീകരണം ഉപയോഗിച്ച് മർദ്ദത്തെ വ്യാപ്തം, താപനില എന്നിവയുടെ ഫലനത്തിൽ എഴുതേണ്ടതാണ്.

8.6.5 PV രേഖാചിത്രം

മർദ്ദം P, വ്യാപ്തം V എന്നിവയ്ക്കിടയിൽ വരയ്ക്കപ്പെടുന്ന ഒരു രേഖാ ചിത്രമാണ് PV രേഖാചിത്രം. വാതകം വികസിക്കുമ്പോൾ ആ വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയെ P-V രേഖാ ചിത്രത്തിനാൽ കണക്കാക്കാം. അല്ലെങ്കിൽ വാതകം അമർത്തപ്പെടുമ്പോൾ ആ വാതകത്തിന്മേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയെ കണക്കിടാം. അദ്ധ്യായം 2-ൽ നാം പഠിച്ചതുപോലെ വക്രത്തിന് കീഴേയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം ചെറിയ പരിധിയിൽ നിന്ന് പരമാവധി പരിധി വരെ ഉള്ള ഫലനങ്ങളുടെ സമകലന മൂല്യത്തെ തരുന്നു. ഇതുപോലെ PV രേഖാചിത്രത്തിനു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം വാതകം വികസിക്കുമ്പോൾ അല്ലെങ്കിൽ അമർത്തപ്പെടുമ്പോൾ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയെ തരുന്നു. ഇത് ചിത്രം 8.22 ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്.



ചിത്രം 8.22 വാതകം വികസിക്കുമ്പോൾ വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി

PV രേഖാചിത്രത്തിന്റെ ആകൃതി താപഗതിക പ്രക്രിയയുടെ സ്വഭാവത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 8.15

സ്ഥിരമായ അന്തരീക്ഷ മർദ്ദത്തിൽ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം $1m^3$ ൽ നിന്ന് $2m^3$ യി വികസിക്കുന്നു എങ്കിൽ താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ളത് കണക്കാക്കുക.

(a) വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി.

(b) ഈ പ്രവൃത്തിയുടെ PV രേഖാചിത്രം.

നിർദ്ധാരണം

(a) മർദം P = 1 atm = 101 kPa, V_f =2 m^3 , V_i = $1m^3$

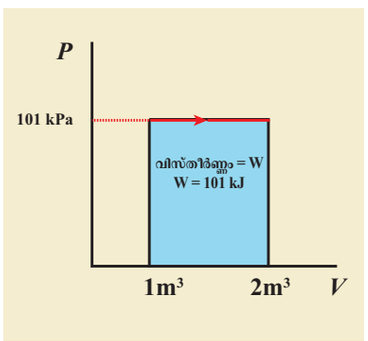
സമീകരണം (8.17) ൽ നിന്നും

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV = P\int_{V_i}^{V_f} dV$$

ഇവിടെ P എന്നത് ഒരു സ്ഥിരാങ്കമാകുന്നു. ആയതിനാൽ ഇത് സമകലനത്തിനു പുറത്താണുള്ളത്.

$$W = P\,(V_f - V_i) = 101\times10^3 \times (2 - 1) = 101\ kJ$$

(b) മർദ്ദം സ്ഥിരാങ്കമായതിനാൽ ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ PV രേഖാ ചിത്രം ഒരു നേർ രേഖയായിരിക്കും. ആ നേർരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിക്കു സമമാകുന്നു.



ചിത്രത്തിൽ അടയാളപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ള അമ്പടയാളം ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്. വ്യവസ്ഥയിന്മേൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെട്ടിരുന്നാൽ വ്യാപ്തം കുറയും. എതിർദിശയിൽ അമ്പടയാളം കാണപ്പെടും.

8.7 വാതകത്തിന്റെ വിശിഷ്ട താപധാരിത

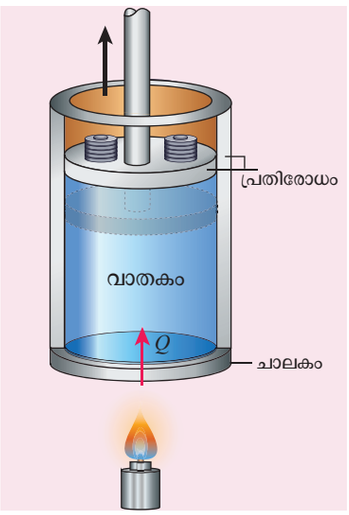
തന്നിട്ടുള്ള വ്യവസ്ഥയുടെ വിശിഷ്ട താപധാരിത ആ വസ്യവസ്ഥയുടെ ഘടനയും തന്മാത്രകളുടെ

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 122 22-07-2022 15:13:40

സ്വഭാവവും നിർണ്ണയിക്കുന്നതിൽ മുഖ്യ പങ്കുവഹിക്കുന്നു. ഖര വസ്തുക്കളും ദ്രാവകങ്ങളും പോലെയല്ലാതെ വാതകങ്ങൾക്ക് രണ്ടു വിശിഷ്ട താപധാരിതയുണ്ട്. അവ സ്ഥിരമർദ്ദ വിശിഷ്ട താപധാരിത (s_p) യും സ്ഥിരവ്യാപ്ത വിശിഷ്ട താപധാരിത (s_v) യും.

8.7.1 വിശിഷ്ട താപധാരിത

സ്ഥിരമർദ്ദ വിശിഷ്ട താപധാരിത (s_p):
മർദ്ദം സ്ഥിരമായ അവസ്ഥയിൽ 1 kg ദ്രവ്യമാനമുള്ള വസ്തുവിന്റെ താപനില 1°C അല്ലെങ്കിൽ 1 K ഉയർത്താൻ ആവശ്യമായ താപത്തിന്റെ അളവ് സ്ഥിര മർദ്ദ വിശിഷ്ട താപധാരിത എന്നുപറയപ്പെടുന്നു. വ്യവസ്ഥയെ ചൂടാക്കുമ്പോൾ വാതകത്തിന് താപം നൽകപ്പെടുന്നു. ചിത്രം 8.23-ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ സ്ഥിര മർദ്ദത്തിൽ വാതകം വികസിക്കുന്നു.



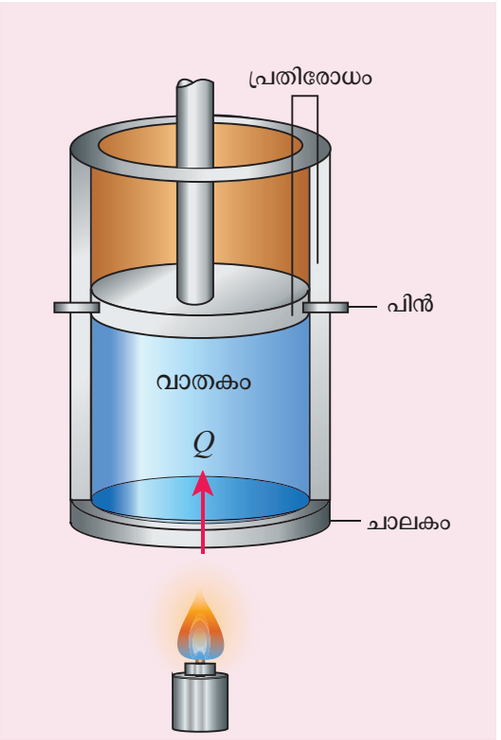
ചിത്രം 8.23 സ്ഥിരമർദ്ദ വിശിഷ്ട താപധാരിത

ഈ പ്രക്രിയയിൽ തന്നിട്ടുള്ള താപത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗം പ്രവൃത്തി ചെയ്യാൻ (വികസിക്കാൻ) ഉപയോഗിക്കുന്നു. മാത്രമല്ല ബാക്കിയുള്ള ഭാഗം വാതകത്തിന്റെ ആന്തരികോർജ്ജത്തെ അധികരിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

സ്ഥിരവ്യാപ്ത വിശിഷ്ട താപധാരിത (s_v):

വ്യാപ്തം സ്ഥിരാവസ്ഥയിൽ 1 kg ദ്രവ്യമാനമുള്ള വസ്തുവിന്റെ താപനിലയെ 1 K അല്ലെങ്കിൽ 1°C ഉയർത്താൻ ആവശ്യമായ താപത്തിന്റെ അളവ്, സ്ഥിര വ്യാപ്ത ശിഷ്ടതാപധാരിത എന്നു പറയപ്പെടുന്നു.

വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം സ്ഥിരമായ അവസ്ഥയിൽ നൽകപ്പെടുന്ന താപം വ്യവസ്ഥയുടെ ആന്തരികോർജ്ജം അധികരിക്കാൻ മാത്രമേ ഉപയോഗപ്പെടുന്നുള്ളൂ. ചിത്രം 8.24-ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ യാതൊരു തരത്തിലുള്ള പ്രവൃത്തിയും ചെയ്യപ്പെടുന്നില്ല.



ചിത്രം 8.24 സ്ഥിരവ്യാപ്ത വിശിഷ്ട താപധാരിത

സ്ഥിര മർദ്ദത്തിൽ വാതകത്തിന്റെ താപനില ഉയർത്താൻ ആവശ്യമായ താപത്തേക്കാൾ, സ്ഥിര വ്യാപ്തത്തിലുള്ള വാതകത്തിന്റെ താപനിലയെ ഉയർത്താൻ ആവശ്യമായ താപം കുറവാണ്. മറ്റൊരു തരത്തിൽ പറയുകയാണെങ്കിൽ s_p എപ്പോഴും s_v യേക്കാൾ അധികമായിരിക്കും.

മോളാർ വിശിഷ്ട താപധാരിതകൾ

ചില സമയത്ത് മോളാർ വിശിഷ്ട താപധാരിതകളെ (S_p. S_v) കണക്കാക്കുന്നത് നമുക്ക് വളരെ പ്രയോജനമുള്ളതായിരിക്കും. സ്ഥിര വ്യാപ്തത്തിൽ 1 മോൾ അളവുള്ള വസ്തുവിന്റെ താപനിലയെ 1K അല്ലെങ്കിൽ 1°C ഉയർത്താൻ ആവശ്യമായ താപത്തിന്റെ അളവ് സ്ഥിര വ്യാപ്ത മോളാർ വിശിഷ്ട താപധാരിത (S_v) എന്നു പറയുന്നു. മർദ്ദം സ്ഥിരമായിരിക്കുമ്പോൾ താപനിലയെ ഉയർത്താൻ ആവശ്യമായ താപത്തിന്റെ അളവ് സ്ഥിര മർദ്ദ മോളാർ വിശിഷ്ട താപധാരിത (S_p)യാകുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 123 22-07-2022 15:13:40

വ്യാപ്തം സ്ഥിരമായിരിക്കുമ്പോൾ μ മോൾ അളവുള്ള വാതകത്തിന് നൽകപ്പെടുന്ന താപത്തെ Q എന്നും, അതിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന താപനില വ്യതിയാനത്തെ ΔT എന്നും കണക്കാക്കിയാൽ

$$Q = \mu C_v \Delta T. \qquad (8.18)$$ എന്നെഴുതാം.

ഈ സ്ഥിരവ്യാപ്ത പ്രക്രിയയ്ക്ക് താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമം ഉപയോഗിച്ചാൽ (W=0, എന്തെന്നാൽ dV=0), എന്നു ലഭിക്കും.

$$Q = \Delta U - 0 \qquad (8.19)$$

(8.18), (8.19) എന്നിവയെ താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ,

$$\Delta U = \mu C_v \Delta T \text{ അല്ലെങ്കിൽ } C_v = \frac{1}{\mu}\frac{\Delta U}{\Delta T}$$

ΔT യുടെ പരിധി പൂജ്യത്തിലെത്തുമ്പോൾ,

$$C_v = \frac{1}{\mu}\frac{dU}{dT} \qquad (8.20)$$

ഇവിടെ താപനില, ആന്തരികോർജ്ജം ഇവ രണ്ടും അവസ്ഥാചരങ്ങൾ. ആയതിനാൽ മുകളിലെ സമീകരണം എല്ലാ പ്രക്രിയകൾക്കും അനുയോജ്യമായതാണ്.

8.7.2 മേയെർസ് ബന്ധം

μ മോൾ അളവുള്ള ആദർശവാതകം ഒരു പാത്രത്തിൽ നിറയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ആ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം V, മർദം P താപനില T എന്നു കരുതുക.

വ്യാപ്തം സ്ഥിരമായിരിക്കുമ്പോൾ വാതകത്തിന്റെ താപനില dT അളവ് ഉയർത്തപ്പെടുന്നു. ഇവിടെ വാതകത്താൽ യാതൊരുവിധ പ്രവൃത്തിയും ചെയ്യപ്പെട്ടിട്ടില്ല. ആയതിനാൽ വ്യവസ്ഥയ്ക്കു നൽകപ്പെട്ട താപം ആന്തരികോർജ്ജം മാത്രമേ അധികരിക്കുന്നുള്ളൂ. ആന്തരികോർജ്ജത്തിൽ ഉണ്ടായ മാറ്റം dU എന്നെടുക്കുക.

C_v എന്നത് സ്ഥിര വ്യാപ്തമോളാർ വിശിഷ്ട താപധാരിതയാണെങ്കിൽ സമീകരണം (8.20) നെ താഴെ കാണുന്നതുപോലെ എഴുതാം

$$dU = \mu C_v dT \qquad (8.21)$$

സ്ഥിരമർദത്തിൽ വാതകത്തിനെ ചൂടാക്കുമ്പോൾ, ആ വാതകത്തിന്റെ താപനില ഉയർച്ച dT എന്നും, വ്യവസ്ഥയ്ക്ക് നൽകപ്പെട്ട താപത്തിന്റെ അളവ് 'Q' എന്നും, ഈ പ്രക്രിയയാൽ വ്യാപ്തത്തിൽ ഉണ്ടായ വ്യതിയാനം 'dV' എന്നും എടുത്താൽ.

$$Q = \mu C_p dT \qquad (8.22)$$

W ഈ പ്രക്രിയയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി

$$W = PdV \qquad (8.23)$$

എന്നാൽ, താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമമനുസരിച്ച്,

$$Q = dU + W \qquad (8.24)$$

സമീകരണങ്ങൾ (8.21), (8.22), (8.23) ഇവ മൂന്നും (8.24), ൽ പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ,

$$\mu C_p dT = \mu C_v dT + PdV \qquad (8.25)$$

μ മോൾ ആദർശ വാതകത്തിനു അവസ്ഥാ സമീകരണം താഴെ കാണുന്നതുപോലെ എഴുതാം

$$PV = \mu RT \Rightarrow PdV + VdP = \mu RdT \qquad (8.26)$$

ഇവിടെ മർദം മാറുന്നില്ല. അതുകൊണ്ട്, dP=0

$$\therefore C_p dT = C_v dT + RdT$$

$$\therefore C_p = C_v + R \quad \text{(or)} \quad C_p - C_v = R \qquad (8.27)$$

ഈ ബന്ധത്തിന് മേയെർസ് ബന്ധം എന്നു പറയുന്നു

മർദ്ദം സ്ഥിരമായിരിക്കുമ്പോൾ ആദർശവാതകത്തിന്റെ മോളാർ വിശിഷ്ടതാപധാരിത, സ്ഥിര വ്യാപ്ത മോളാർ വിശിഷ്ട ധാരിത, R എന്നിവയുടെ തുകയ്ക്ക് സമമാണ് എന്നതിനെ ഈ ബന്ധം നമുക്ക് കാണിച്ചുതരുന്നു.

മാത്രമല്ല ഈ ബന്ധത്തിൽ നിന്ന്, സ്ഥിരമർദ്ദമോളാർ വിശിഷ്ട താപധാരിത (s_p) സ്ഥിര വ്യാപ്ത വിശിഷ്ട താപധാരിതയേക്കാൾ (s_v) എപ്പോഴും അധികമാണ് എന്നത് നമുക്ക് മനസ്സിലാക്കാം.

8.8 താപം ഗതിക പ്രക്രിയകൾ

8.8.1 സമതാപീയ പ്രക്രിയ

ഈ പ്രക്രിയയിൽ താപനില ഒരു സ്ഥിരാങ്കമായിരിക്കും. എന്നാൽ താപഗതിക വ്യവസ്ഥയുടെ മർദ്ദത്തിലും വ്യാപ്തത്തിലും മാറ്റമുണ്ടാകുന്നു. ആദർശവാതക സമീകരണം

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 124 22-07-2022 15:13:41

$$PV = \mu RT$$

ഈ പ്രക്രിയയിൽ, T ഒരു സ്ഥിരാങ്കമാകുന്നു.

അതുകൊണ്ട് സമതാപീയ പ്രക്രിയയ്ക്കുള്ള അവസ്ഥാ സമീകരണം

$$PV = \text{സ്ഥിരാങ്കം} \qquad (8.28)$$

ഈ സമീകരണത്തിൽ നിന്നു നാം മനസ്സിലാക്കേണ്ടത്. വാതകം ഒരു സംതുലനാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് (P_1,V_1) മറ്റൊരു സംതുലനാവസ്ഥയിലോട്ട് (P_2,V_2) എത്തുമ്പോൾ താഴെ കാണുന്ന ബന്ധം അനുയോജ്യമാണെന്നതാണ്.

$$P_1V_1 = P_2V_2 \qquad (8.29)$$

ഇവിടെ PV = സ്ഥിരാങ്കം. ആയതിനാൽ, PV യുമായി വ്യുൽക്രമാനു പാതത്തിലായിരിക്കും. അതായത് $(P \propto \frac{1}{V})$. ഇതിൽ നിന്ന് PV രേഖാചിത്രം ഒരു ഹൈപർബോള എന്ന് മനസ്സിലാക്കാം.

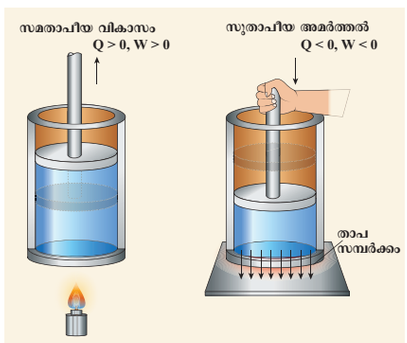
സ്ഥിരതാപത്തിൽ വരയ്ക്കപ്പെടുന്ന മർദ്ദം വ്യാപ്തം രേഖാചിത്രത്തെ സമതാപീയ രേഖാചിത്രം എന്നു വിളിക്കുന്നു. ക്വാസിസ്റ്റാറ്റിക് സമതാപീയ വികാസം, ക്വാസി സ്റ്റാറ്റിക് സമതാപീയ അമർത്തൽ എന്നിവയ്ക്കായുള്ള PV രേഖാചിത്രങ്ങൾ ചിത്രം 8.25-ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

നമുക്കറിയാം, ഒരു ആദർശ വാതകത്തിന്റെ ആന്തരികോർജ്ജം ആ വാതകത്തിന്റെ താപനിലയെ മാത്രമേ ആശ്രയിക്കുന്നുള്ളൂ. അതുകൊണ്ട്, ഒരു സമതാപീയ പ്രക്രിയയിൽ ആന്തരികോർജ്ജം ഒരു സ്ഥിരാങ്കമാകുന്നു. എന്തെന്നാൽ താപനില ഇവിടെ സ്ഥിരാങ്കമാകുന്നു. അതുകൊണ്ട് dU അല്ലെങ്കിൽ $\Delta U = 0$ സമതാപീയ പ്രക്രിയയ്ക്കായുള്ള താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമം താഴെ കാണുന്നതുപോലെ എഴുതപ്പെടുന്നു,

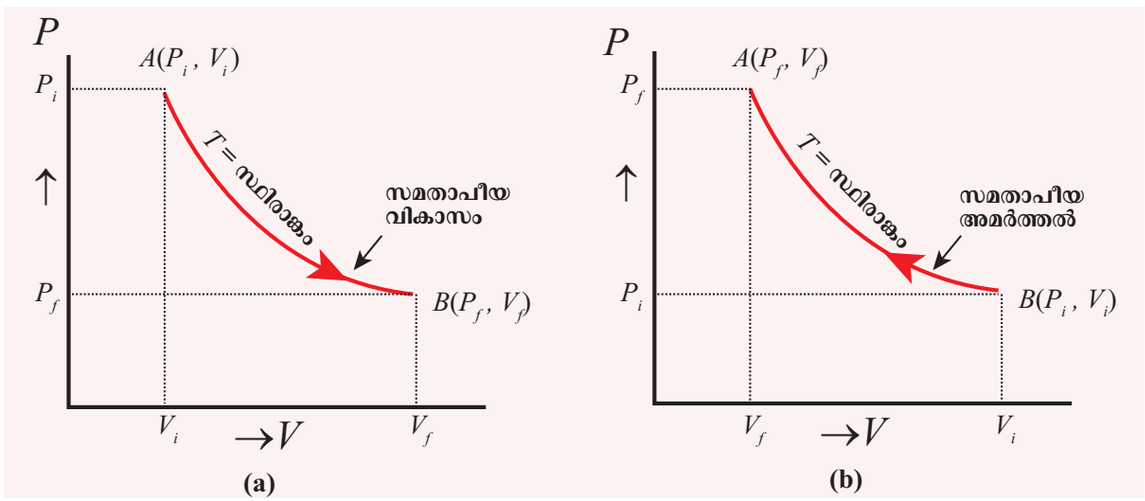
$$Q = W \qquad (8.30)$$

സമീകരണം (8.30) ൽ നിന്ന് സമതാപീയ പ്രക്രിയയിൽ വാതകത്തിനു നൽകപ്പെടുന്ന താപം ബാഹ്യ പ്രവൃത്തിക്കു മാത്രമേ പ്രയോജനപ്പെടുന്നുള്ളൂ എന്ന നിഗമനമാണ് നമുക്ക് തരുന്നത്. ഒരു വ്യവസ്ഥയിൽ താപം പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ ആ വ്യവസ്ഥയുടെ താപനില എപ്പോഴും ഉയരും എന്നൊരു തെറ്റിദ്ധാരണയുണ്ട്. സമതാപീയ പ്രക്രിയയിൽ ഇതു സത്യമല്ല. സമതാപീയ അമർത്തൽ സംഭവിക്കുമ്പോൾ സിലിണ്ടറിനുള്ളിൽ പിസ്റ്റൺ അമർത്തപ്പെടുന്നു. ഇത് ആന്തരികോർജ്ജത്തെ അധികരിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഈ ആന്തരികോർജ്ജ വർധന താപസമ്പർക്കത്താൽ വ്യവസ്ഥയ്ക്കു പുറത്തു കടക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 8.26 ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്.

FQ6O5



ചിത്രം 8.26 സമതാപീയ വികാസവും സമതാപീയ അമർത്തലും



ചിത്രം 8.25 (a) സമതാപീയ ക്വാസി സ്റ്റാറ്റിക് വികാസം (b) സമതാപീയ ക്വാസി സ്റ്റാറ്റിക് അമർത്തൽ

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 125 22-07-2022 15:13:42

ഉദാഹരണങ്ങൾ :

(i) ജലം ചൂടാക്കുമ്പോൾ, അതിന്റെ തിളനിലയിൽ ജലത്തിന് എത്ര തന്നെ താപം കൊടുത്താലും ജലം പൂർണ്ണമായും നീരാവിയായി മാറുന്നതുവരെ അതിന്റെ താപനില ഉയരുന്നില്ല. ഇതുപോലെ ഉറയുന്ന അവസ്ഥയിലുള്ള ഐസ് ഉരുകി ജലമായി മാറുമ്പോഴും ഐസിന് താപം നൽകിയാലും അതിന്റെ താപനില ഉയരുന്നില്ല.

(ii) നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ എല്ലാ ജീവശാസ്ത്രപരമായ പ്രക്രിയകളും ഒരു സ്ഥിര താപനിലയിൽ (37°C) നടക്കുന്നു.

സമതാപീയ പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി: ആദർശവാതകമൊന്നിനെ പരിഗണിക്കുക. സ്ഥിര താപ നിലയിൽ, ക്വാസി സ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയയിൽ (P_i, V_i) എന്ന ആരംഭ അവസ്ഥയിൽ നിന്ന് (P_f, V_f) എന്ന അവസാന അവസ്ഥയിലോട്ട് അതിനെ വികസിക്കാൻ അനുവദിക്കുക. ഈ പ്രക്രിയയിൽ വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി താഴെ കാണുന്നതുപോലെ കണക്കാക്കാം. സമീകരണം (8.17) ൽ നിന്ന് വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി,

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV \qquad (8.31)$$

ഈ പ്രക്രിയ ക്വാസി സ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയ ആയതിനാൽ ഓരോ അവസ്ഥയിലും വാതകം പരിസരവുമായി സംതുലനാവസ്ഥയിലായിരിക്കും. ഇവിടെ വാതകം ആദർശവാതകമായും ഓരോ അവസ്ഥയിലും പരിസരവുമായി സംതുലനാവസ്ഥയിലുള്ളതിനാലും ആദർശ വാതക സമീകരണമുപയോഗിച്ച് മർദ്ദത്തിനെ വ്യാപ്തം, താപനില എന്നിവയുടെ ഫലനമായെഴുതാം,

$$P = \frac{\mu RT}{V} \qquad (8.32)$$

സമീകരണം (8.32) നെ (8.31) ൽ പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ

$$W = \int_{V_i}^{V_f} \frac{\mu RT}{V} \, dV$$

$$W = \mu RT \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V} \qquad (8.33)$$

സമീകരണം (8.33), ൽ μRT സമകലനത്തിനു പുറത്തായതിനു കാരണം സമതാപീയ പ്രക്രിയയിലുടനീളം ഇത് സ്ഥിരാങ്കമായിരിക്കും.

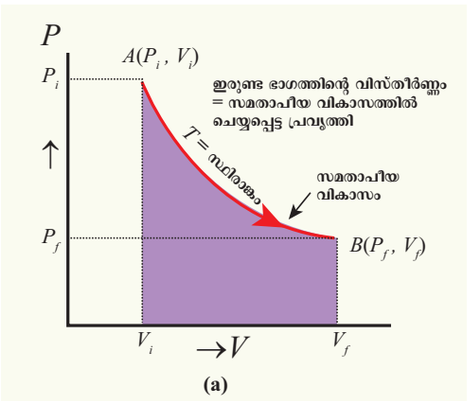
സമീകരണം (8.33), യെ സമകലനം ചെയ്യുമ്പോൾ

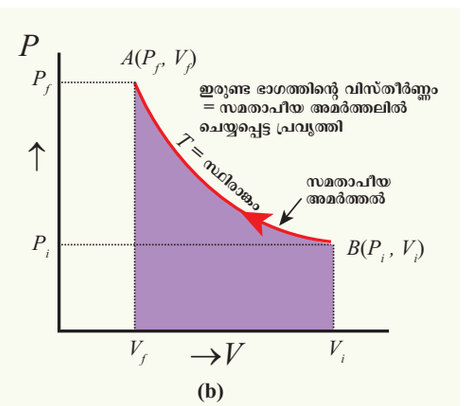
$$W = \mu RT \, ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right) \qquad (8.34)$$

ഇവിടെ സംഭവിച്ച വ്യാപ്ത വികാസം ഒരു സമതാപീയ വികാസമാകുന്നു, മാത്രമല്ല $\frac{V_f}{V_i} > 1$, ആയതിനാൽ $ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right) > 0$ ആകുന്നു. അതുകൊണ്ട് സമതാപീയ വികാസത്തിൽ വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി ധനാത്മകമാകുന്നു.

സമീകരണം (8.34) സമതാപീയ അമർത്തലിനും അനുയോജ്യമാണ്. എന്നാൽ സമതാപീയ അമർത്തലിൽ $\frac{V_f}{V_i} < 1$. അതുകൊണ്ട് $ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right) < 0$. അതുകൊണ്ട്, സമതാപീയ അമർത്തലിൽ വാതകത്തിന്മേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി ഋണാത്മകമാകുന്നു.

PV രേഖാചിത്രത്തിൽ, സമതാപീയ വികാസത്തിൽ വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി രേഖാചിത്രത്തിനു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണത്തിനു സമമാണെന്ന് ചിത്രം 8.27 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.





ചിത്രം 8.27 സമതാപീയ പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 126 22-07-2022 15:13:43

അതുപോലെ സമതാപീയ അമർത്തലിൽ PV രേഖാചിത്രത്തിനു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം വാതകത്തിൻമേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവർത്തിക്കു സമമാകുന്നു. ഇത് ഋണാത്മക ചിഹ്നമായിരിക്കും.

കുറിപ്പ്

സമതാപീയ പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി കണക്കാക്കുമ്പോൾ, പ്രവൃത്തി ഒരു ക്വാസിസ്റ്റാറ്റിക് പ്രവൃത്തി എന്ന് നാം കരുതി. ഇതൊരു ക്വാസിസ്റ്റാറ്റിക് പ്രവൃത്തി അല്ലെങ്കിൽ അവസ്ഥാ സമീകരണം $P = \frac{\mu RT}{V}$ യെ സമീകരണം (8.31) ൽ പ്രസ്താവിക്കാൻ സാധിക്കില്ല. എന്തെന്നാൽ ആദർശവാതക നിയമം അസംതുലനാവസ്ഥയിലുള്ള പ്രക്രിയകൾക്ക് അനുയോജ്യമല്ല. എന്നാൽ സമീകരണം (8.34) ക്വാസി സ്റ്റാറ്റിക് അല്ലാതെ സമതാപീയ പ്രക്രിയകൾക്കും അനുയോജ്യമാകുന്നു. എന്തെന്നാൽ മർദ്ദം, വ്യാപ്തം തുടങ്ങിയ അവസ്ഥാതചരങ്ങൾ ആദർശവാതകത്തിന്റെ ആദ്യ അവസാന അവസ്ഥകളെ മാത്രമേ ആശ്രയിക്കുന്നുള്ളൂ. അവസ്ഥാനാവസ്ഥയിലെത്തിയ രീതിയെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. സമീകരണം (8.31) നെ സമകലനം ചെയ്യുന്നതിനു മാത്രമേ നാം ക്വാസിസ്റ്റാറ്റിക് പ്രവൃത്തിയായി കരുതിയത്.

ഉദാഹരണം 8.16

300 K താപനിലയിലുള്ള ഒരു 0.5 മോൾ വാതകം ആദ്യ വ്യാപ്തം 2 L ൽ നിന്ന് അവസാന വ്യാപ്തം 6 L ലേക്ക് സമതാപീയ പ്രക്രിയയിൽ വികസിക്കുന്നു. അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ളത് കണ്ടുപിടിക്കുക.

(a) വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി?

(b) വാതകത്തിന് നൽകപ്പെട്ട താപത്തിന്റെ അളവ്?

(c) വാതകത്തിന്റെ അവസാന മർദ്ദം?

(വാതക സ്ഥിരാങ്കം, R = 8.31 J mol^{-1} K^{-1})

നിർദ്ധാരണം

(a) നമുക്കറിയാം വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി ഒരു സമതാപീയ വികാസമാകുന്നു

ഇവിടെ $\mu = 0.5$

$$W = 0.5mol \times \frac{8.31J}{mol.K} \times 300\ K \ln\left(\frac{6L}{2L}\right)$$

$$W = 1.369\ kJ$$

ഇവിടെ പ്രവൃത്തി ധനാത്മകമായിട്ടുള്ളത് ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്. എന്തെന്നാൽ വാതകത്താൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

(b) താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമമനുസരിച്ച് സമതാപീയ പ്രക്രിയയിൽ വ്യവസ്ഥയ്ക്കു നൽകപ്പെടുന്ന താപം പ്രവൃത്തി ചെയ്യുന്നതിന് ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു.

ആയിതനാൽ, $Q = W = 1.369\ kJ$. ഇവിടെ Q ഉം ധനാത്മകമാകുന്നു. എന്തെന്നാൽ താപം വ്യവസ്ഥയ്ക്കുള്ളിൽ പ്രവഹിക്കുന്നു.

(c) സമതാപീയ പ്രക്രിയകർക്

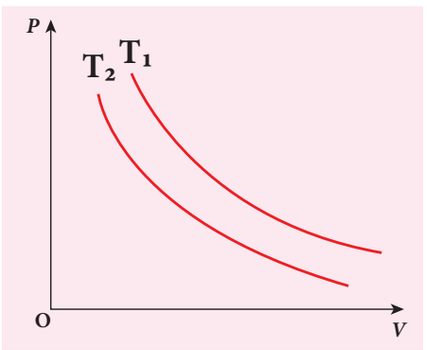
$$P_i V_i = P_f V_f = \mu RT$$

$$P_f = \frac{\mu RT}{V_f} = 0.5\text{mol} \times \frac{8.31J}{mol.\text{K}} \times \frac{300K}{6\times10^{-3}m^3}$$

$$= 207.75\ k\,Pa$$

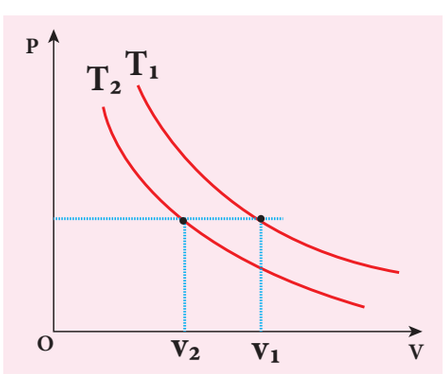
ഉദാഹരണം 8.17

താഴെ കാണിച്ചിട്ടുള്ള PV രേഖാചിത്രം വ്യത്യസ്തതാപനിലകളിൽനടക്കുന്നരണ്ടുസമതാപീയ പ്രക്രിയകളെ കുറിക്കുന്നു. രണ്ടു താപനിലകളിലും ഉയർന്ന താപനില ഏതാണെന്ന് തിരിച്ചറിയുക.



നിർദ്ധാരണം

ഉയർന്ന താപനിലയിലുള്ള വക്രരേഖ കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ x അക്ഷത്തിനു സമാന്തരമായി തിരശ്ചീന രേഖ വരയ്ക്കേണ്ടതാണ്. ഇത് സ്ഥിരമർദ്ദരേഖ ആകുന്നു. സ്ഥിരമർദ്ദരേഖയെ ഛേദിക്കുന്ന ലംബ രേഖകൾക്കുള്ള വ്യാപ്തങ്ങൾ V_1, V_2 എന്നിവ ഒരേ മർദ്ദത്തിലുള്ള വ്യാപ്തങ്ങളെ കുറിക്കുന്നു.



XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 127 22-07-2022 15:13:45

സ്ഥിരമർദ്ദത്തിൽ അധിക വ്യാപ്തമുള്ള വാതകത്തിൽ താപനിലയും അധികമായിരിക്കും. ചിത്രത്തിൽ നിന്ന്, $V_1 > V_2$ അതുകൊണ്ട് $T_1 > T_2$ എന്നു നിർണയിക്കാം. പൊതുവായി സമതാപീയ പ്രക്രിയകളിൽ താപനില കുറവായിട്ടുള്ള വക്രരേഖകൾ ആരംഭ ബിന്ദുവിനരികിൽ ആയിരിക്കും.

8.8.2 അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയ

ഈ പ്രക്രിയയിൽ യാതൊരുവിധ താപവും വ്യവസ്ഥയിലോട്ട് അല്ലെങ്കിൽ വ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് പുറത്തോട്ട് പോകുന്നില്ല. (Q=0) എന്നാൽ വാതകം അതിന്റെ ആന്തരികോർജ്ജം ഉപയോഗപ്പെടുത്തി വികസിക്കുന്നു അല്ലെങ്കിൽ ബാഹ്യ പ്രവർത്തിയാൽ വാതകം അമർത്തപ്പെടുന്നു. അതുകൊണ്ട് അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയിൽ വ്യവസ്ഥയുടെ മർദം, വ്യാപ്തം, താപനില എന്നിവയിൽ മാറ്റം സംഭവിക്കാം.

ഒരു അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയക്ക് താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമം $\Delta U = -W$ എന്നെഴുതാം.

ഇതിൽ നിന്ന് നാം അനുമാനിക്കേണ്ടതെന്തെന്നാൽ വാതകം അതിന്റെ ആന്തരികോർജ്ജം ഉപയോഗപ്പെടുത്തി പ്രവൃത്തി ചെയ്യുന്നു അല്ലെങ്കിൽ വാതകത്തിന്മേൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെട്ട് അതിന്റെ ആന്തരികോർജ്ജം അധികരിക്കുന്നു.

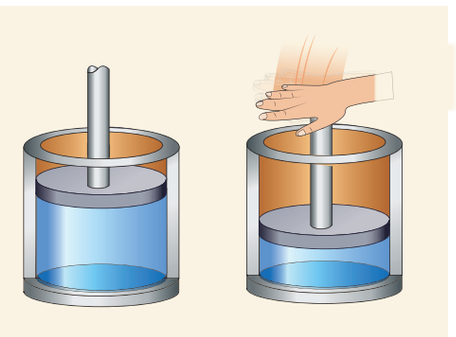
അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയെ താഴെ കാണുന്ന രീതികളുപയോഗിച്ച് ചെയ്തുതീർക്കാൻ സാധിക്കും

(i) വ്യവസ്ഥ താപോർജ്ജത്തെ പരിസരത്തിലോട്ട് കടത്താതേയും അല്ലെങ്കിൽ പരിസരത്തിൽ നിന്ന് യാതൊരുവിധ താപോർജ്ജവും വ്യവസ്ഥയിലോട്ട് കടക്കാതെയും വ്യവസ്ഥ താപകുചാലകമാക്കേണ്ടതാണ്. ഉദാഹരണമായി, താപകുചാലകമാക്കിയ സിലിണ്ടറിലുള്ള വാതകം അഡയബാറ്റിക് രീതിയിൽ അമർത്തപ്പെടുന്നു. അല്ലെങ്കിൽ അഡയബാറ്റിക് രീതിയിൽ വികസിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 8.28-ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്

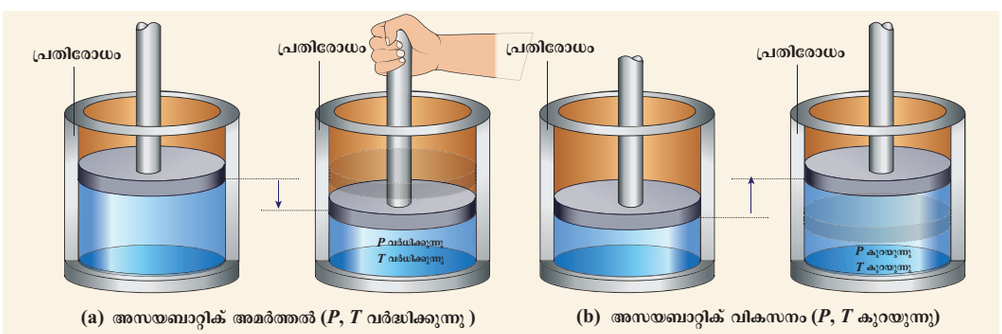
(ii) യാതൊരുവിധ താപകുചാലകവും അല്ലാത്ത അവസ്ഥയിൽ പരിസരത്തിനു താപം ചാലനം ചെയ്യാൻ സാധിക്കാത്ത രീതിയിൽ വളരെ കുറച്ചു സമയത്തിൽ വളരെ വേഗമായി പ്രക്രിയ നടന്നാൽ അതും ഒരു അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയാകുന്നു. ചിത്രങ്ങൾ 8.29 (a) , (b) ഇവയെ വിശദീകരിക്കുന്നത്.

ഉദാഹരണങ്ങൾ :

ചിത്രം 8.29 (a) ടയർ പൊട്ടിത്തെറിക്കുമ്പോൾ പരിസരത്തിനു താപകൈമാറ്റം ചെയ്യാൻ സമയമില്ലാത്ത ടയറിനകത്തുള്ള വായു വളരെ വേഗത്തിൽ വികസിക്കുന്നു.



ചിത്രം 8.29 (b): ഏതൊരുവിധ താപകുചാലകവുമില്ലാത്ത അവസ്ഥയിലും വാകതത്തെ വളരെ വേഗമായി അമർത്തുകയോ അല്ലെങ്കിൽ വികസിക്കുകയോ ചെയ്യുമ്പോൾ വാതകത്താൽ പരിസരത്തിന് താപകൈമാറ്റം ചെയ്യാൻ സാധിക്കില്ല.



(a) അസയബാറ്റിക് അമർത്തൽ (*P*, *T* വർദ്ധിക്കുന്നു) (b) അസയബാറ്റിക് വികസനം (*P*, *T* കുറയുന്നു)

ചിത്രം 8.28 അഡയബാറ്റിക് അമർത്തലം വികാസവും

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 128 22-07-2022 15:13:46

ചിത്രം 8.29 (c): ഭൂമിയുടെ പ്രതലത്തിൽ നിന്ന് ചൂടായവായു മുകളിലോട്ട് ചെന്ന് അഡയബാറ്റിക് അവസ്ഥയിൽ വികസിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി നീരാവി തണുത്ത് അമർത്തപ്പെട്ട് ജലത്തുള്ളികളായി മാറി, പിന്നീട് മഴമേഘമായി മാറുന്നു.

അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയ്ക്കായുള്ള അവസ്ഥാ സമീകരണം

$$PV^{\gamma} = \text{സ്ഥിരാങ്കം} \qquad (8.35)$$

ഇവിടെ γ എന്നത് അഡയബാറ്റിക് അനുപാതം ആകുന്നു. ($\gamma = C_p/C_v$) ഇത് വായുവിന്റെ സ്വഭാവത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

സമീകരണം (8.35) ൽ നിന്ന് അനുമാനിക്കുന്നതെന്തെന്നാൽ, വാതകം ഒരു സംതുലനാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് (P_i, V_i) മറ്റൊരു സംതുലനാവസ്ഥയിലേക്ക് (P_f, V_f) അഡയബാറ്റിക് രീതിയിൽ കടക്കുമ്പോൾ ആ വാതകം താഴെ കാണുന്ന നിബന്ധനയ്ക്കു അനുയോജ്യമാകുന്നു

$$P_i V_i^{\gamma} = P_f V_f^{\gamma} \qquad (8.36)$$

അഡയബാറ്റിക് വികാസം അമർത്തൽ എന്നീ പ്രവൃത്തികൾക്കായ PV രേഖാചിത്രത്തേയും അഡയബാറ്റിക് വക്രരേഖാ എന്നുവിളിക്കാം. ഇത് ചിത്രം 8.30 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രം (8.25) ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ള സമതാപീയ പ്രവൃത്തിക്കായ PV രേഖാചിത്രം, ചിത്രം (8.30) ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ള അഡയബാറ്റിക് പ്രവൃത്തിക്കായുള്ള PV രേഖാചിത്രം ഏറെക്കുറെ ഒന്നുപോലെയായിരിക്കും. എന്നാൽ അഡയബാറ്റിക് പ്രവർത്തിക്കായ വക്രരേഖ, സമതാപീയ പ്രവൃത്തിക്കായ് വക്രരേഖയേക്കാൾ കുറച്ചു ലംബമായി കാണപ്പെടുന്നു.

T, V എന്നിവയ്ക്ക് അനുസരിച്ച് സമീകരണം (8.35) നെ പുനഃക്രമീകരിക്കാം. ആദർശ വാതക സമീകരണത്തിൽ നിന്ന് മർദ്ദം $P = \dfrac{\mu RT}{V}$. ഇതിനെ സമീകരണം (8.35) ൽ പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ നമുക്കു ലഭിക്കുന്നത്

$$\frac{\mu RT}{V} V^{\gamma} = \text{സ്ഥിരാങ്കം (അല്ലെങ്കിൽ)}\ \frac{T}{V} V^{\gamma} = \frac{\text{സ്ഥിരാങ്കം}}{\mu R}$$

ഇവിടെ μR എന്നത് ഒരു സ്ഥിരാങ്കം. അതിനാൽ ഇതിനെ താഴെകാണുന്നതുപോലെ എഴുതാം

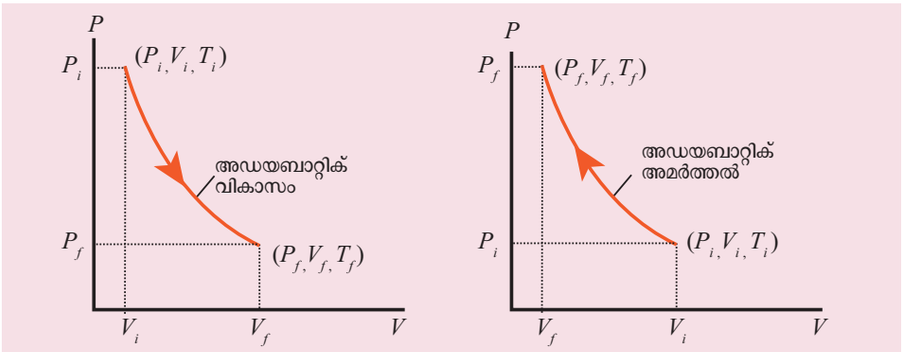
$$TV^{\gamma-1} = \text{സ്ഥിരാങ്കം.} \qquad (8.37)$$

ഒരു വാതകം ആരംഭ സംതുലനാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് (T_i, V_i) അവസാന സംതുലനാവസ്ഥയിലോട്ട് (T_f, V_f) അഡയബാറ്റി രീതിയിൽ കടക്കുമ്പോൾ അത് താഴെ കാണുന്ന സമീകരണത്തെ പൂർത്തീകരിക്കും

$$T_i V_i^{\gamma-1} = T_f V_f^{\gamma-1} \qquad (8.38)$$

അഡയബാറ്റിക് പ്രിക്രിയയ്ക്കായുള്ള അവസ്ഥാ സമീകരണം T, P എന്നിവയ്ക്കനുസരിച്ചും എഴുതാം

$$T^{\gamma} P^{1-\gamma} = \text{സ്ഥിരാങ്കം.} \qquad (8.39)$$

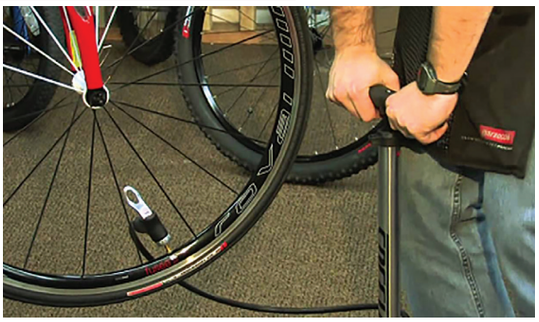


ചിത്രം 8.30 അഡയബാറ്റിക് വികാസനം, അഡയബാറ്റിക് അമർത്തൽ എന്നിവയ്ക്കായുള്ള PV രേഖാചിത്രങ്ങൾ

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 129 22-07-2022 15:13:47

(സമീകരണം (8.39) നായുള്ള തെളിവിനായി നിങ്ങൾക്ക് ശ്രമിക്കാം.

ഉദാഹരണം 8.18



കൈ പമ്പുപയോഗിച്ച് സൈക്കിൾ ചക്രത്തിന് കാറ്റടിക്കുന്നത് നമുക്കറിയാവുന്നതാണ്. പമ്പിനുള്ളിലെ V വ്യാപ്തമുള്ള കാറ്റിനെ അന്തരീക്ഷമർദ്ദത്തിലുള്ള 27°C മുറിയുടെ താപനിലയിലുള്ള താപഗതികവ്യവസ്ഥ എന്നു കരുതുക. സൈക്കിൾ ചക്രത്തിൽ കാറ്റടയ്ക്കുന്ന മുന മൂടപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്നു കരുതുക. കാറ്റ് അതിന്റെ ആരംഭ വ്യാപ്തത്തിൽ നിന്ന് നാലിലൊരു ഭാഗം അവസാന വ്യാപ്തത്തിനു അമർത്തപ്പെടുന്നുവെങ്കിൽ അതിന്റെ അവസാന താപനില കണക്കാക്കുക. (ചക്രത്തിൽ കാറ്റടിയ്ക്കുന്ന മുന മൂടപ്പെട്ടുള്ളതാൽ കാറ്റിന് ചക്രത്തിനുള്ളിൽ പ്രവേശിക്കാൻ സാധിക്കുന്നില്ല. അതുകൊണ്ട് ഇവിടെ കാറ്റടിയ്ക്കുന്ന പ്രക്രിയയെ അഡയബാറ്റിക് അമർത്തലായി കരുതാം. വായുവിന് $\gamma = 1.4$ എന്നെടുക്കുക

നിർദ്ധാരണം

കാറ്റടിയ്ക്കുന്നപ്രക്രിയഅഡയബാറ്റിക്അമർത്തലായി കരുതപ്പെടുന്നു., വ്യാപ്തം തന്നിട്ടുള്ളതിനാൽ താപനില കണക്കാക്കേണ്ടതാണ്. ഇവിടെ സമീകരണം (8.38) നെ ഉപയോഗിക്കേണ്ടതാണ്

$$T_i V_i^{\gamma-1} = T_f V_f^{\gamma-1}.$$

$$T_i = 300\ K \quad (273+27°C = 300\ K)$$

$$V_i = V \ \& V_f = \frac{V}{4}$$

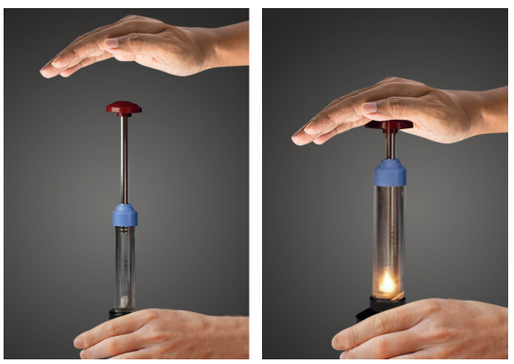
$$T_f = T_i \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma-1} = 300\ K \times 4^{1.4-1} = 300K \times 1.741$$

$T2 \approx 522\ K$ അല്ലെങ്കിൽ 249^0C

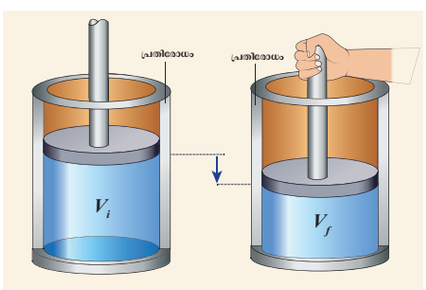
ഈ അവസാന താപനില ജലത്തിന്റെ ക്വഥനാങ്കത്തേക്കാൾ അധികമാകുന്നു. അതുകൊണ്ട് സൈക്കിളിൽ ചക്രത്തിന് കൈപമ്പ് ഉപയോഗിച്ച് കാറ്റടിക്കുമ്പോൾ കാറ്റടിക്കുന്ന മുനയെ തൊടുന്നത് അപകടമാകുന്നു.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

പിസ്റ്റണിനെ അധികവേഗത്തിൽ അമർത്തുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന കുറച്ചു സമയത്തിൽ പരിസരത്തിനു താപം കൈമാറ്റം ചെയ്യാൻ സാധിക്കില്ല. അതിനാൽ വാതകത്തിന്റെ താപനില വളരെ വേഗത്തിൽ ഉയരുന്നു. ഇത് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ തത്വം ഡീസൽ യന്ത്രങ്ങളിൽ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. വായു-പെട്രോൾ മിശ്രിതത്തെ അഡയബാറ്റിക് രീതിയിൽ വളരെ വേഗമായി അമർത്തുമ്പോൾ ആ മിശ്രിതത്തിന്റെ താപനില തീപ്പൊരി ഉണ്ടാകുന്ന അവസ്ഥയിൽ ഉയരുന്നു.



അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി: പൂർണ്ണമായും താപകുചാലകം ചെയ്യപ്പെട്ട ചുവരും അടിത്തട്ടും ഉള്ള സിലിണ്ടറിനുള്ളിൽ μ മോൾ ആദർശവാതകം ഉണ്ടെന്ന് കരുതുക. കുറുകെയുള്ള ഛേദവിസ്തീർണ്ണം A ആയ ഘർഷണമില്ലാത്ത താപകുചാലകമായ പിസ്റ്റൺ ചിത്രം 8.31 ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ സിലിണ്ടറിൽ ബന്ധിച്ചിട്ടുണ്ട്.



ചിത്രം 8.31 അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി

അഡയബാറ്റിക് രീതിയിൽ വ്യവസ്ഥ (P_i, V_i, T_i) എന്ന ആരംഭ അവസ്ഥയിൽ നിന്നും (P_f, V_f, T_f) എന്ന അവസാന അവസ്ഥയിലെത്തുമ്പോൾ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി W എന്നു കരുതുക.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 130 22-07-2022 15:13:48

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV \qquad (8.40)$$

ഈ അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയ ഒരു ക്വാസിസ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയ എന്നു കരുതുക. ഓരോ അവസ്ഥയിലും ആദർശവാതക നിയമം ഇവിടെ അനുയോജ്യമാകുന്നു. ഈ നിബന്ധനയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയുടെ അവസ്ഥാ സമീകരണം PV^{γ} = സ്ഥിരാങ്കം (അല്ലെങ്കിൽ)

$P = \frac{\text{സ്ഥിരാങ്കം}}{V^{\gamma}}$ ഇതിനെ സമീകരണം (8.40)-ൽ പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ

$$\therefore W_{\text{അഡിയ}} = \int_{v_i}^{V_f} \frac{\text{സ്ഥിരാങ്കം}}{V^{\gamma}} dV$$

$$= \text{സ്ഥിരാങ്കം} \int_{V_i}^{Vf} V^{-\gamma} dV$$

$$= \text{സ്ഥിരാങ്കം} \left[\frac{V^{-\gamma+1}}{-\gamma+1}\right]_{V_i}^{V_f}$$

$$= \frac{\text{സ്ഥിരാങ്കം}}{1-\gamma}\left[\frac{1}{V_{fi}^{\gamma-1}} - \frac{1}{V^{\gamma-1}}\right]$$

$$= \frac{1}{1-\gamma}\left[\frac{}{V_{fi}^{\gamma-1}} - \frac{\text{സ്ഥിരാങ്കം}}{V^{\gamma-1}}\right]$$

മാത്രമല്ല, $P_i V_i^{\gamma} = P_f V_f^{\gamma}$ = സ്ഥിരാങ്കം, അതിനാൽ.

$$\therefore W_{adia} = \frac{1}{1-\gamma}\left[\frac{P_f V_f^{\gamma}}{V_f^{\gamma-1}} - \frac{P_i V_i^{\gamma}}{V_i^{\gamma-1}}\right]$$

$$W_{adia} = \frac{1}{1-\gamma}[P_f V_f - P_i V_i] \qquad (8.41)$$

ആദർശവാതക നിയമത്തിൽ നിന്ന്,

$$P_f V_f = \mu R T_f, \quad P_i V_i = \mu R T_i$$

ഇതിനെ സമീകരണം (8.41)-ൽ പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ

$$\therefore W_{\text{അഡിയ}} = \frac{\mu R}{\gamma - 1}[T_i - T_f] \qquad (8.42)$$

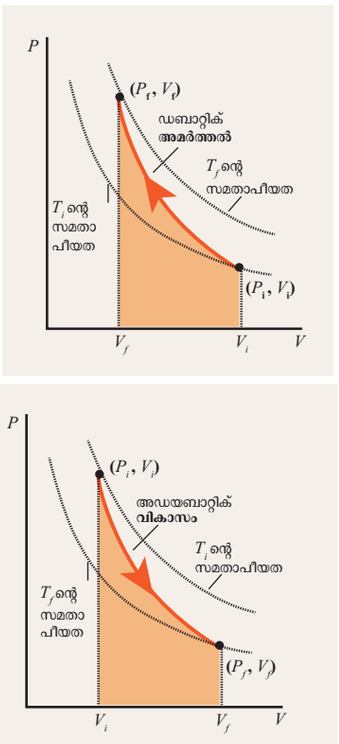
അഡയബാറ്റിക് വികാസത്തിൽ, വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി, W_{adia} ഒരു ധനാത്മക മൂല്യമാകുന്നു. ഇവിടെ $T_i > T_f$ അതിനാൽ അഡയബാറ്റിക് വികാസത്തിൽ വാതകം തണുക്കുന്നു.

അഡയബാറ്റിക് അമർത്തലിൽ, വാതകത്തിൻമേൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അതായത് W_{adia} ഒരു ഋണാത്മക മൂല്യമാകുന്നു. ഇവിടെ $T_i < T_f$ അതുകൊണ്ട് അഡയബാറ്റിക് അമർത്തലിൽ വാതകത്തിന്റെ താപനില ഉയരുന്നു.

കുറിപ്പ്

അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയ ഒരു ക്വാസി സ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയയായി കരുതി സമീകരണം (8.41), (8.42) എന്നീ രണ്ടു സമീകരണങ്ങളെ നാം വ്യുൽപ്പാദിപ്പിച്ചു. ഈ പ്രക്രിയ ക്വാസി സ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയ അല്ലെങ്കിലും ഈ രണ്ടു സമീകരണങ്ങളും അനുയോജ്യമായ സമീകരണങ്ങളാകുന്നു. എന്തെന്നാൽ അവസ്ഥാചരങ്ങൾ P, V, T എന്നിവ ആരംഭ അവസാന അവസ്ഥകളെ മാത്രമേ ആശ്രയിക്കുന്നുള്ളൂ. അവ അവസാന അവസ്ഥയിലെത്തിയ രീതിയെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.

ചിത്രം (8.32) ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ള അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയിൽ PV രേഖാചിത്രത്തിനു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം, ഈ പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട ആകെ പ്രവൃത്തിയെ തരുന്നു.



ചിത്രം 8.32 അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിക്കുള്ള PV രേഖാചിത്രം

സമതാപീയ വക്രരേഖ, അഡയബാറ്റിക് വക്രരേഖ എന്നിവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം മനസ്സിലാക്കാൻ T_f, T_i എന്നീ താപനിലകൾക്കായുള്ള സമതാപീയ വക്ര രേഖയ്ക്കരികിലൂടെ അഡയബാറ്റിക് വക്രരേഖയും ചിത്രം 8.32 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയ്ക്കായുള്ള വക്രരേഖ, സമതാപീയ വക്രരേഖയേക്കാൾ ലംബമായിരിക്കും. എന്തെന്നാൽ എല്ലായിപ്പോഴും $\gamma > 1$ ആകുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 131 22-07-2022 15:13:49

8.8.3 സമ്മർദപ്രക്രിയ

ഇത് സ്ഥിരമർദ്ദത്തിൽ നടക്കുന്ന ഒരു താപഗതിക പ്രക്രിയയാകുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിൽ മർദം സ്ഥിരാങ്കമായിരുന്നാലും, താപനില, വ്യാപ്തം, ആന്തരികോർജ്ജം എന്നിവ സ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ അല്ല. ആദർശ വാതക സമീകരണത്തിൽ നിന്ന്

$$V = \left(\frac{\mu R}{P}\right) T \qquad (8.43)$$

ഇവിടെ $\frac{\mu R}{P}$ = സ്ഥിരാങ്കം

സമമർദ പ്രക്രിയയിൽ, കെൽവിൻ താപനില വ്യാപ്തത്തിനു അനുക്രമാനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

$$V \propto T \quad \text{(സമമർദ പ്രക്രിയ)} \qquad (8.44)$$

സമമർദ പ്രക്രിയയിൽ V-T രേഖാചിത്രം ആരംഭ ബിന്ദുവിലൂടെ പോകുന്ന ഒരു നേർരേഖാ ചിത്രം ആരംഭ ബിന്ദുവിലൂടെ പോകുന്ന ഒരു നേർരേഖയാണെന്നത് മുകളിലുള്ള സമീകരണത്തിൽ നിന്ന് അനുമാനിക്കാം.

ഒരു വാതകം (V_i, T_i) എന്ന അവസ്ഥയിൽ നിന്ന് (V_f, T_f) എന്ന അവസ്ഥയിലേക്ക് സമമർദത്തിൽ പോകുമ്പോൾ ആ വ്യവസ്ഥ താഴെ കാണുന്ന സമീകരണത്തെ പൂർത്തീകരിക്കുന്നു.

$$\frac{T_f}{V_f} = \frac{T_i}{V_i} \qquad (8.45)$$

സമമർദ പ്രക്രിയയ്ക്കായുള്ള ഉദാഹരണങ്ങൾ :

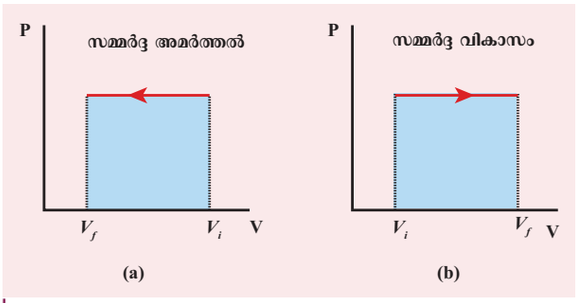
(i) വാതകത്തെ ചൂടാക്കുമ്പോൾ വാതകം ചൂടായതിനുശേഷം അത് പിസ്റ്റനെ തള്ളുന്നു. അതുകൊണ്ട് വാതകം, അന്തരീക്ഷ മർദ്ദത്തിന്റേയും ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്തിന്റേയും തുകയ്ക്കു സമമായി ഒരു ബലം പിസ്റ്റണിന്മേൽ പ്രയോഗിക്കുന്നു എങ്കിൽ ഈ പ്രക്രിയ ഒരു സമമർദ്ദം പ്രക്രിയയാകുന്നു. ഇത് ചിത്രം 8.33-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു

ചിത്രം 8.33 സമമർദ പ്രക്രിയ

(ii) നമ്മുടെ വീട്ടിലെ പാചകമുറിയിൽ നടക്കുന്ന ഭൂരിഭാഗം പാചക പ്രക്രിയകളും സമമർദ പ്രക്രിയകളാകുന്നു. തുറന്ന പാത്രത്തിൽ ഭക്ഷണം പാചകം ചെയ്യുമ്പോൾ ഭക്ഷണത്തിനു മുകളിലുള്ള മർദം എപ്പോഴും അന്തരീക്ഷ മർദത്തിനു സമമായിരിക്കും. ഇത് ചിത്രം 8.34 ൽ കൊടിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്

ചിത്രം 8.34 സമമർദ പ്രക്രിയ

ചിത്രം 8.35-ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ സമമർദ പ്രക്രിയയ്ക്കുള്ള PV രേഖാചിത്രം വ്യാപ്ത അക്ഷത്തിനു സമാന്തരമായി പോകുന്ന ഒരു തിരശ്ചീന രേഖയാകുന്നു. വ്യാപ്തം കുറയുന്ന സമ്മർദ്ദ പ്രക്രിയയെ ചിത്രം 8.35 (a) സൂചിപ്പിക്കുന്നു. വ്യാപ്തം അധികരിക്കുന്ന സമമർദ പ്രക്രിയയെ ചിത്രം 8.35 (b) സൂചിപ്പിക്കുന്നു



ചിത്രം 8.35 സമമർദ പ്രക്രിയയ്ക്കായുള്ള PV രേഖാചിത്രം

സമമർദ പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി: വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV \qquad (8.46)$$

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 132 22-07-2022 15:13:51

സമമർദ പ്രക്രിയയിൽ, മർദം ഒരു സ്ഥിരാങ്കമാകുന്നു. അതുകൊണ്ട് P സമകലനത്തിൽ പുറത്താണുള്ളത്,

$$W = P\int_{V_i}^{V_f} dV \qquad (8.47)$$

$$W = P[V_f - V_i] = P\Delta V \qquad (8.48)$$

ഇവിടെ ΔV എന്നത് വ്യാപ്തത്തിലുണ്ടായ വ്യതിയാനത്തെ കുറിക്കുന്നു. ΔV ഋണാത്മകമായിരുന്നാൽ, W ഋണാത്മകമായിരിക്കും. ഇത് വാതകത്തിന്മേൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെടുന്നു എന്നതിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ΔV ധനാത്മകമായിരുന്നാൽ, W ധനാത്മകമാകും. ഇത് വാതകത്താൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെടുന്നു എന്നതിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

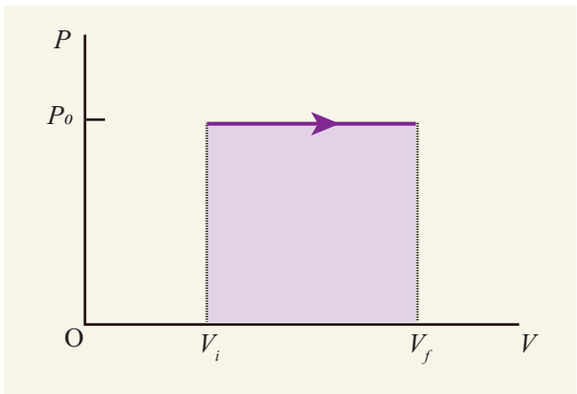
സമീകരണം (8.48) ൽ ആദർശവാതക സമീകരണമുപയോഗിച്ച് മാറ്റി എഴുതാം.

$$PV = \mu RT,\ V = \frac{\mu RT}{P}$$

ഇതിനെ സമീകരണം (8.48) ൽ പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ

$$W = \mu RT_f\left(1 - \frac{T_i}{T_f}\right) \qquad (8.49)$$ എന്നു ലഭിക്കും

PV രേഖാചിത്രത്തിൽ, സമമർദ വക്രരേഖയ്ക്ക് താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം, സമമർദ പ്രക്രിയയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിക്കു സമമാകുന്നു. ചിത്രം 8.36-ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ള നിറം കൊടുക്കപ്പെട്ട ഭാഗം വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിക്കു സമമാകുന്നു.



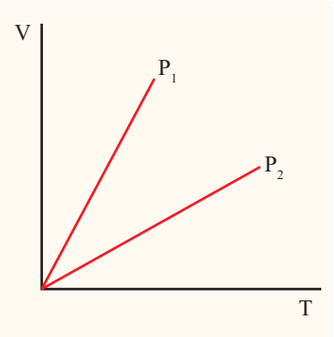
ചിത്രം 8.36 സമമർദ പ്രക്രിയയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി

സമമർദ പ്രക്രിയയ്ക്കായുള്ള താപഗതികത്തിലെ ഒന്നാം നിയമം താഴെ കാണുന്നതു പോലെ എഴുതാം

$$\Delta U = Q - P\Delta V \qquad (8.50)$$

ഉദാഹരണം 8.19

രണ്ടു വ്യത്യസ്ത മർദ്ദങ്ങളിൽ നടക്കുന്ന സമമർദ പ്രക്രിയകൾക്കായുള്ള V-T രേഖാചിത്രം താഴെ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഇവയിൽ ഉയർന്ന മർദ്ദത്തിൽ നടക്കുന്നത് ഏതു പ്രവൃത്തിയാണെന്ന് തിരിച്ചറിയുക.



നിർദ്ധാരണം

ആദർശവാതക സമീകരണത്തിൽ നിന്ന്,

$$V = \left(\frac{\mu R}{P}\right)T$$

V-T രേഖാചിത്രം ആരംഭ ബിന്ദുവിലൂടെ പോകുന്ന ഒരു നേർരേഖയാകുന്നു.

അതിന്റെ ചായ്‌വ് = $\frac{\mu R}{P}$

V-T രേഖാചിത്രത്തിന്റെ ചായ്‌വ്, മർദത്തിന് വ്യുൽക്രമാനുപാതത്തിലായിരിക്കും. ചായ്‌വ് പരമാവധിയാണെങ്കിൽ, മർദം കുറവായിരിക്കും. ഇവിടെ P_1 ന്റെ ചായ്‌വ് P_2. നേക്കാൾ അധികമായിരിക്കും. അതുകൊണ്ട് $P_2 > P_1$.

T യെ x-അക്ഷത്തിലും V യെ y-അക്ഷത്തിലുമായി ഈ രേഖാചിത്രം വരയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ, $P_2 > P_1$ ആകുമോ? ചിന്തിച്ചുത്തരം പറയുക?

ഉദാഹരണം 8.20

27°C താപനിലയിലുള്ള ഒരു മോൾ ആദർശവാതകം 1 MPa മർദ്ദത്തിൽ ഒരു സിലിണ്ടറിൽ അടച്ചു വയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. അതിന്റെ വ്യാപ്തം രണ്ടു മടങ്ങാകുന്നതുവരെ അതിനെ വികസിക്കാൻ അനുവദിക്കുക. താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ളത് കണക്കാക്കുക.

(a) ഈ വ്യാപ്ത വികാസം (i) അഡയബാറ്റിക് രീതിയിൽ നടന്നാൽ (ii) സമമർദ രീതിയിൽ നടന്നാൽ (iii) സമതാപീയ രീതിയിൽ നടന്നാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി എന്താണെന്ന് കണക്കാക്കുക?

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 133 22-07-2022 15:13:52

(b) മുകളിൽ പറഞ്ഞ മൂന്നു പ്രക്രിയകളിലും, ഏതു പ്രക്രിയയിൽ പരമാവധി പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെട്ടു, ഏതു പ്രക്രിയയിൽ ഏറ്റവും കുറച്ചു പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെട്ടു എന്നു കണക്കാക്കുക.

(c) ഈ മൂന്നു പ്രക്രിയകൾക്കുമായുള്ള PV രേഖാചിത്രം വരയ്ക്കുക.

(d) ഈ മൂന്നു പ്രക്രിയകളിൽ ഏതിലാണ് പരമാവധി താപ കൈമാറ്റം നടന്നത്, ഏതു പ്രക്രിയയിലാണ് ഏറ്റവും കുറച്ചു താപ കൈമാറ്റം നടന്നത്.

($\gamma = \frac{5}{3}$, R=8.3 J mol^{-1} K^{-1} എന്നെടുക്കുക)

നിർദ്ധാരണം

(a) (i) അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയിൽ വ്യവസ്ഥയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി

$$W_{\text{അഡിയ}} = \frac{\mu R}{\gamma - 1}[T_i - T_f]$$

അവസാന താപനില T_f, കണ്ടുപിടിക്കാൻ അഡയബാറ്റിക് അവസ്ഥാ സമീകരണം ഉപയോഗിക്കാം.

$$T_f V_f^{\gamma-1} = T_i V_i^{\gamma-1}$$

$$T_f = T_i \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma-1} = 300\times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 0.63 \times 300K = 189.8\text{K}$$

$$W = 1 \times 8.3 \times \frac{3}{2}\ (300 - 189.8) = 1.37\text{kJ}$$

(ii) സമമർദ പ്രക്രിയയിൽ വ്യവസ്ഥയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി

$$W = P\Delta V = P(V_f - V_i)$$

മാത്രമല്ല $V_f = 2V_i$ അതുകൊണ്ട്, $W = 2PV_i$

V_i, യെ കണക്കാക്കാൻ, ആദർശവാതക സമീകരണത്തെ ആരംഭാവസ്ഥയ്ക്കും ഉപയോഗപ്പെടുത്തേണ്ടതാണ് $P_i V_i = RT_i$

$$V_i = \frac{RT_i}{P_i} = 8.3 \times \frac{300}{1} \times 10^{-6} = 24.9\times10^{-4}\text{m}^3$$

Tസമമർദ പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി,

$$W = 2 \times 10^6 \times 24.9 \times 10^{-4} = 4.9\ kJ$$

(iii) സമതാപീയ പ്രക്രിയയിൽ വ്യവസ്ഥയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി,

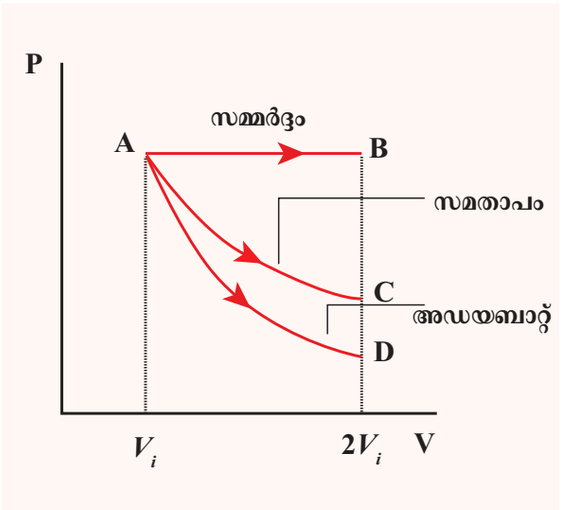
$$W = \mu RT\ ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

സമതാപീയ പ്രക്രിയയിൽ മുറിയുടെ ആരംഭ താപനില ഒരു സ്ഥിരാങ്കമാകുന്നു. അതുകൊണ്ട്

$$W = 1 \times 8.3 \times 300 \times ln(2) = 1.7kJ$$

(b) ഈ മൂന്നു പ്രക്രിയകളേയും താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ സമമർദ പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി, പരമാവധിയും, അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി ഏറ്റവും കുറച്ചും ആകുന്നു.

(c) ഈ മൂന്നു പ്രക്രിയകൾക്കുമായുള്ള PV രേഖാചിത്രം താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.



AB വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം = സമമർദ പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി

AC വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം = സമതാപീയ പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി

AD വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെ ഉള്ള വിസ്തീർണ്ണം = അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി

PV രേഖാചിത്രത്തിൽ AB വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം മറ്റു വക്രരേഖകളുടെ വിസ്തീർണ്ണത്തേക്കാൾ കൂടുതലാകുന്നു. അതുകൊണ്ട് സമമർദ പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി പരമാവധിയും അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി ഏറ്റവും കുറച്ചായും കാണപ്പെടുന്നു.

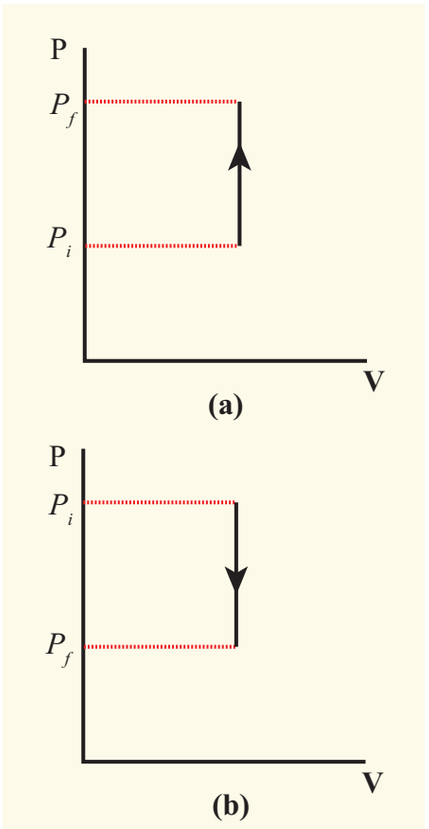
(d) അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയിൽ വ്യവസ്ഥയിലോട്ട് യാതൊരുവിധ താപവും കടന്നിട്ടില്ല. അതുപോലെ അവസ്ഥയിൽ നിന്ന് യാതൊരു താപവും പുറത്തു കടന്നിട്ടുമില്ല. സമതാപീയ പ്രക്രിയയുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ സമമർദ പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി അധികമാണ് അതുകൊണ്ട് താപവും അധികമാണ്.

8.8.4 സമവ്യാപ്ത പ്രക്രിയ

വ്യവസ്ഥയുടെ വ്യാപ്തം സ്ഥിരാങ്കമാക്കി ചെയ്യപ്പെടുന്ന താപ ഗതിക പ്രവൃത്തി സമവ്യാപ്ത പ്രക്രിയ എന്നുവിളിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിൽ മർദം, താപനില, ആന്തരികോർജ്ജം എന്നിവ തുടർച്ചയായി മാറുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 134 22-07-2022 15:13:54

സമവ്യാപ്ത പ്രക്രിയയ്ക്കായുള്ള മർദം-വ്യാപ്തം രേഖാചിത്രം, മർദ്ദ അക്ഷത്തിനു സമാന്തരമായി വരയ്ക്കപ്പെടുന്ന ഒരു സമാന്തരരേഖയാകുന്നു. ഇത് ചിത്രം 8.37-ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്.



ചിത്രം 8.37 സമവ്യാപ്ത പ്രക്രിയ (a) മർദ്ദം അധികരിക്കുന്ന അവസ്ഥയിൽ (b) മർദം കുറയുന്ന അവസ്ഥയിൽ

സമവ്യാപ്ത പ്രക്രിയയ്ക്കായുള്ള അവസ്ഥാ സമീകരണം താഴെ കാണുന്നതുപോലെ എഴുതാം

$$P = \left(\frac{\mu R}{V}\right) T \qquad (8.51)$$

ഇവിടെ $\left(\frac{\mu R}{V}\right)$ = സ്ഥിരാങ്കം

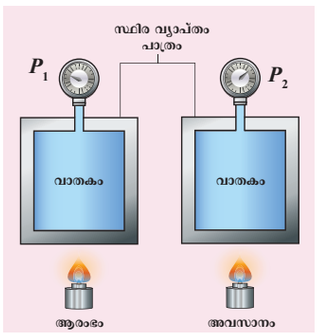
ഇതിൽ നിന്ന് മർദ്ദം, താപനിലയ്ക്ക് (കെൽവിൻ) അനുക്രമാനുപാതത്തിലാണെന്ന് നമുക്ക് അനുമാനിക്കാം. സമവ്യാപ്ത പ്രക്രിയയ്ക്കായുള്ള P-T രേഖാചിത്രം ആരംഭ ബിന്ദുവിലൂടെ പോകുന്ന ഒരു നേർരേഖയാകുന്നു (P_i, T_i) എന്ന ആരംഭബിന്ദുവിൽ നിന്ന് വാതകം (P_f, T_f) എന്ന അവസാന ബിന്ദുവിലോട്ട് സ്ഥിര വ്യാപ്തത്തിൽ പോകുകയാണെങ്കിൽ വ്യവസ്ഥ താഴെ കാണുന്ന സമീകരണത്തെ പൂർത്തീകരിക്കുന്നു.

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f} \qquad (8.52)$$

സമവ്യാപ്ത പ്രക്രിയയിൽ, $\Delta V=0$ അതുകൊണ്ട് $W=0$ താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമം

$$\Delta U = Q \qquad (8.53)$$ എന്നെഴുതാം

ഇതിൽ നിന്ന് നാം അനുമാനിക്കേണ്ടതെന്തെന്നാൽ വ്യവസ്ഥയ്ക്ക് നൽകപ്പെടുന്ന താപം ആന്തരികോർജം മാത്രമേ അധികരിക്കുന്നുള്ളൂ. ഇതിന്റെ ഫലമായി താപനില ഉയരുന്നു. മാത്രമല്ല മർദവും അധികരിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 8.38-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 8.38 സമവ്യാപ്ത പ്രക്രിയ

ഒരു വ്യവസ്ഥ സ്ഥിര വ്യാപ്തത്തിൽ അതിന്റെ താപം, താപം ചാലനം ചെയ്യുന്ന ചുവർ വഴിയായി പരിസരത്തിനു നൽകുന്നു എങ്കിൽ, വ്യവസ്ഥയുടെ ആന്തരികോർജ്ജം കുറയുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി താപനില കുറയുന്നു. മാത്രമല്ല മർദവും കുറയുന്നു.

ഉദാഹരണങ്ങൾ :

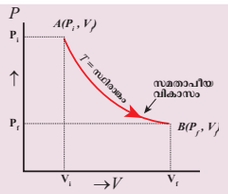
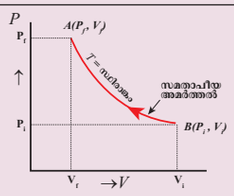
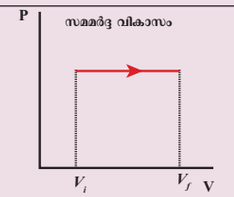
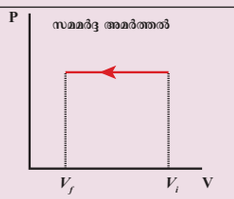
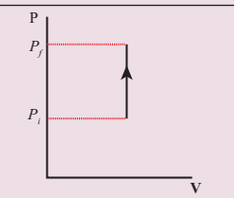
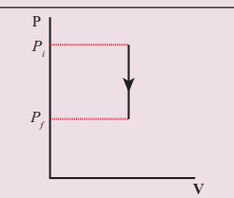
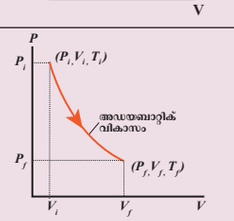
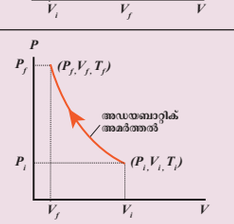
1. താഴെയുള്ള ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ അടയ്ക്കപ്പെട്ട പാത്രത്തിൽ ഭക്ഷണം പാചകം ചെയ്യുമ്പോൾ പാത്രത്തിന്റെ അടപ്പ് നീരാവിയാൽ കുറച്ച് മുകളിലോട്ട് തള്ളപ്പെടുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 135 22-07-2022 15:13:55

പട്ടിക 8.4: വിവിധങ്ങളായ താപഗതിക പ്രക്രിയയുടെ സംഗ്രഹം

ക്ര.ന	പ്രക്രിയ		താപം Q	താപനിലയും ആന്തരി കോർജ്ജവും	മർദ്ദം
1	സമതാപീയ പ്രക്രിയ	വികാസം	$Q > 0$	സ്ഥിരാങ്കം	കുറയുന്നു
		അമർത്തൽ	$Q < 0$	സ്ഥിരാങ്കം	അധികരിക്കുന്നു
2	സമമർദ പ്രക്രിയ	വികാസം	$Q > 0$	അധികരി ക്കുന്നു	സ്ഥിരാങ്കം
		അമർത്തൽ	$Q < 0$	കുറയുന്നു	സ്ഥിരാങ്കം
3	സമവ്യാപ്ത പ്രക്രിയ		$Q > 0$	അധികരി ക്കുന്നു	അധികരിക്കുന്നു
			$Q < 0$	കുറയുന്നു	കുറയുന്നു
4	അഡയ ബാറ്റിക് പ്രക്രിയ	വികാസം	$Q = 0$	കുറയുന്നു	കുറയുന്നു
		അമർത്തൽ	$Q = 0$	അധികരി ക്കുന്നു	അധികരിക്കുന്നു

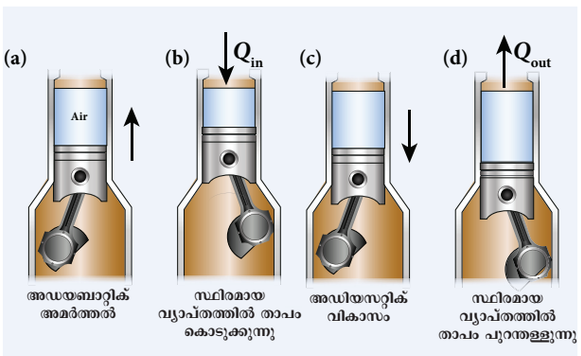
XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 136 22-07-2022 15:13:56

	വ്യാപ്തം	അവസ്ഥാ സമീകരണം	ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി (ആദർശ വാതകം)	സൂചക ചിത്രം (PV രേഖാചിത്രം)
	അധികരിക്കുന്നു	PV = സ്ഥിരാങ്കം	$W=\mu RT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) > 0$	
	കുറയുന്നു		$W=\mu RT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) < 0$	
	അധികരിക്കുന്നു	$\frac{V}{T}$ = സ്ഥിരാങ്കം	$W=P\,[V_f-V_i]=P\Delta V > 0$	
	കുറയുന്നു		$W=P\,[V_f-V_i]=P\Delta V < 0$	
	സ്ഥിരാങ്കം	$\frac{P}{T}$ = സ്ഥിരാങ്കം	പൂജ്യം	
				
	അധികരിക്കുന്നു	PV^{γ} = സ്ഥിരാങ്കം	$W=\frac{\mu R}{\gamma-1}\,(T_i-T_f) > 0$	
	കുറയുന്നു		$W=\frac{\mu R}{\gamma-1}\,(T_i-T_f) < 0$	

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 137 22-07-2022 15:13:56

ഇതിനു കാരണം പാത്രത്തെ അടപ്പുകൊണ്ട് മൂടിയശേഷം വ്യാപ്തം ഒരു സ്ഥിരമൂല്യത്തിലെത്തും. താപം തുടർച്ചയായി കൊടുക്കപ്പെടുമ്പോൾ മർദം അധികരിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് നീരാവി മുകളിലോട്ട് പോയി അടപ്പിനെ മുകളിലോട്ട് തള്ളാൻ ശ്രമിക്കുന്നു.

2. മോട്ടോർ സൈക്കിൾ, കാർ തുടങ്ങിയ വാഹനങ്ങളിലുള്ള പെട്രോൾ യന്ത്രം നാലു പ്രക്രിയകൾക്ക് വിധേയമാകുന്നു. ആദ്യം ചിത്രം (a) ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ പിസ്റ്റൺ അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയമൂലം ഒരു നിശ്ചിത വ്യാപ്തത്തിൽ ചുരുങ്ങും. രണ്ടാമതായി ചിത്രം (b) ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ (വായു+ഇന്ധനം) മിശ്രിതത്തിന്റെ വ്യാപ്തം സ്ഥിരാങ്കമായി വച്ചിട്ട് താപം കൊടുക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി താപനിലയും മർദവും അധികരിക്കുന്നു. ഇത് ഒരു സമവ്യാപ്ത പ്രക്രിയയാകുന്നു. മൂന്നാമത്തെ പ്രക്രിയയിൽ ചിത്രം (c) ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ അഡയബാറ്റിക് വികാസം നടക്കുന്നു. നാലാമത്തെ പ്രക്രിയയിൽ ചിത്രം (d) ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ പിസ്റ്റണെ പ്രവർത്തിപ്പിക്കാതെ സമവ്യാപ്ത പ്രവൃത്തി വീണ്ടും നടന്ന് താപം പുറത്തോട്ടു വിടുന്നു.



വിവിധ താപഗതിക പ്രക്രിയകളുടെ സംഗ്രഹം പട്ടിക 8.4 ൽ കൊടുക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

ഉദാഹരണം 8.21

500 g ജലം, 30°C താപനിലയിൽ നിന്ന് 60°C താപനിലയിലേക്ക് ചൂടാക്കപ്പെടുന്നു എങ്കിൽ ജലത്തിന്റെ ആന്തരികോർജ്ജ വ്യതിയാനം കണക്കാക്കുക. (ഇവിടെ ജലത്തിന്റെ വികാസം അവഗണിക്കേണ്ടതാണ്. ജലത്തിന്റെ വിശിഷ്ടതാപ ധാരിത 4184 J/kg/K)

നിർദ്ധാരണം

ജലത്തിന്റെ താപനില 30°C ൽ നിന്ന് 60°C ലേക്ക് ഉയരുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ജലത്തിന്റെ വികാസം അവഗണിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഈ പ്രക്രിയ ഒരു സമവ്യാപ്ത പ്രക്രിയായി കരുതാം. സമവ്യാപ്ത പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി പൂജ്യമാകുന്നു. കൊടുക്കപ്പെടുന്ന താപം ആന്തരികോർജം അധികരിക്കാൻ മാത്രമേ ഉപയോഗപ്പെടുന്നുള്ളൂ.

$$\Delta U = Q = ms_v \Delta T$$

ജലത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം = 500 g =0.5 kg

താപനില വ്യതിയാനം = 30K

താപം $Q = 0.5 \times 4184 \times 30 = 62.76\ kJ$

8.8.5 ചാക്രിക പ്രക്രിയ

ഇത്തരം താപഗതിക പ്രക്രിയയിൽ, താപഗതിക വ്യവസ്ഥ ഒരു അവസ്ഥയിൽ നിന്ന് തുടർച്ചയായി മാറ്റം സംഭവിച്ച് അവസാനം അതിന്റെ ആരംഭ അവസ്ഥയിൽ വീണ്ടും എത്തിച്ചേരുന്നു. വ്യവസ്ഥ ആരംഭ അവസ്ഥയിൽ വീണ്ടും എത്തുന്നതിനാൽ ആന്തരികോർജത്തിൽ ഉണ്ടായ വ്യതിയാനം പൂജ്യമാകുന്നു. ചാക്രിക പ്രക്രിയയിൽ വ്യവസ്ഥയ്ക്കുള്ളിൽ താപം കടക്കുകയും, അതുപോലെ വ്യവസ്ഥയിൽ നിന്നും താപം പുറത്തോട്ടു കടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമത്തിൽ നിന്ന്, വ്യവസ്ഥയിലോട്ടു കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെട്ട അസ്സൽ താപം വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിക്കു സമമാകുന്നു.

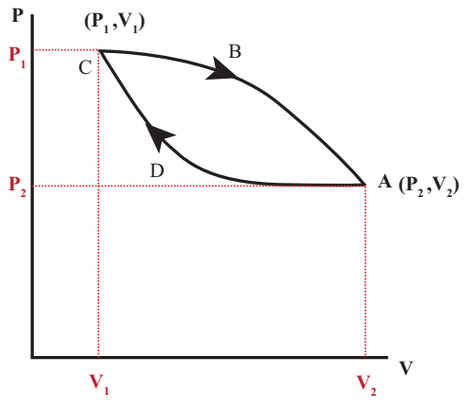
$$Q_{\text{ആകെ}} = Q_{\text{ഉള്ളിൽ}} - Q_{\text{പുറത്ത്}} = W \quad \text{(ചാക്രിക പ്രക്രിയയ്ക്കു)} \quad (8.54)$$

8.8.6 ചാക്രിക പ്രക്രിയയ്ക്കായുള്ള PV രേഖാചിത്രം

ചാക്രിക പ്രക്രിയയ്ക്കായുള്ള PV രേഖാചിത്രം ഒരു അടയ്ക്കപ്പെട്ട വക്ര രേഖയാകുന്നു.

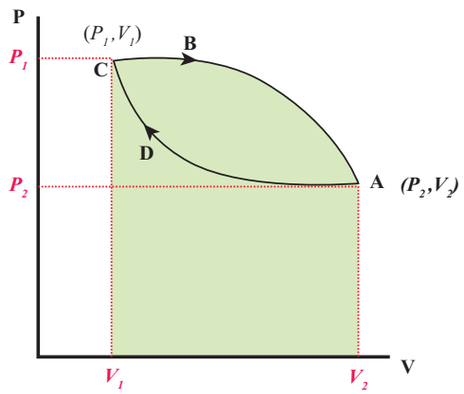
വാതകം ചാക്രിക പ്രക്രിയയ്ക്ക് വിധേയമാകുന്നു എന്നു കരുതുക. ഈ പ്രക്രിയയിൽ വാതകം ഒരു വികാസത്തിനും ഒരു അമർത്തലിനും ശേഷം ആരംഭ അവസ്ഥയിലോട്ടു ചിത്രം 8.39-ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ എത്തുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 138 22-07-2022 15:13:57

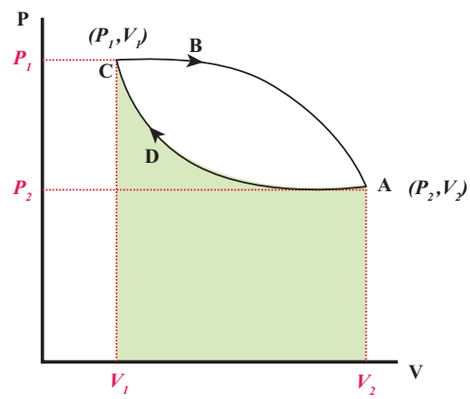


ചിത്രം 8.39 ചാക്രിക പ്രക്രിയയ്ക്കായുള്ള PV രേഖാചിത്രം

വ്യാപ്തം V_1 ൽ നിന്ന് V_2 വിലേക്ക് വാതകം വികസിക്കുമ്പോൾ വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി W_1 എന്നുകരുതുക. ഈ പ്രവൃത്തി ചിത്രം 8.40 (a) ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ള CBA വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണത്തിനു സമമാകുന്നു .



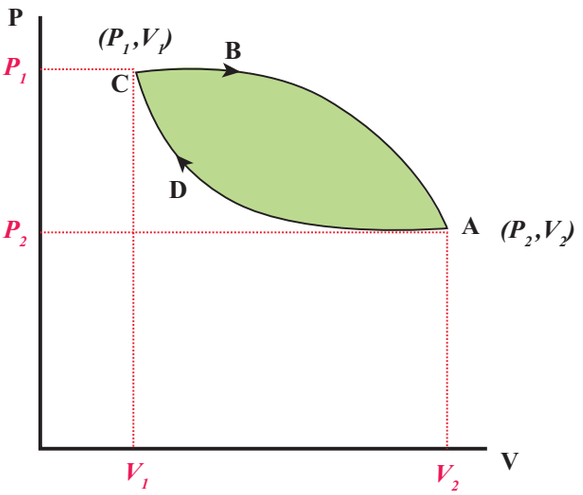
ചിത്രം 8.40 (a) CBA വക്രരേഖയ്ക്കായുള്ള പ്രവൃത്തി



ചിത്രം 8.40 (b) ADC വക്രരേഖയ്ക്കായുള്ള പ്രവൃത്തി

വ്യാപ്തം V_2 ൽ നിന്ന് V_1 ലേക്ക് വാതകം ചുരുങ്ങുമ്പോൾ വാതകത്തിന്മേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി W_2 എന്നു കരുതുക. ഈ പ്രവൃത്തി ചിത്രം 8.40 (b)ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ ADC വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണത്തിനു സമമാകുന്നു

ഈ ചാക്രിക പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട ആകെ പ്രവൃത്തി = $W_1 - W_2 =$ ഇത് ചിത്രം 8.41 ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ള വക്രപാതയുടെ മധ്യത്തിലുള്ള പച്ചനിറം കൊടുക്കപ്പെട്ട വിസ്തീർണ്ണത്തിനു സമമാകുന്നു.



ചിത്രം 8.41 ചാക്രിക പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട അസ്സൽ പ്രവൃത്തി

അതുകൊണ്ട് ചാക്രിക പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട അസൽ പ്രവൃത്തി പൂജ്യമല്ല. പൊതുവായി അസൽ പ്രവൃത്തി ധനാത്മകമായി അല്ലെങ്കിൽ ഋണാത്മകമായിരിക്കും. അസൽ പ്രവൃത്തി. ധനാത്മകമാണെങ്കിൽ, വ്യവസ്ഥയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി, വ്യവസ്ഥയിന്മേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയേക്കാൾ അധികമായിരിക്കും. അസൽ പ്രവൃത്തി ഋണാത്മകമായിരുന്നാൽ വ്യവസ്ഥയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി, വ്യവസ്ഥയിന്മേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയേക്കാൾ കുറവായിരിക്കും.

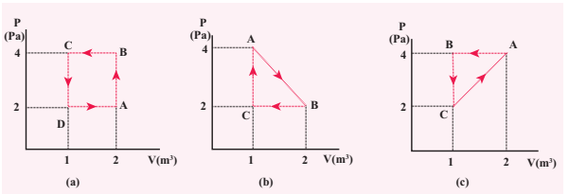
കുറിപ്പ്

മാത്രമല്ല ചാക്രിക പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട അസൽ പ്രവൃത്തി ധനാത്മകമായിരുന്നാൽ ഈ പ്രക്രിയയുടെ രേഖാചിത്രം ഘടികാരദിശയിലായിരിക്കും. ചാക്രിക പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട അസൽ പ്രവൃത്തി ഋണാത്മകമായിരുന്നാൽ ഈ പ്രക്രിയയുടെ രേഖാചിത്രം എതിർഘടികാരദിശയിലായിലിക്കും. ചിത്രം 8.41-ൽ ഉള്ള പ്രക്രിയ ഘടികാര ദിശയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 139 22-07-2022 15:13:58

ഉദാഹരണം 8.22

താപഗതിക വ്യവസ്ഥയുടെ PV രേഖാചിത്രങ്ങൾ ചിത്രത്തിൽ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്. ഓരോ ചാക്രിക പ്രവൃത്തിക്കുമുള്ള ആകെ പ്രവൃത്തി കണക്കാക്കുക.



നിർദ്ധാരണം

സ്ഥിതി (a) അടയ്ക്കപ്പെട്ട പാതയുടെ ദിശ എതിർ ഘടികാരദിശയിലാണ്. ഇതിൽ നിന്നും, വ്യവസ്ഥയിന്മേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി, വ്യവസ്ഥയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയേക്കാൾ അധികമാകുന്നു. BC വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം വാതകത്തിന്മേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയെ തരുന്നു. (സമമർദ അമർത്തൽ) DA വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം വ്യവസ്ഥയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട ആകെ പ്രവൃത്തിയെ തരുന്നു.

BC വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം = ദീർഘചതുരം BC12 ന്റെ വിസ്തീർണ്ണം $= 1 \times 4 = -4J$

ഇവിടെ ഋണാത്മകചിഹ്നം വ്യവസ്ഥയിന്മേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയെ കുറിക്കുന്നു

DA വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം $= 1 \times 2 = +2J$

ചാക്രിക പ്രക്രിയയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട അസൽ പ്രവൃത്തി $= -4 + 2 = -2$ J

സ്ഥിതി (b) അടയ്ക്കപ്പെട്ട പാതയുടെ ദിശ ഘടികാര ദിശയിലാണുള്ളത്. അതുകൊണ്ട് ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയുടെ അസൽ മൂല്യം ധനാത്മകമാകുന്നു. വ്യവസ്ഥയിന്മേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയേക്കാൾ കുറവാകുന്നു എന്നത് ഇതിൽനിന്ന് അനുമാനിക്കാം. BC വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം വാതകത്തിന്മേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയെ തരുന്നു. (സമമർദ്ദ അമർത്തൽ). AB വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം വ്യവസ്ഥയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട ആകെ പ്രവൃത്തിയെ തരുന്നു.

AB വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം = ദീർഘചതുരത്തിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം + ത്രികോണത്തിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം $= (1\times2) + \frac{1}{2} \times 1\times2 = +3J$

BC വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം = ദീർഘചതുരത്തിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം $= 1 \times 2 = -2J$

ചാക്രിക പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട അസൽ പ്രവൃത്തി = 1 J, ഇതൊരു ധനാത്മക മൂല്യമാകുന്നു.

സ്ഥിതി (c) അടയ്ക്കപ്പെട്ട പാതയുടെ ദിശ എതിർഘടികാര ദിശയിലാണുള്ളത്. അതുകൊണ്ട് അസൽ പ്രവൃത്തി ഋണാത്മകമായിരിക്കും. വ്യവസ്ഥയിന്മേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി വ്യവസ്ഥയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയേക്കാൾ അധികം എന്ന് കാണിക്കുന്നു. AB വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം വാതകത്തിന്മേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയെ തരുന്നു. (സമമർദ അമർത്തൽ) CA വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം വ്യവസ്ഥയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട ആകെ പ്രവൃത്തിയെ തരുന്നു.

AB വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം = ദീർഘചതുരത്തിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം $= 4 \times 1 = -4J$

CA വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം = ദീർഘചതുരത്തിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം + ത്രികോണത്തിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം $= (1\times2) + \frac{1}{2} \times 1\times2 = +3J$

ചാക്രിക പ്രക്രിയയാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട ആകെ പ്രവൃത്തി = -1 J. ഇതൊരു ഋണാത്മകമൂല്യമാകുന്നു

8.8.7 താപഗതിക ഒന്നാം നിയമത്തിന്റെ പരിമിതികൾ

താപം, പ്രവൃത്തി ഇവ ഒന്നിൽ നിന്നു മറ്റൊന്നായി മാറുന്ന സവിശേഷതയെ താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമം നല്ലവണ്ണം വിശദീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്. എന്നാൽ അവ മാറുന്ന ദിശയെ വിശദീകരിച്ചിട്ടില്ല. ഉദാഹരണമായി,

a. ചൂടായ വസ്തുവുമായി, തണുത്ത വസ്തുവിനെ ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ താപം എപ്പോഴും ചൂടായ വസ്തുവിൽ നിന്ന് തണുത്ത വസ്തുവിലോട്ട് പ്രവഹിക്കും. ഇതിനു എതിർദിശയിൽ താപം പ്രവഹിക്കില്ല. എന്നാൽ താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമമനുസരിച്ച് താപം ചൂടായ വസ്തുവിൽ നിന്ന് തണുത്ത വസ്തുവിലോട്ടോ അല്ലെങ്കിൽ തണുത്ത വസ്തുവിൽ നിന്ന് ചൂടായ വസ്തുവിലോട്ടോ പ്രവഹിക്കാൻ സാധിക്കും. എന്നാൽ സ്വാഭാവികമായി താപം എപ്പോഴും ഉയർന്ന താപനിലയിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞ താപനിലയിലോട്ടാണ് പ്രവഹിക്കുന്നത്.

b. കാറുകളിൽ ഉള്ള ബ്രേക്കുകളെ അമർത്തുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ഘർഷണത്താൽ കാർ നിൽക്കുന്നു. ഘർഷണത്തിനെതിരായി

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 140 22-07-2022 15:13:58

ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവൃത്തി താപമായി മാറുന്നു. എന്നാൽ ഈ താപം കാറിന്റെ ഗതികോർജ്ജമായി വീണ്ടും മാറുന്നില്ല.

ആയതിനാൽ താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമം സ്വാഭാവികമായ ധാരാളം പ്രക്രിയകളെ വിശദീകരിക്കാൻ മതിയായതല്ല.

8.8.8 ഉത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയ

ഒരു താപഗതിക പ്രക്രിയയിൽ അതു നടന്ന പാതയ്ക്ക് എതിർദിശയിൽ പ്രവൃത്തിച്ച് വ്യവസ്ഥയ്ക്കും പരിസരത്തിനും അതിന്റെ ആരംഭാവസ്ഥയിലെത്താൻ സാധിക്കുമെങ്കിൽ ആതാപഗതിക പ്രക്രിയയെ ഉത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയ എന്നു പറയുന്നു.

ഉദാഹരണം : ക്വാസി സ്റ്റാറ്റിക് സമതാപീയ വികാസം, സ്പ്രിംഗൽ വളരെ സാവധാനം നടക്കുന്ന അമർത്തലും വികാസവും.

ഉത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയയ്ക്കായുള്ള നിബന്ധനകൾ:

1. ഈ പ്രക്രിയ വളരെ സാവധാനം പ്രവർത്തിക്കേണ്ടതാണ്.
2. പ്രക്രിയ ആരംഭിച്ച് അവസാനിക്കുന്നതുവരെ വ്യവസ്ഥയും, പരിസരവും തുടർച്ചയായി യാന്ത്രിക താപ, രാസ സംതുലനാവസ്ഥയിലായിരിക്കേണ്ടതാണ്.
3. ഘർഷണബലം, ശ്യാനത, വൈദ്യുത പ്രതിരോധം തുടങ്ങിയ ഊർജ്ജ നഷ്ടമുണ്ടാക്കുന്ന ബലങ്ങളൊന്നും ഉണ്ടായിരിക്കാൻ പാടില്ല.

കുറിപ്പ്

എല്ലാ ഉത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയകളും ക്വാസിസ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയകളാകുന്നു. എന്നാൽ എല്ലാ ക്വാസിസ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയകളും ഉത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയകളായിരിക്കണമെന്നില്. ഉദാഹരണമായി, പിസ്റ്റണെ വളരെ സാവധാനം അമർത്തുമ്പോൾ സിലിണ്ടറിന്റെ ചുവരിനും, പിസ്റ്റണിനുമിടയ്ക്ക് ഘർഷണമുണ്ടായാൽ കുറച്ചു ഊർജ്ജം പരിസരത്തിൽ നഷ്ടപ്പെടും. ഈ ഊർജ്ജം തിരിച്ചെടുക്കാൻ സാധിക്കില്ല. ആയതിനാൽ ഇത് ക്വാസിസ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയയാണെങ്കിലും ഉത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയയല്ല.

അനുത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയ :

സ്വാഭാവിക പ്രക്രിയകളെല്ലാം അനുത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയകളാകുന്നു. ഇത്തരം പ്രക്രിയകളെ PV രേഖാചിത്രത്തിൽ കുറിയ്ക്കാൻ സാധിക്കില്ല. എന്തെന്നാൽ അനുത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയകളെ ഓരോ ഘട്ടത്തിലും മർദ്ദം, താപനില എന്നിവയ്ക്ക് നിശ്ചിത മൂല്യമുണ്ടാകില്ല.

ഒരു താപഗതിക പ്രക്രിയയുടെ ഊർജ്ജസംരക്ഷണ നിയമം, താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമമാകുന്നു. ഉദാഹരണമായി ഒരു ചൂടായ വസ്തുവിനെ തണുത്ത വസ്തുവിന്മേൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ, താപോർജ്ജം ചൂടായ വസ്തുവിൽ നിന്ന് തണുത്ത വസ്തുവിലേക്ക് പ്രവഹിക്കുന്നു. എന്തുകൊണ്ട് താപം തണുത്ത വസ്തുവിൽ നിന്ന് ചൂടായ വസ്തുവിലേക്ക് പ്രവഹിക്കുന്നില്ല? തണുത്ത വസ്തുവിൽ നിന്ന് ചൂടായ വസ്തുവിലേക്ക് താപോർജ്ജം പ്രവഹിക്കുന്നതിനേയും താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമം അംഗീകരിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി 5 J ഊർജ്ജം ചൂടായ വസ്തുവിൽ നിന്ന് തണുത്ത വസ്തുവിലേക്ക് അല്ലെങ്കിൽ തണുത്ത വസ്തുവിൽ നിന്ന് ചൂടായ വസ്തുവിലോട്ട് പ്രവഹിച്ചാലും അസൽ വ്യവസ്ഥയുടെ ആകെ ആന്തരികോർജ്ജം മാറുന്നില്ല. എന്നാൽ 5 J താപം തണുത്ത വസ്തുവിൽ നിന്ന് ചൂടായ വസ്തുവിലേക്ക് എപ്പോഴും പ്രവഹിക്കുന്നില്ല. സ്വാഭാവികമായി ഇതുപോലുള്ള പ്രക്രിയകൾ ഒരു ദിശയിൽ മാത്രമേ സംഭവിക്കുന്നുള്ളൂ. എതിർദിശയിൽ സംഭവിക്കുന്നില്ല. ഈ പ്രക്രിയകൾ ഏതു ദിശയിൽ നടന്നാലും വ്യവസ്ഥയുടെ ആകെ ഊർജ്ജം മാറുന്നില്ല. എന്നിരുന്നാലും എതിർ ദിശയിൽ ഈ പ്രക്രിയ നടക്കുകയില്ലെന്നത് ഇവിടെ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്. താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമം ഒരു സ്വാഭാവിക പ്രക്രിയ എതിർദിശയിൽ എന്തുകൊണ്ട് നടക്കുന്നില്ല എന്നതിന്റെ വിശദീകരണം തരുന്നില്ല. പതിനെട്ടാം നൂറ്റാണ്ടിലെ ശാസ്ത്രജ്ഞർ എതിർദിശയിൽ ഒരു പ്രവൃത്തി നടക്കാത്തതിന്റെ വിശദീകരണത്തിനായി ശ്രമിച്ചു. അതിന്റെ ഫലമായി സ്വാഭാവികമായുള്ള ഒരു പുതിയ നിയമം കണ്ടുപിടിച്ചു. അതിനെ താപഗതികത്തിന്റെ രണ്ടാം നിയമം എന്നുപറയുന്നു. ഈ രണ്ടാം നിയമമനുസരിച്ച് താപം എപ്പോഴും ചൂടായ വസ്തുവിൽ നിന്ന് തണുത്ത വസ്തുവിലേക്ക് സ്വയം പ്രവഹിക്കുന്നു. ഇതിനെ താപഗതികത്തിലെ രണ്ടാം നിയമത്തിന്റെ ക്ലാശിയസ് സിദ്ധാന്തം എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

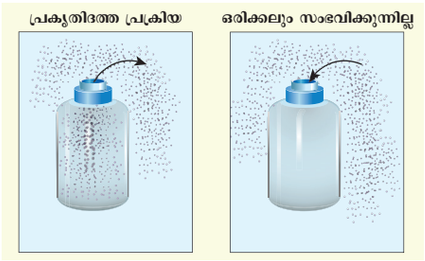
ഉദാഹരണം 8.23

അനുത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയയ്ക്ക് ചില ഉദാഹരണങ്ങൾ തരുക.

സ്വാഭാവികമായി നടക്കുന്ന എല്ലാ പ്രക്രിയകളും അനുത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയകളാകുന്നു. ചില രസകരങ്ങളായ ഉദാഹരണങ്ങൾ ഇവിടെ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്.

(a) വാതകം അടയ്ക്കപ്പെട്ട കുപ്പി തുറന്ന ഉടൻ, കുപ്പിയിൽ നിന്ന് വാതക തന്മാത്രകൾ സാവധാനം മുറി മുഴുവനും വ്യാപിക്കുന്നു. അവ വീണ്ടും കുപ്പിയിലോട്ട് തിരിച്ചുവരുന്നില്ല.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 141 22-07-2022 15:13:58



(b) ഒരു മഷിത്തുള്ളി ജലത്തിൽ പതിക്കുമ്പോൾ, മഷിത്തുള്ളി ജലത്തിൽ സാവധാനം വ്യാപിക്കുന്നു. ആ വ്യാപിച്ചമഷിത്തുള്ളി വീണ്ടും ഒന്നുചേരുന്നില്ല.

(c) കുറച്ചുയരമുള്ള സ്ഥലത്തുനിന്ന് വീഴുന്ന വസ്തു നിലത്തിലെത്തിയ ഉടൻ, വസ്തുവിന്റെ ആകെ ഗതികോർജ്ജം നിലത്തിലെ തന്മാത്രകളുടെ ഗതികോർജ്ജമായി മാറുന്നു. അതിൽ ഒരു ചെറിയഭാഗം ശബ്ദോർജ്ജമായി നഷ്ടപ്പെടുന്നു. നിലത്തിലെ തന്മാത്രകൾക്ക് മാറ്റം സംഭവിച്ച ഗതികോർജ്ജത്തെ വീണ്ടും ഒത്തുചേർത്ത് വസ്തുവിന് സ്വയം മുകളിലോട്ട് പോകാൻ സാധിക്കില്ല.

താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമമനുസരിച്ച് മുകളിൽ പറഞ്ഞിട്ടുള്ള എല്ലാ പ്രക്രിയകളും എതിർദിശയിൽ നടക്കാനും സാധിക്കും. എന്നാൽ താപഗതികത്തിന്റെ രണ്ടാം നിയമം ഈ പ്രക്രിയകളെ എതിർദിശയിൽ നടക്കാൻ അനുവദിക്കുന്നില്ല. പ്രകൃതിയുടെ മുഖ്യനിയമങ്ങളിൽ ഒന്നാണ് താപഗതികത്തിന്റെ രണ്ടാം നിയമം. ഈ നിയമം പ്രകൃതി പ്രക്രിയകൾ നടക്കുന്ന ദിശയെ തീരുമാനിക്കുന്നു.

8.9 താപയന്ത്രം

ഈ ആധുനിക സാങ്കേതിക ശാസ്ത്ര ലോകത്ത് ഗതാഗതത്തിന് വാഹനയന്ത്രങ്ങൾ മുഖ്യ പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. മോട്ടോർ സൈക്കിളിലും, കാറുകളിലും യന്ത്രങ്ങൾ ഉണ്ട്. അവ പെട്രോൾ, അല്ലെങ്കിൽ ഡീസലിനെ ഉള്ളിൽ സ്വീകരിച്ചുകൊണ്ട് ചക്രങ്ങൾ കറങ്ങുമ്പോൾപ്രവൃത്തിചെയ്യപ്പെടുന്നു. മിക്കയന്ത്രങ്ങളുടേയും കാര്യക്ഷമത 40% ത്തിനു മുകളിൽ ഉണ്ടായിരിക്കില്ല. യന്ത്രങ്ങളുടെ കാര്യക്ഷമതയ്ക്കുള്ള അടിസ്ഥാന നിയന്ത്രണങ്ങളെ താപഗതികത്തിന്റെ രണ്ടാമത്തെ നിയമമാണ് തീരുമാനിക്കുന്നത്. അതുകൊണ്ട് രണ്ടാം നിയമം മനസ്സിലാക്കാൻ, താപയന്ത്രങ്ങളെ മനസ്സിലാക്കുന്നത് അത്യാവശ്യമാണ്.

സംഭരണി :

വളരെ അധിക താപധാരിതയുള്ള താപഗതിക വ്യവസ്ഥ എന്നും ഇതിനെ നിർവ്വചിക്കാം. സംഭരണിയിൽ നിന്ന് താപം എടുത്താലും അല്ലെങ്കിൽ സംഭരണിയിലേക്ക് താപം കൊടുത്താലും സംഭരണിയുടെ താപനില മാറുന്നില്ല.

ഉദാഹരണം : ഒരു കപ്പ് ചൂടായ ജലം തടാക ജലത്തിൽ ഒഴിച്ചാൽ തടാകത്തിന്റെ താപനില ഉയരുന്നില്ല. ഇവിടെ ഈ തടാകത്തെ സംഭരണിയായി കരുതാം.

ഒരു കപ്പിൽ ഉള്ള ചൂടായ കാപ്പി തുറസ്സായ സ്ഥലത്ത് ഉള്ളപ്പോൾ അത് പരിസരവുമായി താപസംതുലനാവസ്ഥയിൽ എത്തുന്നു. എന്നാൽ പരിസരത്തിന്റെ താപനിലയിൽ പ്രത്യേകിച്ച് ഏതൊരു മാറ്റവും സംഭവിക്കുന്നില്ല. ഇവിടെ പരിസരത്തിനെ സംഭരണിയായി കരുതാം.

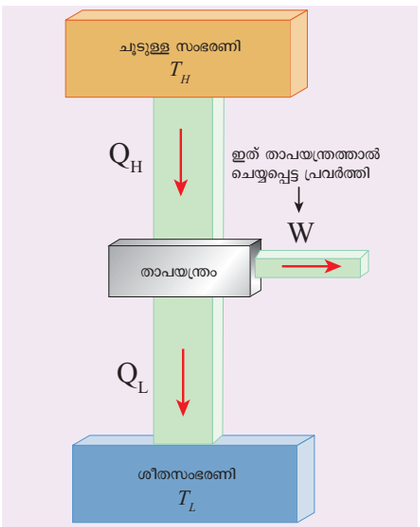
താപയന്ത്രത്തെ താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ളതുപോലെ നിർവ്വചിക്കാം.

താപത്തെ ഉള്ളിലോട്ട് സ്വീകരിച്ച് ചാക്രിക പ്രക്രിയയ്ക്ക് വിധേയമാകുന്നതുമൂലം ആ താപത്തെ പ്രവൃത്തിയായി മാറ്റുന്ന ഒരു ഉപകരണമാകുന്നു താപയന്ത്രം.

ഒരു താപയന്ത്രത്തിന് മൂന്നു ഭാഗങ്ങളുണ്ട്. അവ:

(a) താപസ്രോതസ്സ്
(b) പ്രവൃത്തി വസ്തു
(c) താപസ്വീകരണി

ഒരു താപയന്ത്രത്തിന്റെ ചിട്ടയിലുള്ള രേഖാചിത്രം ചിത്രം 8.42 ൽ കൊടുക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.



ചിത്രം 8.42 താപയന്ത്രം

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 142 22-07-2022 15:13:59

1. താപസ്രോതസ്സ് : ഇത് യന്ത്രത്തിന് താപം കൊടുക്കുന്നു. ഇത് എപ്പോഴും ഉയർന്ന താപ നില T_H ലായിരിക്കേണ്ടതാണ്.

2. പ്രവൃത്തിവസ്തു: ഇതു വാതകം അല്ലെങ്കിൽ ജലം പോലെയുള്ള ഒരു വസ്തുവാകുന്നു. ഇത് കൊടുക്കപ്പെടുന്ന താപത്തെ പ്രവൃത്തിയായി മാറ്റുന്നു.

   താപയന്ത്രത്തിനായുള്ള ഒരു ലളിതമായ ഉദാഹരണം നീരാവിയന്ത്രമാകുന്നു. പഴയകാലത്ത് ട്രെയിൻ പ്രവർത്തിക്കാൻ ഈ നീരാവിയന്ത്രം ഉപയോഗപ്പെടുത്തി. ഇതിൽ പ്രവൃത്തി വസ്തുവായി ജലം ഉപയോഗിച്ചു. ഇത് കത്തുന്ന കൽക്കരിയിൽ നിന്നു താപം സ്വീകരിച്ച് ജലത്തെ നീരാവിയായി മാറ്റുന്നു. ഈ നീരാവി ട്രെയിൻ ചക്രത്തെ കറക്കുകയും ട്രെയിൻ പ്രവർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

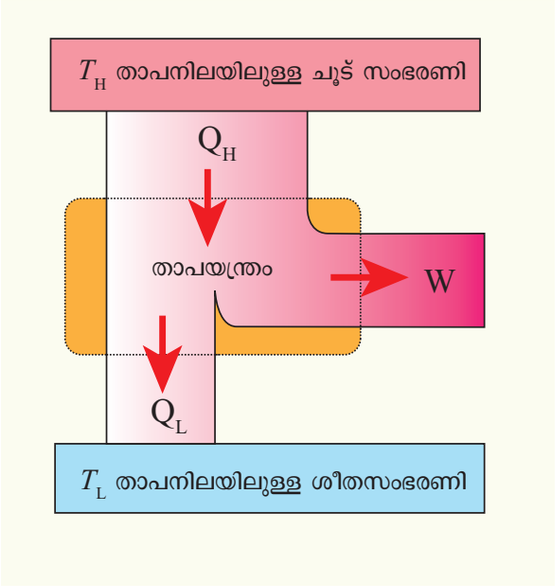
3. താപസ്വീകരണി : താപയന്ത്രം പ്രവർത്തി ചെയ്തതിനുശേഷം കുറച്ചളവ് താപത്തെ (Q_L) താപസ്വീകരണിയ്ക്കു നൽകുന്നു. ഇത് എപ്പോഴും കുറഞ്ഞ താപനിലയിൽ T_L ആയിരിക്കേണ്ടതാണ്.

   ഉദാഹരണമായി, വാഹനയന്ത്രങ്ങളിൽ താപ സ്വീകരണിയായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത് മുറിയിലെ താപനിലയിലുള്ള ചുറ്റുപാടാകുന്നു. വാഹനയന്ത്രം സൈലൻസർ വഴിയായി താപത്തെ ചുറ്റുപാടിലേയ്ക്ക് കടത്തിവിടുന്നു.

താപയന്ത്രം ചാക്രിക പ്രക്രിയയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ചാക്രിക പ്രക്രിയ അവസാനിച്ചശേഷം താപയന്ത്രം ആരംഭ അവസ്ഥയിലോട്ട് വരുന്നു. താപം പുറത്തു കടത്തിയതിനുശേഷം താപയന്ത്രത്തിന്റെ ഒരു ചക്രം അവസാനിച്ച് അതിന്റെ ആരംഭ അവസ്ഥയിലേക്ക് വരുന്നതിനാൽ താപയന്ത്രത്തിന്റെ ആന്തരികോർജ്ജമാറ്റം പൂജ്യമാകുന്നു.

ഒരു ചാക്രിക പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയ്ക്കും സ്വീകരിക്കപ്പെട്ട താപത്തിനും ഉള്ള അനുപാതം താപയന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത എന്ന് നിർവ്വചിക്കപ്പെടുന്നു.

ഒരു പ്രവൃത്തി വസ്തു താപ സ്രോതസ്സിൽ നിന്ന് Q_H മാത്ര താപത്തെ സ്വീകരിച്ച് W മാത്ര പ്രവൃത്തി ചെയ്ത ശേഷം, അത് താപസ്വീകരിയ്ക്കു കൊടുത്ത താപം Q_L മാത്ര എന്നു കരുതുക. ഇത് ചിത്രം 8.43-ൽ ചിട്ടയിലുള്ള രേഖാചിത്രമായി കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്.



ചിത്രം 8.43 താപയന്ത്രം

നമുക്കിങ്ങനെ എഴുതാം

സ്വീകരിച്ച താപം = ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി + പുറന്തള്ളപ്പെട്ട താപം

$$Q_H = W + Q_L$$

$$W = Q_H - Q_L$$

അതുകൊണ്ട് താപയന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത

$$\eta = \frac{\text{പുറന്തള്ളപ്പെട്ടത്}}{\text{സ്വീകരിച്ചത്}} = \frac{W}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H}$$

$$\eta = \frac{\text{പുറന്തള്ളപ്പെട്ടത്}}{\text{സ്വീകരിച്ചത്}} = \frac{W}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \qquad (8.55)$$

ഇവിടെ Q_H, Q_L , W എന്നിവയെല്ലാം ധനാത്മകമായിട്ടുള്ളത് ശ്രദ്ധിക്കുക. ഈ സാങ്കേതിക ചിഹ്ന രീതിയെയാണ് നാം ഇവിടെ പിൻതുടരേണ്ടത്.

ഇവിടെ $Q_L < Q_H$ ആയതിനാൽ കാര്യക്ഷമത (η) എപ്പോഴും 1-നേക്കാൾ കുറവായിരിക്കും. ഇതിൽ നിന്നും സ്വീകരിക്കപ്പെട്ട താപം പൂർണ്ണമായും പ്രവൃത്തിയായി മാറ്റപ്പെട്ടില്ല എന്നത് മനസ്സിലാക്കാം. താപം പൂർണ്ണമായും പ്രവൃത്തിയായി മാറ്റുന്നതിന് ചില അടിസ്ഥാന നിയന്ത്രണങ്ങളെ താപഗതികത്തിന്റെ രണ്ടാം നിയമം തരുന്നു.

താപഗതിക രണ്ടാംനിയമത്തിന്റെ താപയന്ത്ര പ്രസ്താവന അല്ലെങ്കിൽ കെൽവിന് - ഫ്ളാങ്ക് പ്രസ്താവന താഴെപറയുന്നതുപോലെ നിർവ്വചിക്കാം.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 143 22-07-2022 15:14:00

കെൽവിൻ-ഫ്ളാങ്ക് പ്രസ്താവന:

ഒരു ചാക്രിക താപ പ്രക്രിയയിൽ സ്വീകരിക്കപ്പെട്ട താപം പൂർണ്ണമായും പ്രവൃത്തിയായി മാറ്റുന്ന ഒരു താപ യന്ത്രവും നമുക്ക് രൂപപ്പെടുത്താൻ സാധിക്കില്ല. ഈ പ്രസ്താവനയിൽ നിന്ന് 100% കാര്യക്ഷമതയുള്ള ഒരു താപയന്ത്രവും ഈ പ്രപഞ്ചത്തിൽ സാദ്ധ്യമല്ല എന്ന് നാം അനുമാനിക്കേണ്ടതാണ്.

കുറിപ്പ്

താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമം അനുസരിച്ച് സമതാപീയ പ്രക്രിയയിൽ, തന്നിട്ടുള്ള താപം പൂർണ്ണമായും പ്രവൃത്തിയായി മാറ്റപ്പെടുന്നു. ($Q = W$) ആണെങ്കിൽ താപഗതികത്തിന്റെ രണ്ടാം നിയമത്തിന്റെ പ്രസ്താവനയ്ക്കു എതിരായിട്ടാണോ ഉള്ളത്? അല്ല. എന്തെന്നാൽ സമതാപീയ വികാസം എന്നത് ഒരു ചാക്രിക പ്രക്രിയ അല്ല. ഈ പ്രക്രിയകളിൽ മാത്രമേ താപം പൂർണ്ണമായും പ്രവൃത്തിയായി മാറുന്നുള്ളൂ. എന്നാൽ താപഗതികത്തിന്റെ രണ്ടാം നിയമമനുസരിച്ച് ചാക്രിക പ്രക്രിയയിൽ സംഭവിക്കുന്ന പ്രക്രിയകളിൽ നൽകപ്പെട്ട താപത്തിൽ ഒരു നിശ്ചിത അളവു മാത്രമേ പ്രവൃത്തിയായി മാറുന്നുള്ളൂ. അതുകൊണ്ട് എല്ലാ താപ യന്ത്രങ്ങളും ചാക്രിക പ്രക്രിയയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനാൽ നൽകപ്പെട്ട താപം പൂർണ്ണമായും പ്രവൃത്തിയായി മാറ്റുന്നില്ല.

ഉദാഹരണം 8.24

ഒരു താപയന്ത്രം അതിന്റെ ചാക്രിക പ്രക്രിയയിൽ 500 ജൂൾ താപത്തെ താപസ്രോതസ്സിൽ നിന്ന് ഒരു നിശ്ചിത പ്രവൃത്തി ചെയ്തശേഷം 300J താപത്തെ പരിസരത്തിനു (താപസ്വീകരണി) നൽകുന്നു. താപയന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത കണക്കാക്കുക?

നിർദ്ധാരണം

താപയന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത

$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

$$\eta = 1 - \frac{300}{500} = 1 - \frac{3}{5}$$

$$\eta = 1 - 0.6 = 0.4$$

താപയന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത 40% ആകുന്നു. ഇതിൽ നിന്നും താപയന്ത്രം നൽകപ്പെട്ട താപത്തിൽ 40% മാത്രമേ പ്രവൃത്തിയായി മാറ്റപ്പെട്ടുള്ളൂ എന്ന് മനസ്സിലാക്കാം.

8.9.1 കാർനോ ആദർശ താപയന്ത്രം

ഒരു താപയന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത 100% ഇല്ല എന്ന് കഴിഞ്ഞ പാഠഭാഗത്തിൽ നാം പഠിച്ചു. അപ്രകാരമാണെങ്കിൽ ഒരു താപയന്ത്രത്തിന്റെ പരമാവധി കാര്യക്ഷമത എന്താണ്? 1824-ാം ആണ്ട് കാർനോ എന്ന ഫ്രഞ്ച് എഞ്ചിനായർ ഉത്ക്രമണീയ താപയന്ത്ര താപസ്രോതസ്സിനും താപസ്വീകരണികൾക്കും ഇടയ്ക്ക് ചാക്രിക രീതിയിൽ പ്രവർത്തിക്കുമെന്നും. ഈ യന്ത്രത്തിന് പരമാവധി കാര്യക്ഷമത ഉണ്ടെന്നും തെളിയിക്കപ്പെട്ടു.

ഈ യന്ത്രത്തിനെ കാർനോ യന്ത്രം എന്നു വിളിക്കുന്നു. രണ്ടു താപനിലകൾക്കിടയ്ക്ക് ചാക്രിക പ്രക്രിയയാൽ, പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഉത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയ യന്ത്രം കാർനോ യന്ത്രമാകുന്നു.

കാർനോയന്ത്രത്തിനു നാലുമുഖ്യ ഭാഗങ്ങളുണ്ട്. അവ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

i. താപസ്രോതസ്സ്: ഇത് സ്ഥിരമായ ഉയർന്ന താപനിലയിലുള്ള താപസ്രോതസ്സാകുന്നു. താപനിലയിൽ ഒരു മാറ്റവും സംഭവിക്കാതെ ഇതിൽ നിന്ന് എത്ര താപം വേണമെങ്കിലും സ്വീകരിക്കാം T_H.

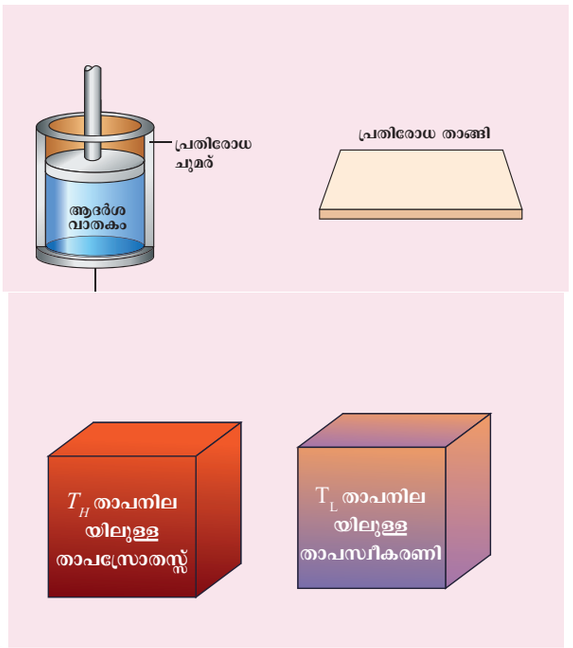
ii. താപസ്വീകരണി : ഇത് സ്ഥിരമായ കുറഞ്ഞ താപനിലയിലുള്ള ഒരു വസ്തുവാകുന്നു. ഇത് എത്ര താപത്തേയും സ്വീകരിക്കും T_L.

iii. താപകുചാലകതട്ട് : പൂർണ്ണമായും താപ കുചാലക വസ്തുവിനാൽ ഈ തട്ട് നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ തട്ടിലൂടെ താപം ചാലനം ചെയ്യപ്പെടില്ല.

iv. പ്രവൃത്തി വസ്തു : പൂർണ്ണമായും താപം കടത്താത്ത ചുവർകളും പൂർണ്ണമായും താപം കടത്തുന്ന അടിഭാഗവും ഉള്ള സിലിണ്ടറിൽ അടച്ചുവയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള ആദർശവാതകമാകുന്നു. താപം കടത്താത്തതും ഘർഷണമില്ലാത്തതുമായ ഒരു പിസ്റ്റൺ സിലിണ്ടറുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്.

ഈ നാലുഭാഗങ്ങളും ചിത്രം 8.44-ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 144 22-07-2022 15:14:01



ചിത്രം 8.44 കാർനോയന്ത്രം

കാർനോ ചക്രം:

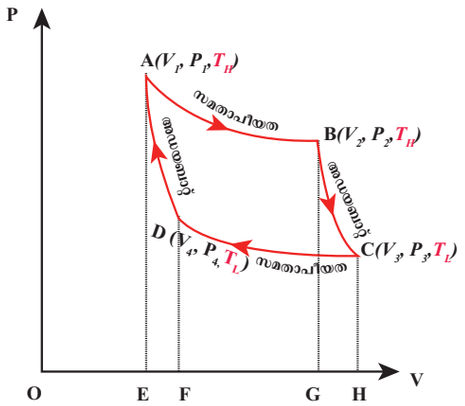
കാർനോചക്രത്തിൽ പ്രവൃത്തി വസ്തു നാലു തുടർച്ചയായ ഉത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയകളെ ചാക്രിക രീതിയിൽ നടത്തുന്നു.

പ്രവൃത്തി വസ്തുവിന്റെ ആരംഭ മർദം, വ്യാപ്തം എന്നിവയെ P_1,V_1 എന്നു കരുതുക.

പ്രക്രിയ A മുതൽ B: വരെയുള്ള കാസിസ്റ്റാറ്റിക് സമതാപീയ പ്രക്രിയ (P_1,V_1,T_H) മുതൽ (P_2,V_2,T_H):

(Q_H) സിലിണ്ടർ താപസ്രോതസ്സിനുമേൽ വയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. താപം താപസ്രോതസ്സിൽ നിന്ന് സിലിണ്ടറിന്റെ അടിഭാഗത്തിലൂടെ പ്രവൃത്തി വസ്തു (ആദർശവാതകത്തിലോട്ട്) വിലേക്ക് പ്രവഹിക്കുന്നു. ഇതൊരു സമതാപീയ പ്രക്രിയയാകുന്നു. അതുകൊണ്ട് പ്രവൃത്തി വസ്തുവിൽ ആന്തരികോർജ്ജത്തിന് ഒരു മാറ്റവും സംഭവിക്കുന്നില്ല. ലഭിച്ച താപത്തിനാൽ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം അധികരിക്കുന്നു. പിസ്റ്റണെ വളരെ സാവധാനം മുകളിലോട്ടു വരുന്നതിന് അനുവദിക്കേണ്ടതാണ്. (കിസിസ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ) ഇത് ചിത്രം 8.47(a)-ൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്.

വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം V_1 ൽ നിന്ന് V_2 മായി അധികരിക്കും. അതിന്റെ മർദ്ദം P_1 ൽ നിന്ന് P_2 ആയി കുറയുമ്പോൾ വാതകത്തിനാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി W_1 എന്നു കരുതുക. ഇത് P-V രേഖാചിത്രത്തിൽ AB പാതയായി കുറിച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രം 8.45.



ചിത്രം 8.45 കാർനോ ചക്രത്തിനായുള്ള PV രേഖാചിത്രം

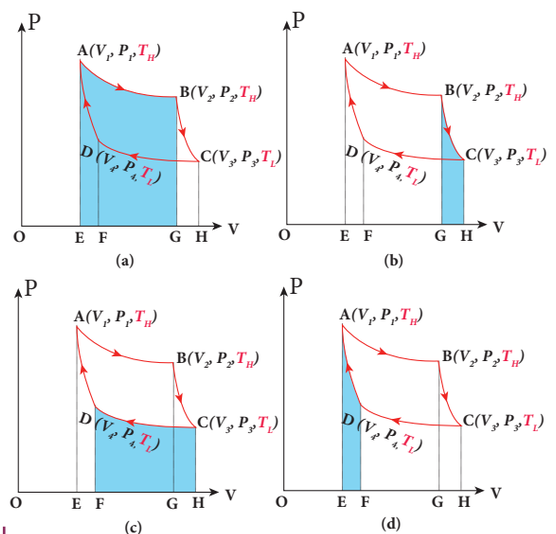
വാതകത്തിനാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി

$$\therefore Q_H = W_{A\to B} = \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

ഈ പ്രക്രിയ കാസിസ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയ ആയതിനാൽ ആദർശവാതകം അതിന്റെ അവസാന അവസ്ഥയിലെത്തുന്നതുവരെ താപസ്രോതസ്സുമായി സംതുലനാവസ്ഥയിലായിരിക്കും. സമതാപീയ വികാസത്തിനാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി സമീകരണം (8.34) ൽ കൊടുക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്

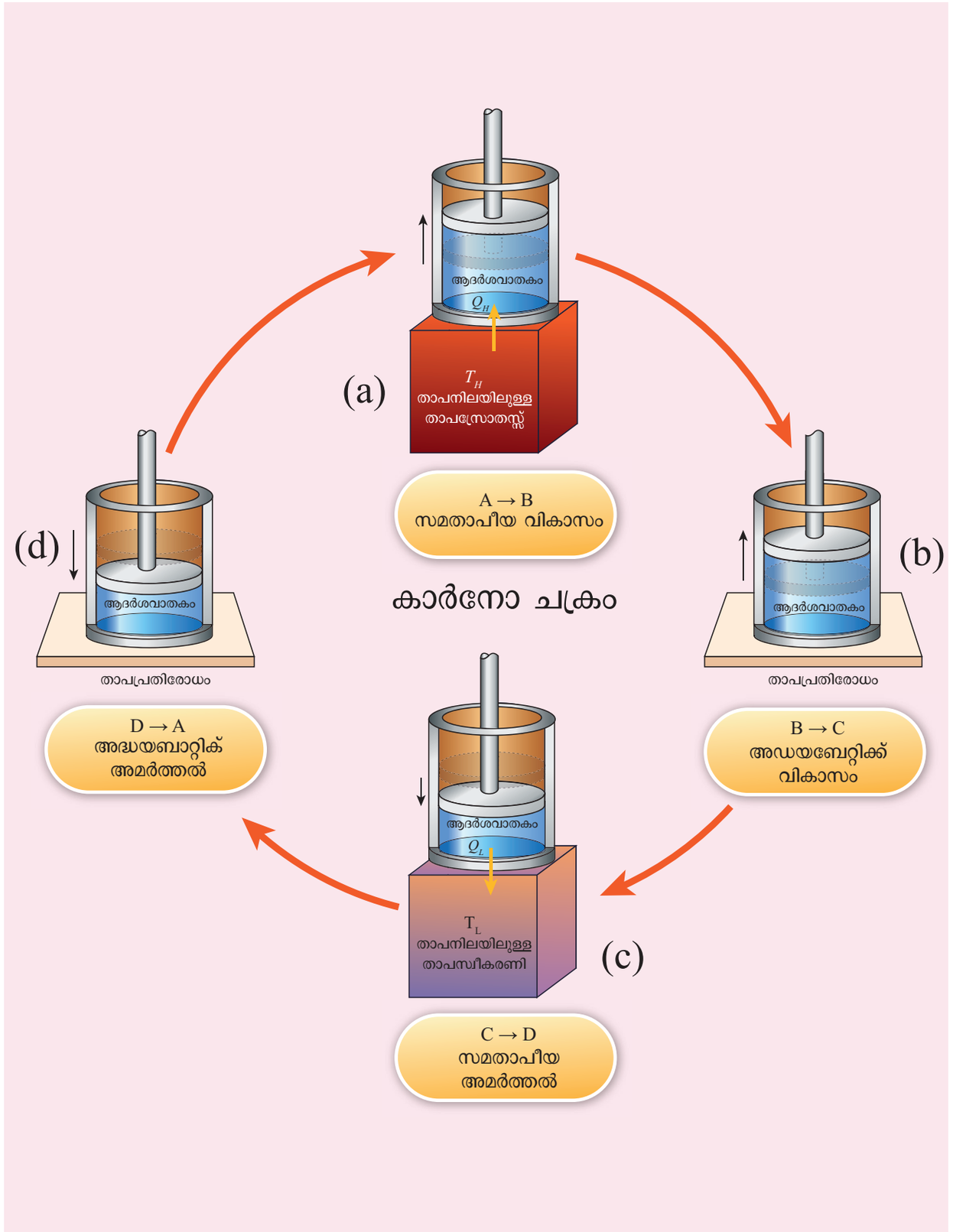
$$W_{A\to B} = \mu RT_H \text{In}\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = \text{AB വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം} \qquad (8.56)$$

ഇത് ചിത്രം 8.46 (a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 8.46 കാർനോ ചക്രത്തിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 145 22-07-2022 15:14:02



ചിത്രം 8.47 കാർനോചക്രം

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 146 22-07-2022 15:14:03

പ്രക്രിയ B → C: (P_2,V_2,T_H) മുതൽ (P_3,V_3,T_L) വരെയുള്ള കാസിസ്റ്റാറ്റിക് അഡയബാറ്റിക് വികാസം

സിലിണ്ടർ താപകുചാലക തട്ടിൻമേൽ വയ്ക്കപ്പെടുന്നു. പിസ്റ്റണെ മുകളിലോട്ട് ചലിക്കാൻ അനുവദിക്കേണ്ടതാണ്. വാതകം അഡയബാറ്റിക് രീതിയിൽ വികസിക്കുന്നതിനാൽ അതിന്റെ വ്യാപ്തം V_2 ൽ നിന്ന് V_3 യായി അധികരിക്കുന്നു. അതിന്റെ മർദ്ദം P_2ൽ നിന്ന് P_3 യായി കുറയുന്നു. താപനില T_L ആകുന്നു. P-V രേഖാചിത്രത്തിൽ ഈ അഡയബാറ്റിക് വികാസം *BC* വക്രരേഖയായി കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയ കാസിസ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയയായി നടന്നതിനാൽ, ആദർശവാതകം ഈ പ്രക്രിയയിലുടനീളം സംതുലനാവസ്ഥയിലായിരിക്കും. ഇതൊരു ഉത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയ എന്നതും ഇത് കുറിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 8.47(b) ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. സമീകരണം (8.42) ൽ നിന്ന്,

അഡയബാറ്റിക് വികാസത്താൽ വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി

$$W_{B\to C} = \int_{V_2}^{V_3} PdV = \frac{\mu R}{\gamma - 1}\left[T_H - T_L\right] =$$

BC വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം (8.57)

ഇത് ചിത്രം 8.46 (b) യിലും കാണിച്ചിരിക്കുന്നു

പ്രക്രിയ C → D: (P_3,V_3,T_L) മുതൽ (P_4,V_4,T_L): വരെയുള്ള കാസി സ്റ്റാറ്റിക് സമതാപീയ അമർത്തൽ. ഇത് ചിത്രം 8.47(c) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

സിലിണ്ടർ, താപസ്വീകരണിയിന്മേൽ വയ്ക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. വാതകത്തിന്റെ മർദ്ദം P_4 യും അതിന്റെ വ്യാപ്തം V_4 യും എത്തുന്നതുവരെ വാതകം സമതാപീയ അമർത്തലിനു വിധേയമാകുന്നു. ഇത് PV 8.45 രേഖാചിത്രത്തിൽ *CD* വക്രരേഖയാൽ സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു $W_{C\to D}$ വാതകത്തിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവർത്തിയാകുന്നു. താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമമനുസരിച്ച്

$$Q_L = W_{C\to D} = \int_{V_3}^{V_4} PdV = \mu RT_L \ln\left(V_4/V_3\right) = -\mu RT_L \ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right)$$

= – CD വക്രരേഖയ്ക്കു താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം (8.58)

ഇത് ചിത്രം 8.46 (c) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഇവിടെ V_3 , V_4 നേക്കാൾ അധികമാണ്. അതുകൊണ്ടാണ് ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി ഋണാത്മകമാണ്. ഇതിൽ നിന്നും വാതകത്തിൻമേൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെട്ടു എന്ന് അനുമാനിക്കാം.

പ്രക്രിയ D→A: (P_4,V_4,T_L) മുതൽ (P_1,V_1,T_H): വരെയുള്ള കാസിസ്റ്റാറ്റിക് അഡയബാറ്റിക് അമർത്തൽ. ഇത് ചിത്രം 8.47(d) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു

സിലിണ്ടർ താപം കടത്താത്ത തട്ടിൻമേൽ വീണ്ടും വയ്ക്കപ്പെടുന്നു. വാതകം തന്റെ ആരംഭ അവസ്ഥയിലെ മർദ്ദം P_1, വ്യാപ്തം V_1 താപനില T_H എന്നിവയിലെത്തുന്നതുവരെ അഡയബാറ്റിക് അമർത്തലിന് വിധേയമാകുന്നു. ഇത് P-V രേഖാചിത്രത്തിൽ *DA* വക്രരേഖയായി കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

$$\therefore W_{D\to A} = \int_{V_4}^{V_1} PdV = -\frac{\mu R}{\gamma - 1}\left[T_H - T_L\right] =$$

– DA വക്രരേഖയ്ക്ക് താഴെയുള്ള വിസ്തീർണ്ണം (8.59)

ഈ അഡയബാറ്റിക് അമർത്തലിലും വാതകത്തിൻമേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി ഋണാത്മകമാകുന്നു. ഇത് ചിത്രം 8.46 (d) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു

പ്രവൃത്തി വസ്തുവിൻമേൽ ഒരു ചക്രത്തിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട അസ്സൽ പ്രവൃത്തി 'W' എന്നു കരുതുക.

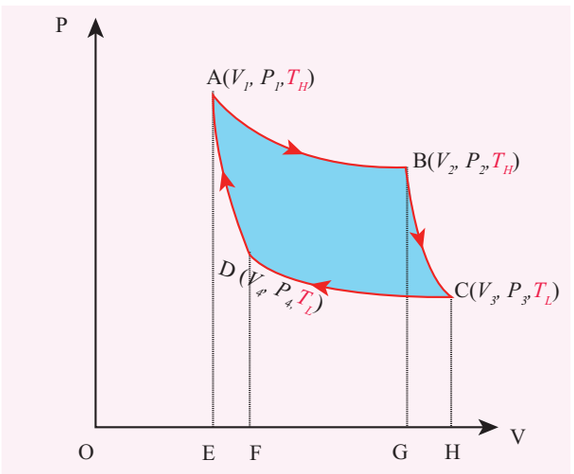
$$W = W_{A\to B} + W_{B\to C} + W_{C\to D} + W_{D\to A}$$

$$W_{D\to A} = -W_{B\to C}$$

$$= W_{A\to B} + W_{C\to D}$$

ഒരു ചക്രത്തിന് കാർനോ യന്ത്രത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട അസ്സൽ പ്രവൃത്തി $W = |W|_{A\to B} - |W|_{C\to D}$ (8.60)

ഒരു ചക്രത്തിന് പ്രവൃത്തി വസ്തുവാൽ (ആദർശ വാതകം) ചെയ്യപ്പെട്ട അസ്സൽ പ്രവൃത്തി P-V രേഖാചിത്രത്തിൽ ഉള്ള ABCD എന്ന അടയ്ക്കപ്പെട്ട വക്രരേഖയിലെ വിസ്തീർണ്ണത്തിനു സമം എന്നത് സമീകരണം (8.60) കാണിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 8.48 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു



ചിത്രം 8.48 കാർനോ ചക്രത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട അസൽ പ്രവൃത്തി

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 147 22-07-2022 15:14:04

പ്രധാനമായി ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടത് ഒരു ചക്രത്തിനു ശേഷം പ്രവൃത്തി വസ്തു അതിന്റെ ആരംഭ താപ നില T_H ലെത്തുന്നു. ഇതിൽ നിന്ന് നാം അനുമാനിക്കേണ്ടതെന്തെന്നാൽ ഒരു ചക്രത്തിനുശേഷം പ്രവൃത്തി വസ്തുവിന്റെ (ആദർശവാതകത്തിന്റെ) ആന്തരികോർജ്ജ വ്യതിയാനം പൂജ്യമാകുന്നു.

8.9.2 കാർനോ യന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത

ഒരു ചക്രത്തിൽ പ്രവൃത്തി വസ്തുവിനാൽ (ആദർശവാതകം) ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിക്കും, താപസ്രോതസ്സിൽ നിന്ന് സ്വീകരിക്കപ്പെട്ട താപത്തിന്റെ അളവിനും ഉള്ള അനുപാതം കാർനോയന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത എന്നു നിർവ്വചിക്കപ്പെടുന്നു.

$$\eta = \frac{\text{ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി}}{\text{സ്വീകരിക്കപ്പെട്ട താപം}} = \frac{W}{Q_H} \qquad (8.61)$$

താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമത്തിൽ നിന്ന്, $W = Q_H - Q_L$

$$\therefore \eta = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \qquad (8.62)$$

സമതാപീയ പ്രക്രിയയുടെ നിബന്ധനയുപയോഗിക്കുമ്പോൾ,

$$Q_H = \mu R T_H \ln\left(V_2/V_1\right)$$
$$Q_L = \mu R T_L \ln\left(V_3/V_4\right) \qquad (8.63) \text{ എന്ന് ലഭിക്കും}$$

ഇവിടെ (Q_L) ൽ ഋണാത്മക ചിഹ്നം ഒഴിവാക്കി എന്തെന്നാൽ താപ സ്വീകരണിയിലോട്ട് പുറന്തള്ളിയ താപത്തിന്റെ അളവിനു മാത്രമേ പ്രാധാന്യം നൽകിയിട്ടുള്ളൂ

$$\therefore \frac{Q_L}{Q_H} = \frac{T_L \ln\left(V_3/V_4\right)}{T_H \ln\left(V_2/V_1\right)} \qquad (8.64)$$

അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയുടെ നിബന്ധനയുപയോഗിക്കുമ്പോൾ,

$$T_H V_2^{\gamma-1} = T_L V_3^{\gamma-1}$$
$$T_H V_1^{\gamma-1} = T_L V_4^{\gamma-1}$$

ഈ രണ്ടു സമീകരണങ്ങളേയും ഹരിക്കുമ്പോൾ,

$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1} \text{ എന്നു ലഭിക്കും}$$

ഇതിൽ നിന്നും $\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$ എന്ന് അനുമാനിക്കാം (8.65)

സമീകരണം (8.65) നെ സമീകരണം (8.64), ൽ പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ

$$\frac{Q_L}{Q_H} = \frac{T_L}{T_H} \qquad (8.66) \text{ എന്നു ലഭിക്കും.}$$

$$\therefore \text{കാര്യക്ഷമത } \eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} \qquad (8.67)$$

കുറിപ്പ് : T_L , T_H ഇവ രണ്ടും കെൽവിൻ മാത്രയിൽ മാത്രമേ കുറിക്കപ്പെടുന്നുള്ളൂ.

പ്രധാന ഫലങ്ങൾ:

1. η എപ്പോഴും 1 നേക്കാൾ കുറവായിരിക്കും. കാരണം T_L, T_H നേക്കാൾ കുറവ്. ഇതിൽ നിന്ന് നാം അനുമാനിക്കേണ്ടത് കാര്യക്ഷമത എപ്പോഴും 100% ആയിരിക്കില്ല. $T_L = 0K$ (പൂജ്യം താപനില) താപനിലയിലുള്ളപ്പോൾ മാത്രമേ കാര്യക്ഷമത 1 അല്ലെങ്കിൽ 100% ആയിരിക്കുന്നുള്ളൂ. ഇത് പ്രായോഗികമായി സാധ്യമല്ല.
2. കാർനോയന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത, പ്രവൃത്തി വസ്തുവിനെ ആശ്രയിക്കുന്നതല്ല. ഇത് താപ സ്രോതസ്സ്, താപസ്വീകരണി ഇവയുടെ താപ നിലകളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവ രണ്ടിന്റേയും താപനിലകളുടെ വ്യതിയാനം പരമാവധിയാണെങ്കിൽ, കാര്യക്ഷമതയും പരമാവധിയായിരിക്കും.
3. $T_H = T_L$ എന്ന അവസ്ഥയിൽ $\eta = 0$. അതുകൊണ്ട് ഒരു യന്ത്രവും താപസ്രോതസ്സും താപസ്വീകരണിയും ഒരേ താപനിലയിലുള്ളപ്പോൾ പ്രവൃത്തിയ്ക്കില്ല.
4. കാർനോചക്രത്തിന്റെ എല്ലാ പ്രക്രിയകളും ഉത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയകളാകുന്നു. അതുകൊണ്ട് കാർനോയന്ത്രം ഒരു ഉത്ക്രമണീയ താപയന്ത്രമാകുന്നു. ആയതിനാൽ കാര്യക്ഷമതയും പരമാവധിയായിരിക്കും. എന്നാൽ പ്രായോഗികമായി ഡീസൽ യന്ത്രം, പെട്രോൾ യന്ത്രം, നീരാവിയന്ത്രം എന്നിവ ചാക്രിക പ്രക്രിയയിൽ പ്രവൃത്തിക്കുന്നു. എന്നാൽ അവ പൂർണ്ണമായ ഉത്ക്രമണീയ താപയന്ത്രങ്ങൾ അല്ല. ആയതിനാൽ അവയുടെ കാര്യക്ഷമത, കാർനോയുടെ കാര്യക്ഷമതയേക്കാൾ കുറവായിരിക്കും. ഇതിനെ കാർനോ സിദ്ധാന്തത്താൽ നിർവ്വചിക്കാം *'സ്ഥിരതാപ നിലയിലുള്ള രണ്ടു താപസ്രോതസ്സുകൾക്കിടയ്ക്ക്, കാർനോ യന്ത്രത്തിനു മാത്രമേ പരമാവധി കാര്യക്ഷമത ഉണ്ടായിരിക്കുള്ളൂ. മറ്റെല്ലാ യഥാർത്ഥ യന്ത്രങ്ങളുടെയും കാര്യക്ഷമത കാർനോ യന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമതയേക്കാൾ കുറവായിരിക്കും'*

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 148 22-07-2022 15:14:06

ഉദാഹരണം 8.25

(a) 250°C താപനിലയിലുള്ള നീരാവിയന്ത്രം ഉപയോഗിച്ച് ജലം നീരാവിയായി മാറ്റപ്പെടുന്നു. നീരാവിയാൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെട്ട് പരിസരത്തിന് 300K താപനിലയിൽ താപം പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു എങ്കിൽ, നീരാവി യന്ത്രത്തിന്റെ പരമാവധി കാര്യക്ഷമത കണക്കാക്കുക?

നിർദ്ധാരണം

നീരാവിയന്ത്രം കാർനോയന്ത്രമല്ല. കാരണം നീരാവി യന്ത്രത്തിൽ ചെയ്യപ്പെടുന്ന ചാക്രിക പ്രക്രിയകളെല്ലാം പൂർണ്ണമായ ഉത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയകളല്ല. എന്നിരുന്നാലും ഇതിനെ ഒരു കാർനോയന്ത്രം എന്നു കരുതി അതിന്റെ പരമാവധി കാര്യക്ഷമത കണക്കാക്കാം.

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300\,K}{523\,K} = 0.43$$

നീരാവിയന്ത്രത്തിന്റെ പരമാവധി കാര്യക്ഷമത 43% ആകുന്നു. തന്നിട്ടുള്ള താപത്തിൽ 43% മാത്രമേ ഉപയോഗമുള്ള പ്രവൃത്തിയായി മാറ്റപ്പെടുന്നുള്ളൂ എന്ന് ഇതിൽ നിന്ന് അനുമാനിക്കാം. ബാക്കിയുള്ള 57% താപം പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ പ്രായോഗികമായി നീരാവിയന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത 43% ത്തേക്കാൾ കുറവാകുന്നു.

ഉദാഹരണം 8.26

A, B എന്ന രണ്ടു കാർനോയന്ത്രങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത താപനിലയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. A കാർനോയന്ത്രത്തിന്റെ താപസ്രോതസ്സ്, താപസ്വീകരണി എന്നിവയുടെ താപനിലകൾ ക്രമത്തിൽ 150°C, 100°C ആകുന്നു. ഇതുപോലെ B യന്ത്രത്തിന് 350°C, 300°C ആകുന്നു. ഇവയിൽ കാര്യക്ഷമത കുറവായ യന്ത്രം ഏതാണ് ?

നിർദ്ധാരണം

A യന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത $= 1 - \frac{373}{423} = 0.11$

യന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത 11% ആകുന്നു.

B യന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത $= 1 - \frac{573}{623} = 0.08$

B യന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത 8% മാത്രമാണ്.

രണ്ടു യന്ത്രങ്ങളിലുമുള്ള താപസ്രോതസ്സ്, താപസ്വീകരണി എന്നിവയുടെ താപനില വ്യതിയാനങ്ങൾ സമമായിരുന്നാലും അവയുടെ കാര്യക്ഷമതകൾ സമമല്ല. കാരണം കാര്യക്ഷമത താപനിലകളുടെ അനുപാതത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു, വ്യതിയാനത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. ഏതു യന്ത്രമാണോ കുറഞ്ഞതാപനിലയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നത് അതിന്റെ കാര്യക്ഷമത പരമാവധി ആയിരിക്കും.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

കാറിൽ ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ഡീസൽ യന്ത്രങ്ങൾ, മോട്ടോർ വാഹനങ്ങളിൽ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന പെട്രോൾ യന്ത്രങ്ങൾ എന്നിവയെല്ലാം യഥാർത്ഥ താപ യന്ത്രങ്ങളാകുന്നു. ഡീസൽ യന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത പരമാവധി 44% ആകുന്നു. പെട്രോൾ യന്ത്രത്തിന്റെ പരമാവധി കാര്യക്ഷമത 30% ആകുന്നു. എന്തെന്നാൽ ഇവ ആദർശയന്ത്രങ്ങൾ (കാർനോ യന്ത്രങ്ങൾ) അല്ല. ഇവയുടെ കാര്യക്ഷമത താപഗതികത്തിന്റെ രണ്ടാം നിയമത്താൽ നിയന്ത്രിക്കപ്പെടുന്നു. ഇക്കാലത്ത് ഒരു മോട്ടോർ സൈക്കിൾ 1L പെട്രോളിന് 50 km ദൂരം സഞ്ചരിക്കുന്നു. അതായത് 1L പെട്രോളിൽ 30% മാത്രമേ യാന്ത്രിക പ്രവൃത്തിയായി മാറ്റപ്പെടുന്നുള്ളൂ. ബാക്കിയുള്ള 70% പെട്രോൾ നിരുപയോഗ താപമായി പരിസരത്തിലോട്ട് പുറംതള്ളപ്പെടുന്നു!

8.9.3 എൻട്രോപ്പിയും, താപഗതികത്തിന്റെ രണ്ടാമത്തെ നിയമവും

സമവാക്യം (8.66)-ൽ നിന്നും $\frac{Q_H}{T_H}$ ന്റെ അളവ് $\frac{Q_L}{T_L}$ ന് സമമാണെന്ന് നമുക്കറിയാം. $\frac{Q}{T}$ അളവിനെ എൻട്രോപ്പി എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഒരു വ്യവസ്ഥയിലെ വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട താപഗതിക സവിശേഷതയാണിത്. ഇതൊരു അവസ്ഥാചരമാകുന്നു. ചൂടായ സംഭരണിയിൽ നിന്നും കർണോ എൻജിനാൽ സ്വീകരിക്കപ്പെടുന്ന എൻട്രോപ്പിയാണ് $\frac{Q_H}{T_H}$ തണുത്ത സംഭരണിക്ക് കർണോ എൻജിൻ നൽകുന്ന എൻട്രോപ്പിയുടെ അളവാണ് $\frac{Q_L}{T_L}$ റിവേഴ്സിബിൾ എൻജിനുകൾക്ക് (കർണോ എൻജിൻ),

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 149 22-07-2022 15:14:07

രണ്ടു എൻട്രോപ്പികളും സമമായിരിക്കും. അതിനാൽ, ഒരു ചക്രത്തിലെ കർണോ എൻജിന്റെ എൻട്രോപ്പി മാറ്റം പൂജ്യം ആകുന്നു. സമവാക്യം (8.66) ൽ ഇത് തെളിയിക്കപ്പെടുന്നു. റിവേഴ്സിബിൾ എൻജിനുകളല്ലാത്ത ഡീസൽ, പെട്രോൾ എൻജിനുകൾ പോലുള്ള എല്ലാ പ്രായോഗിക എൻജിനുകളും $\frac{Q_L}{T_L} > \frac{Q_H}{T_H}$ എന്ന ബന്ധത്തെ തൃപ്തിപ്പെടുത്തുന്നു. വാസ്തവത്തിൽ, നമുക്ക് താപഗതികത്തിന്റെ രണ്ടാമത്തെ നിയമം ഇനി പറയുന്ന രീതിയിൽ പരിഷ്കരിക്കാനാകും.

"പ്രകൃതിയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന എല്ലാ പ്രക്രിയകളിലും, (റിവേഴ്സിബിളല്ലാത്ത പ്രക്രിയ), എൻട്രോപ്പി എല്ലായ്പ്പോഴും വർദ്ധിക്കുന്നു. റിവേഴ്സിബിൾ പ്രക്രിയയിൽ, എൻട്രോപ്പി മാറുന്നില്ല". സ്വാഭാവിക പ്രക്രിയ നടക്കേണ്ട ദിശയെ എൻട്രോപ്പി നിർണ്ണയിക്കുന്നു .

നമ്മൾ ഇപ്പോൾ ഒരു ചോദ്യത്തിലേയ്ക്ക് മടങ്ങി വരുന്നു. താപം എല്ലായ്പ്പോഴും വിപരീത ദീശയിൽ ഒഴുകാതെ ഉയർന്ന താപനിലയിൽ നിന്നും താഴ്ന്ന താപനിലയിലേയ്ക്ക് ഒഴുകുന്നത് എന്തുകൊണ്ടാണ്? കാരണം, ചൂടുള്ള വസ്തുവിൽ നിന്നും തണുത്ത വസ്തുവിലേയ്ക്ക് താപം ഒഴുകുമ്പോൾ എൻട്രോപ്പി വർദ്ധിക്കുന്നു. ഒരു തണുത്ത വസ്തുവിൽ നിന്നും ചൂടുള്ള വസ്തുവിലേയ്ക്ക് താപം ഒഴുകുകയാണെങ്കിൽ, എൻട്രോപ്പി കുറയുന്നത് താപഗതികത്തിന്റെ രണ്ടാം നിയമം ലംഘിക്കുന്നതിലേയ്ക്ക് നയിക്കുന്നു.

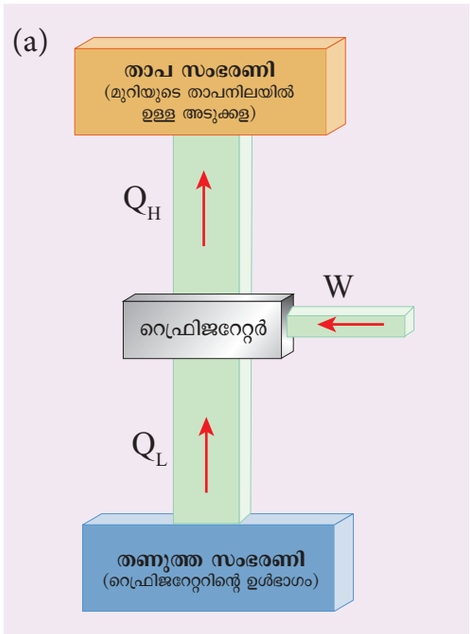
എൻട്രോപ്പിയെ ക്രമക്കേടിന്റെ അളവ് എന്നും വിളിക്കുന്നു. എല്ലാ സ്വാഭാവിക പ്രക്രിയകളും സംഭവിക്കുമ്പോൾ, ക്രമക്കേട് എല്ലായ്പ്പോഴും വർദ്ധിക്കുന്നു.

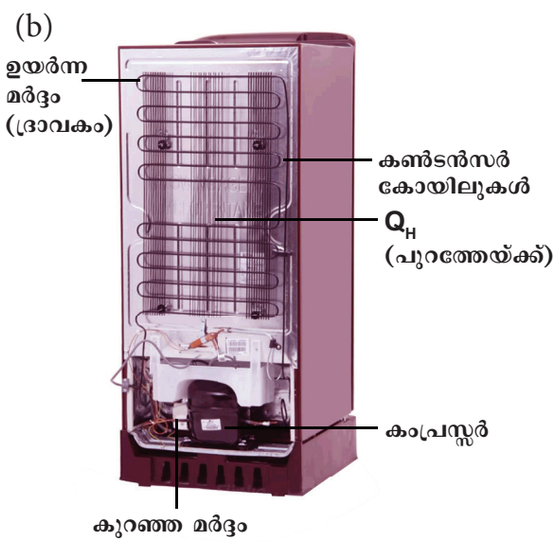
വാതകം നിറച്ചിട്ടുള്ള ഒരു കുപ്പി പരിഗണിക്കുക, വാതക തന്മാത്രകൾ കുപ്പിയ്ക്കുള്ളിലായിരിക്കുമ്പോൾ അതിന് ക്രമക്കേട് കുറവായിരിക്കും. അത് മുറി മുഴുവൻ വ്യാപിച്ചു കഴിഞ്ഞാൽ, അത് കൂടുതൽ ക്രമക്കേടിലേയ്ക്ക് നയിക്കുന്നു. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ, വാതകം കുപ്പിയ്ക്കുള്ളിലായിരിക്കുമ്പോൾ, എൻട്രോപ്പി കുറവാണ്. വാതകം മുഴുവൻ മുറിയിലേയ്ക്ക് വ്യാപിച്ചു കഴിഞ്ഞാൽ എൻട്രോപ്പി വർദ്ധിക്കുന്നു. താപഗതികത്തിന്റെ രണ്ടാം നിയമത്തിൽ നിന്നും എൻട്രോപ്പി എല്ലായ്പ്പോഴും വർദ്ധിക്കുന്നു. വായു തന്മാത്രകൾ വീണ്ടും കുപ്പിയിലേക്ക് പോയാൽ, എൻട്രോപ്പി കുറയണം. ഇത് താപഗതികത്തിന്റെ രണ്ടാം നിയമം അനുവദിക്കുന്നില്ല. ജലത്തിലേയ്ക്ക് വ്യാപിക്കുന്ന ഒരു തുള്ളി മഷിയ്ക്കും ഇതേ വിശദീകരണം ബാധകമാണ്. മഷിയുടെ തുള്ളി വ്യാപിച്ചു കഴിഞ്ഞാൽ, അതിന്റെ എൻട്രോപ്പി വർദ്ധിക്കുന്നു. വ്യാപിച്ച മഷി ഒരിക്കലും ഒരു തുള്ളിയായി മാറാൻ കഴിയില്ല. അതിനാൽ, എല്ലാ റിവേഴ്സിബിളല്ലാത്ത പ്രക്രിയകളിലും, എൻട്രോപ്പി വർദ്ധിക്കുംവിധം സ്വാഭാവിക പ്രക്രിയകൾ നടക്കുന്നു.

8.10 റെഫ്രിജറേറ്റർ

വിപരീത ക്രമത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഒരു കർണോ എൻജിനാണ് റെഫ്രിജറേറ്റർ. ഇത് ചിത്രം 8.49-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

പ്രവർത്തന തത്വം:





ചിത്രം 8.49 (a) റെഫ്രിജറേറ്ററിന്റെ ആസൂത്രിത ചിത്രം (b) യഥാർത്ഥ റെഫ്രിജറേറ്റർ

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 150 22-07-2022 15:14:08

കുറഞ്ഞ താപനില T_L ൽ ഒരു പദാർത്ഥം (വാതകം) തണുത്തവസ്തുവിൽ (സിങ്ക്) നിന്നും Q_L അളവ് താപം സ്വീകരിക്കുന്നു. പദാർത്ഥത്തിൽ കംപ്രസ്സറിനാൽ ഒരു നിശ്ചിത അളവ് ജോലി ചെയ്യപ്പെടുകയും, ചൂടുള്ള വസ്തുവിലേക്ക് (സ്രോതസ്സ്) Q_H അളവ് താപം പുറന്തള്ളപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. അതായത് T_H താപനിലയിലുള്ള അന്തരീക്ഷത്തിലേയ്ക്ക് പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു. നിങ്ങൾ റെഫ്രിജറേറ്ററിനുള്ളിൽ നിൽക്കുമ്പോൾ, ഊഷ്മള വായു അനുഭവപ്പെടുന്നു W.

താപഗതികത്തിന്റെ ആദ്യനിയമത്തിൽ നിന്നും,

$$Q_L + W = Q_H \qquad (8.68)$$

ഇതിന്റെ ഫലമായി തണുത്ത റിസർവോയർ (റഫ്രിജറേറ്റർ) കൂടുതൽ തണുക്കുകയും ചുറ്റുപാടുകൾ (അടുക്കള അല്ലെങ്കിൽ അന്തരീക്ഷം) കൂടുതൽ ചൂടാകുകയും ചെയ്യുന്നു.

പ്രകടനത്തിന്റെ ഗുണകം (COP) (β):

ഒരു റഫ്രിജറേറ്ററിന്റെ കാര്യക്ഷമതയുടെ അളവാണ് COP തണുത്ത വസ്തു (സിങ്ക്) വിൽ നിന്നും വേർതിരിച്ചെടുക്കുന്ന താപത്തിന്റെ കംപ്രസ്സറിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന ബാഹ്യ ജോലിയ്ക്കും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമായി ഇത് നിർവ്വചിക്കപ്പെടുന്നു W.

$$\text{COP} = \beta = \frac{Q_L}{W} \qquad (8.69)$$

സമവാക്യം (8.68) ൽ നിന്നും

$$\beta = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L}$$

$$\beta = \frac{1}{\frac{Q_H}{Q_L} - 1} \qquad (8.70)$$

എന്നാൽ നമുക്കറിയാം $\frac{Q_H}{Q_L} = \frac{T_H}{T_L}$

ഈ സമവാക്യത്തെ (8.70) സമവാക്യത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ,

$\beta = \dfrac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1} = \dfrac{T_L}{T_H - T_L}$ എന്നു ലഭിക്കുന്നു.

അനുമാനങ്ങൾ:

1. COP, കൂടിയിരുന്നാൽ, റഫ്രിജറേറ്ററിന്റെ അവസ്ഥ നല്ലതായിരിക്കും. ഒരു സാധാരണ റഫ്രിജറേറ്ററിനും 5 മുതൽ 6 വരെ COP ഉണ്ട്.
2. കൂളിംഗ് ചാമ്പറിന്റെയും, അന്തരീക്ഷത്തിന്റെയും താപനില വ്യത്യാസം കുറഞ്ഞാൽ, റഫ്രിജറേറ്ററിന്റെ COP അധികരിക്കുന്നു.
3. റഫ്രിജറേറ്ററിൽ ബാഹ്യജോലി ചെയ്യുന്നതിലൂടെ താപം തണുത്ത വസ്തുവിൽ നിന്നും ചൂടുള്ള വസ്തുവിലേയ്ക്ക് കൊണ്ടുപോകുന്നു. ബാഹ്യജോലി കൂടാതെ തണുത്ത വസ്തുവിൽ നിന്നും ചൂടുള്ള വസ്തുവിലേയ്ക്ക് താപം ഒഴുകാൻ കഴിയില്ല. ഇത് താപഗതികത്തിന്റെ രണ്ടാമത്തെ നിയമത്തിന്റെ ലംഘനമല്ല. കാരണം താപം ചുറ്റുമുള്ള വായുവിലേയ്ക്ക് പുറന്തള്ളപ്പെടുകയും, മൊത്തം എൻട്രോപ്പി (റഫ്രിജറേറ്റർ + ചുറ്റുപാട്) എല്ലായ്പ്പോഴും വർദ്ധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഉദാഹരണം 8.27

ഒരു റഫ്രിജറേറ്ററിന്റെ COP 3 ആണ്. റഫ്രിജറേറ്ററിന് അതിന്റെ ഉൾഭാഗത്തുനിന്നും 200 J താപം നീക്കം ചെയ്യുന്നതിനായി എത്ര ജോലി ചെയ്യണം?

$$\text{COP} = \beta = \frac{Q_L}{W}$$

$$W = \frac{Q_L}{COP} = \frac{200}{3} = 66.67\,J$$

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 151 22-07-2022 15:14:09

ഹരിതഗൃഹ പ്രവാഹം

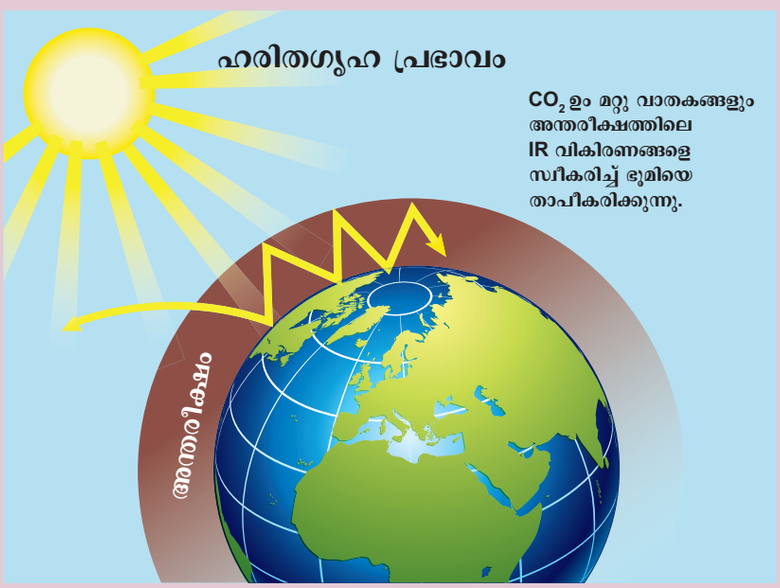
ഭൂമിയിലെ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ സാന്നിധ്യം മനുഷ്യജീവിതത്തിൽ വളരെ പ്രധാന പങ്കു വഹിക്കുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ മുകൾഭാഗം -19°C ഉം അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ അടിഭാഗം +14°C ഉം ആണ്. മുകളിൽ നിന്നും താഴേക്ക് 33°C താപനില വർദ്ധനവിനുകാരണം അന്തരീക്ഷത്തിലുള്ള ചില വാതകങ്ങളാണ്. ഈ വാതകങ്ങളെ ഹരിതഗ്രഹ വാതകമെന്നും ഈ പ്രഭാവത്തെ ഹരിതഗൃഹ പ്രഭാവം എന്നും വിളിക്കുന്നു.

ഹരിതഗൃഹ വാതകങ്ങൾ പ്രധാനമായും CO_2, ജലനീരാവി, Ne, He, NO_2, CH_4, Xe, Kr, ഓസോൺ, NH_3 എന്നിവയാണ്. CO_2 ജല നീരാവി എന്നിവ ഒഴികെ മറ്റെല്ലാം അന്തരീക്ഷത്തിൽ വളരെ ചെറിയ അളവിൽ മാത്രമേ കാണപ്പെടുന്നുള്ളൂ. സൂര്യനിൽ നിന്നുള്ള വികിരണം പ്രധാനമായും സ്പെക്ട്രത്തിന്റെ ദൃശ്യ മേഖലയിലാണ്. ഭൂമി ഈ വികിരണങ്ങളെ ആഗിരണം ചെയ്യുകയും, ഇൻഫ്രാറെഡ് മേഖലയിൽ വീണ്ടും പ്രസരിപ്പാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡും ജലബാഷ്പവും ഇൻഫ്രാറെഡ് വികിരണങ്ങളെ നന്നായി ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. കാരണം, നൈട്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നിവയുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോഴും ഇവയുടെ കമ്പന ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം അധികമാണ്. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഇവ ഭൂമിയെ ചൂടാക്കുന്നു.

1900 മുതൽ മനുഷ്യന്റെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ കാരണം, അന്തരീക്ഷത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന CO_2 ന്റെ അളവ് 20% ൽ നിന്നും 40% ആയി വർദ്ധിക്കുന്നു. ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ കത്തിക്കുന്നതിലൂടെയാണ് CO_2 ന്റെ പ്രധാന ഉത്ഭവം. ലോകമെമ്പാടുമുള്ള വാഹന ഉപയോഗത്തിലെ വർദ്ധനവ് ഇതിന് കാരണമാകുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിൽ CO_2 ന്റെ അളവ് കൂടുന്നതു കാരണം, ഭൂമിയുടെ ശരാശരി താപനില 1°C ആയി വർദ്ധിക്കുന്നു. ഈ പ്രഭാവത്തെ ആഗോളതാപനം എന്നും വിളിക്കുന്നു. ആർട്ടിക്, അന്റാർട്ടിക് പ്രദേശങ്ങളിൽ മഞ്ഞുകട്ടകൾ ഉരുകുന്നതിനും ഇത് കാരണമാകുന്നു. കൂടാതെ, സമുദ്രങ്ങളിൽ CO_2 ന്റെ അളവ് വർദ്ധിക്കുന്നതിനാൽ, അവ സമുദ്രങ്ങളിലെ ജീവജാലങ്ങളെ ഗുരുതരമായി ബാധിക്കുന്നു.

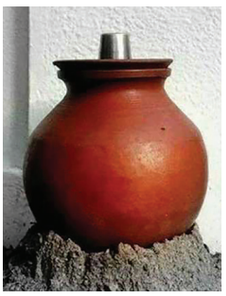
CO_2 നു പുറമെ, മറ്റൊരു പ്രധാനപ്പെട്ട ഹരിതഗൃഹ വാതകമാണ് ക്ലോറോ ഫ്ളൂറോ കാർബൺ (CFC) ഇത് ലോകമെമ്പാടുമുള്ള റെഫ്രിജറേറ്ററുകളിൽ ശീതീകരണിയായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. മനുഷ്യനിർമ്മിതമായ ഹരിതഗൃഹ വാതകങ്ങളായ CO_2 55% ഉം CFCs 24% ഉം ആകുന്നു. നൈട്രജൻ ഓക്സൈഡ് 6% ഉം, മീതെൻ 15% ഉം ആകുന്നു. CFC ഓസോൺ പാളിയ്ക്ക് വളരെ വലിയ നാശനഷ്ടങ്ങൾ വരുത്തിയിട്ടുണ്ട്.

വിവിധ രാജ്യങ്ങളിൽ നിന്നുള്ള CO_2 , CFC എന്നിവയുടെ മലിനീകരണം കുറയ്ക്കുന്നതിനും അന്താരാഷ്ട്ര തലത്തിൽ ധാരാളം ശ്രമങ്ങൾ നടക്കുന്നു. ഓട്ടോമൊബൈൽ വ്യവസായത്തിലെ ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾക്കു പകരമായി നോൺ ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ മാറ്റി സ്ഥാപിക്കാൻ ഇപ്പോൾ ധാരാളം ഗവേഷണങ്ങൾ നടക്കുന്നു. USA, യൂറോപ്യൻ രാജ്യങ്ങൾ പോലുള്ള പുരോഗതി പ്രാപിച്ച രാജ്യങ്ങളിൽ നിന്നാണ് CO_2 ന്റെ പ്രധാന ഉത്ഭവം. CO_2 ന്റെ ഉത്ഭവം കുറയ്ക്കുന്നതിനും, 2020 കൾക്ക് മുൻപായി ഗണ്യമായ തലത്തിലേക്ക് വിവിധ കരാറുകൾക്ക് രൂപം കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്. എന്നാൽ ഇപ്പോഴും ആഗോള മുന്നറിയിപ്പ് വിവിധ രാജ്യങ്ങളിൽ ഗൗരവമായി എടുക്കുന്നില്ല.



XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 152 22-07-2022 15:14:10

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ



ചൂടുള്ള വേനൽക്കാലത്ത്, തണുത്ത ജലം കുടിക്കാൻ നമ്മൾ മൺപാത്രങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. മൺകലം, അതിനുള്ളിലെ ജലത്തിന്റെ താപനില കുറയ്ക്കുന്നു. മൺപാത്രങ്ങൾ റെഫ്രിജറേറ്ററായി പ്രവർത്തിയ്ക്കുന്നുണ്ടോ? ഇല്ല. താപ എൻജിൻ അല്ലെങ്കിൽ റഫ്രിജറേറ്ററിന്റെ അടിസ്ഥാന ആവശ്യകത ചാക്രിയ പ്രക്രിയയാണ് മൺ കലത്തിൽ, തണുപ്പിക്കാൻ പ്രക്രിയ ഏതെങ്കിലും ചാക്രിയ പ്രക്രിയ മൂലമല്ല. മൺകലത്തിലെ സുഷിരങ്ങളിലൂടെയുള്ള ജലത്തിന്റെ തന്മാത്രകളുടെ ബാഷ്പീകരണം മൂലമാണ് തണുപ്പിക്കൽ സംഭവിക്കുന്നത്. ഒരിക്കൽ ജലതന്മാത്രകൾ ബാഷ്പീകരിക്കപ്പെട്ടു കഴിഞ്ഞാൽ അവ ഒരിക്കലും മൺകലത്തിലേക്ക് മടങ്ങിവരില്ല. തണുത്ത ജലത്തിൽ നിന്നും തുറന്ന അന്തരീക്ഷത്തിലേയ്ക്ക് താപം ഒഴുകുന്നുണ്ടെങ്കിലും ഇത് താപഗതികത്തിന്റെ രണ്ടാം നിയമത്തിന്റെ ലംഘനമല്ല. മൺകലത്തിനുള്ളിലെ ജലം ഒരു തുറന്ന താപഗതിക സംവിധാനമാണ്. അതിനാൽ, ജലത്തിന്റെ എൻട്രോപ്പി + ചുറ്റുപാട് എല്ലായ്പ്പോഴും വർദ്ധിക്കുന്നു.

സംഗ്രഹം

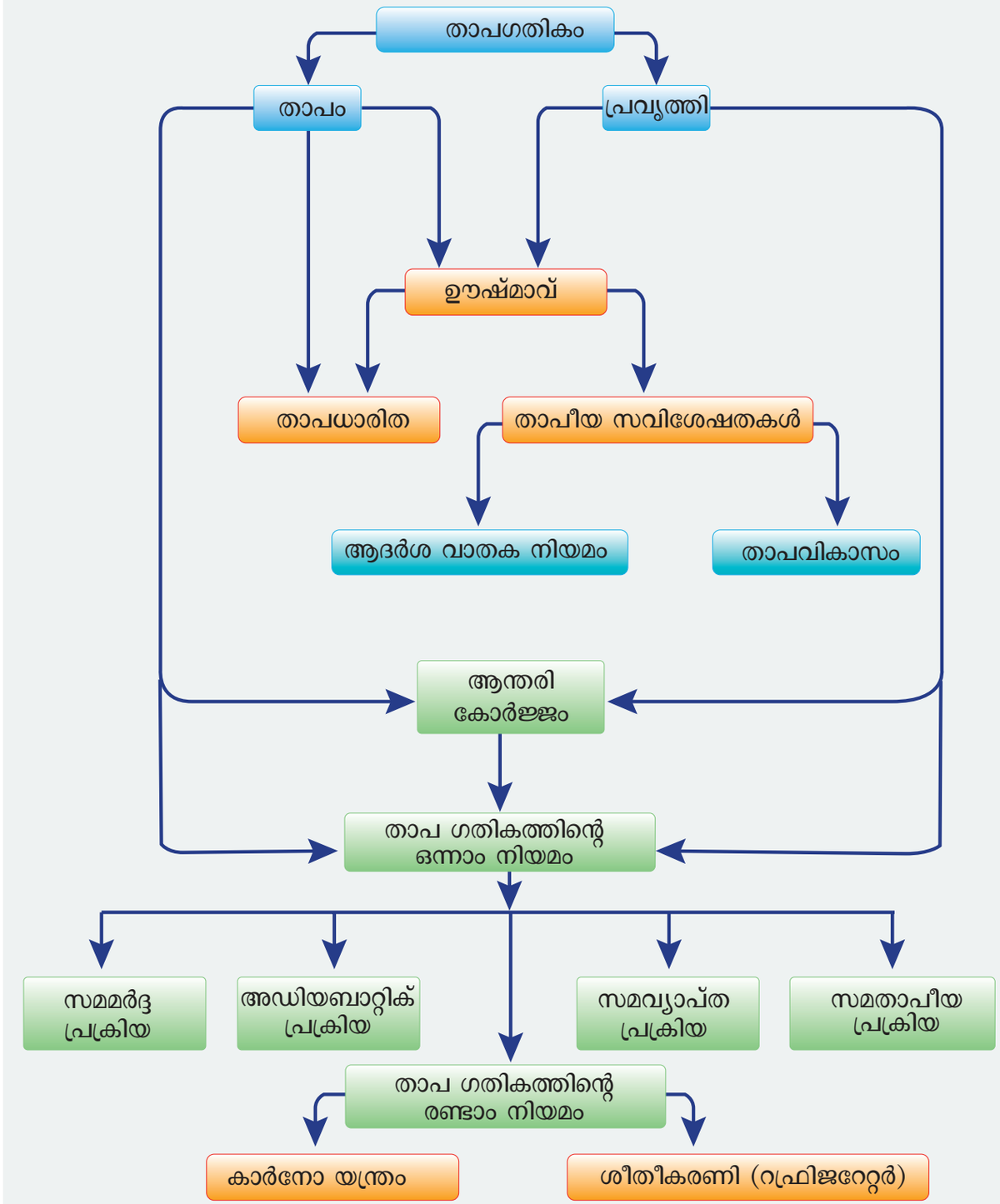
- ചൂടുള്ള വസ്തുവിൽ നിന്നും തണുത്ത വസ്തുവിലേയ്ക്കുള്ള ഊർജ്ജ പ്രവാഹമാണ് താപം. എന്നിരുന്നാലും ഇതിനെ ഒരു അളവായി കണക്കാക്കപ്പെടുന്നില്ല.
- ഒരു വസ്തുവിൽ നിന്നും മറ്റൊരു വസ്തുവിലേയ്ക്ക് ഊർജ്ജം കൈമാറുന്ന പ്രക്രിയയാണ് പ്രവൃത്തി.
- ഊഷ്മാവ് (താപനില) എന്നത് ഒരു വസ്തുവിലെ ചൂടിന്റെ അളവാണ്. ഇത് ചൂട് പ്രവഹിക്കുന്ന ദിശയെ നിർണ്ണയിക്കുന്നു.
- $PV = NkT$ അഥവാ $PV = \mu RT$. എന്നതാണ് ആദർശവാതക നിയമം. ആദർശ വാതക നിയമം താപഗതിക സംതുലനാവസ്ഥയിൽ മാത്രം നിലനിൽക്കുന്നു. അസന്തുലിത പ്രക്രിയയ്ക്ക് ഇത് സാധ്യതയുള്ളതല്ല.
- ഒരു വസ്തുവിന്റെ താപനിലയെ 1°C അഥവാ 1K. ആയി ഉയർത്താൻ ആവശ്യമായ താപോർജ്ജത്തിന്റെ അളവിനെ താപധാരിത എന്നുപറയുന്നു. ഇതിനെ S കൊണ്ട് പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു.
- 1 kg ഉള്ള വസ്തുവിന്റെ ഊഷ്മാവിനെ 1°C അഥവാ 1K. ആക്കി മാറ്റാൻ ആവശ്യമായ താപോർജ്ജത്തിന്റെ അളവിനെ വിശിഷ്ടതാപധാരിത എന്നു പറയുന്നു. ഇതിനെ s കൊണ്ട് പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു.
- ഒരു മോൾ വസ്തുവിന്റെ ഊഷ്മാവിനെ 1°C അഥവാ 1K ആക്കി മാറ്റാൻ ആവശ്യമായ താപോർജ്ജത്തിന്റെ അളവിനെ മോളാർ വിശിഷ്ട താപധാരിത എന്നു പറയുന്നു. ഇതിനെ C കൊണ്ട് പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു.
- ഒരു വസ്തുവിന്റെ ആകൃതി, വിസ്തീർണ്ണം, ഊഷ്മ വ്യതിയാനം എന്നിവ മാറ്റുന്ന പ്രവണതയാണ് താപവികാസം.
- ജലത്തിന്റെ വികാസത്തിന് അസാധാരണ സ്വഭാവമുണ്ട്.
- ഒരു വസ്തുവിന്റെ ഫേസ് മാറ്റുന്നതിന് ആവശ്യമായ ഊർജ്ജത്തിന്റെ അളവിനെ ലീന താപ ധാരിത എന്നു വിളിക്കുന്നു.
- ചൂടാക്കൽ പ്രക്രിയയിൽ ഒരു താപഗതികവ്യവസ്ഥ പുറത്തുവിടുന്ന അല്ലെങ്കിൽ ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന താപോർജ്ജത്തിന്റെ അളവിനെ അളക്കുന്നതാണ് കലോറി മെട്രി.
- താപകൈമാറ്റം മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത രീതികളിലാണ്. അവ ചാലനം, സംവഹനം, വികിരണം എന്നിവയാണ്

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 153 22-07-2022 15:14:10

- $E = \sigma T^4$ എന്നതാണ് സ്റ്റീഫൻ ബോൾട്ട്സ്മാൻ നിയമം, $\lambda_{max} T = b$ എന്നതാണ് വൈൻസ് നിയമം
- താപീയ, യാന്ത്രീക, രാസ സംതുലനാവസ്ഥയാണ് താപഗതിക സംതുലനാവസ്ഥ എന്നു പറയുന്നത്.
- മർദ്ദം, ഊഷ്മാവ്, വ്യാപ്തം, ആന്തരിക ഊർജ്ജം, എൻട്രോപ്പി ഇവയെ താപഗതിക ചരങ്ങൾഎന്നു പറയുന്നു
- താപഗതികത്തിലെ ശൂന്യാങ്ക നിയമം : രണ്ട് വസ്തുക്കൾ മൂന്നാമത്തെ വസ്തുവുമായി താപ സംതുലനാവസ്ഥയിൽ വെവ്വേറെ ആണെങ്കിൽ, ഇവ രണ്ടും താപ സംതുലനാവസ്ഥയിലാണ് രണ്ടുവ്യവസ്ഥയ്ക്കും തുല്യമായ ഊഷ്മാവ് എന്നതാണ് സവിശേഷത.
- താപഗതിക വ്യവസ്ഥയിലെ തന്മാത്രകളുടെ ഗതികസ്ഥിതികോർജ്ജത്തിന്റെ കൂട്ടുത്തുകയാണ് ആന്തരികഊർജ്ജം.
- യാന്ത്രികോർജ്ജത്തെ താപഗതികവ്യവസ്ഥയിലെ ആന്തരികോർജ്ജം ആക്കി മാറ്റിയത് ജൂൾ എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ആണ്
- താപഗതികത്തിന്റെ ആദ്യ നിയമം എന്നത് ഊർജ്ജ സംരക്ഷണ നിയമപ പ്രസ്താവനയാണ്. താപഗതിക വ്യവസ്ഥയിലെ താപോർജ്ജം ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.
- ക്വാസി-സ്റ്റാറ്റിക പ്രക്രിയ എന്നത് അനന്തമായ മന്ദഗതിയിലുള്ള പ്രക്രിയയാണ്. അതിൽ വ്യവസ്ഥ എല്ലായ്പ്പോഴും ചുറ്റുമുള്ളവയുമായി സന്തുലിതമാണ്.
- വ്യവസ്ഥയുടെ വ്യാപ്തത്തിന് വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുമ്പോൾ ചെയ്യുന്ന പ്രവൃത്തി $W = \int P\, dV$ ആകുന്നു.
- വ്യവസ്ഥ ചെയ്ത പ്രവൃത്തി അഥവാ വ്യവസ്ഥയിൽ ചെയ്ത പ്രവൃത്തി എന്നത് PV രേഖാ ചിത്രത്തിലെ അടഞ്ഞ ഏരിയയാണ് നൽകുന്നത്.
- സ്ഥിര വ്യാപ്തത്തിലെ വിശിഷ്ട താപധാരിത സ്ഥിര മർദ്ദത്തിലെ വിശിഷ്ട താപധാരിതയേക്കാൾ കുറഞ്ഞിരിക്കും.
- സമതാപീയ പ്രക്രിയയിൽ : T = സ്ഥിരാങ്കം, സമമർദ്ദ പ്രക്രിയയിൽ : P=സ്ഥിരാങ്കം, സമ വ്യാപ്തം പ്രക്രിയയിൽ: V= സ്ഥിരാങ്കം, അഡിയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയിൽ Q = 0
- സമമർദ്ദ് പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യുന്ന പ്രവൃത്തി അധികവും അഡിയാബെറ്റിക് പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യുന്ന പ്രവൃത്തി വളരെ കുറവും ആകുന്നു
- ചക്രിയ പ്രക്രിയകളിൽ ആന്തരികോർജ്ജത്തിലുണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനം പൂജ്യമാണ്.
- ചാക്രികപ്രക്രിയയിൽചെയ്യുന്നമൊത്തപ്രവൃത്തിഎന്നത്PVരേഖാചിത്രത്തിലെഅടഞ്ഞഏരിയയാകുന്നു
- ഉത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയ എന്നത് ഒരു ആദർശ പ്രക്രിയയാകുന്നു.
- പ്രകൃതിയിലെ എല്ലാ പ്രക്രിയകളും ഉത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയകൾ അല്ല.
- താപ എഞ്ചിൻ, ചൂടുള്ള സംഭരണിയിൽ നിന്നും ഇൻപുട്ട് (താപം) വലിച്ചെടുത്ത് പ്രവൃത്തി ചെയ്യുന്നു. എന്നിട്ട് താപോർജ്ജത്തിന്റെ കുറച്ച് ഭാഗം സിങ്കിലേക്ക് നിരസിക്കുന്നു.
- കാർനോ യന്ത്രം എന്നത് ഒരു ഉത്ക്രമണീയ യന്ത്രം ആകുന്നു. ഇതിന് അത്യുന്നതമായ കാര്യക്ഷമത ഉണ്ട്. ഒരു യഥാർത്ഥ താപ യന്ത്രത്തിനും കാർനോ യന്ത്രതത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത കൈവരിക്കാൻ കഴിയില്ല.
- ശീതീകരണിഎന്നത്കാർനോയന്ത്രത്തതിനുവിപരീതമാണ്.പ്രായോഗികറഫ്രിജറേറ്ററിന്റെCOP (പ്രകടനത്തിന്റെ ഗുണകം) എല്ലായ്പ്പോഴും ഒരു ആദർശ റഫ്രിജറേറ്ററിനേക്കാൾ കുറവാണ്.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 154 22-07-2022 15:14:10

ആശയ ചിത്രീകരണം



XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 155 22-07-2022 15:14:11

I. ശരിയായ ഉത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്ത് എഴുതുക:

1. വേനൽക്കാലത്ത് കുളി കഴിഞ്ഞാൽ ശരീരത്തിന്റെ

a) ആന്തരികോർജ്ജം കുറയുന്നു

b) ആന്തരികോർജ്ജം കൂടുന്നു

c) താപം കുറയുന്നു

d) ആന്തരികോർജ്ജത്തിലും ചൂടിലും മാറ്റമില്ല

2. ചാൾസ് നിയമത്തിൽ വ്യാപ്തം, ഊഷ്മാവ് ഇവ തമ്മിലുള്ള ഗ്രാഫ് എന്നത്

a) ഒരു ദീർഘവൃത്തം b) ഒരു വൃത്തം

c) നേർരേഖ d) ഒരു പരാബോള

3. സൈക്കിൾ ടയർ പെട്ടെന്നു പൊട്ടുമ്പോൾ ടയറിനുള്ളിലെ വാതകം വികസിക്കുന്ന ഈ പ്രക്രിയയ്ക്ക് പറയുന്നത്

a) സമതാപീയം b) ശുദ്ധോഷ്മം

c) സമവ്യാപ്ത d) സമമർദ്ദ പ്രക്രിയ

4. ഒരു ആദർശവാതകം ഒരു സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ നിന്നും (P_1, V_1, T_1, N) മറ്റൊരു സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ മാറുന്നു എങ്കിൽ ($2P_1$, $3V_1$, T_2, N).

a) $T_1 = T_2$ b) $T_1 = \frac{T_2}{6}$

c) $T_1 = 6T_2$ d) $T_1 = 3T_2$

5. ഒരു ഏകാത്മക ദണ്ഡിനെ ചൂടാക്കുമ്പോൾ താഴെപ്പറയുന്നവയിൽ ഏത് അളവാണ് ദണ്ഡിൽ കൂടുന്നത്

a) ദ്രവ്യമാനം

b) ഭാരം

c) സെന്റർ ഓഫ് മാസ്സ്

d) ജഡത്വാഘൂർണ്ണം

6. ഒരു പാത്രത്തിൽ അടപ്പ് അടച്ചുകൊണ്ട് പാകം ചെയ്യുമ്പോൾ കുറച്ച് സമയത്തിനു ശേഷം നീരാവി അടപ്പിനെ പുറത്തേക്ക് തള്ളുന്നു. നീരാവി ഒരു താപഗതിക വ്യവസ്ഥയായി പരിഗണിക്കുന്നതിലൂടെ പാചക പ്രക്രിയയിൽ

a) $Q > 0$, $W > 0$,

b) $Q < 0$, $W > 0$,

c) $Q > 0$, $W < 0$,

d) $Q < 0$, $W < 0$,

7. നിങ്ങളുടെ ശരീരം ഒരു താപഗതിക വ്യവസ്ഥയായി പരിഗണിച്ചുകൊണ്ട്, കാലത്ത് നിങ്ങൾ വ്യായാമം ചെയ്യുമ്പോൾ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നതിൽ ശരിയായത് ഏതാണ്?

a) $\Delta U > 0$, $W > 0$,

b) $\Delta U < 0$, $W > 0$,

c) $\Delta U < 0$, $W < 0$,

d) $\Delta U = 0$, $W > 0$,

8. ചൂടുള്ള ഒരു കപ്പ് കാപ്പി മേശപ്പുറത്ത് വയ്ക്കുക. കുറച്ച് സമയം കഴിയുമ്പോൾ അത് അന്തരീക്ഷവുമായി താപ സന്തുലിതാവസ്ഥ കൈവരിക്കുന്നു. മുറിയിലുള്ള വാതക തന്മാത്രകളെ താപഗതിക വ്യവസ്ഥയായി പരിഗണിക്കുമ്പോൾ താഴെപ്പറയുന്നവയിൽ ശരിയായത് ഏത്

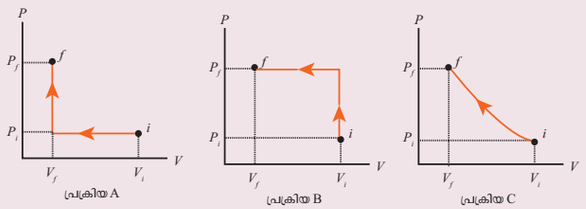
a) $\Delta U > 0$, $Q = 0$

b) $\Delta U > 0$, $W < 0$

c) $\Delta U > 0$, $Q > 0$

d) $\Delta U = 0$, $Q > 0$

9. മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത രീതികളിൽ ഒരു ആദർശ വാതകത്തെ (P_i,V_i) ൽ നിന്നും (P_f,V_f) ലേക്ക് എടുക്കുന്നു. വാതകത്തിൽ കൂടുതലായും പ്രവൃത്തി ചെയ്ത പ്രക്രിയകൾ കണ്ടുപിടിക്കുക.



XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 156 22-07-2022 15:14:11

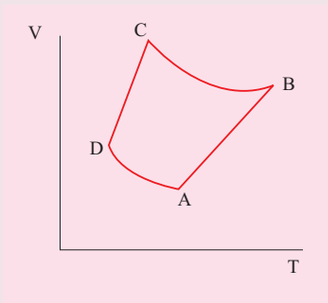
a) പ്രക്രിയ A

b) പ്രക്രിയ B

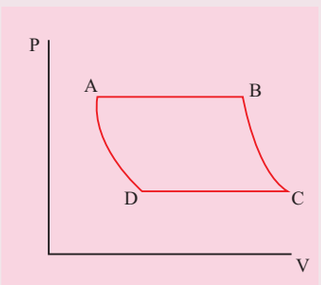
c) പ്രക്രിയ C

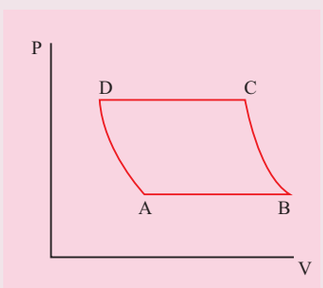
d) A,B &C എന്നീ പ്രക്രിയകളിൽ ചെയ്ത പ്രവൃത്തി സമം

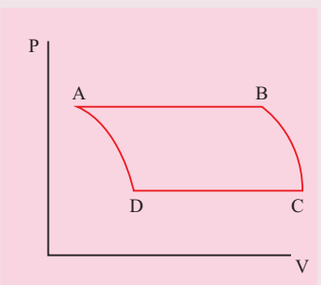
10. താഴെ പടത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നത് ഒരു ആദർശവാതകം ഒരു റിവേഴ്സിബിൾ ചക്രം $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ കടന്നുപോകുന്ന V-T രേഖാചിത്രം ആകുന്നു. (പ്രക്രിയകൾ $D \rightarrow A$, $B \rightarrow C$ ഇവ അഡിയാബറ്റിക്കുകളാണ്)

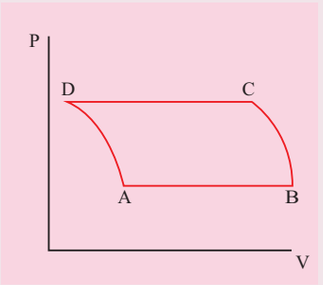


ഈ പ്രക്രിയകളുടെ തത്തുല്യമായ PV രേഖാചിത്രം (എല്ലാ പടങ്ങളും സ്കിമാറ്റിക് ആണ്

a)


b)


c)


d)


11. ഒരു വിദൂര നക്ഷത്രം 350 nm പരമാവധി തീവ്രതയുള്ള വികിരണത്തെ പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു. നക്ഷത്രത്തിന്റെ ഊഷ്മാവ്

a) 8280 K b) 5000K

c) 7260 K d) 9044 K

12. തന്നിട്ടുള്ളവയിലെ അവസ്ഥാ ചരങ്ങളെ തിരിച്ചറിയുക?

a) Q, T, W b) P, T, U

c) Q, W d) P, T, Q

13. ഒരു സമവ്യാപ്ത പ്രക്രിയയിൽ, നമുക്ക്

a) $W = 0$ b) $Q = 0$

c) $\Delta U = 0$ d) $\Delta T = 0$

14. വെള്ളത്തിന്റെ ക്വഥനാങ്കത്തിനും ഖനീഭവ ബിന്ദുവിനും ഇടയ്ക്ക് പ്രവർത്തിക്കുന്ന താപ യന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത

(NEET 2018)

a) 6.25% b) 20%

c) 26.8% d) 12.5%

15. ഒരു ആദർശ റഫ്രിഡ്ജറേറ്ററിൽ –12°C താപനിലയിൽ ഉള്ള ഒരു ശീതീകരണി ഉണ്ട്. യന്ത്രത്തിന്റെ പ്രകടനത്തിന്റെ ഗുണകം (COP) 5ആകുന്നു. വായുവിന്റെ താപനില (താപം പുറത്ത് പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ)

a) 50°C b) 45.2°C

c) 40.2°C d) 37.5°C

ഉത്തരങ്ങൾ :

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

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 157 22-07-2022 15:14:12

II. ചുരുക്കത്തിൽ ഉത്തരമെഴുതുക:

1. 'ഒരു വസ്തു വളരെ ചൂടായിരിക്കുന്നു'- ഇത് ശരിയായ പ്രസ്താവനയാണോ? അല്ലെങ്കിൽ എന്തുകൊണ്ട്?
2. ബോയിൽസ് നിയമം, ചാൾസ് നിയമം എന്നിവയിൽ നിന്ന് ആദർശവാതക സമീകരണത്തെ സാധൂകരിക്കുക.
3. ഒരു മോൾ-നിർവ്വചിക്കുക.
4. വിശിഷ്ടതാപധാരിത എന്നാൽ എന്ത്? അതിന്റെ മാത്ര എഴുതുക.
5. മോളാർ വിശിഷ്ടതാപധാരിത എന്നാൽ എന്ത്.
6. താപവികാസം എന്നാൽ എന്ത്?
7. രേഖീയ, വിസ്തീർണ്ണ, വ്യാപ്ത താപവികാസ സ്ഥിരാങ്കങ്ങൾക്കായുള്ള സമീകരണങ്ങൾ എഴുതുക.
8. ലീനതാപം നിർവ്വചിക്കുക. അതിന്റെ മാത്ര എഴുതുക.
9. സ്റ്റെഫാൻ - ബോൾട്സ് മാൻ നിയമം പ്രസ്താവിക്കുക.
10. എന്താണ് വിയൻസ് നിയമം?
11. താപീയ ചാലകത നിർവ്വചിക്കുക. അതിന്റെ മാത്ര എഴുതുക.
12. എന്താണ് ബ്ലാക്ക് ബോഡി?
13. എന്താണ് താപഗതിക വ്യവസ്ഥ? ഉദാഹരണങ്ങൾ തരിക.
14. താപഗതിക വ്യവസ്ഥയുടെ തരങ്ങൾ എന്തൊക്കെയാണ്?
15. 'താപസംതുലനം' എന്നാൽ എന്ത്?
16. അവസ്ഥാചരങ്ങൾ എന്നാൽ എന്ത്? ഉദാഹരണങ്ങൾ തരുക.
17. ഇന്റൻസീവ് ചരങ്ങൾ, എക്സ്റ്റൻസീവ് ചരങ്ങൾ എന്ത്? ഉദാഹരണങ്ങൾ തരുക.
18. അവസ്ഥാസമീകരണം എന്നാലെന്ത്? ഒരു ഉദാഹരണം തരുക.
19. താപഗതികത്തിന്റെ പൂജ്യംനിയമം പ്രസ്താവിക്കുക.
20. ഒരു വ്യവസ്ഥയുടെ ആന്തരികോർജ്ജം നിർവ്വകിക്കുക.
21. ആന്തരികോർജ്ജവും, താപോർജ്ജവും ഒന്നാണോ? വിശദീകരിക്കുക.
22. ഒരു കലോറി നിർവ്വചിക്കുക.
23. ജൂൾ യാന്തികോർജ്ജത്തെ, താപോർജ്ജമായി മാറ്റിയോ? വിശദീകരിക്കുക.
24. താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാംനിയമം പ്രസ്താവിക്കുക.
25. ഒരു വസ്തുവിനെ തൊടുന്നതുകൊണ്ട് ആ വസ്തുവിന്റെ താപനില അളക്കാൻ സാധിക്കുമോ?
26. Q, W ഇവയുടെ സാങ്കേതിക ചിഹ്നം തരുക.
27. ക്വാസിസ്റ്റാറ്റിക് പ്രക്രിയ വിശദീകരിക്കുക.
28. വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയുടെ സമീകരണം തരുക.
29. PV രേഖാചിത്രം എന്നാൽ എന്ത്?
30. സ്ഥിരമർദ്ദ വിശിഷ്ടതാപധാരിത, സ്ഥിര വ്യാപ്തവിശിഷ്ട താപധാരിതയേക്കാൾ അധികമായിട്ടുള്ളതെന്തുകൊണ്ട്? വിശദീകരിക്കുക.
31. സമതാപീയ പ്രക്രിയയുടെ അവസ്ഥാസമീകരണത്തെ തരുക.
32. സമതാപീയ പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിക്കുള്ള സമീകരണം തരുക.
33. മോളാർ വിശിഷ്ട താപധാരിതയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ആന്തരികോർജ്ജ വ്യതിയാനം ആവിഷ്ക്കരിക്കുക.
34. (a) സമതാപീയ പ്രക്രിയ (b) അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയ (c) സമമർദ്ദ പ്രക്രിയ ഇവയ്ക്ക് താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാംനിയമം ഉപയോഗപ്പെടുത്തി അതിനായുള്ള സമീകരണങ്ങളെ തരുക .
35. അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയുടെ അവസ്ഥാസമീകരണം തരുക.
36. സമമർദ്ദ പ്രക്രിയയ്ക്കായുള്ള അവസ്ഥാസമീകരണം തരുക.
37. ഒരു പാത്രത്തിൽ പിസ്റ്റണെ വേഗമായി ഉള്ളിലോട്ട് അമർത്തുമ്പോൾ ആദർശവാതക നിയമം ഉപയോഗിക്കാൻ സാധിക്കുമോ? അല്ലെങ്കിൽ കാരണം എഴുതുക?
38. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പ്രക്രിയകൾക്കായുള്ള PV രേഖാചിത്രം വരയ്ക്കുക
    a. സമതാപീയ പ്രക്രിയ
    b. അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയ
    c. സമമർദ്ദ പ്രക്രിയ
    d. സമവ്യാപ്ത പ്രക്രിയ
39. ചാക്രിക പ്രക്രിയ എന്നാൽ എന്ത്?

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 158 22-07-2022 15:14:12

40. ഉത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയ, അനുത്ക്രമണീയ പ്രക്രിയ എന്നാൽ എന്ത്?

41. താപഗതിക രണ്ടാം നിയമത്തിന്റെ ക്ലാസിയസ് രൂപം പ്രസ്താവിക്കുക

42. താപഗതിക രണ്ടാം നിയമത്തിന്റെ കെൽവിൻ പ്ലാങ്ക് രൂപം പ്രസ്താവിക്കുക.

43. താപയന്ത്രം നിർവചിക്കുക.

44. കാർമനായന്ത്രത്തിൽ എന്തൊക്കെ പ്രക്രിയകളാണുള്ളത്?

45. ഒരു ചാക്രിക പ്രക്രിയയിൽ തന്നിട്ടുള്ള താപോർജ്ജം പൂർണ്ണമായും താപയന്ത്രം പ്രവൃത്തിയായി മാറ്റുമോ? ഇല്ലാ എങ്കിൽ േതു നിബന്ധനയിലാണ് താപം പൂർണ്ണമായും പ്രവൃത്തിയായി മാറുന്നത്?

46. എൻട്രോപിയെ ആധാരമാക്കി താപഗതിക രണ്ടാം നിയമം പ്രസ്താവിക്കുക.

47. എന്തുകൊണ്ട് താപം ചൂടായ വസ്തുവിൽ നിന്ന്, തണുത്ത വസ്തുവിലേക്ക് പ്രവഹിക്കുന്നു?

48. പ്രവർത്തന ക്ഷമതാ സ്ഥിരാങ്കം നിർവ്വചിക്കുക.

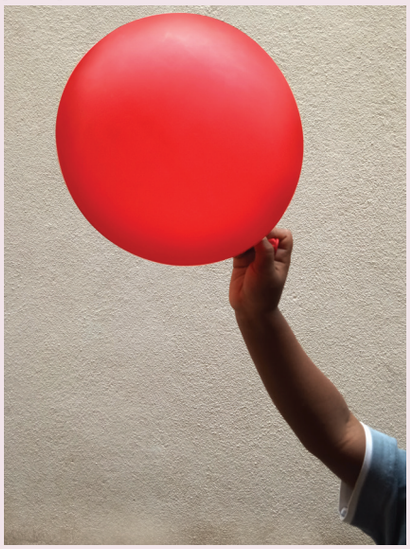
III. വിശദമായി ഉത്തരമെഴുതുക :

1. താപം, പ്രവൃത്തി എന്നിവയുടെ അർത്ഥം ഉദാഹരണ സഹിതം വിശദീകരിക്കുക.
2. ആദർശവാതക നിയമം വിവരിക്കുക.
3. താപവികാസത്തെപ്പറ്റി വ്യാഖ്യാനിക്കുക.
4. ജലത്തിന്റെ ക്രമരഹിത വികാസത്തെപ്പറ്റി വിവരിക്കുക. ജല ജീവികൾക്ക് അതിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന നന്മ എന്താണ്?
5. താപമിതി വിശദീകരിച്ച് അതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഒന്നിനൊന്ന് കലർത്തിയ രണ്ടു താപഗതിക വ്യവസ്ഥകളുടെ അവസാന താപാവസ്ഥയ്ക്കായുള്ള സമീകരണം സാധൂകരിക്കുക.
6. താപം കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്ന വ്യത്യസ്ത രീതികൾ വിശദീകരിക്കുക.
7. ന്യൂട്ടന്റെ ശീതീകരണ നിയമം വിശദീകരിക്കുക.
8. വിയൻ നിയമം വിശദീകരിച്ച്, നമ്മുടെ നേത്രങ്ങളാൽ എന്തുകൊണ്ട് ദൃശ്യപ്രകാശം മാത്രം കാണാൻ സാധിക്കുന്നു എന്നതിന്റെ വിശദീകരണം തരുക?
9. താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ളവയെക്കുറിച്ച് ചർച്ച ചെയ്യുക
   a. താപനില
   b. യാന്ത്രിക സംതുലനം
   c. രാസ സംതുലനം
   d. താപഗതിക സംതുലനം.
10. താപത്തിന്റെ യന്ത്ര സമാനതയെക്കുറിച്ച് വാദിക്കുന്ന ജൂൾസ് പരീക്ഷണം വിവരിക്കുക.
11. താപഗതിക വ്യവസ്ഥയുടെ വ്യാപ്തം മാറുമ്പോൾ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിക്കുള്ള സമീകരണം സാധൂകരിക്കുക.
12. ഒരു ആദർശവാതകത്തിന്റെ മേയർസ് ബന്ധം സാധൂകരിക്കുക.
13. സമതാപീയ പ്രക്രിയയെ വിസ്തരിച്ച് വിശദീകരിക്കുക.
14. സമതാപീയ പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിക്കായുള്ള സമീകരണം സാധൂകരിക്കുക
15. അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയെപ്പറ്റി വിസ്തരിച്ച് ചർച്ച ചെയ്യുക.
16. അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിക്കായുള്ള സമീകരണം സാധൂകരിക്കുക
17. സമമർദ്ദ പ്രക്രിയയെ വിവരിച്ച് ആ പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തിയ്ക്കായുള്ള സമീകരണം സാധൂകരിക്കുക
18. സമവ്യാപ്ത പ്രക്രിയയെ വിവരിക്കുക.
19. താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമത്തിന്റെ പരിമിതികളെഴുതുക?
20. താപയന്ത്രം വിശദീകരിച്ച് അതിന്റെ കാര്യക്ഷമതയ്ക്കായുള്ള സൂത്രം എഴുതുക.
21. കാർനോ താപയന്ത്രത്തെപ്പറ്റി വിസ്തരിച്ച് വിശദീകരിക്കുക.
22. കാർനോ താപയന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമതയ്ക്കായുള്ള സൂത്രം സാധൂകരിക്കുക.
23. താപഗതികത്തിന്റെ രണ്ടാം നിയമം എൻട്രോപ്പിയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വിശദീകരിക്കുക.
24. ഒരു ശീതീകരണിയുടെ പ്രവർത്തനം വിശദീകരിക്കുക.

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 159 22-07-2022 15:14:12

IV. അഭ്യാസം

1. ചിത്രത്തിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ബലൂണിൽ നിറച്ചിരിക്കുന്ന കാറ്റ് എത്ര മോൾ ആണെന്ന് മുറിയുടെ താപനിലയിൽ കണക്കാകുക.



ബലൂണിന്റെ വ്യാസാർത്ഥം 10 cm, ബലൂണിൽ ഉള്ള മർദ്ദം 180 kPa എന്നു കരുതുക.

ഉത്തരം : $\mu \cong 0.3$ മോൾ

2. ചൊവ്വാഗ്രഹത്തിന്റെ ശരാശരി താപനില ഏതാണ്ട് -53°C അതിന്റെ അന്തരീക്ഷമർദ്ദം 0.9 kPa ആണെങ്കിൽ ചൊവ്വാഗ്രഹത്തിന്റെ ഒരു മാത്ര വ്യാപ്തത്തിലുള്ള തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം മോൾകളിൽ കണക്കാക്കുക. ഭൂമിയിൽ ഒരു മാത്ര വ്യാപ്തത്തിൽ ഉള്ള മോൾകളുടെ എണ്ണവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുക?

ഉത്തരം : $\mu_{Mars} = 0.49$ മോൾ

$\mu_{Earth} \cong 40$ മോൾ

3. താപം കടത്തിവിടാത്ത പാത്രത്തിൽ ഉള്ള രണ്ടു അറകൾ താപകുചാലക ഭിത്തിയാൽ പിരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഒരു അറയിലുള്ള വാതകത്തിന്റെ താപനില T_1 മർദ്ദം P_1 വ്യാപ്തം V_1 മറ്റൊരു അറയിലുള്ള വാതകത്തിന്റെ താപനില T_2 മർദ്ദം P_2 വ്യാപ്തം V_2 വാതകത്തിൻമേൽ ഒരു പ്രവൃത്തിയും ചെയ്യപ്പെടാതെ താപകുചാലക ഭിത്തി മാത്രം മാറ്റുകയാണെങ്കിൽ പാത്രത്തിലുള്ള വാതകത്തിന്റെ അവസാന സംതുലന താപനില എത്രയാണ്.

ഉത്തരം : $T = \dfrac{T_1T_2(P_1V_1 + P_2V_2)}{P_1V_1T_2 + P_2V_2T_1}$

4. രേഖീയ വികാസ സ്ഥിരാങ്കം α_L ആയിട്ടുള്ള L നീളവും ഏകീകൃതവുമായ ദണ്ഡിന്റെ താപനിലയിലുണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനം ΔT എന്നു കരുതുക. ദണ്ഡിന്റെ അക്ഷത്തിനു ലംബമായി, അതിന്റെ കേന്ദ്രത്തിലൂടെ പോകുന്ന അക്ഷത്തിനനുസരിച്ച് ആ ദണ്ഡിന്റെ പുതിയ ജഡത്വ ആഘൂർണ്ണം കണക്കാക്കുക.

ഉത്തരം : $I' = I\,(1 + \alpha_L\,\Delta T)^2$

5. a. സമവ്യാപ്ത പ്രക്രിയ, b. സമതാപീയ പ്രക്രിയ, c. സമമർദ്ദ പ്രക്രിയ എന്നിവയ്ക്കായുള്ള TP രേഖാചിത്രം (P-x അക്ഷം, T-y അക്ഷം), VT രേഖാചിത്രം (T-x അക്ഷം, V-y അക്ഷം) എന്നിവ വരയ്ക്കുക

6. രാവിലെ സൈക്കിളിൽ പോകുന്ന ഒരാൾ 25°C താപനിലയിൽ സൈക്കിളിന്റെ ടയർ മർദ്ദം 500 kPa എന്ന് കണക്കാക്കി. ഉച്ചയ്ക്കു ശേഷം സൈക്കിൾ, ടയർ മർദ്ദം 520 kPa ആണെങ്കിൽ ഉച്ചയ്ക്കു ശേഷം സൈക്കിൾ ടയറിന്റെ താപനില എത്രയാണ്? ഇവിടെ ടയറിന്റെ താപീയ വികാസം അവഗണിക്കേണ്ടതാണ്?

ഉത്തരം : T= 36.9°C

7. മനുഷ്യ ശരീരത്തിന്റെ സാധാരണ താപനില 98.6°F ജ്വരത്താൽ ശരീരത്തിന്റെ താപനില 104°F ആയി ഉയർന്നാൽ ശരീരത്തിൽ നിന്ന് പുറത്തുവരുന്ന താപവികിരണത്തിന്റെ തരംഗ ദൈർഘ്യത്തിന്റെ പരമാവധി മൂല്യം കണക്കാക്കുക. (ഇവിടെ മനുഷ്യ ശരീരം ഒരു ബ്ലാക്ക് ബോഡി എന്നു കരുതുക.)

ഉത്തരം :(a) $\lambda_{max} \approx 9348$ nm, 98.6°F ൽ

(b) $\lambda_{max} \approx 9258$ nm, 104°F ൽ

8. അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയിൽ വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം 4% അധികരിക്കുന്നു എങ്കിൽ മർദ്ദവ്യതിയാനത്തിന്റെ ശതമാനം എത്രയാകുന്നു?

(വായുവിന് $\gamma = 1.4$)

ഉത്തരം : 5.6%

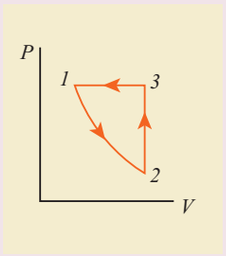
XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 160 22-07-2022 15:14:20

9. ഒരു പെട്രോൾ യന്ത്രത്തിൽ (ആന്തരിക ജ്വല നയന്ത്രം) , അന്തരീക്ഷ മർദ്ദത്തിൽ 20°C താപനിലയിലുള്ള വായു ഒരു പിസ്റ്റൺ മൂലം അവസാന വ്യാപ്തം അതിന്റെ ആരംഭ വ്യാപ്തത്തിന്റെ 1/8 ഭാഗം ആകുന്നതുവരെ അമർത്തപ്പെടുന്നു. അമർത്തപ്പെട്ട വായു വിന്റെ താപനില കണക്കാക്കുക.

(വായുവിന് $\gamma = 1.4$)

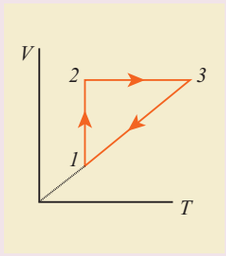
ഉത്തരം : $T \cong 400°C$

10. സമതാപീയ, സമവ്യാപ്ത, സമമർദ്ദ ചാക്രിക പ്രക്രിയകളെ കുറിക്കുന്ന PV രേഖാചിത്രം താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.



ഈ ചാക്രിക പ്രക്രിയയെ കുറിക്കുന്ന V-T രേഖാ ചിത്രം (T - x അക്ഷത്തിലും V - y അക്ഷത്തിലും) വരയ്ക്കുക. ഓരോ പ്രക്രിയയിലും താപം കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്ന രീതി വിശകലനം ചെയ്യുക.

ഉത്തരം :



പ്രക്രിയ 1 - 2 = വ്യാപ്തം അധികരിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് വ്യവസ്ഥയ്ക്ക് താപം നൽക പ്പെടുന്നു.

പ്രക്രിയ 2 - 3 = സ്ഥിര വ്യാപ്തത്തിൽ, താപ നില ഉയരുന്നു. ഇതിൽ നിന്ന് നൽകപ്പെട്ട താപം വ്യവസ്ഥയുടെ ആന്തരികോർജ്ജം ഉയർത്താൻ ഉപയോഗപ്പെടുന്നു.

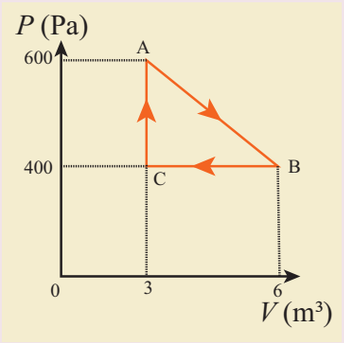
പ്രക്രിയ 3 - 1 : മർദ്ദം സ്ഥിരമായി, വ്യാപ്ത വും താപനിലയും കുറയുന്നു. വ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് താപം പുറത്തുകടക്കുന്നു. ഇതൊരു സമമർദ്ദ അമർത്തലാകുന്നു. വ്യവസ്ഥയി ന്മേൽ പ്രവൃത്തി ചെയ്യപ്പെടുന്നു.

11. ഒരു ആദർശ വാതകത്തിന്റെ ചാക്രിക പ്രക്രി യയെ കുറിക്കുന്ന താഴെ കാണുന്ന ചിത്രത്തി ൽ നിന്ന് തന്നിരിക്കുന്നവ കണക്കാക്കുക

(a) വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി.

(b) വാതകത്തിന്മേൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി

(c) ഈ പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യപ്പെട്ട അസൽ പ്രവൃത്തി



ഉത്തരം : (a) $W = +1.5kJ$

(b) $W = -1.2kJ$

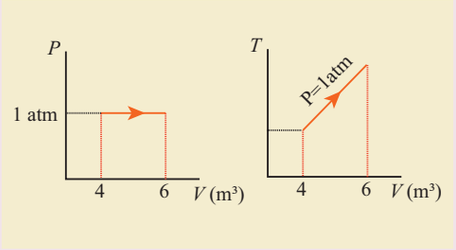
(c) $W = +300J$.

12. $6 \times 10^5 J$ അന്തരീക്ഷ മർദ്ദത്തിലുള്ള ആദർശ വാതകത്തിന് താപം നൽകപ്പെടുന്നു. അതു കൊണ്ട് വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം 4 m^3 ൽ നിന്ന് 6 m^3 ആയി അധികരിക്കുന്നു എങ്കിൽ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവ കണക്കാക്കുക. (a) വാതകത്താൽ ചെയ്യപ്പെട്ട പ്രവൃത്തി (b) വാതകത്തിന്റെ ആന്തരികോർജ്ജത്തിൽ സംഭവിക്കുന്ന വ്യതിയാനം (c) PV , രേഖാ ചിത്രം TV രേഖചിത്രം എന്നിവയിൽ ഈ പ്രക്രിയകളെ വരച്ചു കാണിക്കുക.

ഉത്തരം : (a) $W = +202.6\ kJ$

(b) $dU = 397.4\ kJ$

(c)



13. 100°C, 300°C എന്നീ താപനില വ്യതിയാന ത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഉത്ക്രമണീയ പ്രക്രി യയിൽ ഒരു താപ യന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷ മത അധികരിക്കാൻ ആഗ്രഹിക്കുന്ന ഒരു വ്യക്തിക്ക് താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന രണ്ടു വഴികളിൽ ഏതാണ് അനുയോജ്യമായിട്ടു

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 161 22-07-2022 15:14:21

ള്ളത് (a) താപസ്രോതസ്സിന്റെ താപനില സ്ഥിരമാക്കിയിട്ട് താപസ്വീകരണിയുടെ താപനില 100°C നിന്ന് 50°C ലോട്ട് കുറയ്ക്കൽ (b) താപസ്വീകരണിയുടെ താപനില സ്ഥിരമാക്കിയിട്ട്, താപസ്രോതസ്സിന്റെ താപനില 300°C ൽ നിന്ന് 350°C ലേക്ക് അധികരിക്കൽ?

ഉത്തരം : ആരംഭ കാര്യക്ഷമത = 34.9%

പ്രവർത്തന രീതി (a) ൽ കാര്യക്ഷമത =43.6%

പ്രവർത്തന രീതി (b) ൽ കാര്യക്ഷമത =40.1%

പ്രവർത്തന രീതി (a) യ്ക്കാണ് വളരെ കൂടുതൽ കാര്യക്ഷമതയുള്ളതാണ്.

14. താപസ്രോതസ്സിന്റെ താപനില 327°C ഉള്ള കാർനോ യന്ത്രത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമത 45% ഈ കാർനോ യന്ത്രത്തിൽ കാര്യക്ഷമത 60% ആയി ഉയർത്തണമെങ്കിൽ, താപസ്രോതസ്സിന്റെ താപനില എത്രയായിരിക്കണം?

ഉത്തരം : 552°C

15. ഒരു ആദർശ ശീതീകരണിയിൽ വയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള വസ്തുക്കളുടെ താപനില 0°C ആകുന്നു. ശീതീകരണി വയ്ക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള മുറിയുടെ താപനില 27°C. ആണെങ്കിൽ ആ ശീതീകരണിയുടെ പ്രവർത്തന ക്ഷമത കണക്കാക്കുക.

ഉത്തരം : β=10.11

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ

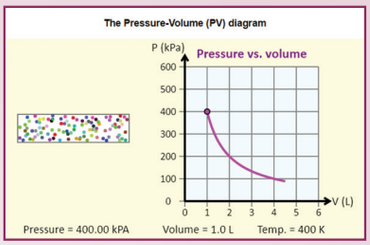
1. Serway and Jewett, Physics for scientist and Engineers with modern physics, Brook/Coole publishers, Eighth edition
2. Paul Tipler and Gene Mosca, Physics for scientist and engineers with modern physics, Sixth edition, W.H.Freeman and Company
3. James Walker, Physics, Addison-Wesley publishers, 4th Edition
4. Douglas C Giancoli, Physics for scientist & Engineers with modern physics, Pearson Prentice Hall, 4th edition.
5. H.C.Verma, Concepts of physics volume 1 and Volume 2, Bharati Bhawan Publishers
6. Tarasov and Tarasova, Question and problems in school physics, Mir Publishers

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 162 22-07-2022 15:14:21

ഐ.സി.റ്റി കോർണർ

താപവും താപഗതികവും

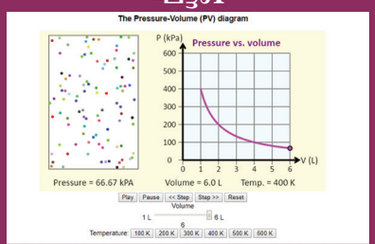
പലവിധ താപഗതിക പ്രവൃത്തികൾക്കായുള്ള രേഖാചിത്രങ്ങളെപ്പറ്റി മനസ്സിലാക്കാം



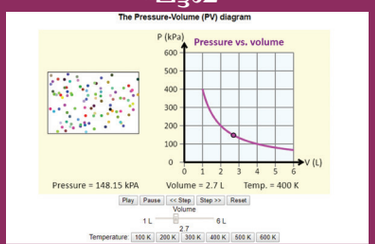
ഘട്ടങ്ങൾ:

- താഴെ കാണുന്നURL അല്ലെങ്കിൽ QR ഉപയോഗിച്ച് 'Pressure and Volume Diagram" എന്ന വെബ ്സൈറ്റിലേക്ക് ചെല്ലുക.
- തെരഞ്ഞെടുക്കപ്പെട്ട താപനിലയിൽ രേഖാചിത്രത്തിനു താഴെയുള്ള "Volume" എന്നതു മാറ്റി Play ബട്ടൺ അമർത്തുക
- ഇപ്പോൾ വ്യത്യസ്ത താപനിലകൾ തെരഞ്ഞെടുത്ത് 'Volume' എന്നത് വീും മാറ്റി ഇടതു വശത്തുള്ള ചിത്രം രേഖാചിത്രം ഇവ രണ്ടിലും മർദ്ദ മാറ്റം കണ്ടറിയുക.
- വ്യത്യസ്ത മൂല്യങ്ങൾക്ക് ഇതു പോലെ വീും ചെയ്യുക. അതനുസരിച്ച് രേഖാചിത്രം വരയ്ക്കുക.

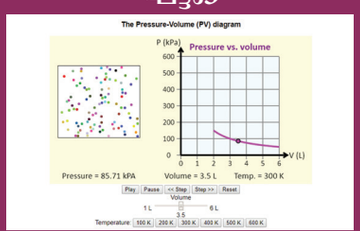
ഘട്ടം1



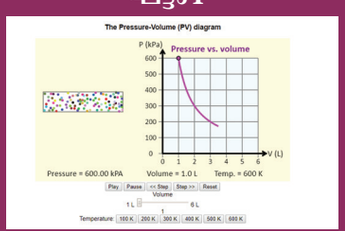
ഘട്ടം2



ഘട്ടം3



ഘട്ടം4



URL:

http://physics.bu.edu/~duffy/HTML5/PV_diagram.html

* ചിത്രങ്ങൾ സൂചകങ്ങൾക്കു മാത്രം.

* ആവശ്യമാണെങ്കിൽ **Flash Player** അല്ലെങ്കിൽ **Java Script** അനുവദിക്കുക.

06MNA

XI Physics Vol-2 Unit 8 Malayalam.indd 163 22-07-2022 15:14:23

അധ്യായം 9

വാതകങ്ങളുടെ ഗതിക സിദ്ധാന്തം

"തെർമോഡൈനമിക്സ് ഉപയോഗിച്ച് ഒരാൾക്ക് മിക്കവാറും എല്ലാ കാര്യങ്ങളും കണക്കാക്കാൻ സാധിക്കുന്നു ചലനാത്മക സിദ്ധാന്തം ഉപയോഗിച്ച് കുറച്ചു കാര്യങ്ങൾ മാത്രമേ വളരെ കൃത്യമായി കണക്കാക്കാൻ സാധിക്കൂ" - യുഗീൻ വിഗ്നർ

പഠന ലക്ഷ്യങ്ങൾ

G90AU

ഈ അധ്യായത്തിൽ, വിദ്യാർത്ഥികൾ മനസ്സിലാക്കുന്നത്

- വാതകങ്ങളുടെ ഗതികസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ആവശ്യകത
- മർദ്ദത്തിന്റെയും, താപനിലയുടെയും സൂക്ഷ്മ ഉത്ഭവം
- വാതകത്തിന്റെ ആന്തരിക ഊർജ്ജവും, വാതക തന്മാത്രകളുടെ വിവർത്തന ഗതികോർജ്ജവും പരസ്പര ബന്ധിതമാക്കൽ
- ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡത്തിന്റെ അർത്ഥം
- ഏകാറ്റോമിക്, ദ്വയാറ്റോമിക്, ത്രിതിയറ്റോമിക് തന്മാത്രകളുടെ മൊത്ത ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം കണ്ടുപിടിക്കൽ
- ഊർജ്ജത്തിന്റെ സമഭാഗീകരണ നിയമം
- C_p , C_V യുടെ അനുപാതം കണക്കിടൽ
- ശരാശരി കൂട്ടിമുട്ടലുകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം കൂടാതെ മർദ്ദം, താപനില, സംഖ്യ സാന്ദ്രത എന്നിവയോട് ശരാശരി കൂട്ടിമുട്ടലിന്റെ ആശ്രയത്വം
- ബ്രൗണിയൻ ചലനവും, അതിന്റെ സൂക്ഷ്മ ഉത്ഭവവും

9.1 ഗതിക സിദ്ധാന്തം

9.1.1 ആമുഖം

തെർമോഡൈനാമിക്സ് അടിസ്ഥാനപരമായി ഒരു മാക്രോസ്കോപ്പിക് ശാസ്ത്രമാണ്. അധ്യായം 8-ൽ മർദ്ദം, താപനില, തെർമോഡൈനാമിക് സിസ്റ്റങ്ങളുടെ വ്യാപ്തം എന്നിവ പോലുള്ള മാക്രോസ്കോപ്പിക് പരാമീറ്ററുകൾ നമ്മൾ ചർച്ച ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. ഈ യൂണിറ്റിൽ ഒരു തെർമോ ഡൈനാമിക് സിസ്റ്റത്തെ കണങ്ങളുടെയോ, തന്മാ ത്രകളുടെയോ ശേഖരമായി കണക്കാക്കി സമ്മർദ്ദ ത്തിന്റെയും, താപനിലയുടെയും സൂക്ഷ്മ ഉത്ഭവ ത്തെക്കുറിച്ച് നമ്മൾ ചർച്ച ചെയ്യുന്നു. ചലനാ ത്മക സിദ്ധാന്തം ഒരു വാതകത്തിന്റെ സാമ്പിളിന്റെ തന്മാത്രാ ചലനവുമായി സമ്മർദ്ദത്തെയും താപ നിലയെയും ബന്ധപ്പെടുത്തുന്നു. ഇത് ന്യൂട്ടോ ണിയൻ മെക്കാനിക്സും, തെർമോഡൈനാമിക് സും തമ്മിലുള്ള ഒരു പാലമാണ്. ഈ അദ്ധ്യായം വാതകതന്മാത്രകളുടെ ഗതികസ്വഭാവം അവതരി പ്പിക്കുന്നു.

9.1.2 വാതകങ്ങളുടെ ഗതിക സിദ്ധാന്ത നിയമങ്ങൾ

ഗണിത ശാസ്ത്രത്തെ ലളികമാക്കുന്ന അടി സ്ഥാന അനുമാനങ്ങളാണ് ഗതിക സിദ്ധാന്തം. ഈ അനുമാനങ്ങളൊന്നും കർശനമായി ശരി യല്ലെങ്കിലും ഈ അനുമാനങ്ങളെ അടിസ്ഥാന മാക്കിയുള്ള മാതൃക എല്ലാ വാതകരങ്ങളിലും പ്രയോഗിക്കാൻ കഴിയും.

1. ഒരു വാതകത്തിലെ എല്ലാ തന്മാത്രകളും സമാ നതയുള്ളതും, ഇലാസ്തികതയുള്ള ഗോളങ്ങ ളുമായിരിക്കും.
2. വ്യത്യസ്ത വാതകത്തിലെ തന്മാത്രകൾ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും.
3. ഒരു വാതകത്തിലെ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം വളരെ വലുതും, അവയ്ക്കിടയിലുള്ള ശരാശരി ദൂരം വാതക തന്മാത്രകളുടെ വലുപ്പത്തേ ക്കാൾ വലുതും ആയിരിക്കും.
4. വാതകത്തിലെ തന്മാത്രകൾ തുടർച്ചയായ ക്രമരഹിതമായ ചലനത്തിലാണ്.
5. തന്മാത്രകൾ പരസ്പരം കൂട്ടിമുട്ടുകയും, പാത്രത്തിന്റെ ചുവരുകളിൽ കൂട്ടിമുട്ടുകയും ചെയ്യുന്നു.

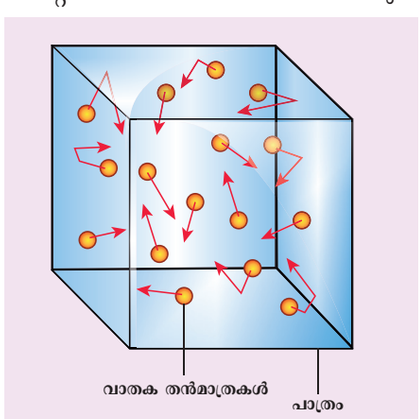
XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 164 4/1/2023 11:17:06 AM

6. ഈ കൂട്ടിമുട്ടൽ തികച്ചും ഇലാസ്തികയുള്ള വയാണ്. അതിനാൽ കൂട്ടിമുട്ടൽ സമയത്ത്, ഗതികോർജ്ജത്തിനും നഷ്ടം ഉണ്ടാകുന്നില്ല.
7. തുടർച്ചയായ രണ്ടു കൂട്ടിമുട്ടലുകൾക്കിടയിൽ, ഒരു തൻമാത്ര ഏകതാനമായ വേഗതയിൽ നീങ്ങുന്നു.
8. കൂട്ടിയിടി സമയത്ത് ഒഴികെ തന്മാത്രകൾ പരസ്പരം ആകർഷിക്കുന്ന അല്ലെങ്കിൽ വിരട്ടുന്ന ഒരു ശക്തിയും പ്രയോഗിക്കുന്നില്ല. തന്മാത്രകൾ, ഒരു സ്ഥിതികോർജ്ജവും പ്രകടമാക്കുന്നില്ല. ഊർജ്ജം മുഴുവനും ഗതികോർജ്ജമായിരിക്കും.
9. കൂട്ടിമുട്ടലുകൾ തൽക്ഷണം നടക്കുന്നു. ഓരോ കൂട്ടിമുട്ടലിലും ഒരു തന്മാത്ര ചിലവഴിക്കുന്ന സമയം, തുടർച്ചയായ രണ്ട് കൂട്ടിമുട്ടലുകൾക്കിടയിലുള്ള സമയവുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ വളരെ ചെറുതാണ്.
10. ഈ തന്മാത്രകൾ ക്രമരഹിത ചലനത്തിലാണെങ്കിലും, ഇവ ന്യൂട്ടന്റെ ചലന നിയമങ്ങളെ അനുസരിക്കുന്നു.

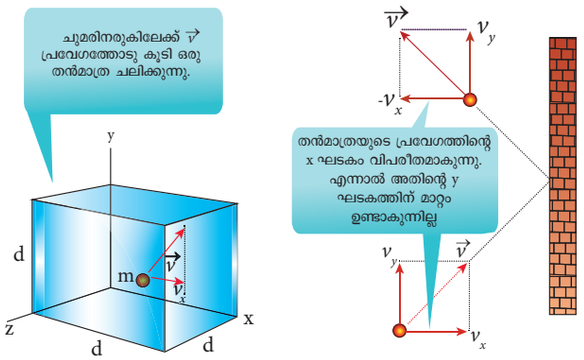
9.2 വായുവിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന മർദ്ദം

9.2.1 വായുവിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന മർദ്ദത്തിന്റെ സമവാക്യം

ചിത്രം 9.1 (a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ l വശമുള്ള ഒരു ക്യൂബിക്കൽ കണ്ടെയിനറിനുള്ളിൽ പിണ്ഡം m ഉള്ള n തന്മാത്രകളുടെ ഒരു ഏക അറ്റോമിക് വാതകം പരിഗണിക്കുക.



ചിത്രം 9.1 (a) വാതക തന്മാത്രകളുടെ പാത്രം



ചിത്രം 9.1 (b) ചുമരുമായി ഒരു തന്മാത്രയുടെ കൂട്ടിമുട്ടൽ.

വാതകത്തിന്റെ തന്മാത്രകൾ ക്രമരഹിതമായ ചലനത്തിലാണ്. അവ പരസ്പരം കൂട്ടിമുട്ടിയ്ക്കുകയും കണ്ടെയ്നറിന്റെ ചുമരുകളുമായി കൂട്ടിയിടിയ്ക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. കൂട്ടിയിടികൾ ഇലാസ്റ്റിക് സ്വഭാവമുള്ളതിനാൽ, ഗതികോർജ്ജത്തിന് നഷ്ടമുണ്ടാകുന്നില്ല, എന്നാൽ ആവേഗത്തിന് മാറ്റമുണ്ടാകുന്നു.

വാതകത്തിന്റെ തന്മാത്രകൾ കണ്ടെയ്നറിന്റെ മതിലുകളിൽ കൂട്ടിമുട്ടൽ കാരണം മർദ്ദം ചെലുത്തുന്നു. ഓരോ കൂട്ടിമുട്ടൽ സമയത്ത്, തന്മാത്രകൾ ചുമരിൽ ചില ആക്കം നൽകുന്നു. ആക്ക കൈമാറ്റം കാരണം, ചുമരുകൾക്ക് തുടർച്ചയായ ശക്തി അനുഭവപ്പെടുന്നു. കണ്ടെയ്നറിന്റെ ചുമരുകളുടെ യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണത്തിന് അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം വാതകം ചെലുത്തുന്ന മർദ്ദത്തെ നിർണ്ണയിക്കുന്നു. ചുരുങ്ങിയ സമയത്തിനുള്ളിൽ, തന്മാത്രകൾ കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്ന മൊത്ത ആവേഗം നിർണ്ണയിക്കേണ്ടത് അത്യാവശ്യമാണ്.

m ദ്രവ്യമാനവും $\vec{v}$ പ്രവേഗവുമുള്ള ഒരു തന്മാത്ര വലതുവശത്തെ ചുമരിൽ പതിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഘടകങ്ങൾ (v_x, v_y, v_z) ആകുന്നു. കൂട്ടുമുട്ടൽ ഇലാസ്തികതയുള്ളതാണെന്ന് നമുക്ക് അറിയാവുന്നതിനാൽ, കണിക അതേ വേഗതയിൽ തിരിച്ചെത്തുകയും, അതിന്റെ x ഘടകം വിപരീതമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് ചിത്രം 9.1 (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. കൂട്ടിമുട്ടലിന് ശേഷമുള്ള തന്മാത്രയുടെ പ്രവേഗ ഘടകങ്ങൾ $(-v_x, v_y, v_z)$ ആകുന്നു.

കൂട്ടിയിടിയ്ക്ക് മുൻപുള്ള തന്മാത്രയുടെ ആവേഗത്തിന്റെ x ഘടകം = mv_x

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 165 4/1/2023 11:17:07 AM

കൂട്ടിമുട്ടലിനു ശേഷമുള്ള തന്മാത്രയുടെ ആവേഗത്തിന്റെ x ഘടകം = $-mv_x$

x ദിശയിൽ, തന്മാത്രയുടെ ആവേഗമാറ്റം

=അവസാന ആവേഗം − ആദ്യ ആവേഗം = $-mv_x - mv_x = -2mv_x$

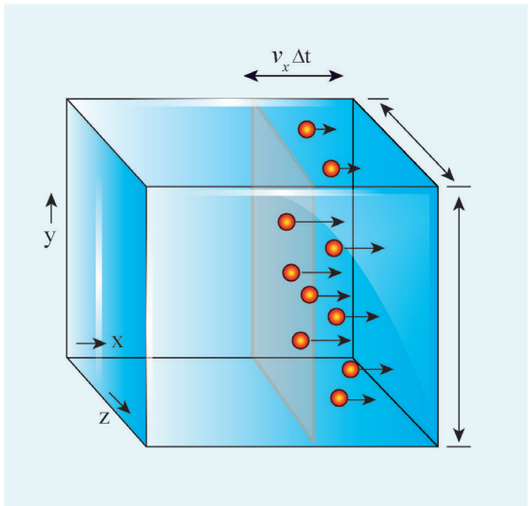
രേഖീയ ആവേഗത്തിന്റെ സംരക്ഷണ നിയമം അനുസരിച്ച്, ചുമരിലെ ആവേഗമാറ്റം = $2mv_x$

കുറിപ്പ്

x ദിശയിൽ, കൂട്ടിമുട്ടലിനു മുൻപ് ഒരു സിസ്റ്റത്തിലെ മൊത്ത ആവേഗം, തന്മാത്രയുടെ ആവേഗത്തിന് സമമായിരിക്കും. കാരണം ചുമരിലെ ആവേഗം പൂജ്യമാകുന്നു. ആക്കസംരക്ഷണ നിയമമനുസരിച്ച്, കൂട്ടിമുട്ടലിനു ശേഷമുള്ള ഒരു സിസ്റ്റത്തിലെ മൊത്ത ആക്കം (ആവേഗം), കൂട്ടിമുട്ടലിനു മുൻപുള്ള സിസ്റ്റത്തിലെ മൊത്ത ആവേഗത്തിന് തുല്യമായിരിക്കും. കൂട്ടിമുട്ടലിനുശേഷമുള്ള തന്മാത്രയുടെ ആവേഗം x ദിശയിൽ) $-mv_x$ ആണ്. കൂട്ടിമുട്ടലിനുശേഷം ചുമരിലെ ആവേഗം $2mv_x$ ആണ്. അതിനാൽ കൂട്ടിമുട്ടലിനു ശേഷം സിസ്റ്റത്തിലെ മൊത്ത ആവേഗം $(2mv_x - mv_x) = mv_x$ ആകുന്നു. ഇത് കൂട്ടിമുട്ടലിനു മുൻപ് സിസ്റ്റത്തിലെ മൊത്ത ആവേഗത്തിന് സമമായിരിക്കും.

ഒരു ചെറിയ സമയ ഇടവേളയിൽ Δt വലതു വശത്തെ ചുമരിൽ തട്ടുന്ന തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം താഴെ പറയുന്നതുപോലെ കണക്കാക്കാം.

വലതുവശത്തെ ഭിത്തിയിൽ നിന്നും $v_x \Delta t$ ദൂരത്തിലുള്ള തന്മാത്രകൾ, വലതു ചുമരിനെ നോക്കി ചലിക്കുകയും, Δt സമയ ഇടവേളയിൽ ചുമരിൽ ഇടിയ്ക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. Δt സമയ ഇടവേളയിൽ വലതുവശത്തെ ഭിത്തിയിൽ ഇടിയ്ക്കുന്ന തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം വ്യാപ്തം $(Av_x \Delta t)$ തന്മാത്രകളുടെ സംഖ്യാ സാന്ദ്രത (n) എന്നിവയുടെ ഗുണനഫലത്തിന് സമമാകുന്നു. ഇവിടെ A എന്നത് ഭിത്തിയുടെ വിസ്തീർണ്ണവും, n എന്നത് ഒരു യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തം $\left(\frac{N}{V}\right)$ യിലെ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണവും ആകുന്നു. ക്യൂബ് മുഴുവൻ സംഖ്യാസാന്ദ്രത സമമാണെന്ന് കരുതുക.



ചിത്രം 9.2 ചുമരിൽ ഇടിയ്ക്കുന്ന തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം

എല്ലാ n തന്മാത്രകളും വലതുവശത്തേയ്ക്ക് നീങ്ങുന്നില്ല. അതിനാൽ ശരാശരി പകുതി തന്മാത്രകൾ മാത്രമേ വലതുവശത്തേയ്ക്ക് ചലിക്കുകയുള്ളൂ. ബാക്കി പകുതി ഇടതുവശത്തേയ്ക്ക് നീങ്ങുന്നു.

സമയ ഇടവേളയിൽ, വലതു വശത്തെ ചുമരിൽ തട്ടുന്ന തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം Δt

$$= \frac{n}{2} A v_x \Delta t \qquad (9.1)$$

അതേ സമ ഇടവേളയിൽ Δt തന്മാത്രകളാൽ കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്ന മൊത്ത ആവേഗം

$$\Delta p = \frac{n}{2} A v_x \Delta t \times 2mv_x = Av_x^2 mn\Delta t \qquad (9.2)$$

ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം നിയമത്തിൽ നിന്നും ഒരു ചെറിയ സമയ -ഇടവേളയിലെ ആവേഗമാറ്റം, ബലത്തെ നൽകുന്നു.

ചുമരിൽ തന്മാത്രകളാൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ബലം (അളവിൽ),

$$\mathrm{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = nmAv_x^2 \qquad (9.3)$$

മർദ്ദം, P = ചുമരിലെ വിസ്തീർണ്ണത്താൽ ഭാഗിക്കപ്പെടുന്ന ബലം

$$\mathrm{P} = \frac{F}{A} = nmv_x^2 \qquad (9.4)$$

എല്ലാ തന്മാത്രകളും മുഴുവനായും ക്രമരഹിതമായി ചലിക്കുന്നതു കാരണം, അവയ്ക്ക് ഒരു സമ വേഗത ഉണ്ടാകുന്നില്ല. അതിനാൽ, സമവാക്യം (9.4)-ൽ v_x^2 നു പകരം ശരാശരി $\overline{v_x^2}$ എന്നു എഴുതാം.

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 166 4/1/2023 11:17:11 AM

$$P = nm\overline{v_x^2} \qquad (9.5)$$

വാതകം, ക്രമരഹിതമായ ദിശയിൽ ചലിക്കുന്നു വെന്ന് കരുതുന്നതിനാൽ, ഇതിന് പ്രത്യേക ചലന ദിശകാണുന്നില്ല(തന്മാത്രകളിൽ-ഗുരുത്വാകർഷണ ഫലം അവഗണിക്കപ്പെടുന്നു) മൂന്ന് ദിശയിലും തന്മാത്രയ്ക്ക് ഒരേ ശരാശരി വേഗതയുണ്ടെന്ന് ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. അതിനാൽ $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$ മീൻ സ്കയർ വേഗത താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാം.

$$\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2} = \overline{3v_x^2}$$

$$\overline{v_x^2} = \frac{1}{3}\overline{v^2}$$

സമവാക്യം (9.5), ൽ ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

$$P = \frac{1}{3}nm\overline{v^2} \text{ അല്ലെങ്കിൽ } P = \frac{1}{3}\frac{N}{V}m\overline{v^2} \qquad (9.6)$$

കാരണം $\left[n = \frac{N}{V}\right]$

മുകളിലുള്ള സമവാക്യത്തിൽ നിന്നും ഇനിപ്പറയുന്ന നിഗമനം നടത്താം. തന്മാത്രകളാൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന മർദ്ദം ആശ്രയിക്കുന്നത്,

(i) **സംഖ്യാ സാന്ദ്രത** $n = \frac{N}{V}$ ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, സംഖ്യാ സാന്ദ്രത കൂടിയാൽ, മർദ്ദവും കൂടുന്നു എന്നാണ്. ഉദാഹരണത്തിന്, സൈക്കിൾ ടയർ അല്ലെങ്കിൽ കാർ ടയറിനുള്ളിൽ വായു പമ്പ് ചെയ്യുമ്പോൾ, സംഖ്യാ സാന്ദ്രത വർദ്ധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

(ii) **തന്മാത്രയുടെ ദ്രവ്യമാനം** : ഭിത്തിയിൽ ആവേഗ കൈമാറ്റം കാരണം മർദ്ദം ഉണ്ടാകുന്നതിനാൽ, വലിയ ദ്രവ്യമാനത്തിനും, ഒരു നിശ്ചിത വേഗതയ്ക്ക് ഉയർന്ന ആവേഗം ഉണ്ടാകുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി, മർദ്ദവും അധികരിക്കുന്നു.

(iii) **മീൻ സ്കയർ വേഗത** ഒരു നിശ്ചിത ദ്രവ്യമാനത്തിനും, നാം വേഗത വർദ്ധിപ്പിച്ചാൽ, ശരാശരി വേഗതയും വർദ്ധിക്കുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി, മർദ്ദവും വർദ്ധിക്കുന്നു.

എളുപ്പത്തിനായി, ഒരു ക്യൂബിക്കൽ കണ്ടെയ്നർ കണക്കിലെടുക്കുന്നു. അവസാന സമവാക്യത്തിൽ (9.6) വിസ്തീർണ്ണം A കാണപ്പെടാത്തതിനാൽ, ഏതു ആകൃതിയിലുള്ള കണ്ടെയ്നറുകൾക്കും മുകളിലത്തെ ഫലം ശരിയാകുന്നു. അതിനാൽ ഭിത്തിയിൽ വാതക തന്മാത്രകളാൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന മർദ്ദം, ഭിത്തിയുടെ വിസ്തീർണ്ണം A ത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.

9.2.2 താപനിലയുടെ ഗതികപരമായ വിശദീകരണം

താപനിലയുടെ സൂക്ഷ്മ ഉത്ഭവം മനസിലാക്കാൻ,

സമവാക്യം (9.6) നെ മാറ്റി എഴുതുന്നു.

$$P = \frac{1}{3}\frac{N}{V}m\overline{v^2}$$

$$PV = \frac{1}{3}Nm\overline{v^2} \qquad (9.7)$$

ആദർശ വാതക സമവാക്യം $PV=NkT$ യുമായി സമവാക്യം (9.7) താരതമ്യപ്പെടുത്തുന്നു.

$$NkT = \frac{1}{3}Nm\overline{v^2}$$

$$kT = \frac{1}{3}m\overline{v^2} \qquad (9.8)$$

മുകളിലത്തെ സമവാക്യത്തിന്റെ രണ്ടു വശവും 3/2 നാൽ ഗുണിക്കുന്നു.

$$\frac{3}{2}kT = \frac{1}{2}m\overline{v^2} \qquad (9.9)$$

സമവാക്യം (9.9) ന്റെ വലതുവശത്തെ ഒരു തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം എന്നു പറയുന്നു. ഒരു തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം

$$\overline{KE} = \in = \frac{3}{2}kT \qquad (9.10)$$

സമവാക്യം (9.9) സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, ഒരു വാതകത്തിലെ താപനില, വാതകത്തിലെ ഒരു തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി സ്ഥാനാന്തരണ ഗതികോർജ്ജത്തെ അളക്കുന്നു എന്നാണ്.

കുറിപ്പ്

ഇതിനെ താഴ്ന്ന ക്ലാസ്സുകളിൽ പഠിച്ച താപനിലയുടെ നിർവ്വചനവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുക. താപനില എന്നത്, ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ ഉഷ്ണം അല്ലെങ്കിൽ ശൈത്യത്തിന്റെ അളവാകുന്നു.

സമവാക്യം 9.10 എന്നത് വാതകത്തിലെ ഗതിക സിദ്ധാന്തത്തിൽ നിന്നുള്ള വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട ഫലം ആണ്. ഈ സമവാക്യത്തിൽ നിന്നും നമുക്ക് താഴെപറയുന്നവ അനുമാനിക്കാൻ കഴിയും.

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 167 4/1/2023 11:17:23 AM

(i) തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി ഗതികഊർജ്ജം, വാതകത്തിന്റെ കേവല താപനിലയ്ക്ക് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും. സമവാക്യം (9.9), മൈക്രോസ്കോപ്പിക് ലോകവും (താപനില), മൈക്രോസ്കോപ്പിക് ലോകവും (തന്മാത്രകളുടെ ചലനം) തമ്മിലുള്ള ബന്ധം നൽകുന്നു.

(ii) ഓരോ തന്മാത്രയുടെയും ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം വാതകത്തിന്റെ താപനിലയെ മാത്രം ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. തന്മാത്രയുടെ ദ്രവ്യമാനത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. മറ്റൊരു വിധത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ, ഒരു ആദർശ വാതകത്തിന്റെ താപനില തെർമോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് അളക്കുകയാണെങ്കിൽ, ഓരോ തന്മാത്രയുടെയും ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം, നഗ്നനേത്രങ്ങളിലൂടെ തന്മാത്രയെ കാണാതെ കണക്കാക്കാം.

വാതക തന്മാത്രകളുടെ മൊത്ത എണ്ണത്തെ ഓരോ തന്മാത്രയുടെയും ശരാശരി ഗതികോർജ്ജമവുമായി ഗുണിക്കുമ്പോൾ, വാതകത്തിന്റെ ആന്തരിക ഊർജ്ജം ലഭിക്കുന്നു.

ആദർശ വാതകത്തിലെ ആന്തരിക ഊർജ്ജം

$$U = N\left(\frac{1}{2}m\overline{v^2}\right)$$

സമവാക്യം (9.9) ഉപയോഗിക്കുന്നതിനാൽ

$$U = \frac{3}{2}NkT \qquad (9.11)$$

സമവാക്യം (9.11), ൽ നിന്നും ആദർശവാതകത്തിലെ ആന്തരിക ഊർജ്ജം, കേവല താപനിലയെ മാത്രം ആശ്രയിക്കുന്നുവെന്നും, മർദ്ദം, വ്യാപ്തത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല എന്നു നമുക്ക് മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിയും.

ഉദാഹരണം 9.1

27°Cൽ ഒരു ഫുട്ബോൾ-ൽ കാണുന്ന വായു തന്മാത്രകൾ 0.5 മോൾ ആകുന്നു. ബോളിലെ വായുവിന്റെ ആന്തരിക ഊർജ്ജം കണ്ടുപിടിക്കുക

നിർദ്ധാരണം

ആദർശ വാതകത്തിലെ ആന്തരിക ഊർജ്ജം = $\frac{3}{2}NkT$. വായുവിന്റെ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം മോളുകളുടെ എണ്ണത്തിൽ നൽകിയിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ, സമവാക്യത്തെ താഴെപറയുന്നതു പോലെ എഴുതാം.

$$U = \frac{3}{2}\mu RT$$

കാരണം $Nk = \mu R$. ഇവിടെ μ എന്നത് മോളുകളുടെ എണ്ണം ആകുന്നു.

വാതക സ്ഥിരാങ്കം $R = 8.31\ \frac{J}{mol\,k}$

താപനില T =273+27=300K

$$U = \frac{3}{2} \times 0.5 \times 8.31 \times 300 = 1869.75J$$

ഇത് 8 m s^{-1} വേഗതയിൽ ഓടുന്ന 57 kg ഉള്ള ഒരു മനുഷ്യന്റെ ഗതികോർജ്ജത്തിന് ഏകദേശം സമമാണ്.

9.2.3 മർദ്ദത്തിനും, ശരാശരി ഗതികോർജ്ജത്തിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം

മുൻപുള്ള വിഭാഗത്തിൽ നിന്നും, വാതകത്തിന്റെ ആന്തരിക ഊർജ്ജം എന്നത്,

$$U = \frac{3}{2}NkT$$

മുകളിലത്തെ സമവാക്യത്തെ താഴെ പറയുന്നരീതിയിൽ എഴുതാൻ കഴിയും.

$$U = \frac{3}{2}PV$$

since $PV = NkT$

$$P = \frac{2}{3}\frac{U}{V} = \frac{2}{3}u \qquad (9.12)$$

സമവാക്യം(9.12), ൽനിന്നും, വാതകത്തിന്റെമർദ്ദം, ഒരു യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിലെ ആന്തരിക ഊർജ്ജത്തിന്റെ മൂന്നിൽ രണ്ടു ഭാഗം അല്ലെങ്കിൽ ആന്തരിക ഊർജ്ജ സാന്ദ്രതയ്ക്ക് ($u = \frac{U}{V}$) തുല്യമായിരിക്കും.

സമവാക്യം(9.6) ഉപയോഗിച്ച്, ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം സാന്ദ്രതയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ മർദ്ദം എഴുതുന്നു.

$$P = \frac{1}{3}nm\overline{v^2} = \frac{1}{3}\rho\overline{v^2} \qquad (9.13)$$

ഇവിടെ $\rho = nm$ = ദ്രവ്യമാന സാന്ദ്രത (n എന്നത് സംഖ്യ സാന്ദ്രതയാകുന്നു)

സമവാക്യം(9.13) യുടെ വലതുവശത്തെ 2 കൊണ്ട് ഗുണിക്കുകയും, ഹരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

$$P = \frac{2}{3}\left(\frac{\rho}{2}\overline{v^2}\right) \qquad (9.14)$$

$$P = \frac{2}{3}\overline{KE}$$

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 168 4/1/2023 11:17:29 AM

സമവാക്യം (9.14), ൽ നിന്നും, മർദ്ദം, ഒരു യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിലെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജത്തിന്റെ 2/3 യ്ക്ക് സമമാകുന്നു.

9.2.4 വാതകങ്ങളുടെ ഗതികോർജ്ജ സിദ്ധാന്തത്തിൽ നിന്നും ചില സുപ്രധാന നിഗമനങ്ങൾ

ബോയിൽ നിയമം:

സമവാക്യം (9.12), ൽ നിന്നും $PV = \frac{2}{3}U$

എന്നാൽ, ആദർശ വാതകത്തിലെ ആന്തരിക ഊർജ്ജം, ഓരോ തന്മാത്രയുടെയും ശരാശരി ഗതികോർജ്ജ ത്തിന്റെ ($\in$) N മടങ്ങിന് തുല്യമായിരിക്കും.

$$U = N\in$$

ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയിൽ, ശരാശരി സ്ഥാനാന്തരണ ഗതികോർജ്ജം $\in$ സ്ഥിരമായിരിക്കുന്നു. ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്,

$PV = \frac{2}{3} N\in$ അതിനാൽ PV = സ്ഥിരാങ്കം

അതായത്, സ്ഥിരമായ താപനിലയിൽ, നിശ്ചിത മാസുള്ള ഒരു വാതകത്തിന്റെ മർദ്ദം അതിന്റെ ഉള്ളളവിന് വിപരീതാനുപാതത്തിൽ വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. ഇതാണ് ബോയിലിന്റെ നിയമം.

ചാൾസ് നിയമം:

സമവാക്യം (9.12), ൽ നിന്നും $PV = \frac{2}{3}U$ ലഭിക്കുന്നു

സ്ഥിരമായ മർദ്ദത്തിൽ, വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം (ഉള്ളളവ്), വാതകത്തിന്റെ ആന്തരിക ഊർജ്ജം അല്ലെങ്കിൽ വാതകത്തിന്റെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജത്തിനും നേർഅനുപാതത്തിലായിരിക്കും. കൂടാതെ, ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം കേവല താപനിലയ്ക്ക് നേർഅനുപാതത്തിലായിരിക്കും. ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്,

$V \alpha T$ അല്ലെങ്കിൽ $\frac{V}{T}$ = സ്ഥിരസംഖ്യ

ഇതാണ് ചാൾസ് നിയമം

അവഗാഡ്രോ നിയമം:

സ്ഥിരമായ താപനിലയിലും, മർദ്ദത്തിലും എല്ലാ വാതകങ്ങളുടെയും തുല്യ വ്യാപ്തത്തിൽ ഒരേ തന്മാത്രകൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു എന്നതാണ് ഈ നിയമത്തിന്റെ നിർവ്വചനം. സമതാപനിലയും, മർദ്ദവും ഉള്ള രണ്ടു വ്യത്യസ്ത വാതകങ്ങൾക്ക് വാതകങ്ങളുടെ ഗതിക സിദ്ധാന്തം അനുസരിച്ച്,

സമവാക്യം (9.6) ൽ നിന്നും

$$P = \frac{1}{3}\frac{N_1}{V} m_1 \overline{v_1^2} = \frac{1}{3}\frac{N_2}{V} m_2 \overline{v_2^2} \qquad (9.15)$$

ഇവിടെ $\overline{v_1^2}$, $\overline{v_2^2}$ എന്നത് രണ്ട് വാതകങ്ങളുടെ ശരാശരി മീൻസ്ക്വയർ വേഗതയും N_1, N_2 എന്നത് രണ്ടു വ്യത്യസ്ത വാതകങ്ങളുടെ വാതക തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണവും ആകുന്നു.

സമതാപനിലയിൽ, ഒരു തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം, രണ്ടു വാതകങ്ങൾക്കും സമമായിരിക്കും.

$$\frac{1}{2} m_1 \overline{v_1^2} = \frac{1}{2} m_2 \overline{v_2^2} \qquad (9.16)$$

സമവാക്യം (9.15) നെ (9.16) നാൽ ഹരിക്കുന്നു $N_1 = N_2$ എന്നു ലഭിക്കുന്നു.

ഇതാണ് അവഗാഡ്രോ നിയമം. ഇതിനെ ചില സമയം അവഗാഡ്രോ പരികൽപ്പന അല്ലെങ്കിൽ അവഗാഡ്രോ തത്വം എന്നു പറയുന്നു.

9.2.5 റൂട്ട്മീൻ സ്ക്വയർ വേഗത (v_{rms})

എല്ലാ തന്മാത്രകളുടെയും ശരാശരി മീൻ സ്ക്വയർ വേഗതയുടെ വർഗ്ഗമൂലം എന്നു റൂട്ട് മീൻ സ്ക്വയർ വേഗതയെനിർവ്വചിക്കാം.ഇതിനെ$v_{rms} = \sqrt{\overline{v^2}}$ എന്നു എഴുതാവുന്നതാണ്.

സമവാക്യം (9.8) നെ താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ മാറ്റി എഴുതാം.

മീൻ സ്ക്വയർ വേഗത $\overline{v^2} = \frac{3kT}{m}$ (9.17)

റൂട്ട് മീൻ സ്ക്വയർ വേഗത,

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = 1.73\sqrt{\frac{kT}{m}} \qquad (9.18)$$

സമവാക്യം (9.18) ൽ നിന്നും താഴെ പറയുന്നവ അനുമാനിക്കാം.

(i) rms വേഗത, താപനിലയുടെ വർഗ്ഗമൂലത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലും, തന്മാത്രയുടെ ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ വർഗ്ഗമൂലത്തിനു വിപരീതാനുപാതത്തിലുമായിരിക്കും. ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയിൽ,ഭാരംകൂടിയദ്രവ്യമാനത്തിന്റെതന്മാത്രകളെക്കാൾ, ഭാരം കുറഞ്ഞ ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ തന്മാത്രകൾ ശരാശരി വേഗത്തിൽ ചലിക്കുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 169 4/1/2023 11:17:39 AM

ഉദാഹരണം: ഒരേ താപനിലയിൽ, ഓക്സിജനും, നൈട്രജനും പോലുള്ള ഭാരം കൂടിയ തന്മാത്രകളെക്കാൾ ഭാരം കുറഞ്ഞ തന്മാത്രകളായ ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം എന്നിവയ്ക്ക് റൂട്ട് മീൻസ്ക്വയർ വേഗത 'v_{rms} അധികമായിരിക്കും.

(ii) താപനില അധികരിക്കുമ്പോൾ, തന്മാത്രകളുടെ റൂട്ട് മീൻസ്ക്വയർ വേഗത v_{rms} യും അധികരിക്കുന്നു.

വാതക സ്ഥിരാങ്കം R ഉപയോഗിച്ച് v_{rms} സമവാക്യത്തെ താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാം. സമവാക്യം (9.18) ൽ നിന്നും,

$v_{rms} = \sqrt{\frac{3N_A kT}{N_A m}}$ ഇവിടെ N_A എന്നത് അവഗാഡ്രോ സംഖ്യ ആകുന്നു.

ഇവിടെ $N_A k = R$ and $N_A m = M$ (തന്മാത്രാ ദ്രവ്യമാനം)

റൂട്ട് മീൻസ്ക്വയർ വേഗത അല്ലെങ്കിൽ r.m.s വേഗത

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \qquad (9.19)$$

rms വേഗത ഉപയോഗിച്ച്, സമവാക്യം (9.6) എന്ന താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാൻ കഴിയും.

$P = \frac{1}{3} nmv^2_{rms}$

എന്തെന്നാൽ $v^2_{rms} = \overline{v^2}$

കുറിപ്പ്

റൂട്ട് മീൻസ്ക്വയർ വേഗത, ശരാശരി വേഗതയ്ക്ക് സമമല്ല. ശരാശരി വേഗത, r.m.s വേഗതയുടെ 0.92 മടങ്ങ് ആണ്.

പ്രകൃതിയിൽ റൂട്ട്മീൻ സ്ക്വയറിന്റെ v_{rms} സ്വാധീനം:

1. **ചന്ദ്രന് അന്തരീക്ഷം ഇല്ല.**

   കുറഞ്ഞ ഗുരുത്വാകർഷണം കാരണം ചന്ദ്രന്റെ ഉപരിതലത്തിലെ വാതകങ്ങളുടെ എസ്കേപ്പ് വേഗത വാതകങ്ങളുടെ റൂട്ട്മീൻ സ്ക്വയർ വേഗതകളെക്കാൾ വളരെ കുറവാണ്. ഇതു മൂലം എല്ലാ വാതകങ്ങളും ചന്ദ്രന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും രക്ഷപ്പെടുന്നു.

2. **ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഹൈഡ്രജൻ ഇല്ല**

   ഹൈഡ്രജന്റെ റൂട്ട് മീൻസ്ക്വയർ വേഗത നൈട്രജനെക്കാൾ വളരെ കൂടുതലായതിനാൽ, ഇത് ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷത്തിൽ നിന്നും എളുപ്പത്തിൽ രക്ഷപ്പെടുന്നു.

   വാസ്തവത്തിൽ, ഉയർന്ന ജ്വലന ഹൈഡ്രജനു പകരം പ്രവർത്തന രഹിതമായ നൈട്രജന്റെ സാന്നിദ്ധ്യം പല വിനാശകരമായ അനന്തരഫലങ്ങളെയും തടയുന്നു.

ഉദാഹരണം 9.2

ഒരു മുറിയിൽ 3:1 അനുപാതത്തിൽ ഓക്സിജൻ, ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രകൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. മുറിയുടെ താപനില 27°C ആണ്. ഓക്സിജന്റെ തന്മാത്രാ ദ്രവ്യമാനം $32\,g\,mol^{-1}$ ഉം ഹൈഡ്രജന്റെ തന്മാത്രാ ദ്രവ്യമാനം $2\,g\,mol^{-1}$ ഉം ആണ്. വാതക സ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ വില $8.32\,J\,mol^{-1}\,K^{-1}$ ആകുന്നു.

കണ്ടുപിടിക്കുക

(a) ഓക്സിജൻ, ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രയുടെ rms വേഗത

(b) ഒരു ഓക്സിജൻ തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജവും, ഒരു ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജവും കണ്ടുപിടിക്കുക.

(c) ഓക്സിജൻ തന്മാത്രകളുടെയും, ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രകളുടെയും ശരാശരി ഗതികോർജ്ജത്തിന്റെ അനുപാതം.

നിർദ്ധാരണം

(a) കേവല താപനില

T=27°C =27+273=300 K.

വാതക സ്ഥിരാങ്കം $R=8.32\,J\,mol^{-1}\,k^{-1}$

ഓക്സിജൻ തന്മാത്രയുടെ : തന്മാത്ര ദ്രവ്യമാനം $M=32\,g = 32 \times 10^{-3}\,kg\,mol^{-1}$

rms വേഗത $v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3\times8.32\times300}{32\times10^{-3}}}$

$= 483.73\ m\ s^{-1} \approx 484\ m\ s^{-1}$

ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രയുടെ:

തന്മാത്ര ദ്രവ്യമാനം $M = 2 \times 10^{-3}\,kg\,mol^{-1}$

rms വേഗത $v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3\times8.32\times300}{2\times10^{-3}}}$

$= 1934\,m\,s^{-1} = 1.93\ k\,m\ \ s^{-1}$

ഇവിടെ, rms വേഗത, $\sqrt{M}$ ന് വിപരീതാനുപാതത്തിലും, ഓക്സിജന്റെ തന്മാത്രാ ദ്രവ്യമാനം ഹൈഡ്രജന്റെ തന്മാത്രാ ദ്രവ്യമാനത്തെക്കാൾ 16 മടങ്ങ് കൂടുതലും ആയിരിക്കും. ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, ഒരേ താപനിലയിൽ, ഹൈഡ്രജന്റെ rms വേഗത ഓക്സിജന്റെ rms വേഗതയെക്കാൾ 4 മടങ്ങ് അധികമായിരിക്കും. $\frac{1934}{484} \approx 4$.

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 170 4/1/2023 11:17:47 AM

(b) ഒരു തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം $\frac{3}{2}kT$. ആകുന്നു. ഇത് കേവല താപനിലയെ മാത്രം ആശ്രയിക്കുന്നു. തന്മാത്രയുടെ സ്വഭാവത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. രണ്ടു വാതക തന്മാത്രകളും ഒരേ താപനിലയിലായതിനാൽ, അവയുടെ ഓരോ തന്മാത്രകളുടെയും ശരാശരി ഗതികോർജ്ജവും സമമായിരിക്കും. k എന്നത് ബോൾസ്മൻ സ്ഥിരാങ്കം ആണ്.

$$\frac{3}{2}kT = \frac{3}{2}\times 1.38\times 10^{-23}\times 300 = 6.21\times 10^{-21} J$$

(c) മൊത്ത ഓക്സിജൻ തന്മാത്രകളുടെയും, ശരാശരിഗതികോർജ്ജം= $\frac{3}{2}N_o kT$ ഇവിടെ N_o - എന്നത് മുറിയിലെമൊത്തഓക്സിജൻ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം ആണ്.
മൊത്ത ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രകളുടെയും ശരാശരിഗതികോർജ്ജം= $\frac{3}{2}N_H kT$ ഇവിടെ N_H- എന്നത് മുറിയിലെ ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം ആണ്.
തന്നിട്ടുള്ളതിൽ നിന്നും, മുറിയിലെ ഓക്സിജൻ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം, ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണത്തെക്കാൾ 3 മടങ്ങ് കൂടുതലായിരിക്കും. അതിനാൽ, ഓക്സിജൻ തന്മാത്രകളുടെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജത്തിനും, ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രകളുടെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജത്തിനും തമ്മിലുള്ള അനുപാതം 3:1 ആകുന്നു. .

9.2.6 ശരാശരി വേഗത ($\bar{v}$)

മൊത്ത തന്മാത്രകളുടെയും വേഗതകളുടെ ശരാശരിയെ ശരാശരി വേഗത എന്നു നിർവ്വചിക്കാം.

If v_1, v_2, v_3.....v_N ഓരോ തന്മാത്രയുടെ വേഗതയാണെങ്കിൽ,

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 ..... + v_n}{N} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} \quad (9.20)$$

ഇവിടെ M- തന്മാത്ര ദ്രവ്യമാനവും, m – വായു തന്മാത്രയുടെ ദ്രവ്യമാനവും ആകുന്നു.

$$\bar{v} = 1.60\sqrt{\frac{kT}{m}} \quad (9.21)$$

9.2.7. ഏറ്റവും സാധ്യതയുള്ള വേഗത (v_{mp})

വാതകത്തിലെ മിക്ക തന്മാത്രകളും നേടിയ വേഗത എന്നാണ് ഇതിന്റെ നിർവ്വചനം.

$$v_{mp} = \sqrt{\frac{2RT}{M}} = \sqrt{\frac{2kT}{m}} \quad (9.22)$$

$$v_{mp} = 1.41\sqrt{\frac{kT}{m}} \quad (9.23)$$

സമവാക്യം (9.20), (9.22) ഉരുത്തിരിയുന്ന വിധം മുകളിലത്തെ ക്ലാസ്സുകളിൽ പഠിക്കാം.

v_{rms}, $\bar{v}$, v_{mp} എന്നിവയുടെ താരതമ്യം

തന്നിട്ടുള്ള മൂന്നു വേഗതകളിലും, ഏറ്റവും വലുത് v_{rms} ഉം ഏറ്റവും കുറഞ്ഞത് v_{mp} ഉം ആണ്.

$$v_{\text{rms}} > \bar{v} > v_{\text{mp}}$$

അനുപാതത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ,

$$v_{\text{rms}} : \bar{v} : v_{\text{mp}} = \sqrt{3} : \sqrt{8/\pi} : \sqrt{2} = 1.732 : 1.6 : 1.414$$

ഉദാഹരണം 9.3

ചലിക്കുന്ന പത്തു കണികകളുടെ വേഗത യഥാക്രമം2,3,4,5,5,5,6,6,7കൂടാതെ9m s^{-1}ആകുന്നു. rms വേഗത, ശരാശരി വേഗത, ഏറ്റവും സാധ്യതയുള്ള വേഗത എന്നിവ കണ്ടുപിടിക്കുക?

നിർദ്ധാരണം

ശരാശരി വേഗത

$$\bar{v} = \frac{2+3+4+5+5+5+6+6+7+9}{10} = 5.2\, m\, s^{-1}$$

വേഗത കണ്ടുപിടിക്കാൻ, ആദ്യം മീൻ സ്കയർ വേഗത $\overline{v^2}$ കണ്ടുപിടിക്കണം

$$\overline{v^2} = \frac{2^2+3^2+4^2+5^2+5^2+5^2+6^2+6^2+7^2+9^2}{10}$$

$$= 30.6\, m^2\, s^{-2}$$

rms വേഗത

$$v_{rms} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{30.6} = 5.53\, m\, s^{-1}$$

ഏറ്റവും സാധ്യതയുള്ള വേഗത 5 m s^{-1} ആകുന്നു. കാരണം മൂന്നു കണികകളും ഈ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 171 4/1/2023 11:17:59 AM

ഉദാഹരണം 9.4

താപനിലയിലുള്ള 1 മോൾ ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രകളുടെ 300 K വേഗത, ശരാശരി വേഗത, കൂടാതെ ഏറ്റവും സാധ്യതയുള്ള വേഗത എന്നിവകണ്ടുപിടിക്കുക. ഇലക്ട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തെ അവഗണിക്കുക?

നിർദ്ധാരണം

ഹൈഡ്രജൻ അണുവിനും ഒരു പ്രോട്ടോണും, ഒരു ഇലക്ട്രോണും കാണുന്നു. പ്രോട്ടോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ, ഇലക്ട്രോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തെ അവഗണിക്കാവുന്നതാണ്.

ഒരു പ്രോട്ടോണിന്റെ ദ്രവ്യമാനം $= 1.67 \times 10^{-27} kg.$

ഒരു ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്ര = 2 ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കൾ $= 2 \times 1.67 \times 10^{-27} kg.$

ശരാശരി വേഗത

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} = 1.60\sqrt{\frac{kT}{m}} =$$

$$= 1.60\sqrt{\frac{(1.38\times10^{-23})\times(300)}{2(1.67\times10^{-27})}} = 1.78\times10^{3}\, m\,s^{-1}$$

(ബോൾസ്മാൻ സ്ഥിരാങ്കം $k = 1.38 \times 10^{-23}\, J\,K^{-1}$)

rms വേഗത $\quad v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = 1.73\sqrt{\frac{kT}{m}}$

$$= 1.73\sqrt{\frac{(1.38\times10^{-23})\times(300)}{2(1.67\times10^{-27})}} = 1.93\times10^{3}\, m\,s^{-1}$$

ഏറ്റവും സാധ്യതയുള്ള വേഗത $v_{mp} = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = 1.41\sqrt{\frac{kT}{m}}$

$$= 1.41\sqrt{\frac{(1.38\times10^{-23})\times(300)}{2(1.67\times10^{-27})}} = 1.57\times10^{3}\, m\,s^{-1}$$

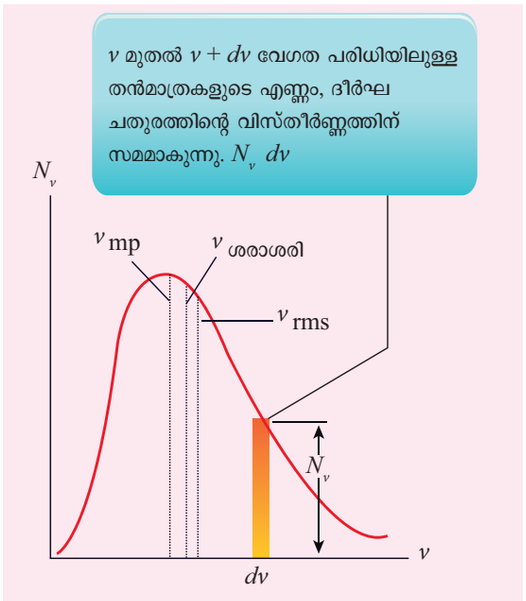
ഇവിടെ $\quad v_{\text{rms}} > \bar{v} > v_{\text{mp}}$

9.2.8 മാക്സ്വെൽ - ബോൾസ്മാൻ വേഗ വിതരണ പ്രവർത്തനം

ഒരു ക്ലാസ് മുറിയിൽ, വായു തന്മാത്രകൾ, ക്രമരഹിതമായ ദിശയിൽ ചലിക്കുന്നു. താപനിലയും, മർദ്ദവും പോലുള്ള മാക്രോസ്കോപ്പിക് പരാമീറ്ററുകൾ നിശ്ചയിച്ചിട്ടുണ്ടെങ്കിലും, ഓരോ തന്മാത്രയുടെയും വേഗത തുല്യമല്ല. ഓരോ തന്മാത്രയും മറ്റുള്ള തന്മാത്രയുമായി കൂട്ടിമുട്ടുകയും, അവയുടെ വേഗതയെ കൈമാറ്റം ചെയ്യുകയും ചെയ്യുന്നു. മുൻപുള്ള വിഭാഗത്തിൽ ഓരോ തന്മാത്രയുടെയും rms വേഗത നമ്മൾ കണ്ടുപിടിച്ചു. എന്നാൽ ഓരോ തന്മാത്രയുടെയും വേഗത തനിതനിയായി കണ്ടുപിടിക്കാൻ ബുദ്ധിമുട്ടാണ്. ഈ സാഹചര്യത്തിൽ, $5 ms^{-1}$ മുതൽ $10 ms^{-1}$ വരെ അല്ലെങ്കിൽ $10 m s^{-1}$ മുതൽ $15 m s^{-1}$ വരെ, മുതലായ വേഗതയിൽ ചലിക്കുന്ന വാതക തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം, നമുക്ക് കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയും. പൊതുവായി, v മുതൽ $v + dv$ എന്ന വേഗത പരിധിയിലുള്ള തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണത്തെ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. മാക്സ് വെൽ - ബോൾസ് മാൻ വേഗ വിതരണ പ്രവർത്തനം ഉപയോഗിച്ച് കണ്ടുപിടിക്കാം.

$$N_v = 4\pi N\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} \qquad (9.24)$$

മുകളിലത്തെ സമവാക്യത്തെ ഗ്രാഫിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 9.3 മാക്സ്വെൽ തന്മാത്ര വേഗ വിതരണം.

ചിത്രം 9.3--ൽ നിന്നും, ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയ്ക്ക് കുറഞ്ഞ വേഗതയുള്ള തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം പാരബോളിയ്ക്കലായി വർദ്ധിക്കുന്നു. (v^2) പക്ഷേ ഏറ്റവും സാധ്യതയുള്ള വേഗതയിൽ എത്തിയതിനുശേഷം ഗണ്യമായി കുറയുന്നു.

($e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$) rms വേഗത, ശരാശരി വേഗത, ഏറ്റവും സാധ്യതയുള്ള വേഗത എന്നിവ ചിത്രം (9.3) ൽ സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവ മൂന്നിൽ നിന്നും വേഗത ഏറ്റവും വലുതാണെന്ന് കാണാൻ കഴിയും.

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 172 4/1/2023 11:18:03 AM

$50\,m\,s^{-1}, 60\,m\,s^{-1}$, നും ഇടയിലുള്ള വേഗത പരിധിയിലെ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം അറിയുന്നതിനായി,

$$\int_{50}^{60} 4\pi N\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} dv = N(50 \text{ to } 60\ m\,s^{-1})$$ ന പൊതുവായി v, v+dv എന്നീ വേഗത പരിധിയിലെ തൻമാത്രകളുടെഎണ്ണംതാഴെകൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

$$\int_{v}^{v+dv} 4\pi N\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} dv = N(\text{മുതൽ } v+dv)$$

യഥാർത്ഥ സംയോജനരീതി മുകളിലത്തെ ക്ലാസ്സുകളിൽ പഠിക്കാം. പക്ഷെഗ്രാഫിൽ നിന്നും വാതക തന്മാത്രകളുടെ സ്വഭാവം നമുക്ക് അനുമാനിക്കാൻ കഴിയും.

(i) ഗ്രാഫിനു താഴെ വരുന്ന വിസ്തീർണ്ണം, സിസ്റ്റത്തിലെ വാതക തന്മാത്രകളുടെ മൊത്ത എണ്ണത്തെ കൊടുക്കുന്നു.

(ii) ചിത്രം 9.4 കാണിക്കുന്നത്, രണ്ടു വ്യത്യസ്ത താപനിലയിലുള്ള വേഗ വിതരണ ഗ്രാഫ് ആണ്. താപനില അധികരിക്കുമ്പോൾ കർവിന്റെ പീക്ക് വലതുവശത്തേയ്ക്ക് നീങ്ങുന്നു. ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, ഓരോ തന്മാത്രയുടെയും ശരാശരി വേഗത അധികരിക്കുന്നു എന്നാണ്. എന്നാൽ ഓരോ ഗ്രാഫിലുള്ള വിസ്തീർണ്ണം സമമായിരിക്കും. കാരണം, ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, വാതക തന്മാത്രകളുടെ മൊത്ത എണ്ണമാണ്.

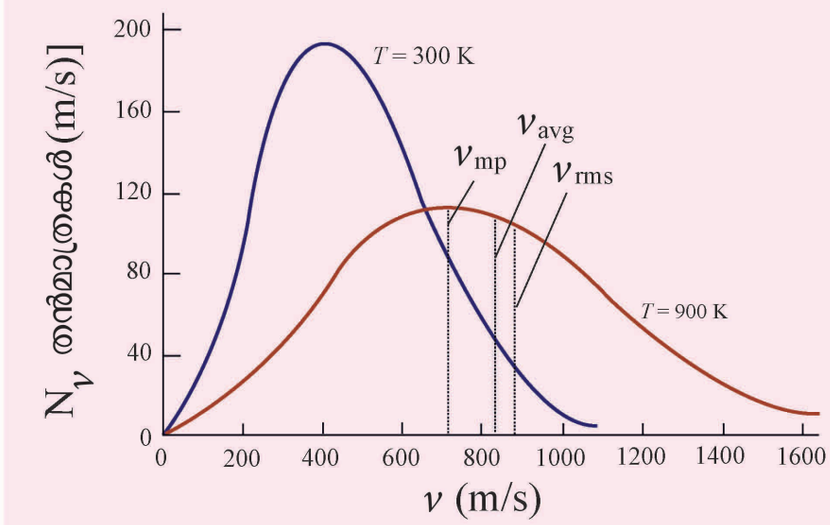
കുറിപ്പ്

ആശ്ചര്യപ്പെടാവുന്ന ഒന്ന് എന്താണെന്ന് വച്ചാൽ, ഒരിക്കൽ വാതക തന്മാത്ര സന്തുലിതാവസ്ഥ കൈവരിച്ചാൽ, തന്നിട്ടുള്ള വേഗത പരിധിയിലെ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം മാറുന്നില്ല. ഉദാഹരണത്തിന്, ഒരു തന്മാത്ര തുടക്കത്തിൽ $12\,m\,s^{-1}$ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുകയും, മറ്റുചില തന്മാത്രകളുമായി കൂട്ടിമുട്ടുകയും, പിന്നെ അതിന്റെ വേഗത $9\,m\,s^{-1}$ ആയി മാറുകയും ചെയ്യുന്നുവെങ്കിൽ, തുടക്കത്തിൽ വ്യത്യസ്ത വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന മറ്റ് തന്മാത്രകൾ മറ്റൊരു കൂട്ടിമുട്ടൽ കാരണം $12\,m\,s^{-1}$ വേഗതയിൽ എത്തുന്നു. അതിനാൽ, വാതക തന്മാത്രകൾ സന്തുലിതാവസ്ഥയിൽ എത്തിയാൽ, v മുതൽ v+dv വരെയുള്ള പരിധിയിൽ കിടക്കുന്ന തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം എല്ലായ്പ്പോഴും നിർണ്ണയിക്കപ്പെടുന്നു.

9.3 ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം

9.3.1 നിർവ്വചനം

സ്പെയിസിൽ താപഗതിക വ്യൂഹത്തിന്റെ സ്ഥാനവും, ക്രമീകരണവും സൂചിപ്പിക്കുന്നതിന് ആവശ്യമായ സ്വതന്ത്ര അക്ഷാംശങ്ങളുടെ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ എണ്ണത്തെ ആ വ്യൂഹത്തിന്റെ ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം എന്നു പറയുന്നു.



ചിത്രം 9.4 രണ്ടു വ്യത്യസ്ത താപനിലയിലെ മാക്സ്വെൽ വിതരണ ഗ്രാഫ്

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 173 4/1/2023 11:18:04 AM

ഉദാഹരണം:

1. x അക്ഷത്തിൽ ചലിക്കുന്ന ഒരു സ്വതന്ത്ര കണികയെ മുഴുവനായി വ്യക്തമാക്കാൻ ഒരു കോഡിനേറ്റ് മാത്രമേ ആവശ്യമുള്ളൂ. അതിനാൽ ഇതിന്റെ ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം ഒന്ന് ആണ്.
2. ഒരു തലത്തിനു മുകളിലൂടെ ചലിക്കുന്ന ഒരു കണികയ്ക്ക് രണ്ട് ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം ഉണ്ട്.
3. ഒരു സ്പെയ്സിൽ ചലിക്കുന്ന ഒരു കണികയ്ക്ക് മൂന്ന് ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം ഉണ്ട്.

ഒരു പാത്രത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന വാതക തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം N ആണെങ്കിൽ, മൊത്ത ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡത്തിന്റെ എണ്ണം $f = 3N$ ആകുന്നു.

എന്നാൽ, സിസ്റ്റത്തിന് q എണ്ണം പരിമിതികൾ അല്ലെങ്കിൽ ചലനത്തിലെ നിയന്ത്രണങ്ങൾ ഉണ്ടെങ്കിൽ, ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം കുറയുന്നു. ഇത് $f = 3N-q$ ന് സമമാകുന്നു. ഇവിടെ N എന്നത് കണികകളുടെ എണ്ണം ആണ്.

9.3.2 ഏക അണു തന്മാത്ര

ഒരു ഏകഅണു തന്മാത്രയ്ക്ക് അതിന്റെ സ്വഭാവമനുസരിച്ച് മൂന്ന് സ്ഥാനാന്തരണ ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം മാത്രമേ ഉണ്ടായിരിക്കുകയുള്ളൂ.

അതിനാൽ $f = 3$

ഉദാഹരണം: ഹീലിയം, നിയോൺ, ആർഗോൺ

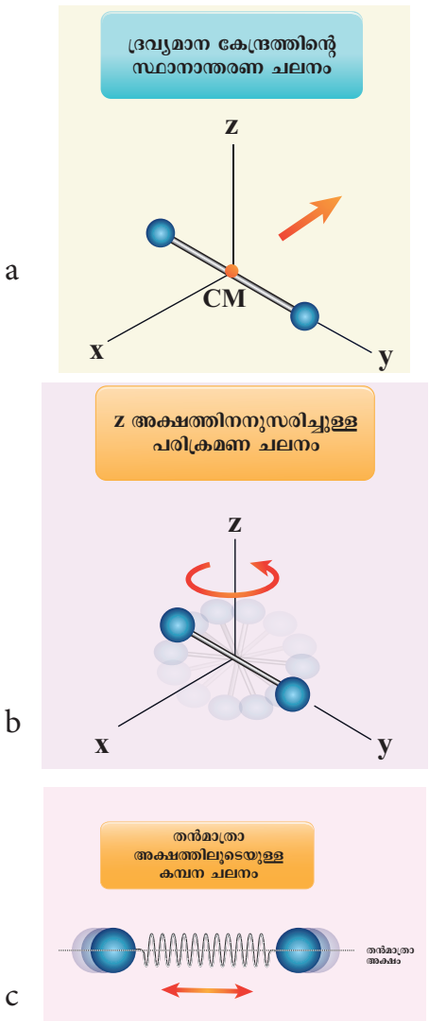
9.3.3 ദ്വയണു തന്മാത്ര

രണ്ടു നിലകൾ കാണുന്നു.

1. സാധാരണ താപനിലയിൽ

ദ്വയണു വാതകത്തിലെ ഒരു തന്മാത്രയിൽ ആകർഷണ ബലത്താൽ പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന രണ്ടു അണുക്കൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഭൗതികമായി തന്മാത്രയെ, ദ്രവ്യമാനമില്ലാത്ത ഇലാസ്തികതയുള്ള സ്പ്രിംഗിന്റെ അറ്റത്ത് ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന രണ്ട് പോയിന്റ് മാസുകളുടെ ഒരു സംവിധാനമായി കണക്കാക്കാം.

ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ കേന്ദ്രം, ദ്വയണു തന്മാത്രയുടെ കേന്ദ്രത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ, ദ്രവ്യമാന കേന്ദ്രത്തിന്റെ ചലനത്തിന് മൂന്നു സ്ഥാനാന്തരണ ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം ആവശ്യമാണ് (ചിത്രം 9.5 a). കൂടാതെ ദ്വയണു തന്മാത്രയ്ക്ക് മൂന്നു



ചിത്രം 9.5 ദ്വയണു തന്മാത്രയുടെ ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം

പരസ്പരം ലംബമായ അക്ഷങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് പരിക്രമണം ചെയ്യാൻ കഴിയും. എന്നാൽ, അതിന്റെ പരിക്രമണ അക്ഷത്തിലുള്ള മൊമന്റ് ഓഫ് ഇനേർഷ്യ അവഗണിക്കാവുന്നതാണ്. (ചിത്രം 9.5 ൽ y അക്ഷത്തെ അനുസരിച്ച്) അതിനാൽ, ഇതിന് രണ്ടു പരിക്രമണ ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം മാത്രമേ ഉണ്ടായിരിക്കുകയുള്ളൂ. (Z അക്ഷത്തിനനുസരിച്ച് ഒരു പരിക്രമണവും, X അക്ഷത്തിനനുസരിച്ച് ഒരു പരിക്രമണവും) അതിനാൽ, മൊത്തത്തിൽ അഞ്ച് ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം കാണുന്നു.

$$f = 5$$

2. ഉയർന്ന താപനിലയിൽ

5000 K, പോലുള്ള വളരെ ഉയർന്ന താപനിലയിൽ, ദ്വയണു തന്മാത്രകൾ, കമ്പനചലനം കാരണം കൂടുതലായി രണ്ടു ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം കാണി

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 174 4/1/2023 11:18:06 AM

ക്കുന്നു. (ഒന്ന് കമ്പനത്തിന്റെ ഗതികോർജ്ജം കാരണവും രണ്ട്, സ്ഥിതികോർജ്ജം കാരണവും) ചിത്രം (9.5c) അതിനാൽ, മൊത്തത്തിൽ ഏഴു ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം കാണുന്നു.

$$f = 7$$

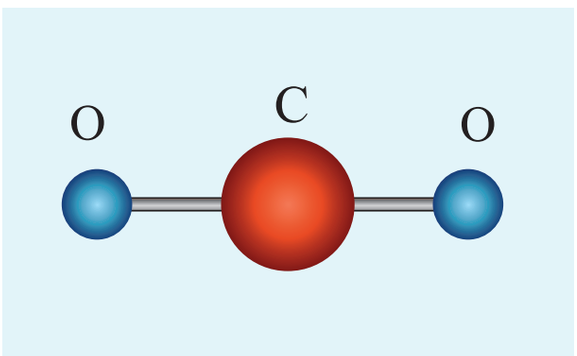
ഉദാഹരണം: ഹൈഡ്രജൻ, നൈട്രജൻ, ഓക്സിജൻ

9.3.4 ത്രിതിയ അണു തന്മാത്രകൾ

രണ്ടു നിലകൾ കാണുന്നു.

രേഖീയ ത്രിതീയ അണു തന്മാത്രകൾ

ഇതിൽ,മധ്യത്തിലുള്ള അണുവിന്റെരണ്ടുവശങ്ങളി ലായി രണ്ടു അണുക്കൾ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. ചിത്രം 9.6



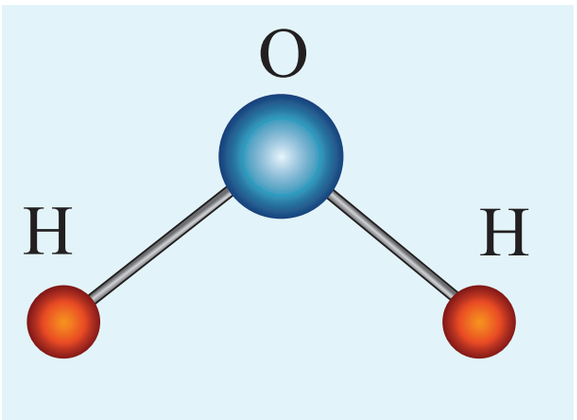
ചിത്രം 9.6 ഒരു രേഖീയ ത്രിതീയ അണു തന്മാത്ര

രേഖീയ ത്രിതീയ അണു തന്മാത്രയ്ക്ക് മൂന്നു സ്ഥാനാന്തരണ ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം ഉണ്ട്. ഇതിന് രണ്ടു പരിക്രമണ ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം ഉണ്ട്. കാരണം, ഇത് ദ്വയണു തന്മാത്രയ്ക്ക് സമാ നമായതാണ്. എന്നാൽ ഇതിന് കേന്ദ്രത്തിൽ ഒരു അണു കൂടെ അധികമായി കാണുന്നു. സാധാരണ താപനിലയിൽ, രേഖീയ ത്രിതീയ അണു തന്മാത്ര യ്ക്ക് അഞ്ചു ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം ഉണ്ടായിരി ക്കും. ഉയർന്ന താപനിലയിൽ, ഇതിന് രണ്ടു അധിക കമ്പന ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡവും കാണുന്നു. അതിനാൽ ഒരു രേഖീയ ത്രിതീയ അണു തന്മാ ത്രയ്ക്ക് ഏഴു ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം ഉണ്ട്.

ഉദാഹരണം: കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് രേഖീയമല്ലാത്ത ത്രിതീയ അണു തന്മാത്ര.

രേഖീയമല്ലാത്ത ത്രിതീയ അണു തൻമാത്ര

ഇവയിൽ മൂന്നു അണുക്കൾ ഒരു ത്രികോണത്തിന്റെ വെർട്ടിസസുകളിൽ ഇരിക്കുന്നതായി ചിത്രം 9.7 ൽ കാണാവുന്നതാണ്.



ചിത്രം 9.7 ഒരു രേഖീയമല്ലാത്ത ത്രിതീയ അണു തന്മാത്ര

ഇതിന്മൂന്നുസ്ഥാനാന്തരണഡിഗ്രീസ്ഓഫ്ഫ്രീഡ വും, മൂന്നു പരിക്രമണ ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡവും കാണുന്നു. ഇവ മൂന്നു പരസ്പരം ലംബമായ അക്ഷ ത്തിനനുസരിച്ച് കാണുന്നു. മൊത്തം ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം, $f = 6$

ഉദാഹരണം: ജലം, സൾഫർ ഡൈ ഓക്സൈഡ്.

9.4 ഊർജ്ജത്തിന്റെ സമഭാഗീകരണ നിയമം

x ദിശയിൽ ചലിക്കുന്ന തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി ഗതി കോർജ്ജം എന്നത് $\frac{1}{2}m\overline{v_x^2} = \frac{1}{2}kT$ എന്നു വിഭാഗം 9.2.1-ൽ നമ്മൾ കണ്ടിട്ടുണ്ട്.

അതുപോലെ, y ദിശയിൽ ചലനം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ $\frac{1}{2}m\overline{v_y^2} = \frac{1}{2}kT$ യും z ദിശയിൽ ചലിക്കുമ്പോൾ, $\frac{1}{2}m\overline{v_z^2} = \frac{1}{2}kT$ യും ആകുന്നു.

ഗതികസിദ്ധാന്തം അനുസരിച്ച്, T താപനിലയിൽ, താപീയ സന്തുലിതാവസ്ഥയിൽ, തന്മാത്രകളുടെ സിസ്റ്റത്തിലെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം, എല്ലാ ഡിഗ്രീസ്ഓഫ്ഫ്രീഡത്തിലുംതുല്യമായിവിതരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. x അല്ലെങ്കിൽ y അല്ലെങ്കിൽ z ദിശ

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 175 4/1/2023 11:18:10 AM

യിലെ ചലനം) അതിനാൽ ഓരോ ഡിഗ്രി ഓഫ് ഫ്രീഡവും $\frac{1}{2}kT$ ഊർജ്ജം നൽകുന്നു. ഇതാണ് ഊർജ്ജത്തിന്റെ സമഭാഗീകരണ നിയമം.

ഏക അണു തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം

$(f=3) = 3\times\frac{1}{2}kT = \frac{3}{2}kT$

കുറഞ്ഞ താപനിലയിൽ, ദ്വയണു തന്മാത്രയുടെ

ഗതികോർജ്ജം $(f = 5) = 5\times\frac{1}{2}kT = \frac{5}{2}kT$

ഉയർന്ന താപനിലയിൽ, ദ്വയണു തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം $(f =7) = 7\times\frac{1}{2}kT = \frac{7}{2}kT$

രേഖീയ ത്രിതീയ അണു തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം $(f = 7) = 7\times\frac{1}{2}kT = \frac{7}{2}kT$

രേഖീയമല്ലാത്ത ത്രിതീയ അണു തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം $(f = 6) = 6\times\frac{1}{2}kT = 3kT$

9.4.1 വാതകത്തിന്റെ വിശിഷ്ട താപത്തിൽ, ഊർജ്ജത്തിന്റെ സമഭാഗീകരണ നിയമത്തിന്റെ പ്രയോജനങ്ങൾ

മേയർ ബന്ധം $C_P - C_V = R$ ഒരു മോൾ ആദർശ വാതകത്തിന്റെ രണ്ടു വിശിഷ്ടതാപങ്ങളെ ബന്ധപ്പെടുത്തുന്നു.

$C_P - C_V$ യുടെ വില കണ്ടുപിടിക്കാനും ഇവയുടെ അനുപാതം $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$. കണ്ടുപിടിക്കാനും ഊർജ്ജത്തിന്റെ സമഭാഗഭാഗീകരണ നിയമം ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഇവിടെ γ നെ അഡിയബാറ്റിക് എക്സ്പൊണന്റ് എന്നു പറയുന്നു.

i) ഏക അണു തന്മാത്ര

ഒരു തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം

$$= \left[\frac{3}{2}kT\right]$$

ഒരു മോൾ വാതകത്തിലെ മൊത്ത ഊർജ്ജം

$$= \frac{3}{2}kT \times N_A = \frac{3}{2}RT$$

ഒരു മോൾ -ന് സ്ഥിരവ്യാപ്തത്തിൽ ഉള്ള തന്മാത്രാ വിശിഷ്ട താപം $C_V = \frac{dU}{dT} = \frac{d}{dT}\left[\frac{3}{2}RT\right]$

$$C_V = \left[\frac{3}{2}R\right]$$

$$C_P = C_V + R = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$$

വിശിഷ്ട താപങ്ങളുടെ അനുപാതം,

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = \frac{5}{3} = 1.67$$

ii) ദ്വയണു തന്മാത്ര

കുറഞ്ഞ താപനിലയിൽ, ദ്വയണു തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം $= \frac{5}{2}kT$

ഒരു മോൾ വാതകത്തിലെ മൊത്ത ഊർജ്ജം

$$= \frac{5}{2}kT \times N_A = \frac{5}{2}RT$$

(ഇവിടെ, മൊത്ത ഊർജ്ജം പൂർണ്ണമായും ഗതികോർജ്ജമായിരിക്കും)

ഒരു മോൾ-ന്, സ്ഥിര-വ്യാപ്തത്തിൽ ഉള്ള വിശിഷ്ട താപം

$$C_V = \frac{dU}{dT} = \left[\frac{5}{2}RT\right] = \frac{5}{2}R$$

പക്ഷേ $C_P = C_V + R = \frac{5}{2}R + R = \frac{7}{2}R$

$$\therefore \gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{\frac{7}{2}R}{\frac{5}{2}R} = 7/5 = 1.40$$

ഉയർന്ന താപനിലയിൽ, ദ്വയണു തന്മാത്രയുടെ ഊർജ്ജം $\frac{7}{2}RT$ യ്ക്ക് സമമായിരിക്കും

$$C_V = \frac{dU}{dT} = \left[\frac{7}{2}RT\right] = \frac{7}{2}R$$

$$\therefore C_P = C_V + R = 7/2\,R + R$$

$$C_P = 9/2\,R$$

ഇവിടെ ഏക അണു തന്മാത്രയെക്കാൾ ദ്വയണു തന്മാത്രയുടെ C_V, C_P യുടെ വില അധികമായിരിക്കും. ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, 1°C നാൽ ദ്വയണു വാതക തന്മാത്രകളുടെ താപനില വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നതിന്, ഇതിന്

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 176 4/1/2023 11:18:32 AM

ഏക അണു തന്മാത്രയെക്കാൾ കൂടുതൽ താപ ഊർജ്ജം ആവശ്യമായി വരുന്നു എന്നാണ്.

$$\therefore \gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{\frac{9}{2}R}{\frac{7}{2}R} = \frac{9}{7} = 1.28$$

iii) ത്രിതീയ അണു തന്മാത്ര

a) രേഖീയ തന്മാത്ര

ഒരു മോളിന്റെ ഊർജ്ജം $= \frac{7}{2}kT \times N_A = \frac{7}{2}RT$

$$C_V = \frac{dU}{dT} = \frac{d}{dT}\left[\frac{7}{2}RT\right]$$

$$C_V = \frac{7}{2}R$$

$$C_P = C_V + R = \frac{7}{2}R + R = \frac{9R}{2}$$

$$\therefore \gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{\frac{9}{2}R}{\frac{7}{2}R} = \frac{9}{7} = 1.28$$

b) രേഖീയമല്ലാത്ത തന്മാത്ര

ഒരുമോളിന്റെഊർജ്ജം$= \frac{6}{2}kT \times N_A = \frac{6}{2}RT = 3RT$

$$C_V = \frac{dU}{dT} = 3R$$

$$C_P = C_V + R = 3R + R = 4R$$

$$\therefore \gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{4R}{3R} = \frac{4}{3} = 1.33$$

വാതകങ്ങളുടെ ഗതികസിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച്, വ്യാപ്തം, മർദ്ദം സ്ഥിരമായിരിക്കുമ്പോൾ, വിശിഷ്ട താപ ധാരിത, താപനിലയെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ, യഥാർത്ഥത്തിൽ,ഇത് തീർച്ചയല്ല. താപനിലയ്ക്കനുസരിച്ച്, വിശിഷ്ടതാപധാരിത വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു.

ഉദാഹരണം 9.5

സാധാരണ താപനിലയിൽ (27°C) ഏക അണു തന്മാത്രയുടെയും, ദ്വയണു തന്മാത്രയുടെയും അളവുകൾ യഥാക്രമം μ_1 മോൾ, μ_2 മോൾ ആയിരിക്കും. ഈ മിശ്രിതത്തിന്റെ അഡിയബാറ്റിക് എക്സ്പൊണന്റ് കണ്ടുപിടിക്കുക?

നിർദ്ധാരണം

ഒരു മോൾ ഏക അണു വാതകത്തിന്റെ വിശിഷ്ട താപം $C_V = \frac{3}{2}R$

μ_1 മോളിന്, $C_V = \frac{3}{2}\mu_1 R \quad C_P = \frac{5}{2}\mu_1 R$

ഒരു മോൾ ദ്വയണു വാതകത്തിന്റെ വിശിഷ്ട താപം

$$C_V = \frac{5}{2}R$$

μ_2 മോളിന് $C_V = \frac{5}{2}\mu_2 R \quad C_P = \frac{7}{2}\mu_2 R$

സ്ഥിരവ്യാപ്തത്തിൽ, മിശ്രിതത്തിന്റെ വിശിഷ്ട താപം $C_V = \frac{3}{2}\mu_1 R + \frac{5}{2}\mu_2 R$

സ്ഥിര മർദ്ദത്തിൽ, മിശ്രിതത്തിന്റെ വിശിഷ്ട താപം, $C_P = \frac{5}{2}\mu_1 R + \frac{7}{2}\mu_2 R$

അഡിയബാറ്റിക് എക്സ്പൊണന്റ്,

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{5\mu_1 + 7\mu_2}{3\mu_1 + 5\mu_2}$$

9.5 ശരാശരി സ്വതന്ത്രപഥം

സാധാരണയായി, മുറിയുടെ താപനിലയിലുള്ള (27°C) വാതക തന്മാത്രകളുടെ ശരാശരി വേഗത സെക്കന്റിൽ നൂറു കണക്കിന് മീറ്ററാണ്. മുറിയിലെ ഒരു തുറന്ന പെർഫ്യൂം കുപ്പിയിൽ നിന്നുള്ള ഗന്ധം നാം മുറിയുടെ സമീപമാണ് നിൽക്കുന്നതെങ്കിൽ പോലും, നമ്മളെ സമീപിക്കാൻ കുറച്ച് സമയം എടുക്കുന്നു. കാലതാമസത്തിനു കാരണം, തന്മാത്രകളുടെ ഗന്ധം നമ്മുടെ നേർക്ക് നേരിട്ട് സഞ്ചരിക്കുന്നില്ല. കാരണം, ഇത് സമീപത്തുള്ള വായു തന്മാത്രകളുമായി വളരെയധികം കൂട്ടിമുട്ടലുകൾക്ക് വിധേയമാകുകയും, സിഗ്-സാഗ് പാതയിൽ സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. തുടർച്ചയായ രണ്ടു കൂട്ടിയിടികൾക്കിടയിലുള്ള തന്മാത്ര സഞ്ചരിക്കുന്ന ഈ ശരാശരി ദൂരത്തെ ശരാശരി സ്വതന്ത്ര പഥം എന്നു പറയുന്നു. ഗതികോർജ്ജ സിദ്ധാന്തത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ശരാശരി സ്വതന്ത്രപഥം കണക്കാക്കാം.

ശരാശരി സ്വതന്ത്ര പഥത്തിനുള്ള സമവാക്യം

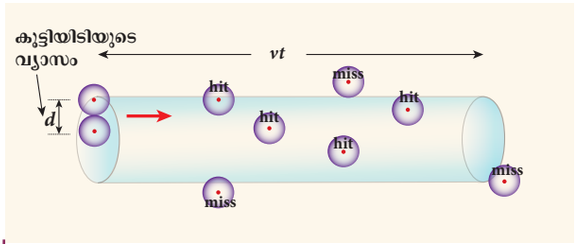
ഒരു വാതകത്തിന്റെ തന്മാത്രകൾ ക്രമരഹിതമായ ചലനത്തിലാണെന്നും, അവ പരസ്പരം കൂട്ടിമുട്ടുന്നുണ്ടെന്നും, ഗതികോർജ്ജ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ നിയമങ്ങളിൽ നിന്നും നമുക്കറിയാം.തുടർച്ചയായ രണ്ടു കൂട്ടിയിടികൾക്കിടയിൽ, തന്മാത്രകൾ സമ

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 177 4/1/2023 11:18:38 AM

പ്രവേഗത്തോടുകൂടി നേർരേഖയിൽ ചലിക്കുന്നു. ഈ പാഥയെ ശരാശരി സ്വതന്ത്ര പഥം എന്നു പറയുന്നു.

തന്മാത്രകളുടെ ഒരു സംവിധാനം കരുതുക. ഓരോ തന്മാത്രയുടെയും വ്യാസം d ആണ്. യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിലെ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം n എന്ന് എടുക്കുന്നു.

ചിത്രം9.8 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരേ ഒരു തന്മാത്ര മാത്രം ചലിക്കുന്നതായും മറ്റുള്ളവ സ്ഥിര മായിരിക്കുന്നതായും കരുതുക.



ചിത്രം 9.8 ശരാശരി സ്വതന്ത്ര പഥം

ഒരു തന്മാത്ര t സമയത്തിൽ, ശരാശരി വേഗത v യോടുകൂടി ചലിക്കുകയാണെങ്കിൽ, ഇത് സഞ്ചരിച്ചദൂരം vt ആകുന്നു. ഈ സമയത്തിൽ t വ്യാപ്തം $\pi d^2 vt$ ഉള്ള ഒരു സാങ്കൽപ്പിക സിലിണ്ടറിൽ, തന്മാത്ര ചലിക്കുന്നതായി കരുതുക. ഈ സിലിണ്ടറിനുള്ളിലെ കേന്ദ്രമായ ഏതൊരു തന്മാത്രയുമായി ഇത് കൂട്ടിമുട്ടുന്നു. അതിനാൽ, കൂട്ടിമുട്ടലുകളുടെ എണ്ണം, സാങ്കൽപ്പിക സിലിണ്ടറിന്റെ വ്യാപ്തത്തിലുള്ള തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണത്തിനും സമമാണ്. ഇത് $\pi d^2 vtn$ ന് തുല്യമാണ്. t സമയത്തിൽ കൂട്ടിമുട്ടലുകളുടെ എണ്ണത്താൽ വിഭജിച്ചിരിക്കുന്ന മൊത്തപാഥ ദൈർഘ്യം, ശരാശരി സ്വതന്ത്ര പഥമാണ്.

ശരാശരി സ്വതന്ത്ര പഥം, $\lambda = \frac{\text{സഞ്ചരിച്ച ദൂരം}}{\text{കൂട്ടിയിടിയുടെ എണ്ണം}}$

$$\lambda = \frac{vt}{n\pi d^2 vt} = \frac{1}{n\pi d^2} \qquad (9.25)$$

ഒരു തന്മാത്ര മാത്രമേ ഒരു സമയം ചലിക്കുന്നുള്ളൂവെന്നും, മറ്റു തന്മാത്രകൾ വിശ്രമത്തിലാണെന്നും നമ്മൾ അനുമാനിക്കുന്നുണ്ടെങ്കിലും, യഥാർത്ഥത്തിൽ എല്ലാ തന്മാത്രകളും, ക്രമരഹിതമായ ചലനത്തിലാണ്. അതിനാൽ, മറ്റു തന്മാത്രകളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് ഒരു തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി ആപേക്ഷിക വേഗത കണക്കിലെടുക്കേണ്ടതുണ്ട്. ചില വിശദമായ കണക്കു കൂട്ടലുകൾക്കു ശേഷം (നിങ്ങൾ ഉയർന്ന ക്ലാസുകളിൽ പഠിക്കും) ശരാശരി സ്വതന്ത്ര പാഥയ്ക്കുള്ള ശരായായ സമവാക്യം

$$\therefore \lambda = \frac{1}{\sqrt{2} n\pi d^2} \qquad (9.26)$$

സമവാക്യം (9.26) സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, ശരാശരി സ്വതന്ത്ര പഥം, സംഖ്യസാന്ദ്രതയ്ക്ക് വിപരീതാനുപാതത്തിലാണ് എന്നാണ്. സംഖ്യാസാന്ദ്രത അധികരിക്കുമ്പോൾ, തന്മാത്രാ കൂട്ടിമുട്ടലുകൾക്കു മുൻപ്, തന്മാത്രയാൽ സഞ്ചരിക്കപ്പെട്ട ദൂരത്തെ ഇത് കുറയ്ക്കുന്നു.

നില 1: (തന്മാത്രയുടെ ദ്രവ്യമാനം) ഉപയോഗിച്ച് സമവാക്യം (9.26) നെ മാറ്റി എഴുതുന്നു.

$$\therefore \lambda = \frac{m}{\sqrt{2}\pi d^2 mn}$$

എന്നാൽ mn = ഒരു യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിലെ ദ്രവ്യമാനം = ρ (വാതകത്തിന്റെ സാന്ദ്രത)

$$\therefore \lambda = \frac{m}{\sqrt{2}\,\pi d^2 \rho} \qquad (9.27)$$

നമുക്കറിയാം PV = NkT

$$P = \frac{N}{V} kT = nkT$$
$$\therefore n = \frac{P}{kT}$$

$n = \frac{P}{kT}$ യെ സമവാക്യം (9.26), ൽ ചേർക്കുമ്പോൾ

$$\lambda = \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 P} \qquad (9.28)$$

സമവാക്യം (9.28) സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

1. താപനില അധികരിക്കുമ്പോൾ ശരാശരി സ്വതന്ത്രപഥം അധികരിക്കുന്നു. താപനില അധികരിക്കുമ്പോൾ, ഓരോ തന്മാത്രയുടെയും, ശരാശരി വേഗത കൂടുന്നു. തണുത്ത ഭക്ഷണത്തിന്റെ ഗന്ധത്തെക്കാൾ, ചൂടുള്ള ഭക്ഷണത്തിന്റെ ഗന്ധം നിരവധി മീറ്റർ അകലെ എത്തുന്നതിന്റെ കാരണം ഇതാണ്.
2. വാതകത്തിന്റെ മർദ്ദം കുറയുമ്പോഴും, വാതക തന്മാത്രകളുടെ വ്യാസം കുറയുമ്പോഴും, ശരാശരി സ്വതന്ത്ര പഥം അധികരിക്കുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 178 4/1/2023 11:18:41 AM

ഉദാഹരണം 9.6

300 K താപനില 1 atm മർദ്ദത്തിലുള്ള ഒരു ഓക്സിജൻ തന്മാത്ര, വായുവിൽ ചലിക്കുന്നതായികരുതുക. ഓക്സിജൻ തന്മാത്രയുടെ വ്യാസം $1.2 \times 10^{-10} m$ ആകുന്നു. ഓക്സിജൻ തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി സ്വതന്ത്ര പഥം കണ്ടുപിടിക്കുക?

നിർദ്ധാരണം

സമവാക്യം (9.26) $\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi n d^2}$

ആദർശവാതക നിയമം ഉപയോഗിച്ച് സംഖ്യാ സാന്ദ്രത n നമുക്ക് കണ്ടുപിടിക്കാം

$$n = \frac{N}{V} = \frac{P}{kT} = \frac{101.3\times10^3}{1.381\times10^{-23}\times300}$$

$=2.449\times 10^{25}$ തന്മാത്രകൾ m^3

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\times\pi\times2.449\times10^{25}\times(1.2\times10^{-10})^2}$$

$$= \frac{1}{15.65\times10^5}$$

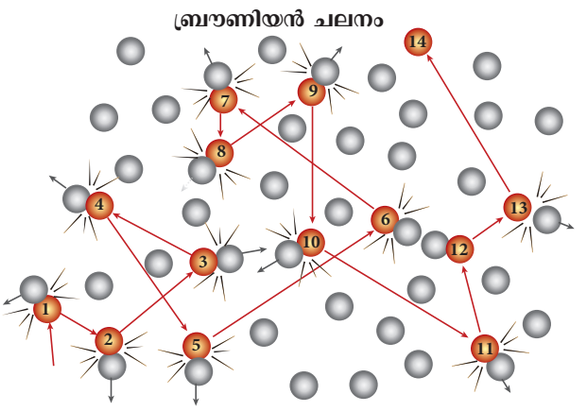
$\lambda = 0.63 \times 10^{-6}$മീ

QKWS0

9.6 ബ്രൗണിയൻ ചലനം

1827-ൽ റോബർട്ട് ബ്രൗൺ എന്ന സസ്യശാസ്ത്രജ്ഞൻ ഒരു ദ്രാവകത്തിലുള്ള പൂമ്പൊടികൾ ഒരിടത്തു നിന്നും മറ്റൊരിടത്തേയ്ക്ക് ക്രമരഹിതമായി ചലിക്കുന്നുവെന്ന് റിപ്പോർട്ട് ചെയ്തു. ഒരു ദ്രാവകത്തിലെ പൂമ്പൊടികളുടെ ക്രമരഹിതമായ ചലനത്തെ ബ്രൗണിയൻ നിയമം എന്നു വിളിക്കുന്നു. വാസ്തവത്തിൽ, ജലത്തിലെപൊടിപടലങ്ങൾക്രമരഹിതമായി ചലിക്കുന്നത് നമുക്ക് നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിയും. ഈ കണ്ടെത്തൽ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരെ വളരെക്കാലം അമ്പരപ്പിച്ചു. പൂമ്പൊടി അല്ലെങ്കിൽ പൊടി ക്രമരഹിതമായ ദിശകളിലേയ്ക്ക് നീങ്ങുന്നതിന് ധാരാളം വിശദീകരണങ്ങളുണ്ടായിരുന്നെങ്കിലും ഈ വിശദീകരണങ്ങളൊന്നും മതിയായതായി കണ്ടെത്തിയില്ല. ചിട്ടയായ പഠനത്തിനു ശേഷം, ചുറ്റുമുള്ള ദ്രാവക തന്മാത്രകളാൽ കണികകൾ കൂട്ടിമുട്ടുന്നതിനാലാണ് ബ്രൗണിയൻ ചലനംഉണ്ടാകുന്നതെന്ന് വെയനർ, ഗോയി എന്നിവർ നിർദ്ദേശിച്ചു. എന്നാൽ 19--ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ, എല്ലാ പദാർത്ഥങ്ങളും ചെറിയ അണുക്കൾ അല്ലെങ്കിൽ തന്മാത്രകൾ കൊണ്ട് നിർമ്മിച്ചതാണെന്ന് ജനങ്ങൾ അംഗീകരിച്ചിരുന്നില്ല. 1905 വർഷത്തിൽ, ഗതിക സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച്, ഐൻസ്റ്റീൻ ബ്രൗണിയൻ ചലനത്തിന്റെ ചിട്ടയായ തിയറി നൽകുകയും, തന്മാത്രകളുടെ ശരാശരി വലുപ്പത്തെക്കുറിച്ച് അദ്ദേഹം അനുമാനിക്കുകയും ചെയ്തു..

ഗതികസിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച്, ഒരു ദ്രാവകം അല്ലെങ്കിൽ വാതകത്തിലെ ഏതൊരു കണികയും എല്ലാ ദിശകളിൽ നിന്നും തുടർച്ചയായി കൂട്ടിമുട്ടുന്നു. അതിനാൽ ശരാശരി സ്വതന്ത്രപഥം ഏതാണ്ട് അവഗണിക്കാവുന്നതാണ്. ചിത്രം 9.9-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഇത് ക്രമരഹിതവും, സിഗ് സാഗ് രീതിയിലും കണികകളുടെ ചലനത്തെ നയിക്കുന്നു. നമ്മുടെ കൈ ജലത്തിൽ മുക്കുമ്പോൾ അത് ക്രമരഹിതമായ ചലനത്തിന് കാരണമാകുന്നില്ല. കാരണം, നമ്മുടെ കൈയുടെ ദ്രവ്യമാനം, വളരെ വലുതായതിനാൽ, തന്മാത്രാ കൂട്ടിമുട്ടലിലൂടെ കൈ മാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ആക്കം നമ്മുടെ കൈ ചലിപ്പിക്കാൻ പര്യാപ്തമല്ല.



ചിത്രം 9.9 ബ്രൗണിയൻ ചലനത്തിലുള്ള കണികകൾ

ബ്രൗണിയൻ ചലനത്തെ ബാധിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ

1. താപനില അധികരിക്കുമ്പോൾ, ബ്രൗണിയൻ ചലനം വർദ്ധിക്കുന്നു.
2. വലിയ കണങ്ങളുടെ വലുപ്പം, ഉയർന്ന വിസ്കോസിറ്റി, ദ്രാവകം അല്ലെങ്കിൽ വാതകത്തിന്റെ സാന്ദ്രത എന്നിവയ്ക്കനുസരിച്ച് ബ്രൗണിയൻ ചലനം കുറയുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 179 4/1/2023 11:18:44 AM

കുറിപ്പ്

ബ്രൗണിയൻ ചലനത്തെക്കുറിച്ചുള്ള ഐൻസ്റ്റീന്റെ സൈദ്ധാന്തിക വിശദീകരണത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പരിശോധന 1908-ൽ ജീൻ പെറിൻ നടത്തി. ബ്രൗണിയൻ ചലനത്തെക്കുറിച്ചുള്ള ഐൻസ്റ്റീന്റെ വിശദീകരണവും, ജീൻ പെറിന്റെ പരീക്ഷണവും ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിൽ വളരെയധികം പ്രാധാന്യം അർഹിക്കുന്നു. കാരണം, ഇത് ആറ്റങ്ങളുടെയും, തന്മാത്രകളുടെയും യാഥാർത്ഥ്യത്തെക്കുറിച്ച് നേരിട്ടുള്ള തെളിവ് നൽകുന്നു.

സംഗ്രഹം

- മാക്രോസ്കോപ്പിക് പരാമീറ്ററുകളായ താപനില, മർദ്ദം എന്നിവയുടെ മൈക്രോസ്കോപ്പിക് ഉത്ഭവത്തെ ഗതികസിദ്ധാന്തം വിവരിക്കുന്നു.
- ഗ്യാസ് കണ്ടെയ്നറിന്റെ ചുമരുകളിൽ ചെലുത്തുന്ന മർദ്ദത്തിനു കാരണം ചുമരുകളിൽ വാതക തന്മാത്രകൾ നൽകുന്ന ആക്കം ആണ്.
- മർദ്ദം $P = \frac{1}{3} nm\overline{v^2}$. സംഖ്യസാന്ദ്രത, തന്മാത്രയുടെ ദ്രവ്യമാനം, ശരാശരി സ്ക്വയർ വേഗത എന്നിവയ്ക്ക് മർദ്ദം നേർഅനുപാതത്തിലായിരിക്കും.
- വാതകത്തിന്റെ താപനില, വാതകത്തിലെ ഒരു തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി സ്ഥാനാന്തരണ ഗതികോർജ്ജത്തെ അളക്കുന്നു. ഒരു തന്മാത്രയുടെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം, വാതകത്തിന്റെ കേവല താപനിലയ്ക്ക് നേർ അനുപാതത്തിൽ ആയിരിക്കും. ഇത് തന്മാത്രയുടെ സ്വഭാവത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.
- ഒരു യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിലെ ആന്തരിക ഊർജ്ജത്തിന്റെ 2/3 ഭാഗത്തിന് മർദ്ദം സമമായിരിക്കും
- വാതക തന്മാത്രകളുടെ വേഗത = $v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = 1.73\sqrt{\frac{kT}{m}}$
- വാതക തന്മാത്രകളുടെ ശരാശരി വേഗത $\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} = 1.60\sqrt{\frac{kT}{m}}$
- വാതക തന്മാത്രകളുടെ ഏറ്റവും സാധ്യതയുള്ള വേഗത $v_{mp} = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = 1.41\sqrt{\frac{kT}{m}}$
- വേഗതകളിൽ v_{rms} ഏറ്റവും വലുതും v_{mp} ഏറ്റവും ചെറുതും ആകുന്നു.

$$v_{rms} > \bar{v} > v_{mp}$$

- v to v+dv വേഗത പരിധിയിൽ, വാതക തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണത്തെ മാക്സ്വെൽ - ബോൾസ്മൻ വിതരണത്തിൽ നിന്നും എഴുതാവുന്നതാണ്.

$$N_v dv = 4\pi N\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} dv$$

- സ്പെയിസിൽ താപഗതിക വ്യൂഹത്തിന്റെ സ്ഥാനവും, ക്രമീകരണവും സൂചിപ്പിക്കുന്നതിന് ആവശ്യമായ സ്വതന്ത്ര അക്ഷാംശങ്ങളുടെ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ എണ്ണത്തിനെ ആ വ്യൂഹത്തിന്റെ ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം എന്നു പറയുന്നു. ഒരു വാതക മാതൃകയിൽ N തന്മാത്രകളുണ്ടെങ്കിൽ, മൊത്തം ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം f = 3N ഇവിടെ നിയന്ത്രണങ്ങളുടെ എണ്ണം q ആണെങ്കിൽ, മൊത്തം ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം f = 3N-q.
- ഒരു ഏക അണു തന്മാത്രയ്ക്ക്, f = 3

  ഒരു ദ്വയണു തന്മാത്രയ്ക്ക് (സാധാരണ താപനിലയിൽ), f = 5

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 180 4/1/2023 11:18:48 AM

ഒരു ദ്വയണു തന്മാത്രയ്ക്ക് (ഉയർന്ന താപനിലയിൽ), f = 7

ഒരു ത്രിതീയ അണു തന്മാത്രയ്ക്ക് (രേഖീയ രീതി), f = 7

ഒരു ത്രിതീയ അണു തന്മാത്രയ്ക്ക് (രേഖീയമല്ലാത്ത രീതി), f = 6

- എല്ലാ ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡത്തിലും, ഒരു വാതകത്തിലെ ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം, തുല്യമായി വിതരണം ചെയ്തിരിക്കുന്നു. ഇതിനെ ഊർജ്ജത്തിന്റെ സമഭാഗീകരണ നിയമം എന്നു പറയുന്നു. ഓരോ ഡിഗ്രി ഓഫ് ഫ്രീഡവും $\frac{1}{2}kT$ ഊർജ്ജം നൽകുന്നു.
- ഒരു വാതകത്തിലെ മർദ്ദം, വ്യാപ്തം സ്ഥിരമായിരിക്കുമ്പോഴുള്ള തന്മാത്ര വിശിഷ്ട താപങ്ങളുടെ അനുപാതം $\left[\gamma = \frac{C_p}{C_v}\right]$

ഏക അണു തന്മാത്ര: 1.67

ദ്വയണു തന്മാത്ര (സാധാരണ താപനില) : 1.40

ദ്വയണു തന്മാത്ര (ഉയർന്ന താപനില) : 1.28

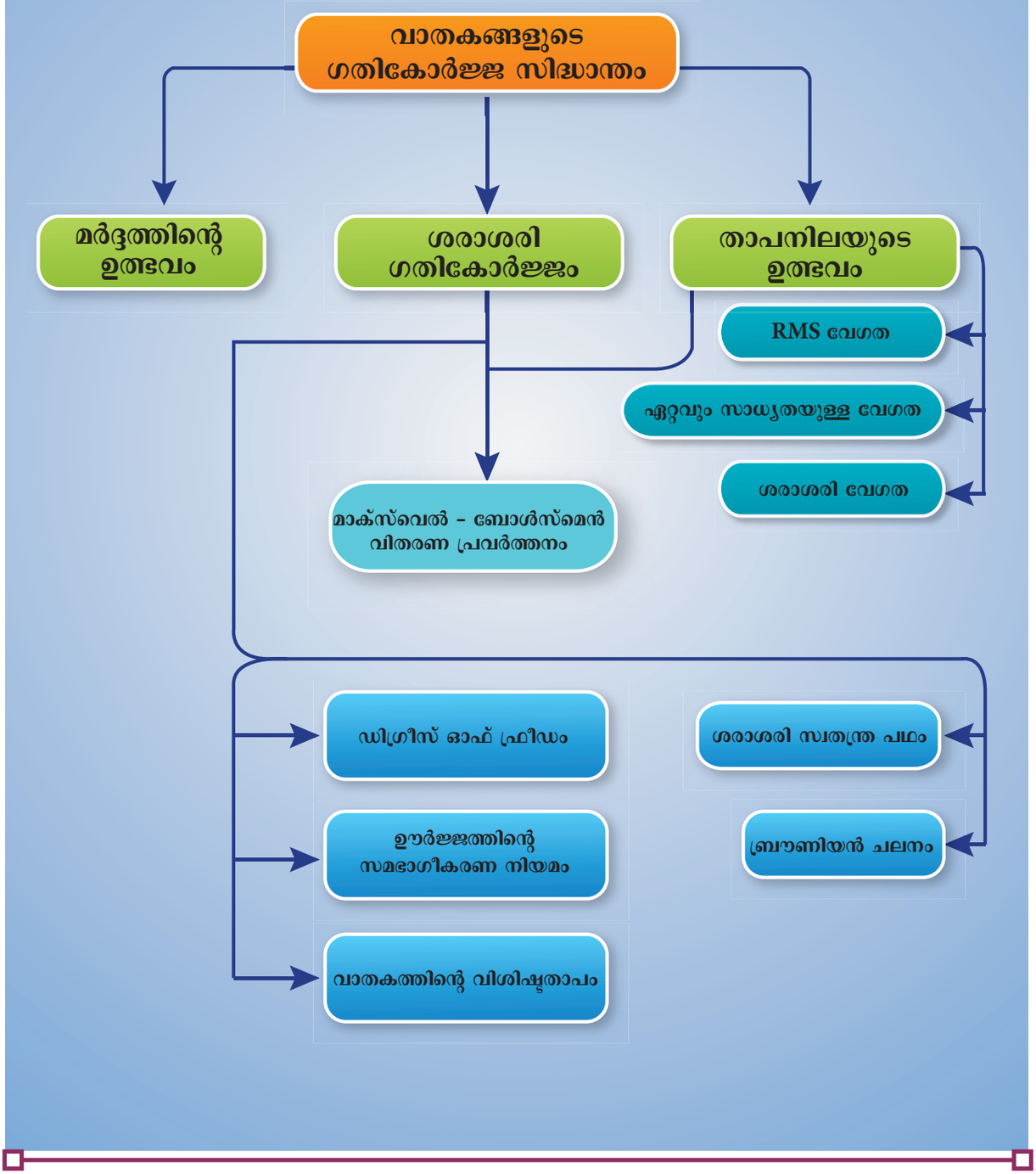
ത്രിതിയ അണു തന്മാത്ര (രേഖീയ രീതി) : 1.28.

ത്രിതീയ അണു തന്മാത്ര (രേഖീയമല്ലാത്ത രീതി) : 1.33

- ശരാശരി സ്വതന്ത്ര പഥം $\lambda = \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 P}$. ശരാശരി സ്വതന്ത്രപഥം, താപനിലയ്ക്ക് നേർ അനുപാതത്തിലും, തന്മാത്രയുടെ വലിപ്പം, മർദ്ദം എന്നിവയ്ക്ക് വിപരീതാനുപാതത്തിലുമായിരിക്കും.
- ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റീനാൽ വിവരിക്കപ്പെട്ട ബ്രൗണിയൻ ചലനം, ഗതികോർജ്ജത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയിരിക്കുന്നു. ഇത് ആറ്റങ്ങളുടെയും, തന്മാത്രകളുടെയും യാഥാർത്ഥ്യത്തെ തെളിയിക്കുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 181 4/1/2023 11:18:50 AM

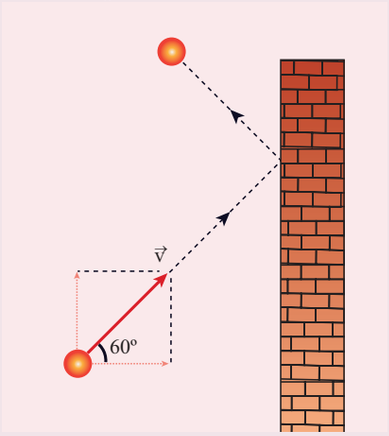
ആശയ ചിത്രീകരണം



XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 182 4/1/2023 11:18:50 AM

I. ശരിയായ ഉത്തരം തിരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക

1. m ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഒരു പന്ത് u വേഗതയോടു കൂടി x അക്ഷത്തിനനുസരിച്ച് 60° കോണിൽ ചലിക്കുന്നു. ഇത് ചുമരിൽ ഇലാസ്റ്റിക് കൂട്ടിമുട്ടലിന് വിധേയമാകുന്നു. x,y ദിശകളിലെ ആവേഗമാറ്റം എന്താണ്?



(a) $\Delta p_x = -mu, \Delta p_y = 0$

(b) $\Delta p_x = -2mu, \Delta p_y = 0$

(c) $\Delta p_x = 0, \Delta p_y = mu$

(d) $\Delta p_x = mu, \Delta p_y = 0$

2. ആദർശവാതകത്തിന്റെ ഒരു സാമ്പിൾ സന്തുലിതാവസ്ഥയിലാണ്. താഴെ പറയുന്നവയിൽ ഏതു അളവാണ് പൂജ്യം ആകുന്നത്?

(a) rms വേഗത

(b) ശരാശരി വേഗത

(c) ശരാശരി പ്രവേഗം

(d) ഏറ്റവും സാധ്യതയുള്ള വേഗത

3. സ്ഥിരമർദ്ദത്തിലുള്ള ഒരു ആദർശവാതകത്തിന്റെ താപനില 100K ൽ ഇരുന്ന് 10000K ആയി ഉയർത്തിയാൽ, വാതക തന്മാത്രകളുടെ rms വേഗത എങ്ങനെ മാറുന്നു?

(a) 5 മടങ്ങ് വർദ്ധിക്കുന്നു.

(b) 10 മടങ്ങ് വർദ്ധിക്കുന്നു.

(c) മാറുന്നില്ല

(d) 7 മടങ്ങ് വർദ്ധിക്കുന്നു

4. ഒരേ വലിപ്പത്തിലുള്ള രണ്ടു മുറികൾ A,B എന്നിവ തുറന്ന വാതിലിലൂടെ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു മുറി A നെ എയർകണ്ടിഷൻ ചെയ്താൽ, അതിന്റെ താപനില മുറി B നെക്കാൾ 4°C കുറവാകുന്നു. ഏതു മുറിയിലാണ് കൂടുതൽ വായു ഉള്ളത്?

(a) മുറി A

(b) മുറി B

(c) രണ്ടു മുറിയിലും സമവായു കാണുന്നു

(d) കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയില്ല

5. വായു തന്മാത്രകളുടെ ശരാശരി സ്ഥാനാന്തരണ ഗതികോർജ്ജം ആശ്രയിക്കുന്നത്,

(a) മോൾകളുടെ എണ്ണവും T യും

(b) T മാത്രം

(c) P യും T യും

(d) P മാത്രം

6. ഒരു ആദർശവാതകത്തിന്റെ ആന്തരിക ഊർജ്ജവും (U) വ്യാപ്തവും (V) രണ്ടു മടങ്ങാക്കിയാൽ, മർദ്ദം എന്താകും?

(a) രണ്ടു മടങ്ങാകും

(b) മാറുന്നില്ല

(c) പകുതിയാകും

(d) നാലു മടങ്ങാകും

7. 8 g ഹീലിയം, 16 g ഓക്സിജൻ ഉള്ള ഒരു വാതക മിശ്രിതത്തിൽ $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ അനുപാതം എന്താണ്? (Physics Olympiad -2005)

(a) 23/15

(b) 15/23

(c) 27/17

(d) 17/27

NHWM9

8. ഒരു പാത്രത്തിൽ ഒരു മോൾ ഏക അണു ആദർശ വാതകം കാണുന്നു. ഓരോ തന്മാത്രയ്ക്കും f ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം ഉണ്ട്. എങ്കിൽ $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ അനുപാതം എന്താണ്?

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 183 4/1/2023 11:18:51 AM

(a) f (b) $\frac{f}{2}$

(c) $\frac{f}{f+2}$ (d) $\frac{f+2}{f}$

9. ഒരു വാതകത്തിന്റെ താപനിലയും, മർദ്ദവും ഇരുമടങ്ങാക്കിയാൽ, വാതക തന്മാത്രകളുടെ ശരാശരി സ്വതന്ത്രപഥം എങ്ങനെ മാറുന്നു.

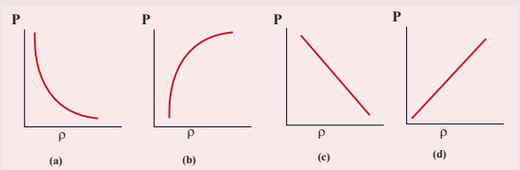
(a) മാറുന്നില്ല

(b) ഇരട്ടിയാകുന്നു

(c) മൂന്നു മടങ്ങാകുന്നു

(d) നാലുമടങ്ങാകുന്നു

10. സ്ഥിര താപനിലയിൽ, താഴെ പറയുന്നവയിൽ ഏതാണ് ഒരു ആദർശ വാതകത്തിന്റെ മർദ്ദം, സാന്ദ്രതയുടെ യഥാർത്ഥ ബന്ധം കാണിക്കുന്നത്?



11. ഒരു വാതക സാമ്പിളിൽ μ_1 മോൾ ഏക അണു തന്മാത്രകൾ, μ_2 മോൾ ദ്വയണു തന്മാത്രകൾ, μ_3 മോൾ രേഖീയത്രിതീയ അണു തന്മാത്രകൾ എന്നിവ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. വാതകത്തെ ഉയർന്ന താപനിലയിൽ വച്ചിരിക്കുന്നു. മൊത്ത ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡത്തിന്റെ എണ്ണം എത്രയാണ്?

(a) $[3\mu_1 + 7(\mu_2 + \mu_3)]\, N_A$

(b) $[3\mu_1 + 7\,\mu_2 + 6\mu_3]\, N_A$

(c) $[7\mu_1 + 3(\mu_2 + \mu_3)]\, N_A$

(d) $[3\mu_1 + 6(\mu_2 + \mu_3)]\, N_A$

12. മർദ്ദം, വ്യാപ്തം സ്ഥിരമായിരിക്കുമ്പോൾ, ഒരു യൂണിറ്റ് ദ്രവ്യമാനത്തിലെ നൈട്രജൻ വാതകത്തിന്റെ വിശിഷ്ട താപം യഥാക്രമം s_P, s_V ആണെങ്കിൽ (JEE 2007)

(a) $s_P - s_V = 28R$

(b) $s_P - s_V = R/28$

(c) $s_P - s_V = R/14$

(d) $s_P - s_V = R$

13. തന്നിട്ടുള്ള താപനിലയിൽ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ ഏതിനാണ് ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ rms വേഗത ഉള്ളത്?

(a) ഹൈഡ്രജൻ

(b) നൈട്രജൻ

(c) ഓക്സിജൻ

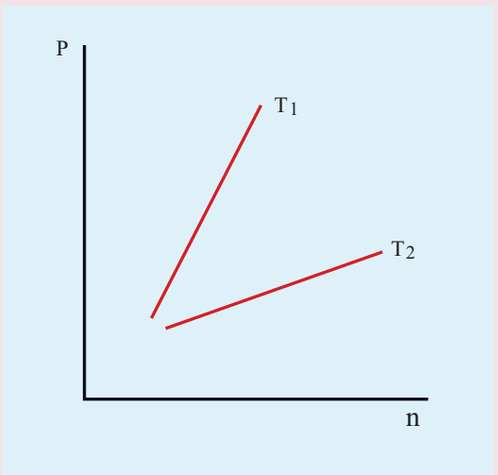
(d) കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ്

14. താപനിലസ്ഥിരമായിരിക്കുമ്പോൾ, തന്നിട്ടുള്ള വാതക തന്മാത്രയുടെ മാക്സ്വൽ-ബോൾസ്മൻ വിതരണകർവിന്റെ വിസ്തീർണ്ണം താഴെ പറയുന്നവയിൽ ഏതിനു സമമാകുന്നു.

(a) $\frac{PV}{kT}$ (b) $\frac{kT}{PV}$

(c) $\frac{P}{NkT}$ (d) PV

15. രണ്ടു വ്യത്യസ്ത താപനില T_1, T_2 ആദർശ വാതകത്തിന്റെ മർദ്ദത്തിനും, സംഖ്യാസാന്ദ്രതയ്ക്കും തമ്മിലുള്ള ഗ്രാഫാണ് താഴെകാണിച്ചിരിക്കുന്നത്. ഈ ഗ്രാഫ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്,



(a) $T_1 = T_2$

(b) $T_1 > T_2$

(c) $T_1 < T_2$

d) കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയില്ല

ഉത്തരങ്ങൾ:

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

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 184 4/1/2023 11:18:55 AM

II. ചുരുക്കി ഉത്തരങ്ങൾ എഴുതുക

1. മർദ്ദത്തിന്റെ മൈക്രോസ്കോപിക് ഉത്ഭവം എന്താണ്?
2. താപനിലയുടെ മൈക്രോസ്കോപിക് ഉത്ഭവം എന്താണ്?
3. ചന്ദ്രനിൽ അന്തരീക്ഷം കാണുന്നില്ല. എന്തു കൊണ്ട്?
4. ഒരു വായു തന്മാത്രയുടെ വേഗത, ശരാശരി വേഗത, ഏറ്റവും സാധ്യതയുള്ള വേഗത എന്നിവയുടെ സമവാക്യം എഴുതുക?
5. ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം, മർദ്ദം എന്നിവ യ്ക്കിടയിലുള്ള ബന്ധം എന്താണ്?
6. ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം നിർവ്വചിക്കുക.
7. ഊർജ്ജത്തിന്റെ സമഭാഗീകരണ നിയമം നിർവ്വചിക്കുക?
8. ശരാശരി സ്വതന്ത്ര പഥം നിർവ്വചിക്കുക. അതിന്റെ സമവാക്യം എഴുതുക?
9. ഗതിക സിദ്ധാന്തത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ചാൾസ് നിയമം എഴുതുക?
10. ഗതിക സിദ്ധാന്തത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ബോയിൽ നിയമം എഴുതുക?
11. ഗതിക സിദ്ധാന്തത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി അവഗാഡ്രോ നിയമം എഴുതുക?
12. ശരാശരി സ്വതന്ത്ര പഥത്തെ ബാധിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ എഴുതുക.
13. ബ്രൗണിയൻ ചലനത്തിനുള്ള കാരണം എന്താണ്?

III. വിവരിച്ച് ഉത്തരങ്ങൾ എഴുതുക

1. വാതകങ്ങളുടെ ഗതികസിദ്ധാന്ത നിയമങ്ങൾ എഴുതുക?
2. വായു കണ്ടെയ്നറിന്റെ ചുമരുകളിൽ വാതകത്തിനാൽ ഏർപ്പെടുന്ന മർദ്ദത്തിന്റെ സമവാക്യം കണ്ടുപിടിക്കുക?
3. താപനിലയുടെ ഗതികപരമായ വിശദീകരണത്തെ വിവരിക്കുക.
4. ഏകഅണുതന്മാത്ര,ദ്വയണുതന്മാത്ര,ത്രിതിയ അണു തന്മാത്ര എന്നിവയുടെ മൊത്ത ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡത്തെ വിവരിക്കുക.
5. ഏകഅണു, ദ്വയണു, ത്രിതിയ അണു തന്മാത്രകളുടെ രണ്ടു വിശിഷ്ട താപധാരിതകളുടെ അനുപാതം കണ്ടുപിടിക്കുക
6. മാക്സ്വെൽ-ബോൾസ്മൻ വിതരണ പ്രവർത്തനത്തെ വിവരിക്കുക.
7. വാതകത്തിന്റെ ശരാശരി സ്വതന്ത്ര പഥത്തിന്റെ സമവാക്യം കണ്ടുപിടിക്കുക.
8. ബ്രൗണിയൻ ചലനത്തെ വിവരിക്കുക

IV കണക്കുകൾ

1. ഒരു ശുദ്ധമായ വായുവിൽ, നൈട്രജൻ N_2 (78%) ഉം, ഓക്സിജൻ O_2(21%) ഉം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. 20°C ൽ N_2, O_2 ന്റെ rms വേഗത കണ്ടുപിടിക്കുക.

   ഉത്തരം: $N_2, v_{rms} = 511\ m\ s^{-1}$

   $O_2, v_{rms} = 478\ m\ s^{-1}$

2. ജുപ്പിറ്റർ അന്തരീക്ഷത്തിലെ മീതെൻ വാതകത്തിന്റെ rms വേഗത $471.8\ m\ s^{-1}$ ആണെങ്കിൽ, ജുപീറ്ററിന്റെ പ്രതല താപനില പൂജ്യത്തെക്കാൾ താഴെ ആണെന്ന് കണ്ടുപിടിക്കുക.

   ഉത്തരം: -130°C

3. ഒരു വാതകത്തിന്റെ rms പ്രവേഗം, അതിന്റെ S.T.P. വിലയെക്കാൾ മൂന്നുമടങ്ങാകുന്ന താപനില കണ്ടുപിടിക്കുക (സ്റ്റാൻഡേർഡ് താപനില $T_1 = 273\ K$)

   ഉത്തരം: $T_2 = 2457\ K$

4. 80°C താപനിലയും $5 \times 10^{-10} N\,m^{-2}$ മർദ്ദവുമുള്ള ഒരു വാതകത്തിൽ, $1m^3$ വ്യാപ്തത്തിലുള്ള തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം കണ്ടുപിടിക്കുക. (ഇവിടെ, ബോൾസ്മാൻ സ്ഥിരാങ്കം $1.38 \times 10^{-23}\ J\ K^{-1}$ ആകുന്നു.)

   ഉത്തരം: 1.02×10^{11}

5. $2 \times 10^3\ m\ s^{-1}$ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന 10^{20} ഓക്സിജൻ തന്മാത്രകൾ 4 cm^2 വിസ്തീർണ്ണമുള്ള ചുമരിൽ ലംബമായി 30° കോണിൽ പതിക്കുകയാണെങ്കിൽ ചുമരിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന മർദ്ദം കാണുക. (ഒരു ഓക്സിജൻ അണുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം = 2.67×10^{-26} kg)

   ഉത്തരം: 46.2 N m^{-2}

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 185 4/1/2023 11:18:55 AM

6. ഒരു അഡിയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയിൽ, ഏക അണു, ദ്വയണു വാതകങ്ങളുടെ മിശ്രിതത്തിന്റെ മർദ്ദം, താപനിലയുടെ ക്യൂബിന് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും. $\gamma = (C_p/C_V)$ യുടെ വില കണ്ടുപിടിക്കുക

ഉത്തരം: 3/2

7. STP. യിൽ വാതക തന്മാത്രകളുടെ ശരാശരി സ്വതന്ത്ര പഥം കണ്ടുപിടിക്കുക. N_2, O_2 ന്റെ വ്യാസം $3 \times 10^{-10}\, m$ ആകുന്നു.

ഉത്തരം: $\lambda \approx 9.3 \times 10^{-8}\, m$

8. താപനില T യിൽ, ഒരു വാതകത്തിൽ 2 മോൾ ഓക്സിജനും, 4 മോൾ ആർഗോണും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. RT യുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ, വാതകത്തിന്റെ ഊർജ്ജം കണ്ടുപിടിക്കുക. കമ്പനാവസ്ഥയെ അവഗണിക്കുക.

ഉത്തരം: 11RT

9. 1 atm മർദ്ദത്തിൽ 27°C താപനിലയിൽ, 25 m^3 ശേഷിയുള്ള ഒരു മുറിയുടെ വായു തന്മാത്രകളുടെ മൊത്ത എണ്ണം കണ്ടുപിടിക്കുക.

ഉത്തരം: 6.1×10^{26} തൻമാത്രകൾ

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ

1. Serway and Jewett, Physics for scientist and Engineers with modern physics, Brook/Coole publishers, Eighth edition
2. Paul Tipler and Gene Mosca, Physics for scientist and engineers with modern physics, Sixth edition, W.H.Freeman and Company
3. H.C.Verma, Concepts of physics -Volume 2, Bharati Bhawan Publishers
4. Douglas C. Giancoli, Physics for scientist & Engineers, Pearson Publications, Fourth Edition
5. James Walker, Physics, Addison Wesley, Fourth Edition

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 186 4/1/2023 11:18:55 AM

ഐ.സി.ടി കോർണർ

വാതകങ്ങളുടെ ഗതിക സിദ്ധാന്തം

ഈ പ്രവർത്തനത്തിലൂടെ കണികകളുടെ ബ്രൗണിയൻ ചലനത്തെക്കുറിച്ച് നിങ്ങൾക്ക് മനസിലാക്കാൻ കഴിയുന്നു

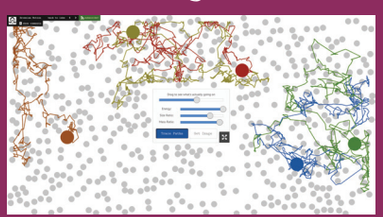
ഘട്ടങ്ങൾ:

- URL ഉപയോഗിച്ചോ അല്ലെങ്കിൽ QR കോഡ് സ്കേൻ ചെയ്തോ ബ്രൗണിയൻ ചലനത്തിന്റെ 'interactive' സിമുലേഷൻ തുറക്കുക
- ആദ്യഘട്ടത്തിൽ വാതകങ്ങളിലെ കണികകളുടെ (വലിയ പന്തുകൾ) ചലനം നിരീക്ഷിക്കുക. ആദ്യ സ്ലൈടർ നീക്കി വാതക തൻമാത്രകളെ നിരീക്ഷിക്കുക. അവിടെ എന്താണ് നടക്കുന്നതെന്ന് നോക്കുക.
- ആദ്യ സ്ലൈഡറിനു താഴെയുള്ള വേരിയന്റുകളായ "Energy", "Size Ratio", "Mass Ratio" എന്നിവ കണ്ടുപിടിക്കുക. ഈ വേരിയന്റുകളെ കുറയ്ക്കുകയോ കൂട്ടുകയോ ചെയ്യാം.
- വേരിയന്റുകളുടെ ഉചിതമായ വിലകളെ നീക്കി, കണികകളുടെ ബ്രൗണിയൻ ചലനത്തെ നിരീക്ഷിക്കുക.

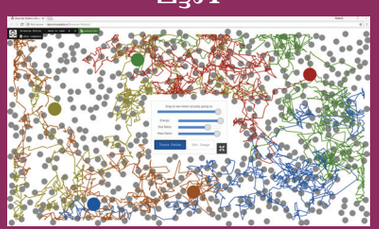
ഘട്ടം 1

ഘട്ടം2

ഘട്ടം3



ഘട്ടം4



URL:

http://labs.minutelabs.io/Brownian-Motion/

* ചിത്രങ്ങൾ സൂചകങ്ങൾ മാത്രമാണ്.

* ബ്രൗസറിന് ആവശ്യമെങ്കിൽ പേജ് ലോഡ് ചെയ്യാൻ **Flash Player** അല്ലെങ്കിൽ **Java Script** അനുവദിക്കുക.

XI Physics Vol-2 Unit 9 Malayalam.indd 187 4/1/2023 11:19:00 AM

അദ്ധ്യായം

10

ദോലനങ്ങൾ

ജീവിതം എന്നത് കടുപ്പമേറിയ പ്രശ്നങ്ങൾക്കും സങ്കടങ്ങൾക്കും ഇടയിലുള്ള സ്ഥിരമായ ദോലനമാണ് – എച്ച്.എൽ മെൻകൻ

പഠന ലക്ഷ്യങ്ങൾ

ഈ അദ്ധ്യായത്തിൽ നിന്നും വിദ്യാർത്ഥികൾ മനസ്സിലാക്കുന്നത്

- ദോലന ചലനം – ക്രമാവർത്തനചലനം, ക്രമാവർത്തനമല്ലാത്ത ചലനം
- സരള ഹാർമോണിക് ചലനം
- കോണീയ ഹാർമോണിക് ചലനം
- രേഖീയ ഹാർമോണിക് ദോലനം – തിരശ്ചീനമായതും ലംബമായതുമായ ദോലനങ്ങൾ
- സ്പ്രിംഗുകളുടെ സംയോജനം – ശ്രേണീരീതിയിലും സമാന്തരമായും
- സിംപിൾ പെൻഡുലം
- ഊർജ്ജത്തിന്റെ സമവാക്യം – സ്ഥിതികോർജ്ജം, ഗതികോർജ്ജം ആകെ ഊർജ്ജം
- സരള ഹാർമോണിക് ചലനത്തിന്റെ രേഖാചിത്രത്തെ കുറിച്ചുള്ള വിശകലനം
- ദോലനത്തിന്റെ തരങ്ങൾ – സ്വതന്ത്ര ദോലനങ്ങൾ അവമന്ദിത ദോലനം, നിലനിർത്തപ്പെട്ടതും പ്രണോദിതവുമായ ദോലനങ്ങൾ
- അനുനാദത്തിന്റെ ആശയം

10.1 ആമുഖം

ചിത്രം 10.1. തഞ്ചാവൂർ നൃത്തം ചെയ്യുന്ന പാവകൾ

തഞ്ചാവൂർ നൃത്തപാവകളെ നിങ്ങൾ കണ്ടിട്ടുണ്ടോ (തമിഴിൽ ഇതിനെ തഞ്ചാവൂർ "തലയാട്ടി ബൊമ്മകൾ" എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്നു.) ഇത് ഇന്ത്യൻ സംസ്കാരത്തെ കുറിക്കുന്ന ലോക പ്രശസ്ത പാവയാണ്. ഈ പാവയെ ശല്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ അത് എന്താണ് ചെയ്യുന്നത്? അത് അതിന്റെ തലയും ശരീരവും മുന്നോട്ടും പിന്നോട്ടും തുടർച്ചയായി ചലിപ്പിച്ച് നൃത്തം ചെയ്യും. ചലനം സാവധാനം നിൽക്കും വരെ ഇത് തുടരും. ഇതുപോലെ നമ്മൾ റോഡിൽ നടക്കുമ്പോൾ, നമ്മുടെ കാലുകളും കൈകളും മുന്നോട്ടും പിന്നോട്ടും ചലിപ്പിക്കുന്നു. ഇതുപോലെ തന്നെ കുഞ്ഞിനെ ഉറക്കുന്നതിനായി അമ്മ തൊട്ടിലാട്ടുന്നത്, ഈ തൊട്ടിലും മുന്നോട്ടും പിന്നോട്ടും ചലിക്കുന്നു. ഈ ചലനങ്ങൾ എല്ലാം തന്നെ നമ്മൾ ചർച്ച ചെയ്യുന്ന ചലനങ്ങളിൽ നിന്നും വ്യത്യാസമാണ്. ഈ ചലനങ്ങൾ ചിത്രം 10.2 ൽ ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. സാധാരണയായി ഈ ചലനങ്ങൾ ദോലന ചലനം അല്ലെങ്കിൽ കമ്പനചലനം എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

സമാനചലനങ്ങളാണ് അണുനിലകൾക്കിടയിലും സംഭവിക്കുന്നത് താപനില ഉയരുമ്പോൾ ഖരപദാർത്ഥത്തിലെ അണുക്കൾ നിശ്ചല സ്ഥാന (സന്തുലിത സ്ഥാനം) ത്തിനനുസൃതമായി കമ്പനം ചെയ്യുന്നു. എഞ്ചിനീയറിംഗിന്റെ പ്രായോഗികതകളായ കെട്ടിട നിർമ്മാണത്തിലും, യാന്ത്രിക ഉപകരണങ്ങളുടെ നിർമ്മാണത്തിലും കമ്പന ചലനങ്ങളുടെ പഠനം വളരെയധികം പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 188 22-07-2022 15:00:40

ചിത്രം 10.2. ചലനങ്ങൾ

10.1.1 ക്രമാവർത്തന ക്രമാവർത്തന രഹിത ചലനം

ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിൽ ചലനങ്ങളെ ക്രമാവർത്തന ചലനം, ക്രമാവർത്തനരഹിത ചലനം എന്നിങ്ങനെ തരം തിരിക്കാം.

1. **ക്രമാവർത്തന ചലനം**
   തുല്യ ഇടവേളകളിൽ ആവർത്തിക്കപ്പെടുന്ന ചലനങ്ങളെ ക്രമാവർത്തന ചലനങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു.
   ഉദാഹരണം : പെൻഡുലം ഘടികാരത്തിന്റെ പെൻഡുലം, തൊടിലിന്റെ ദോലനം, സൂര്യനു ചുറ്റുമുള്ള ഭൂമിയുടെ പരിക്രമണം, ചന്ദ്രന്റെ വളർച്ചയും ക്ഷയിക്കലും.
2. **ക്രമാവർത്തന രഹിത ചലനം**
   തുല്യ ഇടവേളകളിൽ ആവർത്തിക്കപ്പെടാത്ത ചലനത്തെ ക്രമാവർത്തനരഹിത ചലനം എന്ന് വിളിക്കുന്നു.
   ഉദാഹരണം : ഭൂകമ്പം, അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനം തുടങ്ങിയവ

ഉദാഹരണം 10.1

താഴെകൊടുത്തിട്ടുള്ള ചലനങ്ങളെ ക്രമാവർത്തന ചലനം ക്രമാവർത്തനരഹിത ചലനം എന്നിങ്ങനെ തരം തിരിക്കുക?.

a. ഹാലിയുടെ വാൽനക്ഷത്രത്തിന്റെ ചലനം.
b. മേഘങ്ങളുടെ ചലനം
c. ഭൂമിയെ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്ന ചന്ദ്രൻ

ഉത്തരം

a. ക്രമാവർത്തന ചലനം
b. ക്രമാവർത്തനരഹിത ചലനം
c. ക്രമാവർത്തന ചലനം

ഉദാഹരണം 10.2

താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ള സമായാനുസൃത ബന്ധങ്ങളിൽ ഏതാണ് ക്രമാവർത്തന ചലനത്തെയും ക്രമാവർത്തനരഹിത ചലനത്തെയും പ്രതിപാദിക്കുന്നത്?.

a. $\sin \omega t + \cos \omega t$
b. $\ln \omega t$

ഉത്തരം

a. ക്രമാവർത്തന ചലനം
b. ക്രമാവർത്തനരഹിത ചലനം

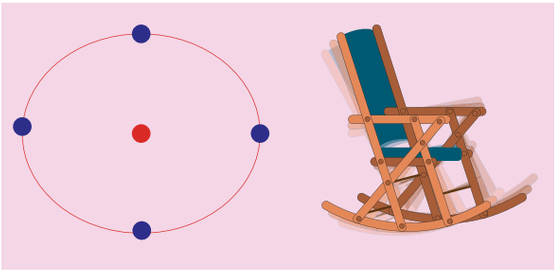
ചിന്തിക്കേണ്ട ചോദ്യം

"സൂര്യനുചുറ്റുമുള്ള ഭൂമിയുടെ ചലനം ക്രമാവർത്തന ചലനമെങ്കിൽ എന്താണ് സംഭവിക്കുക" ചർച്ച ചെയ്യുക

10.1.2 ദോലന ചലനം

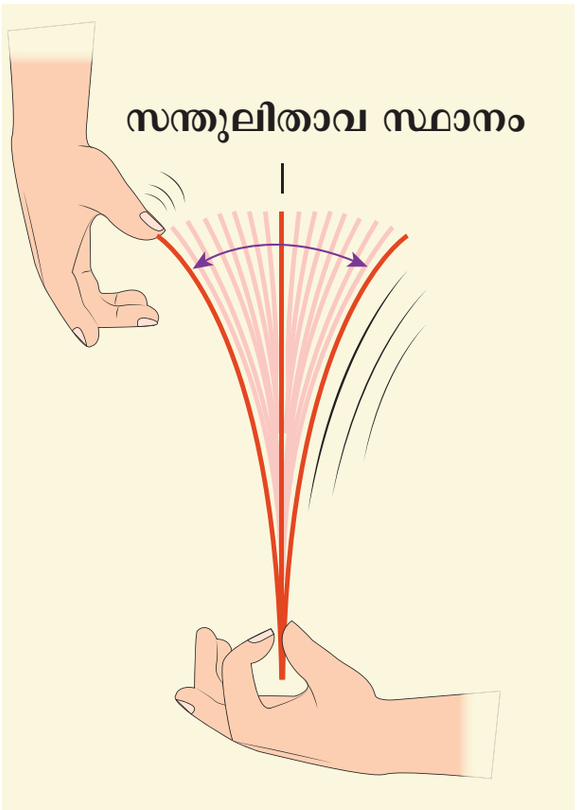
ഒരു വസ്തു ഒരു നിശ്ചിത സമയത്തേക്ക് മുന്നോട്ടും പിന്നോട്ടും തുടർച്ചയായി ചലിക്കുകയാണെങ്കിൽ അത്തരം ചലനത്തെ ദോലന (കമ്പന) ചലനം എന്നു പറയുന്നു. ഉദാഹരണങ്ങൾ : നമ്മുടെ ഹൃദയ സ്പന്ദനം ഒരു പ്രാണിയുടെ ചിറകിന്റെ ചലനം, പെൻഡുലം ക്ലോക്ക് തുടങ്ങിയവ. ഓർമ്മിക്കുക എല്ലാ ദോലനചലനങ്ങളും ക്രമാവർത്തന ചലനങ്ങളാണ് എന്നാൽ എല്ലാ ക്രമാവർത്തന ചലനങ്ങൾക്കും ദോലനസ്വഭാവം ഉണ്ടായിരിക്കണമെന്നില്ല. ചിത്രം 10.3 നിരീക്ഷിക്കുക

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 189 22-07-2022 15:00:40



ചിത്രം 10.3 ദോലന അല്ലെങ്കിൽ കമ്പന ചലനങ്ങൾ

10.2 സരള ഹാർമോണിക് ചലനം (SHM)



ചിത്രം 10.4 സരള ഹാർമോണിക് ചലനം

കുറിപ്പ്

ഒരു പ്രത്യേകതരം ദോലനചലനമാണ് സരളഹാർമോണിക് ചലനം. എന്നാൽ എല്ലാ ദോലന ചലനങ്ങളും സരളഹാർമോണിക് ആകണമെന്നില്ല.

ദോലനചലനത്തിന്റെ ഒരു പ്രത്യേകതരം ചലനമാണ് സരള ഹാർമോണാണിക് ചലനം ഇതിൽ ഒരു വസ്തുവിന്റെ ത്വരണം അല്ലെങ്കിൽ ഒരു നിശ്ചിത ബിന്ദുവിൽ നിന്നുള്ള അതിന്റെ സ്ഥാനാന്തരണത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലും എല്ലായ്പ്പോഴും ആ നിശ്ചിത ബിന്ദുവിനെ നോക്കിയുള്ള ദിശയിലുമായിരിക്കും. ഏക അക്ഷചലനത്തിൽ x എന്നത് വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനാന്തരണവും a_x വസ്തുവിന്റെ ത്വരണവുമാണെങ്കിൽ

$$a_x \propto x \qquad (10.1)$$

$$a_x = -\,b\,x \qquad (10.2)$$

ഇവിടെ b എന്നത് ഒരു സ്ഥിരാങ്കമാകുന്നു. ഇതിനെ ത്വരണത്തിനും സ്ഥാനാന്തരണത്തിനുമിടയിലുള്ള അനുപാതത്തിൽ നിന്നും കണക്കാക്കാം. ഇതിന്റെ പരിമാണം (ഡൈമെൻഷൻ) T^{-2} ആകുന്നു. സമവാക്യം (10.2) ന്റെ ഇരുവശങ്ങളെയും വസ്തുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്താൽ ഗുണിച്ച് ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാമത്തെ ചലന നിയമം പ്രയോഗിക്കുകയാണെങ്കിൽ ബലം എന്നത്

$$F_x = -\,k\,x \qquad (10.3)$$

ഇവിടെ k ബലത്തിന്റെ സ്ഥിരാങ്കം ആകുന്നു. ഈ സ്ഥിരാങ്കത്തെ ഒരു മാത്ര നീളത്തിലുള്ള ബലം എന്ന് നിർവ്വചിക്കാം. സ്ഥാനാന്തരണവും ത്വരണവും എതിർദിശയിൽ എന്നതിനെ നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം സൂചിപ്പിക്കുന്നു. വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനാന്തരണം സന്തുലിത ബിന്ദുവിൽ നിന്നും വലതുവശത്താണെങ്കിൽ (x പോസിറ്റീവ്), ബലം (ത്വരണം) സന്തുലിത ബിന്ദുവിനെ നോക്കി ഇടതുവശത്ത് ആയിരിക്കും. ഇതുപോലെ വസ്തുവിന്റെ

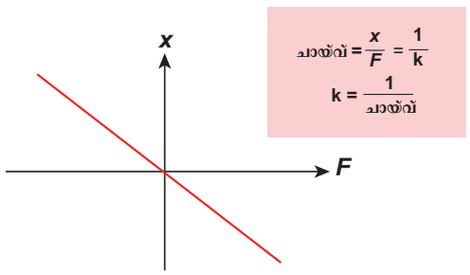
XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 190 22-07-2022 15:00:41

സ്ഥാനാന്തരണം സന്തുലിത ബിന്ദുവിൽ നിന്നും ഇടതുവശത്തോട്ടാണെങ്കിൽ (x നെഗറ്റീവ്) ബലം (ത്വരണം) സംതുലിത ബിന്ദുവിനെ നോക്കി (വലതു വശത്തിൽ) ആയിരിക്കും. ഇത്തരം ബലങ്ങളെ പുനഃസ്ഥാപന ബലം എന്നു പറയുന്നു. എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ സരള ഹാർമോണിക് ചലനം ഏർപ്പെടുത്തുന്ന വസ്തുവിന്റെ പുനഃസ്ഥാപന ബലം എല്ലായ്പ്പോഴും അതിനെ ആരംഭസ്ഥാനത്തേക്ക് (സന്തുലിത സ്ഥാനം) കൊണ്ടു വരുന്നു. ഈ ബലം (പുനഃസ്ഥാപന ബലം) കേന്ദ്രീയവും ആകർഷണബലവും ആകുന്നു. ഇതിന്റെ ആകർഷണകേന്ദ്രം സന്തുലിത സ്ഥാനമാകുന്നു.

ദ്വിമാന അല്ലെങ്കിൽ ത്രിമാന ഡൈമൻഷനിൽ പ്രതിദാനം ചെയ്യുന്നതിന് വെക്ടർ സൂചകം ഉപയോഗിച്ച് എഴുതാം

$$\vec{F} = -k\vec{r} \qquad (10.4)$$

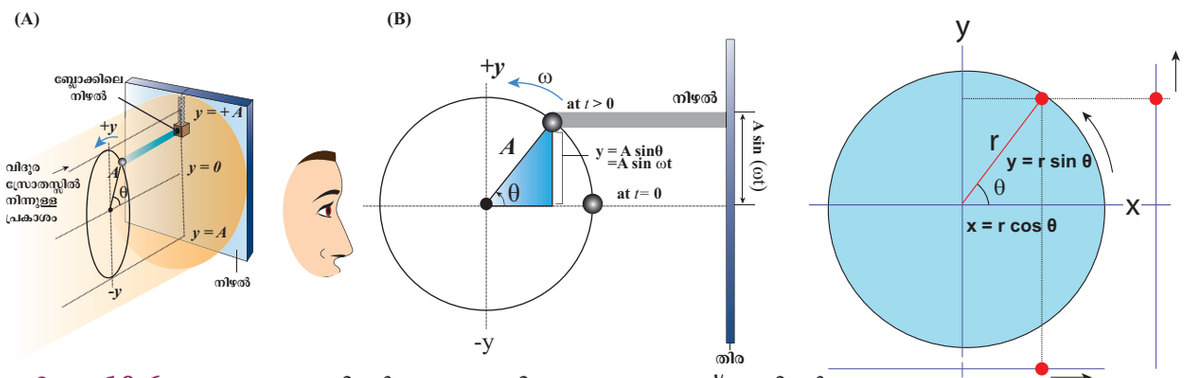
ഇവിടെ $\vec{r}$ എന്നത് മൂലബിന്ദുവിൽ നിന്നുള്ള വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനാന്തരണം ആകുന്നു. ബലത്തിനും സ്ഥാനാന്തരണത്തിനും രേഖീയബന്ധം ഉള്ളത് ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാകുന്നു. ബലത്തിന്റെ എക്സ്പൊണൻഷൽ മൂല്യവും $\vec{F}$ സ്ഥാനാന്തരണത്തിന്റെ എക്സ്പൊണൽഷൽമൂല്യവും $\vec{r}$ ഒന്ന്എന്നതിനെയാണ് ഇത് അർത്ഥമാക്കുന്നത്. ചിത്രം 10.5 കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ബലത്തിന്റെ പരിമാണത്തിനും $\vec{F}$ സ്ഥാനാന്തരണത്തിന്റെ പരിമാണത്തിനു $\vec{r}$ നും ഇടയിലുള്ള രേഖാചിത്രം രണ്ടും നാലും ഭാഗം വഴി കടന്നുപോകുന്ന ഒരു നേർരേഖ ആകുന്നു. ചായ്വ് $\frac{1}{k}$ അളക്കുന്നതിൽ നിന്നും ബലസ്ഥിരാങ്കം k കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയും.



ചിത്രം 10.5 ബലവും സ്ഥാനാന്തരണവും തമ്മിലുള്ള രേഖാചിത്രം

10.2.1 സരള ഹാർമോണിക് ചലനത്തിന്റെ വ്യാസത്തിൻമേലുള്ള സമവർത്തുള ചലനത്തിന്റെ പ്രക്ഷേപണം

m ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഒരു വസ്തു r വ്യാസാർദ്ധമുള്ള ഒരു വൃത്തത്തിന്റെ പരിധി വഴിയായി സമപ്രവേഗം v ൽ എതിർഘടികാര ദിശയിൽ (ചിത്രം *10.6* ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ) ചലിക്കുന്നതായി കരുതുക. അക്ഷവ്യവസ്ഥയിലെ മൂലബിന്ദു വൃത്തത്തിന്റെ കേന്ദ്രവുമായി സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു. ω എന്നത് വസ്തുവിന്റെ കോണീയ പ്രവേഗവും θ എന്നത് ഒരു നിശ്ചിത സമയം t ൽ ഉള്ള വസ്തുവിന്റെകോണീയസ്ഥാനാന്തരണമാകുന്നു.ആയതിനാൽ $\theta = \omega t$ സമവർത്തുള ചലനത്തിന്റെ വ്യാസത്തിലൂടെയുള്ള പ്രക്ഷേപം സരള ഹാർമോണിക് ചലനം നൽകുന്നു. ഇതു മൂലം സമവർത്തുള ചലനം മറ്റും കമ്പനചലനം തുടങ്ങിയവയെ



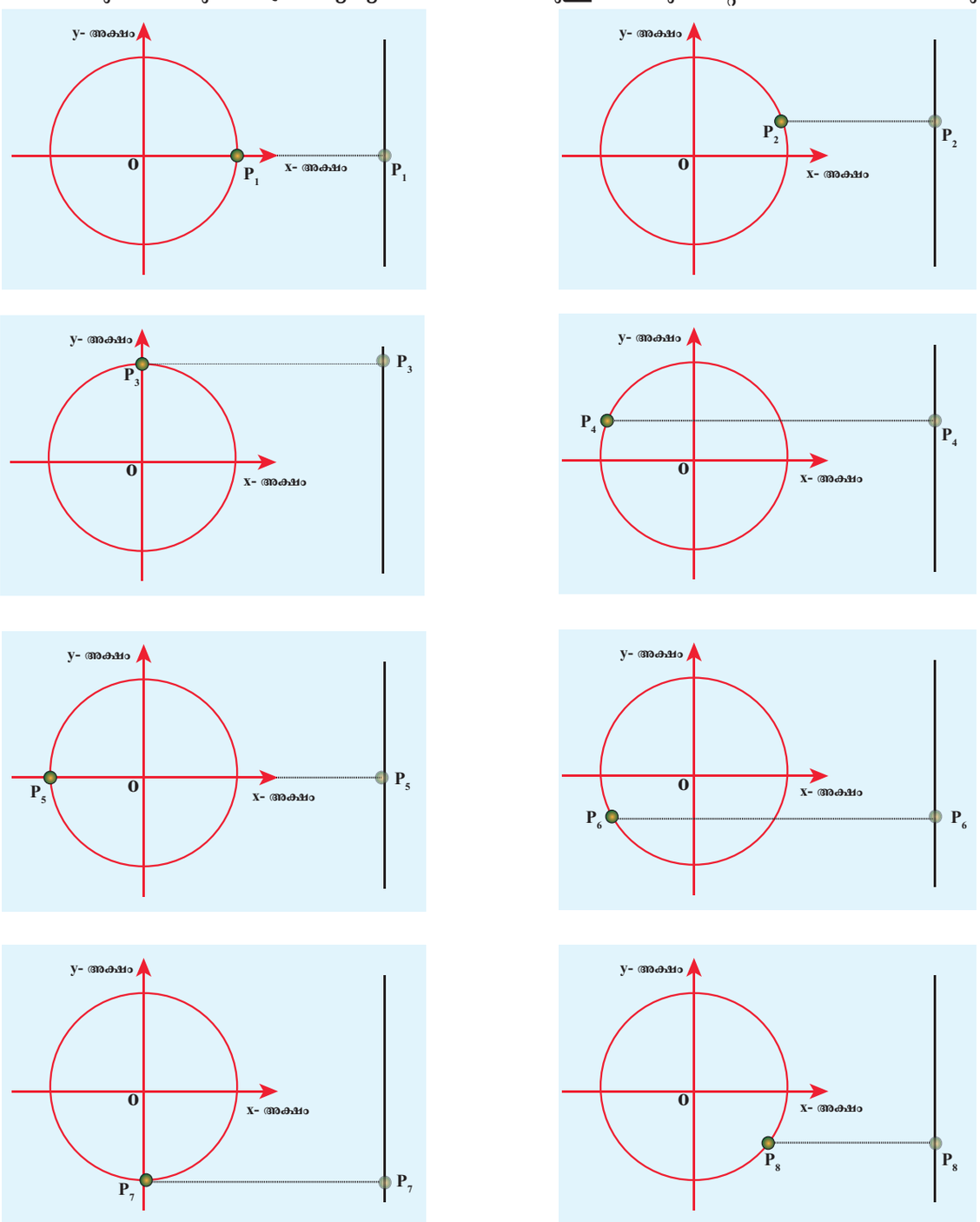
ചിത്രം 10.6 ഒരു വൃത്തത്തിന്റെ വ്യാസത്തിലൂടെയുള്ള വസ്തുവിന്റെ പ്രക്ഷേപണം

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 191 22-07-2022 15:00:43

നമുക്ക് ബന്ധിപ്പിക്കാൻ സാധിക്കും ഇതുപോലെ ഏതുതരം കമ്പനചലനം അല്ലെങ്കിൽ പരിക്രമണ ചലനത്തെയും സമവർത്തുള ചലനവുമായി ബന്ധിപ്പിക്കാൻ കഴിയും. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറയുകയാണെങ്കിൽ ഈ രണ്ടു ചലനങ്ങളും ഒരേ സ്വഭാവമുള്ളവയാണ്.

ചിത്രം 10.7 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ വർത്തുളപാതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനം ആ വർതുളപാതയിലെ ലംബവ്യാസത്തിൻ മേൽ അല്ലെങ്കിൽ ലംബവ്യാസത്തിന് സമാന്തരമായ രേഖയിൻമേൽ പ്രക്ഷേപം ചെയ്യുന്നു. ഇതുപോലെ മേൽപറഞ്ഞതിന്റെ തിരശ്ചീന അക്ഷത്തിൽ അല്ലെങ്കിൽ തിരശ്ചീനത്തിന് സമാന്തരമായ അക്ഷത്തിലുംപ്രക്ഷേപം ചെയ്യാം.

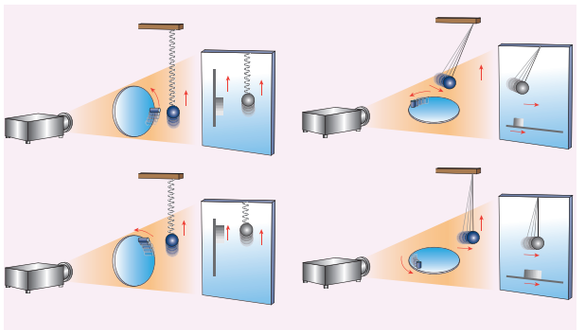
താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രം വ്യത്യസ്ത സമയത്തിലുള്ള വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനത്തെ വിവരിക്കുന്നു :



ചിത്രം 10.7 സമയത്തിനനുസൃതമായി ലംബഅക്ഷത്തിൽ പ്രക്ഷേപം ചെയ്ത വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനം

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 192 22-07-2022 15:00:43

ഉദാഹരണത്തിന് ചിത്രം 10.8 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന പോലെ വ്യവസ്ഥയെ സങ്കൽപ്പിക്കുക (അല്ലെങ്കിൽ പെൻഡുലത്തിന്റെ ദോലനം) സ്പ്രിംഗ് മുകളിലോട്ടും, താഴോട്ടും ചലിക്കുമ്പോൾ (അല്ലെങ്കിൽ പെൻഡുലം മുന്നോട്ടും പിന്നോട്ടും ചലിക്കുമ്പോൾ) ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ അല്ലെങ്കിൽ ബോബിന്റെ ചലനം വർതുള ചലനത്തിലായിരിക്കും.



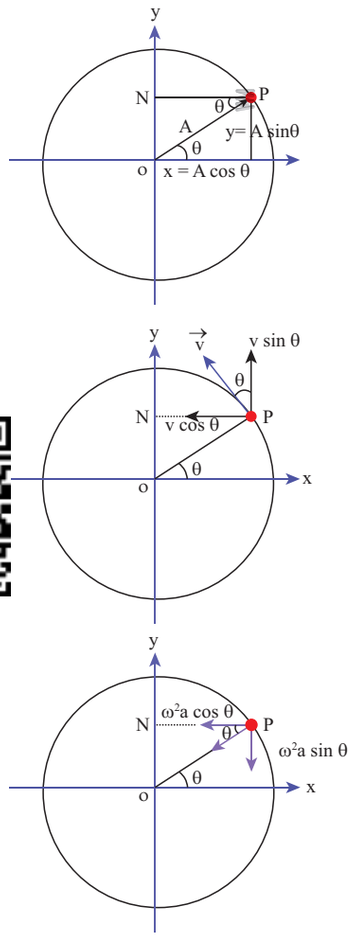
ചിത്രം 10.8 സമവർതുള ചലനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന സ്പ്രിംഗ് ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ ചലനം (അല്ലെങ്കിൽ സിംപിൾ പെൻഡുലം)

ആയതിനാൽ വസ്തു സമവർത്തുള ചലനത്തിലാണെങ്കിൽ വൃത്തത്തിന്റെ വ്യാസത്തിലൂടെയുള്ള (വ്യാസത്തിന് സമാന്തരമായ രേഖയിലൂടെയുള്ള) വസ്തുവിന്റെ പ്രക്ഷേപം സരള ഹാർമോണിക സ്വഭാവമുള്ള നേർരേഖാ ചലനത്തെ പിന്തുടരുന്നു. ഈ വൃത്തത്തെ സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെ അവലംബ വൃത്തം എന്നു വിളിക്കുന്നു. അവലംബവൃത്തത്തിന്റെ ഏതൊരു വ്യാസത്തിലൂടെയുള്ള വസ്തുവിന്റെ പ്രക്ഷേപത്തിന്റെ ചലനം എന്ന് സരള ഹാർമോണിക് ചലനത്തെ നിർവ്വചിക്കാം.

പ്രവൃത്തി

a. സ്പ്രിംഗ് ചുരുളിനുള്ളിലെ തരംഗചലനത്തിന്റെ പ്രക്ഷേപം ചിത്രീകരിക്കുക.
b. സ്പ്രീംഗ് ചുരുളിനു വെളിയിലുള്ള തരംഗചലനത്തിന്റെ പ്രക്ഷേപം ചിത്രീകരിക്കുക.

10.2.2 സ്ഥാനാന്തരണം, പ്രവേഗം, ത്വരണം മറ്റും ഇതിന്റെ ഗ്രാഫിക്കൽ ചിത്രീകരണം സരള ഹാർമോണിക് ചലനം - SHM



ചിത്രം 10.9 ഒരു നിശ്ചിത സമയത്തിലുള്ള ഒരു വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനാന്തരണം പ്രവേഗം മറ്റും ത്വരണം

സംതുലിതസ്ഥാനത്തു നിന്നും ഒരു കമ്പന കണിക സമയാനുഷ്ഠിതമായി സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരത്തെ സ്ഥാനാന്തരണം എന്നു പറയുന്നു.

ചിത്രം 10.9 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ഒരു നിശ്ചിത സമയം t ൽ A വ്യാസാർദ്ധം ഉള്ള വൃത്തത്തിലെ കണികയുടെ സ്ഥാനം P. t നേരത്തിൽ ഉള്ള കണികയുടെ സ്ഥാനാന്തരണം y താഴെ തന്നിരിക്കും വിധം കണക്കാക്കാം ΔOPN

$$\sin\theta = \frac{ON}{OP} \Rightarrow ON = OP\sin\theta \quad (10.5)$$

എന്നാൽ $\theta = \omega t$, $ON = y$ മറ്റും $OP = A$

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 193 22-07-2022 15:00:44

$$y = A \sin \omega t \qquad (10.6)$$

$\sin \omega t = 1$ ആകുമ്പോൾ സ്ഥാനാന്തരണം y പരമാവധി മൂല്യത്തിലെത്തുന്നു (ഈ മൂല്യം A യ്ക്കു സമമാകുന്നു) സംതുലിത സ്ഥാനത്തു നിന്നുമുള്ള പരമാവധി സ്ഥാനാന്തരണത്തെ കമ്പന കണത്തിന്റെ ആയതി എന്നു വിളിക്കുന്നു. സരള ഹാർമോണിക് ചലനത്തിൽ ആയതി സ്ഥിരമായിരിക്കും പൊതുവായി സരള ഹാർമോണിക് ചലനമല്ലാതെ മറ്റ് ഏതുതരം ചലനത്തിലും ആയതി സ്ഥിരമായിരിക്കണമെന്നില്ല ഇത് സമയാനുഷ്ഠിതമായി വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു.

പ്രവേഗം

സമയാനുസൃതമായ സ്ഥാനാന്തരണമാറ്റത്തെ പ്രവേഗം എന്നു പറയുന്നു. സമയത്തെ ബന്ധപ്പെടുത്തി സമവാക്യം (10.6) നെ അവകലനം ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ

$$v = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(\mathrm{A} \sin \omega t)$$

വർത്തുള ചലനത്തിൽ (വ്യാസാർദ്ധം സ്ഥിരമായിരിക്കും) ആയതി A സ്ഥിരമായിരിക്കും. സമവർതുള ചലനത്തിൽ കോണീയ പ്രവേഗം ω സ്ഥിരമായിരിക്കും അതുകൊണ്ട്,

$$v = \frac{dy}{dt} = \mathrm{A}\ \omega \cos \omega t \qquad (10.7)$$

ത്രികോണമിതി ഉപയോഗിക്കുകയാണെങ്കിൽ,

$\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t = 1 \Rightarrow \cos \omega t = \sqrt{1 - \sin^2 \omega t}$

$v = A\omega\sqrt{1 - \sin^2 \omega t}$ എന്ന് ലഭിക്കുന്നു

സമവാക്യം (10.6) ൽ നിന്നും,

$$\sin \omega t = \frac{y}{A}$$

$$v = A\omega\sqrt{1 - \left(\frac{y}{A}\right)^2}$$

$$v = \omega\sqrt{A^2 - y^2} \qquad (10.8)$$

സമവാക്യം(10.8),ൽനിന്നും,സ്ഥാനാന്തരണംy=0, ആകുമ്പോൾപ്രവേഗംv=ωA(പരമാവധി)സ്ഥാനാന്തരണംy = A, പരമാവധി മൂല്യത്തിലെത്തുമ്പോൾ പ്രവേഗം v = 0 (വളരെ കുറവ്). സ്ഥാനാന്തരണം പൂജ്യത്തിൽ നിന്നും പരമാവധിയിലെത്തുമ്പോൾ പ്രവേഗം പരമാവധിയിൽ നിന്നും പൂജ്യമായി കുറയുന്നു. ഇത് ആവർത്തിക്കപ്പെടുന്നു. എന്തെന്നാൽ പ്രവേഗം ഒരു സദിശ അളവാകുന്നു. സമവാക്യം (10.7)നെസദിശഘടകങ്ങളെകണ്ടറിയുന്നതിലൂടെ കണക്കാക്കാം.

ത്വരണം

സമയാനുസൃതമായ പ്രവേഗമാറ്റത്തെ ത്വരണം എന്നുവിളിക്കുന്നു.സമവാക്യം10.7നെസമയത്തെ ബന്ധപ്പെടുത്തിഅവകലനംചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ,

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}\left(A\omega\cos \omega t\right)$$

$$a = -\omega^2 A \sin \omega t = -\omega^2 y \qquad (10.9)$$

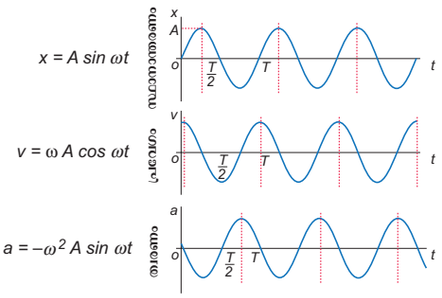
$$\therefore \quad a = \frac{d^2 y}{dt^2} = -\omega^2 y \qquad (10.10)$$

പട്ടിക 10.1 ചിത്രം 10.10, ൽ നിന്നും

പട്ടിക 10.1 സ്ഥാനാന്തരണം, പ്രവേഗം, ത്വരണം എന്നിവ വ്യത്യസ്ത സമയപരിധിയിൽ.

സമയം	0	$\frac{T}{4}$	$\frac{2T}{4}$	$\frac{3T}{4}$	$\frac{4T}{4} = T$
ωt	0	$\frac{\pi}{2}$	π	$\frac{3\pi}{2}$	2π
സ്ഥാനാന്തരണം $y = A \sin \omega t$	0	A	0	$-A$	0
പ്രവേഗം $v = A\ \omega \cos \omega t$	$A\ \omega$	0	$-A\ \omega$	0	$A\ \omega$
ത്വരണം $a = -A\ \omega^2 \sin \omega t$	0	$-A\ \omega^2$	0	$A\ \omega^2$	0

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 194 22-07-2022 15:00:48



ചിത്രം 10.10 സമയാനുസൃതമായ സ്ഥാനാന്തരണ പ്രവേഗ ത്വരണമാറ്റം

മൂലസ്ഥാനത്ത് ($y = 0$), വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗം പരമാവധി എന്നാൽ വസ്തുവിന്റെ ത്വരണം പൂജ്യമാകുന്നു. പരമാവധി (അങ്ങേയറ്റത്ത്) സ്ഥാനത്ത് $y = \pm A$, വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗം പൂജ്യം എന്നാൽ ത്വരണം $A\omega^2$ പരമാവധി എതിർ ദിശയിലോട്ട് പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 10.3

താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ ഏതാണ് സരള ഹാർമോണിക് ചലനത്തെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നത്?

(i) $x = A \sin \omega t + B \cos \omega t$

(ii) $x = A \sin \omega t + B \cos 2\omega t$

(iii) $x = A\, e^{i\omega t}$

(iv) $x = A \ln \omega t$

ഉത്തരം

(i) $x = A \sin \omega t + B \cos \omega t$

$$\frac{dx}{dt} = A\,\omega \cos \omega t - B\,\omega \sin \omega t$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\,\omega^2\,(A \sin \omega t + B \cos \omega t)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\,\omega^2 x$$

ഈ അവലോകന സമവാക്യങ്ങൾ സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെ അവലോകന സമവാക്യത്തിന് സമമാകുന്നു. (സമീകരണം 10.10).

അതുകൊണ്ട്, $x = A \sin \omega t + B \cos \omega t$ സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു

(ii) $x = A \sin \omega t + B \cos 2\omega t$

$$\frac{dx}{dt} = A\,\omega \cos \omega t - B\,(2\omega) \sin 2\omega t$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\,\omega^2\,(A \sin \omega t + 4B \cos 2\omega t)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} \neq -\,\omega^2 x$$

ഈ അവലോകന സമവാക്യം സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെ അവലോകന സമവാക്യം (സമീകരണം 10.10) ന് തുല്യമല്ല. അതുകൊണ്ട്, $x = A \sin \omega t + B \cos 2\omega t$ സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നില്ല.

(iii) $x = A\, e^{i\omega t}$

$$\frac{dx}{dt} = A\, i\omega e^{i\omega t}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -A\,\omega^2\, e^{i\omega t} = -\omega^2 x \qquad (\because i^2 = -1)$$

ഈ അവലോകന സമവാക്യം സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെ അവലോകന സമവാക്യം (സമവാക്യം10.10).ന്സമമാകുന്നു.അതുകൊണ്ട്, $x = A\, e^{i\omega t}$ സരള ഹാർമോണിക് ചലനത്തെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു.

(iv) $x = A \ln \omega t$

$$\frac{dx}{dt} = \left(\frac{A}{\omega t}\right)\omega = \frac{A}{t}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{A}{t^2} \Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} \neq -\omega^2 x$$

ഈ അവലോകന സമവാക്യം സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെ സമവാക്യം (സമീകരണം 10.10) പോലെയല്ല അതുകൊണ്ട്, $x = A \ln \omega t$ സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നില്ല.

ഉദാഹരണം 10.4

ഒരു വസ്തു സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന് വിധേയമായി എന്ന് കരുതുക. x_1 സ്ഥാനത്തെ വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗം v_1 ഉം x_2 സ്ഥാനത്തെ വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗം v_2 വുമാകുന്നു. എന്നാൽ ആവർത്തന കാലം, ആയതി എന്നിവയുടെ അനുപാതം കണ്ടുപിടിക്കുക.

$$\frac{T}{A} = 2\pi\sqrt{\frac{x_2^2 - x_1^2}{v_1^2 x_2^2 - v_2^2 x_1^2}}$$

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 195 22-07-2022 15:00:49

ഉത്തരം

സമവാക്യം (10.8) ഉപയോഗിക്കുക.

$v = \omega\sqrt{A^2 - x^2} \Rightarrow v^2 = \omega^2 (A^2 - x^2)$

അതുകൊണ്ട് x_1 സ്ഥാനത്ത്,

$$v_1^2 = \omega^2(A^2 - x_1^2) \quad (1)$$

ഇതുപോലെ x_2 സ്ഥാനത്ത്,

$$v_2^2 = \omega^2(A^2 - x_2^2) \quad (2)$$

(2) നെ (1), ൽ നിന്നും വ്യവകലനം ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ

$$v_1^2 - v_2^2 = \omega^2(A^2 - x_1^2) - \omega^2(A^2 - x_2^2)$$

$$= \omega^2(x_2^2 - x_1^2)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{v_1^2 - v_2^2}{x_2^2 - x_1^2}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{x_2^2 - x_1^2}{v_1^2 - v_2^2}} \quad (3)$$

(1) ഉം (2), ഉം വിഭജിക്കുകയാണെങ്കിൽ

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{\omega^2\left(A^2 - x_1^2\right)}{\omega^2\left(A^2 - x_2^2\right)} \Rightarrow A = \sqrt{\frac{v_1^2 x_2^2 - v_2^2 x_1^2}{v_1^2 - v_2^2}} \quad (4)$$

സമവാക്യം (3) ഉം സമവാക്യം (4), ഉം വിഭജിക്കുമ്പോൾ

$$\frac{T}{A} = 2\pi\sqrt{\frac{x_2^2 - x_1^2}{v_1^2 x_2^2 - v_2^2 x_1^2}}$$

10.2.3 സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിലെ ആവർത്തനകാലം, ആവൃതി, ഫേസ്, ഫേസ് വ്യതിയാനം, ഫേസ് സ്ഥിരാങ്കം തുടങ്ങിയവ

(i) ആവർത്തന കാലം

ഒരു വസ്തു ഒരു ദോലനം പൂർണ്ണമാക്കാൻ എടുക്കുന്ന സയമത്തെ ആവർത്തനകാലം എന്നു പറയുന്നു. ഇതിനെ T എന്നക്ഷരം കൊണ്ട് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഒരു പരിക്രമണം പൂർത്തിയാകാൻ എടുക്കുന്ന സമയം t = T, അതുകൊണ്ട്

$$\omega T = 2\pi \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (10.11)$$

ആയതിനാൽ സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന് വിധേയമാകുന്ന വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനാന്തരണത്തെ സൈൻ ഫലനത്തിലോ അല്ലെങ്കിൽ കൊസൈൻ ഫലനത്തിലോ എഴുതാം.

$$y(t) = A \sin \frac{2\pi}{T} t \quad \text{അഥവാ} \quad y(t) = A \cos \frac{2\pi}{T} t$$

ഇവിടെ T എന്നത് ആവർത്തനകാലത്തെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു. t സമയത്തിന് പകരം $t + T$, എന്ന് പ്രസ്താവിച്ചാൽ ഫലനം

$$y(t + T) = A \sin \frac{2\pi}{T} (t + T)$$

$$= A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + 2\pi\right)$$

$$= A \sin \frac{2\pi}{T} t = y(t)$$

$$y(t + T) = y(t)$$

ആയതിനാൽ ഒരു ആവർത്തനകാലത്തിന് ശേഷം ഫലനം ആവർത്തിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ $y(t)$ ക്രമാവർത്തനഫലനത്തിന് ഒരു ഉദാഹരണമാകുന്നു.

(ii) ആവർത്തിയും കോണീയ ആവൃത്തിയും

ഒരു വസ്തു ഒരു സെക്കൻഡിൽ ഏർപ്പെടുത്തുന്ന ദോലനങ്ങളുടെ എണ്ണത്തെ ആവൃത്തി എന്നു പറയുന്നു. ഇതിനെ f എന്ന് കുറിക്കുന്നു. ആവൃത്തിയുടെ SI മാത്ര s^{-1} oഅല്ലെങ്കിൽ ഹെഡ്സ് ആകുന്നു. (Hz ഇതിന്റെ സൂചകമാകുന്നു) ഗണിതപരമായി ആവൃത്തിയെ ആവർത്തനകാലവുമായി താഴെകൊടുത്തിരിക്കുംവിധം ബന്ധിപ്പിക്കാം.

$$f = \frac{1}{T} \quad (10.12)$$

ഒരു സെക്കൻഡിൽ ഏർപ്പെടുന്ന പരിക്രമണത്തിന്റെ എണ്ണത്തെ കോണീയാവൃത്തി എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇതിനെ സാധാരണയായി ഗ്രീക്ക് അക്ഷരമായ ω എന്ന് കുറിക്കുന്നു. സമവാക്യം.(10.11) നും (10.12), നെയും താരതമ്യംചെയ്ത്, കോണീയാവൃത്തിയും ആവൃത്തിയും താഴെ കൊടുത്തിരിക്കും വിധം ബന്ധിപ്പിക്കാം.

$$\omega = 2\pi f \quad (10.13)$$

കോണീയാവൃത്തിയുടെ SI മാത്ര s^{-1} ആകുന്നു.

(iii) ഫേസ്

ഒരു നിശ്ചിത സമയത്തിൽ കമ്പനംചെയ്യുന്ന വസ്തുവിന്റെ ഫേസ് എന്നത് ആ സമയത്തിൽ ആ വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനത്തെ പൂർണ്ണമായും സൂചിപ്പിക്കുന്നതാകുന്നു. നിശ്ചിത സമയത്തിൽ സംതുലിത സ്ഥാനത്തിനനുസരിച്ചുള്ള വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനം, ചലനദിശ തുടങ്ങിയവയെ ഫേസ് വിവരിക്കുന്നു (ചിത്രം 10.11).

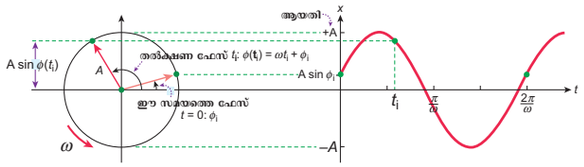
$$y = A \sin(\omega t + \varphi_0) \quad (10.14)$$

ഇവിടെ $\omega t + \varphi_0 = \varphi$ യെ കമ്പന വസ്തുവിന്റെ ഫേസ് എന്നു വിളിക്കുന്നു. t=0 സമയത്തെ (ആരംഭസമയം), ഫേസ് $\varphi = \varphi_0$ യെ ഫേസ് സ്ഥിരാങ്കം (ആരംഭഫേസ്) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇവിടെ φ_0 എന്നത് ഫേസ് കോൺ ആകുന്നു.

ഫേസ് വ്യതിയാനം: സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന് വിധേയമാകുന്ന രണ്ട് വസ്തുക്കളെ കരുതുക.

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 196 22-07-2022 15:00:51

അവയുടെ സമവാക്യങ്ങൾ $y_1 = A\sin(\omega t + \varphi_1)$ ഉം $y_2 = A\sin(\omega t + \varphi_2)$, ഉം ആകുന്നു. അവയുടെ ഫേസ് വ്യതിയാനം $\Delta\varphi = (\omega t + \varphi_2) - (\omega t + \varphi_1) = \varphi_2 - \varphi_1$.



ചിത്രം 10.11 രണ്ട് വ്യത്യസ്ത സമയത്തിലെ കമ്പന വസ്തുവിന്റെ ഫേസ്

ഉദാഹരണം 10.5

ഒരു നഴ്സ് ഒരു രോഗിയുടെ ശരാശരി ഹൃദയസ്പന്ദനത്തെ അളന്ന് ഡോക്ടറിനോട് 0.8 *s*. എന്ന സമയാവർത്തനകാലത്തിൽ അറിയിച്ചു. രോഗിയുടെ ഹൃദയസ്പന്ദനത്തെ ഒരു സെക്കൻഡിലെ സ്പന്ദനങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിൽ കുറിക്കുക.

ഉത്തരം

അളക്കപ്പെട്ട ഹൃദയസ്പന്ദനങ്ങളുടെ എണ്ണം *f*. ആവർത്തനകാലം ഹൃദയസ്പന്ദനത്തിന് എതിർ അനുപാതത്തിലാകുന്നു. ആയതിനാൽ

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.8} = 1.25\,s^{-1}$$

ഒരു മിനിട്ട് എന്നത് 60 സെക്കന്റ് ആകുന്നു.

(1 സെക്കന്റ് = $\frac{1}{60}$ മിനിട്ട് $\Rightarrow$ 1 s^{-1} = 60 min^{-1})

$f = 1.25\,s^{-1} \Rightarrow f = 1.25 \times 60\,min^{-1} = 75$ സ്പന്ദനം/മിനിട്ട്

ഉദാഹരണം 10.6

താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സരള ഹാർമോണിക് ദോലനത്തിന്റെ ആയതി, കോണീയ ആവൃത്തി, ആവർത്തനകാലം പ്രാരംഭ ഫേസ് എന്നിവ കണക്കാക്കുക

a. $y = 0.3\sin(40\pi t + 1.1)$

b. $y = 2\cos(\pi t)$

c. $y = 3\sin(2\pi t - 1.5)$

ഉത്തരം

$y = A\sin(\omega t + \varphi_0)$ അല്ലെങ്കിൽ $y = A\cos(\omega t + \varphi_0)$ സരള ഹാർമോണിക സമവാക്യം ആകുന്നു.

a. $y = 0.3\sin(40\pi t + 1.1)$ എന്ന തരംഗത്തിന്

ആയതി $A = 0.3$ മാത്ര

കോണീയാവൃത്തി $\omega = 40\pi$ rad s^{-1}

ആവൃത്തി $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{40\pi}{2\pi} = 20\,Hz$

ആവർത്തനകാലം $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{20} = 0.05\,s$

പ്രാരംഭ ഫേസ് is $\varphi_0 = 1.1$ റേഡിയൻ

b. $y = 2\cos(\pi t)$ എന്ന തരംഗത്തിന്

ആയതി $A = 2$ മാത്ര

കോണീയാവൃത്തി $\omega = \pi$ rad s^{-1}

ആവൃത്തി $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\pi}{2\pi} = 0.5\,Hz$

ആവർത്തനകാലം $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.5} = 2\,s$

പ്രാരംഭ ഫേസ് is $\varphi_0 = 0$ റേഡിയൻ

c. $y = 3\sin(2\pi t + 1.5)$ എന്ന തരംഗത്തിന്

ആയതി $A = 3$ മാത്ര

കോണീയാവൃത്തി $\omega = 2\pi$ rad s^{-1}

ആവൃത്തി $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{2\pi}{2\pi} = 1\,Hz$

ആവർത്തനകാലം $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1} = 1\,s$

പ്രാരംഭ ഫേസ് is $\varphi_0 = 1.5$ റേഡിയൻ

ഉദാഹരണം 10.7

സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിൽ

a. സ്ഥാനാന്തരണത്തിനും, പ്രവേഗത്തിനുമിടയിലുള്ള ഫേസ് വ്യതിയാനം $\frac{\pi}{2}$ റേഡിയൻ അല്ലെങ്കിൽ 90°.

b. പ്രവേഗത്തിനും, ത്വരണത്തിനുമിടയിലുള്ള ഫേസ് വ്യതിയാനം $\frac{\pi}{2}$ റേഡിയൻ അല്ലെങ്കിൽ 90°.

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 197 22-07-2022 15:00:54

c. സ്ഥാനാന്തരണത്തിനും, ത്വരണത്തിനുമിടയിലുള്ള ഫേസ് വ്യത്യാസം π റേഡിയൽ അല്ലെങ്കിൽ $180°$ എന്ന് കാണുക?

ഉത്തരം

a. സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന് വിധേയമാകുന്ന ഒരു വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനാന്തരണം
$y = A \sin\omega t$

വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗം

$$v = A\,\omega \cos\omega t = A\,\omega \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

സ്ഥാനാന്തരണത്തിനും, പ്രവേഗത്തിനുമിടയിലുള്ള ഫേസ് വ്യത്യാസം $\frac{\pi}{2}$ ആകുന്നു.

b. വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗം
$v = A\,\omega \cos\omega t$ ആകുന്നു.
വസ്തുവിന്റെ ത്വരണം

$$a = -A\omega^2 \sin\omega t = A\omega^2 \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

പ്രവേഗത്തിനും, ത്വരണത്തിനുമിടയിലുള്ള ഫേസ് വ്യത്യാസം $\frac{\pi}{2}$ ആകുന്നു.

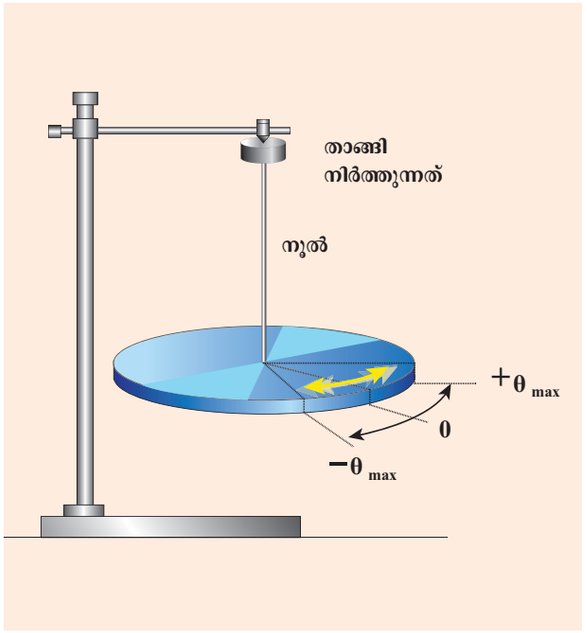
c. വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനാന്തരണം
$y = A \sin\omega t$
വസ്തുവിന്റെ ത്വരണം
$a = -A\,\omega^2 \sin\omega t = A\,\omega^2 \sin(\omega t + \pi)$

സ്ഥാനാന്തരണത്തിനും, ത്വരണത്തിനുമിടയിലുള്ള ഫേസ് വ്യത്യാസം π റേഡിയൽ ആകുന്നു.

10.3 കോണീയ സരള ഹാർമോണിക ചലനം

10.3.1 കോണീയ സരളഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെ ആവർത്തനകാലവും, ആവൃത്തിയും

ഒരു വസ്തുവിനെ ഒരു നിശ്ചിത അക്ഷത്തിനനുസൃതമായിസ്വതന്ത്രമായിഭ്രമണംചെയ്യാൻഅനുവദിക്കുകയാണെങ്കിൽ അത്തരം ദോലനത്തെ കോണീയ



ചിത്രം 10.12 ഒരു നിശ്ചിത അക്ഷത്തിന് അനുസൃതമായി സ്വതന്ത്രമായി ഭ്രമണം ചെയ്യാൻ അനുവദിച്ചിരിക്കുന്ന വസ്തു

ദോലനം എന്നു വിളിക്കുന്നു. വസ്തുവിൻമേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന പരിണിത ടോർക്ക് പൂജ്യമാകുന്ന ബിന്ദുവിനെ സന്തുലിത സ്ഥാനം എന്നു വിളിക്കുന്നു. വസ്തു സന്തുലിത സ്ഥാനത്തിൽ നിന്നും ചലിക്കപ്പെടുമ്പോൾ പ്രവർത്തിക്കുന്ന പരിണിത ആഘൂർണം കോണീയ സ്ഥാനാന്തരണത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലാകുകയും ഈ ആഘൂർണം (ടോർക്ക്) വസ്തുവിനെ അതിന്റെ സന്തുലിത സ്ഥാനത്തിലേക്ക് തിരികെ കൊണ്ടുവരാൻ ശ്രമിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. (കുറിപ്പ്: അദ്ധ്യായം 5 ൽ ആഘൂർണ്ണം വിവരിച്ചിട്ടുണ്ട്) വസ്തുവിന്റെ കോണീയ സ്ഥാനാന്തരണം $\vec{\theta}$ ആണെങ്കിൽ വസ്തുവിൻമേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന പരിണിത ആഘൂർണ്ണം എന്നത് $\vec{\tau}$

$$\vec{\tau} \propto \vec{\theta} \qquad (10.15)$$

$$\vec{\tau} = -\kappa\vec{\theta} \qquad (10.16)$$

κ എന്നത് പുനഃസ്ഥാപന ചുരുളൽ സ്ഥിരാങ്കമാകുന്നു. ഇത് ഒരു യൂണിറ്റ് കോണീയ സ്ഥാനാന്തരണത്തിലെ ആഘൂർണം ആകുന്നു I വസ്തുവിന്റെ (ജഡത്വ മൊമന്റ്) മൊമന്റ് ഓഫ് ഇനർഷിയായും $\vec{\alpha}$ കോണീയ ത്വരണവുമാണെങ്കിൽ

$$\vec{\tau} = I\vec{\alpha} = -\kappa\vec{\theta}$$

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 198 22-07-2022 15:00:55

എന്നാൽ $\vec{\alpha}=\frac{d^2\vec{\theta}}{dt^2}$ അതുകൊണ്ട്,

$$\frac{d^2\vec{\theta}}{dt^2}=-\frac{\kappa}{I}\vec{\theta} \qquad (10.17)$$

ഈ അവകലനസമവാക്യം സരളഹാർമോണിക അവലോകനസമവാക്യവുമായി സാദൃശ്യമുള്ളതാകുന്നു. സമവാക്യം (10.17) നെ സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെ സമവാക്യം (10.10), വുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ

$$\omega=\sqrt{\frac{\kappa}{I}}\,rad\,s^{-1} \qquad (10.18)$$

കോണീയ ഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെ ആവൃത്തി (സമീകരണം 10.13 ൽ നിന്നും)

$$f=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\kappa}{I}}\,Hz \qquad (10.19)$$

ആവർത്തനകാലം (സമീകരണം 10.12 ൽ നിന്നും)

$$T=2\pi\sqrt{\frac{I}{\kappa}}\ \text{സെക്കന്റ്സ്} \qquad (10.20)$$

10.3.2 സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെയും കോണീയ സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെയും താരതമ്യം

രേഖീയ സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിൽ വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനാന്തരണത്തെ രേഖീയ സ്ഥാനാന്തരണം $\vec{r}$ നാൽ അളക്കപ്പെടുന്നു. പുനഃസ്ഥാപനബലം $\vec{F}=-k\vec{r}$, ഇവിടെ k എന്നത് സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം അല്ലെങ്കിൽ ബലത്തിന്റെ സ്ഥിരാങ്കം ആകുന്നു. ഇത് ഒരു യൂണിറ്റ് സ്ഥാനാന്തരണത്തിലുള്ള ബലം ആകുന്നു. രേഖീയ സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിൽ വസ്തുവിന്റെ ജഡത്വ ഗുണാങ്കം എന്നത് വസ്തുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം ആകുന്നു.

കോണീയ സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിൽ വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനാന്തരണം കോണീയ സ്ഥാനാന്തരണം $\vec{\theta}$ ൽ അളക്കപ്പെടുന്നു. ഇവിടെ സ്പ്രിംഗ് ഗുണാങ്കം എന്നത് ആഘൂർണസ്ഥിരാങ്കം ആകുന്നു. അതായത് ഒരു യൂണിറ്റ് കോണീയ സ്ഥാനാന്തരണത്തിനാവശ്യമായ കപ്പിളിന്റെ മൊമന്റ് അല്ലെങ്കിൽ ഒരു യൂണിറ്റ് കോണീയ സ്ഥാനാന്തരണത്തിലെ പുനഃസ്ഥാപന ആഘൂർണം ആകുന്നു. ഈ സാഹചര്യത്തിൽ കോണീയ സരള ഹാർമോണിക ദോലനത്തിന് വിധേയമാകുന്ന വസ്തുവിന്റെ ജഡത്വ ഗുണാങ്കം എന്നത് വസ്തുവിന്റെ ജഡത്വമൊമന്റ് (മൊമന്റ് ഓഫ് ഇനർഷ്യ) ആകുന്നു.

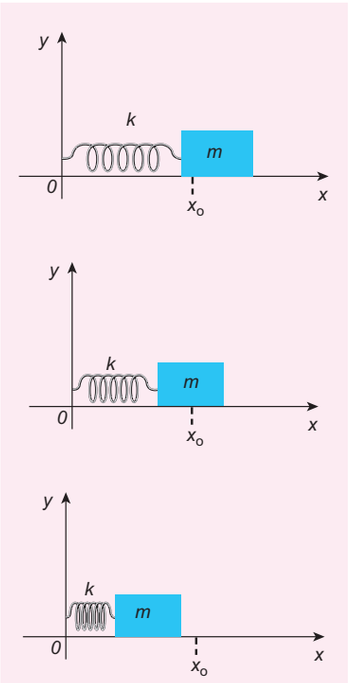
പട്ടിക 10.2 സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെയും കോണീയ ഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെയും താരതമ്യം

ക്ര.ന	സരള ഹാർമോണിക ചലനം	കോണീയ ഹാർമോണിക ചലനം
1.	വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനാന്തരണം രേഖീയ സ്ഥാനാന്തരണം $\vec{r}$ ൽ അളക്കപ്പെടുന്നു.	വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനാന്തരണം കോണീയ സ്ഥാനാന്തരണം $\vec{\theta}$ ൽ അളക്കപ്പെടുന്നു. (ഇതിനെ വളവ് കോൺ എന്നറിയപ്പെടുന്നു).
2.	വസ്തുവിന്റെ ത്വരണം $\vec{a}=-\omega^2\vec{r}$ ആകുന്നു.	വസ്തുവിന്റെ കോണീയ ത്വരണം $\vec{\alpha}=-\omega^2\vec{\theta}$ ആകുന്നു.
3.	ബലം, $\vec{F}=m\vec{a}$, ഇവിടെ m എന്നത് വസ്തുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം ആകുന്നു.	ആഘൂർണം, $\vec{\tau}=I\vec{\alpha}$, ഇവിടെ I എന്നത് വസ്തുവിന്റെ ജഡത്വമൊമന്റ് (മൊമന്റ് ഓഫ് ഇനർഷ്യ) ആകുന്നു.
4.	പുനഃസ്ഥാപന ബലം $\vec{F}=-k\vec{r}$, ഇവിടെ k എന്നത് പുനഃസ്ഥാപന ബലത്തിന്റെ സ്ഥിരാങ്കം ആകുന്നു.	പുനഃസ്ഥാപന ആഘൂർണം $\vec{\tau}=-\kappa\vec{\theta}$, ഇവിടെ κ എന്ന സൂചകത്തെ (ഗ്രീക്ക് അക്ഷരമാല '*kappa*' എന്നുച്ചരിക്കാം) പുനഃസ്ഥാപന തിരിയൽ (ടോർഷൻ) സ്ഥിരാങ്കം എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇത് തിരിയലിനുപയോഗിക്കുന്ന നൂലിന്റെ സ്വഭാവത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.
5.	കോണീയാവൃത്തി, $\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}$ rad s^{-1}	കോണീയാവൃത്തി, $\omega=\sqrt{\frac{\kappa}{I}}$ rad s^{-1}

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 199 22-07-2022 15:00:58

10.4 രേഖീയ സരള ഹാർമോണിക ദോലകം

10.4.1 സ്പ്രിംഗ് മാസ്സ് വ്യൂഹത്തിലെ തിരശ്ചീന ദോലനങ്ങൾ



ചിത്രം 10.13 സ്പ്രിംഗ് മാസ്സ് വ്യൂഹത്തിലെ തിരശ്ചീന ദോലനങ്ങൾ

ചിത്രം 10.13 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ഒരു സ്പ്രിംഗുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന m മാസ്സുള്ള ഒരു കട്ടയെ കരുതുക. ഇത് വച്ചിരിക്കുന്നത് ഘർഷണമില്ലാത്ത ഒരു പ്രതലത്തിലാണ്. സ്പ്രിംഗിന്റെ സ്ഥിരാങ്കം k ആകുന്നു. ഈ വ്യൂഹത്തിൻമേൽ ബലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നില്ലെങ്കിൽ മാസ്സ് m ന്റെ സന്തുലിത സ്ഥാനം x_0 ആകുന്നു. കട്ടയെ സന്തുലിത സ്ഥാനത്തു നിന്നും വലതുവശത്തേക്ക് x ദൂരത്തിൽ വലിച്ചുവിടുകയാണെങ്കിൽ, അത് സംതുലിത സ്ഥാനത്തിന്റെ x_0 ഇരുവശങ്ങളിലേക്കും ദോലനം ചെയ്യുന്നു. പുനഃസ്ഥാപന ബലം F കട്ടയുടെ സ്ഥാനാന്തരണത്തിന്റെ അളവിന് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും. ഒരു പരിമാണ ചലനത്തിന്

$$F \propto x$$
$$F = -k\,x$$

എന്ന് ഗണിതപരമായി നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നു. ഇവിടെ നെഗറ്റീവ്ചിഹ്നംപുനഃസ്ഥാപനബലംഎല്ലായ്പ്പോഴും വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനാന്തരണത്തിന് എതിർദിശയിലായിരിക്കുംഎന്നതിനെകുറിക്കുന്നു.ഈസമവാക്യത്തെ ഹൂക്കിന്റെ നിയമം എന്നു വിളിക്കുന്നു. (അദ്ധ്യായം 7 ൽ പരാമർശിച്ചിട്ടുണ്ട്). പുനഃസ്ഥാപനബലം സ്ഥാനാന്തരണവുമായി ഒരേ നേർരേഖയിലായിരിക്കും എന്നത് ശ്രദ്ധിക്കുക. (അതായത് ബലത്തിന്റെയും സ്ഥാനാന്തരണത്തിന്റെയും ഘാതം ഒന്നായിരിക്കും) ഇത് എല്ലായ്പ്പോഴും ശരിയാകണമെന്നില്ല. വലിച്ചു നീട്ടുന്നതിനായി നാം അധികബലം പ്രയോഗിക്കുകയാണെങ്കിൽ ദോലനത്തിന്റെ ആയതിയും അധികമായിരിക്കും (അതായത് ബലം x ന്റെ അധിക ഘാതങ്ങളുള്ള സ്ഥാനാന്തരണത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും) അതുകൊണ്ട് വ്യൂഹത്തിന്റെ ദോലനം രേഖീയമായിരിക്കില്ല. ഇതിനെ രേഖീയ മല്ലാത്ത ദോലനം എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇതുവരെ നമ്മുടെ ചർച്ചകൾ പ്രകാരം രേഖീയ ദോലനം മാത്രമാണ് വിവരിക്കപ്പെട്ടത്. ഇതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഹുക്ക് നിയമം സ്ഥിരപ്പെടുന്നു (ബലവും സ്ഥാനാന്തരണവും ഒരു രേഖീയ ബന്ധമുള്ളതാണ്).

ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം ചലനനിയമത്തിൽ നിന്നും സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന് വിധേയമാകുന്ന വസ്തുവിന്റെ സമവാക്യം

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -k\,x$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x \qquad (10.21)$$

സമവാക്യം (10.21) നെ സരള ഹാർമോണിക സമവാക്യം (10.10), നുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

ഇത് അർത്ഥമാക്കുന്നത്, ദോലകത്തിന്റെ കോണീയാവൃത്തി അല്ലെങ്കിൽ സ്വാഭാവിക ആവൃത്തി എന്നത്

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}\ \text{rad}\ s^{-1} \qquad (10.22)$$

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 200 22-07-2022 15:00:58

ദോലനത്തിന്റെ ആവൃത്തി

$$f=\frac{\omega}{2\pi}=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \text{ ഹെഡ്സ്} \quad (10.23)$$

ദോലനത്തിന്റെ ആവർത്തനകാലം

$$T=\frac{1}{f}=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \text{ സെക്കൻഡുകൾ} \quad (10.24)$$

സരള, ഹാർമോണിക ചലനത്തിൽ ദോലനത്തിന്റെ ആവർത്തനകാലം ആയതിയെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല എന്നത് ശ്രദ്ധിക്കുക. ഇത് ദോലനത്തിന്റെ ആയതി ചെറുതാണെങ്കിൽ മാത്രം സ്ഥിരപ്പെടുന്നു.

സരള ഹാർമേണിക ചലനത്തിന്റെ അവകലന സമവാക്യത്തിന്റെ നിർദ്ധാരണത്തെ ഇപ്രകാരം എഴുതാം

$$x(t) = A\sin(\omega t+\varphi) \quad (10.25)$$

അല്ലെങ്കിൽ

$$x(t) = A\cos(\omega t+\varphi) \quad (10.26)$$

ഇവിടെ A, ω, ϕ സ്ഥിരാങ്കങ്ങളാകുന്നു അവകലന സമവാക്യം 10.21 ന്റെ പൊതുവായ നിർദ്ധാരണം $x(t) = A\sin(\omega t+\varphi)+ B\cos(\omega t+\varphi)$ ഇവിടെ A, B സ്ഥിരാങ്കങ്ങളാകുന്നു.

കുറിപ്പ്

(a) ദ്രവ്യമാനം ഒരു ജഡത്വ സ്വഭാവമുള്ളതും സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം ഇലാസ്തികത സ്വഭാവമുള്ളതും ആയതിനാൽ,

ആവർത്തനകാലം $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

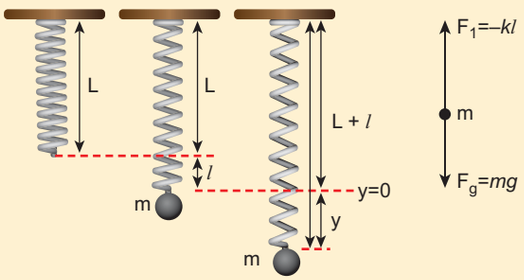
$$T=2\pi\sqrt{\frac{\text{ജഡത്വ സ്വഭാവം}}{\text{ഇലാസ്തികത സ്വഭാവം}}}=2\pi\sqrt{\left|\frac{\text{സ്ഥാനാന്തരണം}}{\text{ത്വരണം}}\right|}$$

(b) $\frac{\text{സ്ഥാനാന്തരണം}}{\text{ത്വരണം}}=\frac{x}{\frac{d^2x}{dt^2}}=-\frac{m}{k}$, $\frac{m}{k}$ യുടെ പരിമാണത്തിന് തുല്യമാണ് $\frac{\text{സ്ഥാനാന്തരണം}}{\text{ത്വരണം}}$

ആവർത്തനകാലം $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

10.4.2 സ്പ്രിംഗിന്റെ ലംബ ദോലനങ്ങൾ

ചിത്രം10.14 സ്പ്രിംഗുകൾ



ചിത്രം10.15 സ്ഥിരാങ്കം k ഉള്ള ദ്രവ്യമാന സ്പ്രിംഗ്

സ്പ്രിംഗിന്റെ സ്ഥിരാങ്കം അല്ലെങ്കിൽ ബലത്തിന്റെ സ്ഥിരാങ്കം k യുള്ള ദ്രവ്യമാനമറ്റ ഒരു സ്പ്രിംഗ് ചിത്രം 10.15 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ മേൽത്തട്ടുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. മാസ്സ് (ദ്രവ്യമാനം) ചേർക്കുന്നതിനു മുൻപുള്ള സ്പ്രിംഗിന്റെ നീളം L ആകുന്നു. m ദ്രവ്യമാനമുള്ള കട്ട സ്പ്രിംഗിന്റെ മറ്റേ അഗ്രത്തായി ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ സ്പ്രിംഗ് l നീളത്തിൽ വികസിക്കുന്നു. സ്പ്രിംഗിന്റെ വലിച്ചുനീടൽ കാരണം ഏർപ്പെടുന്ന പുനഃസ്ഥാപന ബലം F_1 ആകുന്നു. ദ്രവ്യമാനം m കാരണം ഭൂഗുരുത്വബലം ലംബമായി താഴോട്ട് പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ചിത്രം 10.15 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന പ്രകാരം ഈ വ്യൂഹത്തിന് ഒരു ഫ്രീ ബോഡി ചിത്രം വരയ്ക്കാൻ കഴിയും. വ്യൂഹം സംതുലിതാവസ്ഥയിലായിരിക്കുമ്പോൾ,

$$F_1 + mg = 0 \quad (10.27)$$

എന്നാൽ സ്പ്രിംഗ് l, എന്ന ചെറിയ സ്ഥാനാന്തരണത്തിലേക്ക് നീളുന്നു അതുകൊണ്ട്,

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 201 22-07-2022 15:01:00

$$F_1 \propto l \Rightarrow F_1 = -k\,l \qquad (10.28)$$

സമവാക്യം (10.28) നെ സമവാക്യം (10.27), ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ, നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്

$$-k\,l + mg = 0$$
$$mg = kl$$

അല്ലെങ്കിൽ

$$\frac{m}{k} = \frac{l}{g} \qquad (10.29)$$

വളരെ ചെറിയ ഒരു ബാഹ്യബലം മാസ്സ് (ദ്രവ്യമാനം) ത്തിൽ പ്രയോഗിക്കുകയാണെങ്കിൽ മാസ്സ് വീണ്ടും താഴോട്ട് y, എന്ന സ്ഥാനാന്തരണത്തിൽ നീളുന്നു. എന്നിട്ട് അത് മുകളിലോട്ടും താഴോട്ടും ദോലനം ചെയ്യും. സ്പ്രിംഗിന്റെ വലിച്ചുനീട്ടൽ കാരണം പുനഃസ്ഥാപന ബലം (സ്പ്രിംഗിന്റെ മൊത്ത വിപുലീകരണം $y + l$ ആകുന്നു)

$$F_2 \propto (y + l)$$
$$F_2 = -k\,(y + l) = -ky - kl \qquad (10.30)$$

ആയതിനാൽ മാസ്സ് (ദ്രവ്യമാനം) $\frac{d^2y}{dt^2}$, ത്വരണത്തിൽ മുകളിലോട്ടും താഴോട്ടും ചലിക്കുന്നു. ഇതിന് ഒരു ഫ്രീ ബോഡീ ചിത്രം വരയ്ക്കുമ്പോൾ നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്

$$-ky - kl + mg = m\frac{d^2y}{dt^2} \qquad (10.31)$$

ഈ വലിച്ചുനീട്ടൽ കാരണം മാസ്സിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ആകെ ബലം

$$F = F_2 + mg$$
$$F = -ky - kl + mg \qquad (10.32)$$

ഭൂഗുരുത്വബലം പുനഃസ്ഥാപനബലത്തെ എതിർക്കുന്നു. സമീകരണം (10.29) നെ സമീകരണം (10.32), ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്

$$F = -ky - kl + kl = -ky$$

ന്യൂട്ടന്റെ നിയമം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്

$$m\frac{d^2y}{dt^2} = -k\,y$$
$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{k}{m}y \qquad (10.33)$$

മേൽപറഞ്ഞ സമവാക്യം സരളഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെ അവകലനസമവാക്യത്തിന്റെ രൂപത്തിലാണ് അതുകൊണ്ട് ആവർത്തനകാലം എന്നത്

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \text{ സെക്കന്റ്} \qquad (10.34)$$

കുറിപ്പ്

സ്പ്രിംഗിന്റെ തിരശ്ചീന ദോലനങ്ങൾ മറ്റും ലംബദോലനങ്ങളിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്ന ആവർത്തനകാലം തുല്യമാണ്.

സമവാക്യം (10.29) ഉപയോഗിച്ച് ആവർത്തനകാലം T യെ മറ്റൊരു രീതിയിൽ എഴുതിയാൽ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \text{ സെക്കൻസ്} \qquad (10.35)$$

ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണത്തെ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സൂത്രത്തിൽ നിന്നും കണക്കാക്കാം

$$g = 4\pi^2\left(\frac{l}{T^2}\right) \text{ m s}^{-2} \qquad (10.36)$$

ഉദാഹരണം 10.8

ഒരു സ്പ്രിംഗ് തുലാസ് 0.25 മീ നീളമുള്ളതും 0 മുതൽ 25 kg വരെ ഭാരം അളക്കാൻ കഴിവുള്ളതുമാകുന്നു. ഈ സ്പ്രിംഗ് തുലാസിനെ $11.5\,\text{m s}^{-1}$ ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണമുള്ള X എന്ന നമുക്കറിയാത്ത ഗ്രഹത്തിലേക്ക് കൊണ്ടു ചെല്ലുന്നു. M kg ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഒരു വസ്തുവിനെ സ്പ്രിംഗ് തുലാസിൽ തൂക്കിയിടുകയാണെങ്കിൽ 0.50 സെക്കൻഡ് ആവർത്തനകാലത്തിൽ ദോലനം ചെയ്യുന്നു. വസ്തുവിൻമേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഭൂഗുരുത്വ ബലം കണക്കാക്കുക.

ഉത്തരം

സമീകരണം (10.29) ഉപയോഗിച്ച് ആദ്യം സ്പ്രിംഗ് തുലാസിന്റെ കാഠിന്യ സ്ഥിരാങ്കം കണക്കാക്കാം,

$$k = \frac{mg}{l} = \frac{25 \times 11.5}{0.25} = 1150\ N\,m^{-1}$$

ദോലനത്തിന്റെ ആവർത്തനകാലം $T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$, എന്ന് കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. ഇവിടെ M എന്നത് വസ്തുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം ആകുന്നു.

M ന്റെ മൂല്യമറിയാത്തതാകുന്നു. മേൽപ്പറഞ്ഞ സമവാക്യത്തെ പുനഃക്രമീകരിച്ചാൽ നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 202 22-07-2022 15:01:03

$$M = \frac{kT^2}{4\pi^2} = \frac{(1150)(0.5)^2}{4\pi^2} = 7.3kg$$

വസ്തുവിൻമേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഭൂഗുരുത്വബലം എന്നത് $W = Mg = 7.3 \times 11.5 = 83.95\ N \approx 84\ N$ ആകുന്നു

10.4.3 സ്പ്രിംഗുകളുടെ സംയോജനം

ചിത്രം 10.16 ഇരുചക്രവാഹനങ്ങളിൽ ആഘാതം പ്രതിരോധിക്കുന്നതിനായി ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന യന്ത്രോപകരണത്തിലെ സ്പ്രിംഗുകളുടെ സംയോജനം

സ്പ്രിംഗിന്റെ കാഠിന്യത്തെ സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം അല്ലെങ്കിൽ ബലത്തിന്റെ സ്ഥിരാങ്കം (ഇതിനെ കാഠിന്യ സ്ഥിരാങ്കം എന്നു വിളിക്കുന്നു) ഇവയാൽ അളക്കപ്പെടുന്നു.

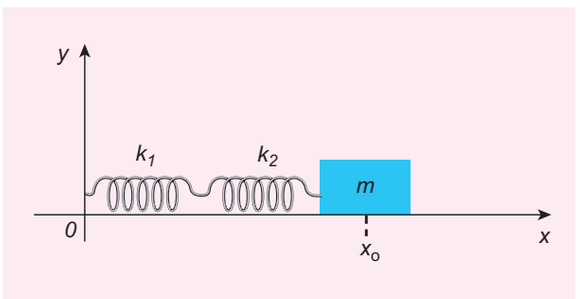
സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ മൂല്യം കൂടുതലാണെങ്കിൽ സ്പ്രിംഗ് കാഠിന്യമേറിയതാകുന്നു. അതായത് സ്പ്രിംഗിനെ സങ്കോചിപ്പിക്കാൻ അല്ലെങ്കിൽ വികസിപ്പിക്കാൻനാംഅധികബലംപ്രയോഗിക്കേണ്ടതായിട്ടുണ്ട് ഇതുപോലെ സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ മൂല്യം കുറവാണെങ്കിൽ ഇതിനെ സങ്കോചിപ്പിക്കാൻ അല്ലെങ്കിൽ വികസിപ്പിക്കാൻ കുറഞ്ഞ ബലം മതിയാകും.

സ്പ്രിംഗുകളെ രണ്ട് രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കാൻ കഴിയും. ഒന്ന് ശേണിരീതിയിലും, മറ്റൊന്ന് സമാന്തരരീതിയിലുമാകുന്നു.

a. സ്പ്രിംഗുകൾ ശ്രേണി രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ
b. സ്പ്രിംഗുകൾ സമാന്തര രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ തുടങ്ങിയ ഉപവിഭാഗത്തിൽ നിന്നും പരിണിത സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം കണക്കാക്കാം.

a. സ്പ്രിംഗുകൾ ശ്രേണി രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ

രണ്ടോ അതിലധികമോ സ്പ്രിംഗുകൾ ശ്രേണീ രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കപ്പെടുമ്പോൾ, ശ്രേണീ ബന്ധനത്തിലുള്ള സ്പ്രിംഗുകൾ ഏർപ്പെടുത്തുന്ന പരിണിതഫലത്തിന് തുല്യമായ ഫലത്തെ നൽകുന്ന ഒരു സ്പ്രിംഗിനെ ഈ സ്പ്രിംഗുകളുടെ ശ്രേണീ സംയോജനത്തിനു പകരം ഉപയോഗിക്കാം. ഓരോ സ്പ്രിംഗുകളുടേയും സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ മൂല്യം k_1, k_2, k_3,... (അറിയുന്ന അളവ്), പരിണിത സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം k_s കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് ഒരു ഗണിതപരമായ ബന്ധം ഉണ്ടാക്കാം. ലളിതമായി സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം k_1, k_2 ഉള്ള രണ്ട് സ്പ്രിംഗുകളെ കരുതുക. ഇവ m ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഒരു കട്ടയുമായി ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതു മൂലം ലഭിക്കുന്ന ഫലത്തെ പ്രയോജനപ്പെടുത്തി ശ്രേണിരീതിയിൽ എത്ര സ്പ്രിംഗുകൾ ബന്ധിപ്പിച്ചാലും അവയുടെ പൊതുവായ ഫലം ലഭ്യമാകുന്നു.



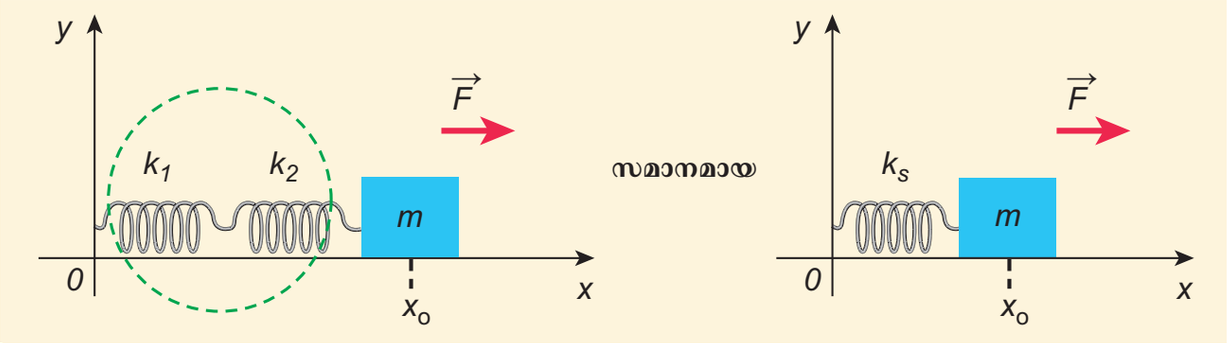
ചിത്രം10.17 സ്പ്രിംഗുകളുടെ ശ്രേണി സംയോജനം

ചിത്രം 10.18 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ വലതുവശത്തായി ബലം F പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. ഓരോ സ്പ്രിംഗിന്റെയും സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം വ്യത്യസ്തമാണ്. മാത്രമല്ല അവയ്ക്കിടയിലുള്ള സംയോജനം കാഠിന്യമില്ലാത്തതാണ്, ആയതിനാൽ സ്പ്രിംഗ് വ്യത്യസ്ത നീളത്തിൽ നീളുന്നു. x_1, x_2 എന്നത് ബലം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ സ്പ്രിംഗിന്റെ സന്തുലിത സ്ഥാനത്തു നിന്നുമുള്ള വികാസം ആകുന്നു. ദ്രവ്യമാന ബിന്ദുവിന്റെ ആകെ സ്ഥാനാന്തരണം എന്നത്

$$x = x_1 + x_2 \qquad (10.37)$$

ഹുക്ക് നിയമത്തിൽ നിന്നും ആകെ ബലം

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 203 22-07-2022 15:01:03



ചിത്രം 10.18 ശ്രേണി ബന്ധനത്തിലെ പരിണിത സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം

$$F = -k_s(x_1 + x_2) \Rightarrow x_1 + x_2 = -\frac{F}{k_s} \quad (10.38)$$

ശ്രേണീ ബന്ധനത്തിലെ സ്പ്രിംഗിന്

$$-k_1x_1 = -k_2x_2 = F$$

$$\Rightarrow x_1 = -\frac{F}{k_1} \text{ മറ്റും } x_2 = -\frac{F}{k_2} \quad (10.39)$$

അതുകൊണ്ട് സമവാക്യം (10.39) നെ സമവാക്യം (10.38), ൽ പ്രസ്താവിച്ച് സഫല സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം കണക്കാക്കാം

$$-\frac{F}{k_1} - \frac{F}{k_2} = -\frac{F}{k_s}$$

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

അല്ലെങ്കിൽ

$$k_s = \frac{k_1k_2}{k_1 + k_2} \text{ Nm}^{-1} \quad (10.40)$$

"n" സ്പ്രിംഗുകൾ ശ്രേണീ രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുകയാണെങ്കിൽ ഈ സംയോജനത്തിന്റെ പരിണിത സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \ldots + \frac{1}{k_n} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{k_i} \quad (10.41)$$

എല്ലാ സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കവും സമമാണ് അതായത്, $k_1 = k_2 = \ldots = k_n = k$

$$\frac{1}{k_s} = \frac{n}{k} \Rightarrow k_s = \frac{k}{n} \quad (10.42)$$

സഫല (പരിണിത) സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം "n" മടങ്ങു കുറയുന്നു.എന്നതിനെഇത്കാണിക്കുന്നു.സ്പ്രിംഗുകൾ ശ്രേണീ രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ സഫല സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം തനിത്തനി സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കത്തിനെക്കാൾ കുറവായിരിക്കും സമീകരണം (10.39) ൽ നിന്നും,

$$k_1x_1 = k_2x_2$$

സങ്കോചന ദൂരം അല്ലെങ്കിൽ വികാസം x_1, x_2 എന്നിവയുടെ അനുപാതം

$$\frac{x_2}{x_1} = \frac{k_1}{k_2} \quad (10.43)$$

ഒന്നാമത്തെയും രണ്ടാമത്തെയും സ്പ്രിംഗുകളിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന ഇലാസ്തികത സ്ഥിതികോർജ്ജം യഥാക്രമം $U_1 = \frac{1}{2}k_1x_1^2$, ഉം $U_2 = \frac{1}{2}k_2x_2^2$ ഉം ആകുന്നു. ഇവയുടെ അനുപാതം

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{1}{2}k_1x_1^2}{\frac{1}{2}k_2x_2^2} = \frac{k_1}{k_2}\left(\frac{x_1}{x_2}\right)^2 = \frac{k_2}{k_1} \quad (10.44)$$

കുറിപ്പ്

കാഠിന്യഗുണാങ്കത്തിന്റെ വ്യുൽക്രമത്തിന് വളയൽ ഗുണാങ്കം അല്ലെങ്കിൽ അനുവർത്തനം എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇതിനെ C എന്ന് കുറിക്കുന്നു. ഇതിനെ m N^{-1} ഉപയോഗിച്ച് അളക്കാം

n സ്പ്രിംഗുകൾ ശ്രേണീരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചാൽ ആകെ അനുവർത്തനം : $C_s = \sum_{i=1}^{n} C_i$

n സ്പ്രിംഗുകൾ സമാന്തരരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചാൽ : $\frac{1}{C_p} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{C_i}$

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 204 22-07-2022 15:01:07

ഉദാഹരണം 10.9

ബലത്തിന്റെ സ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ $1\ N\ m^{-1}$, $2\ N\ m^{-1}$ ഉള്ള രണ്ട് സ്പ്രിംഗുകൾ ശ്രേണീ രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. സഫല സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം (k_s) കണ്ടുപിടിച്ച് k_s വിവരിക്കുക.

ഉത്തരം

$$k_1 = 1\ N\ m^{-1},\ k_2 = 2\ N\ m^{-1}$$

$$k_s = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}\ N\ m^{-1}$$

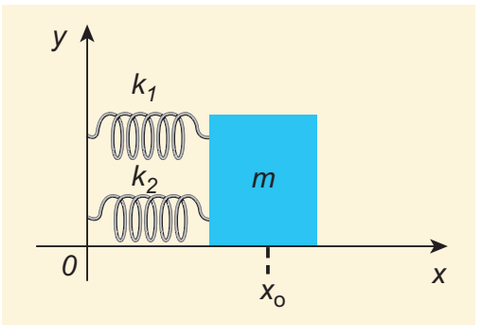
$$k_s = \frac{1\times 2}{1+2} = \frac{2}{3}\ N\ m^{-1}$$

$k_s < k_1$ മറ്റും $k_s < k_2$

ആയതിനാൽ സഫല സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം k_1, k_2 നേക്കാൾ കുറവായിരിക്കും.

b. സമാന്തര രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന സ്പ്രിംഗുകൾ

രണ്ടോ അതിലധികമോ സ്പ്രിംഗുകൾ സമാന്തര രീതിയിൽബന്ധിപ്പിക്കപ്പെടുമ്പോൾ,സമാന്തരബന്ധനത്തിലുള്ള സ്പ്രിംഗുകൾ ഏർപ്പെടുത്തുന്ന പരിണിതഫലത്തിന് തുല്യമായ ഫലത്തെ നൽകുന്ന ഒരു സ്പ്രിംഗിനെഈസ്പ്രിംഗുകളുടെസമാന്തരസംയോജനത്തിനു പകരം ഉപയോഗിക്കാം. ഓരോ സ്പ്രിംഗുകളുടെയും സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ മൂല്യം k_1, k_2, k_3, ... (അളവുകൾ അറിയാവുന്നത്), സഫല സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം k_p കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് ഒരു ഗണിതബന്ധത്തെ രൂപീകരിക്കാം. ലളിതമായി സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം k_1, k_2 ഉള്ള രണ്ട് സ്പ്രിംഗുകളെ ചിത്രത്തിൽ 10.19 കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ m ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഒരു കട്ടയുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നുവെന്ന് കരുതുക. ഈ ഫലം എത്ര സ്പ്രിംഗുകൾ സമാന്തര രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചാലും ലഭിക്കുന്ന പൊതുവായ ഫലമാണ്.



ചിത്രം 10.19 സമാന്തര രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന സ്പ്രിംഗുകൾ

ചിത്രം10.20 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ വലതു വശത്തോട്ട് ഒരു ബലം F പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ സാഹചര്യത്തിൽ രണ്ട് സ്പ്രിംഗുകളും ഒരേ അളവ് സ്ഥാനാന്തരണത്തിൽ വികസിക്കുന്നു അല്ലെങ്കിൽ സങ്കോചിക്കുന്നു. m മാസ്സ് (പിണ്ഡം)ത്തിന്റെ സ്ഥാനന്തരണത്തിന് ആവശ്യമായ ആകെ ബലം

$$F = -k_p x \qquad (10.45)$$

ഇവിടെk_p എന്നത് സഫല സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കമാകുന്നു. ആദ്യത്തെ സ്പ്രിംഗിൽ x സ്ഥാനാന്തരണത്തിലുള്ള വികാസത്തെഏർപ്പെടുത്താൻആവശ്യമായബലംF_1 ഉം രണ്ടാമത്തെ സ്പ്രിംഗിൽ അതേ സ്ഥാനാന്തരണം x ഉള്ള വികാസത്തെ ഏർപ്പെടുത്താൻ ആവശ്യമായ ബലം F_2 ഉം ആണെങ്കിൽ ആകെ ബലം

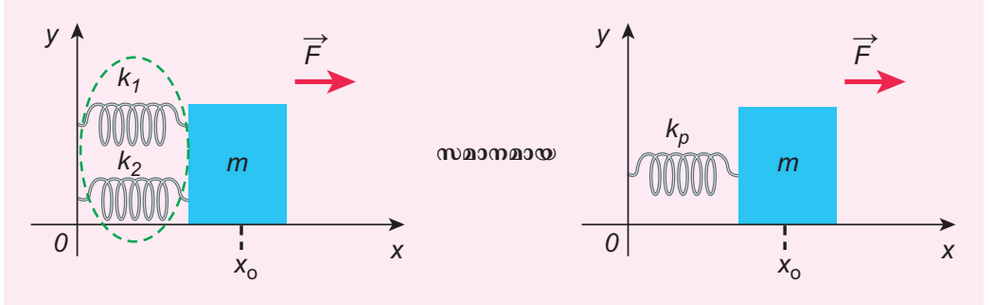
$$F = -k_1 x - k_2 x \qquad (10.46)$$

സമീകരണം (10.46)ഉം സമീകരണം (10.45), ഉം തുല്യമാക്കുകയാണെങ്കിൽ നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്

$$k_p = k_1 + k_2 \qquad (10.47)$$

സാധാരണയായി n സ്പ്രിംഗുകൾ സമാന്തരമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നെങ്കിൽ

$$k_p = \sum_{i=1}^{n} k_i \qquad (10.48)$$



ചിത്രം 10.20 സമാന്തരബന്ധനത്തിലെ പരിണിത സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 205 22-07-2022 15:01:08

എല്ലാ സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കങ്ങളുടെയും മൂല്യവും സമമാണെങ്കിൽ അതായത് $k_1 = k_2 = ... = k_n = k$ ആയതിനാൽ

$$k_p = n\,k \qquad (10.49)$$

പരിണിത സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം n മടങ്ങുകളായിവർദ്ധിക്കുന്നു. ആയതിനാൽ സമാന്തര സംയോജനത്തിലുള്ള പരിണിത സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം തനിത്തനി സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കത്തെക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കും.

കുറിപ്പ്

സ്പ്രിംഗിന്റെ സ്ഥിരാങ്കം സ്പ്രിംഗിന്റെ നീളത്തിന് വിപരീത അനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

$$k \propto \frac{1}{\text{സ്പ്രിംഗിന്റെ നീളം}}$$

l_1, l_2, നീളമുള്ള രണ്ട് കഷ്ണങ്ങളായി ഒരു സ്പ്രിംഗിനെ മുറിക്കുകയാണെങ്കിൽ $l_1 = nl_2$, ആദ്യ നീളത്തിന്റെ സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം $k_1 = \frac{k(n+1)}{n}$ രണ്ടാമത്തെ നീളത്തിന്റെ സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം $k_2 = (n+1)\,k$, ഇവിടെ k എന്നത് കഷ്ണങ്ങളാക്കുന്നതിന് മുമ്പുള്ള സ്പ്രിംഗിന്റെ യഥാർത്ഥ സ്ഥിരാങ്കം ആകുന്നു.

ഉദാഹരണം 10.10

സമാന്തരമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന $1\ \text{N m}^{-1}$, $2\ \text{N m}^{-1}$ ബലസ്ഥിരാങ്കങ്ങളുള്ള രണ്ട് സ്പ്രിംഗുകളെ കരുതുക. ഇവയുടെ പരിണിത സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം കണ്ടുപിടിച്ച് വിവരിക്കുക. (k_p)

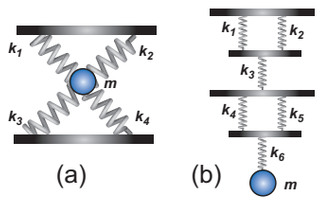
ഉത്തരം

$$k_1 = 1\ \text{N m}^{-1},\ k_2 = 2\ \text{N m}^{-1}$$
$$k_p = k_1 + k_2\ \text{N m}^{-1}$$
$$k_p = 1 + 2 = 3\ \text{N m}^{-1}$$
$$k_p > k_1,\ k_p > k_2$$

അതായത് പരിണിത സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം k_1, k_2 നെക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കും.

ഉദാഹരണം 10.11

താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ള വ്യൂഹത്തിന്റെ പരിണിത സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം കണക്കാക്കുക. എല്ലാ സ്പ്രിംഗുകളുടെയും സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം തുല്യമായെടുത്ത് കണക്കാക്കുക:



ഉത്തരം

a. k_1 ഉം k_2 ഉം സമാന്തരമായതിനാൽ, $k_u = k_1 + k_2$ അതുപോലെ, k_3 ഉം k_4 ഉം സമാന്തരമായതിനാൽ $k_d = k_3 + k_4$
എന്നാൽ k_u ഉം k_d ഉം ശ്രേണീബന്ധനത്തിലാണ്,

ആയതിനാൽ, $k_{eq} = \frac{k_u k_d}{k_u + k_d}$

എല്ലാ സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കങ്ങളും തുല്യമാണ് അതിനാൽ, $k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = k$
അതായത്, $k_u = 2k$, $k_d = 2k$

അതുകൊണ്ട്, $k_{eq} = \frac{4k^2}{4k} = k$

b. k_1 ഉം k_2 ഉം സമാന്തരമായതിനാൽ, $k_A = k_1 + k_2$
ഇതുപോലെ k_4 ഉം k_5 ഉം സമാന്തരമായതിനാൽ, $k_B = k_4 + k_5$
Bഎന്നാൽ k_A, k_3, k_B, k_6 എന്നിവ ശ്രേണീരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ

$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k_A} + \frac{1}{k_3} + \frac{1}{k_B} + \frac{1}{k_6}$$

എല്ലാ സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കങ്ങളും തുല്യമാണ് എങ്കിൽ, $k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = k_5 = k_6 = k$
അതായത്, $k_A = 2k$, $k_B = 2k$

$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{2k} + \frac{1}{k} + \frac{1}{2k} + \frac{1}{k} = \frac{3}{k}$$

$$k_{eq} = \frac{k}{3}$$

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 206 22-07-2022 15:01:10

ഉദാഹരണം 10.12

ഒരു തിരശ്ചീനമായ മിനുസമാർന്ന പ്രതലത്തിൽ m മാസ്സ് v വേഗത്തിൽ ചലിക്കുകയും സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം k ഉള്ള ഏകദേശം മാസില്ലാത്ത സ്പ്രിംഗുമായി കൂട്ടിമുട്ടുകയും ചെയ്യുന്നു. കൂട്ടിമുട്ടലിനു ശേഷം മാസിന്റെ ചലനം നിലച്ചാൽ സ്പ്രിംഗിന്റെ പരമാവധി കംപ്രഷൻ കണക്കാക്കുക.

ഉത്തരം

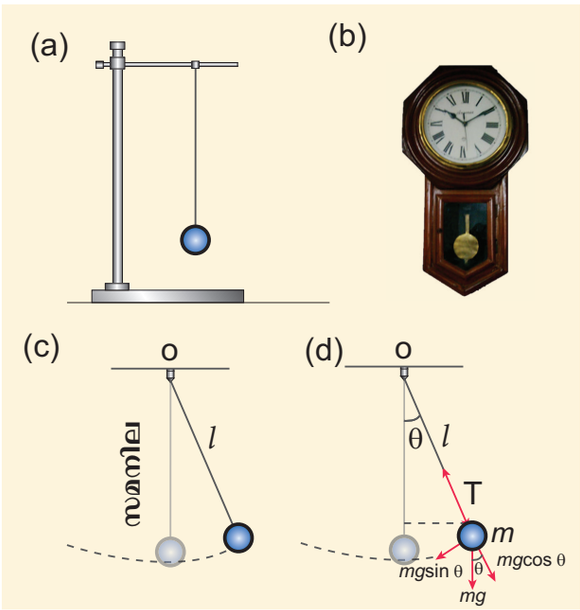
മാസ് സ്പ്രിംഗുമായി കൂട്ടിമുട്ടുമ്പോൾ മാസിന്റെ ഗതികോർജ്ജം നഷ്ടം സ്പ്രിംഗിന്റെ ഇലാസ്റ്റിക് സ്ഥിതികോർജ്ജ ലാഭമാകുന്നു (ഊർജ്ജ സംരക്ഷണ നിയമ പ്രകാരം)

x എന്നത് സ്പ്രിംഗിന്റെ ചുരുങ്ങലിന്റെ ദൂരം ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. ഊർജ്ജ സംരക്ഷണ നിയമമനുസരിച്ച്

$$\frac{1}{2}m\,v^2 = \frac{1}{2}\,k\,x^2 \Rightarrow x = v\sqrt{\frac{m}{k}}$$

10.4.4 സരള ഹാർമോണിക് ചലനത്തിലെ സിമ്പിൾ പെന്റുലത്തിന്റെ ദോലനങ്ങളും സിമ്പിൾ പെന്റുലത്തിന്റെ നിയമങ്ങളും

സിമ്പിൾ പെന്റുലം



ചിത്രം 10.21 സിമ്പിൾ പെന്റുലം

ആനുകാലിക ചലനം പ്രകടിപ്പിക്കുന്ന ഒരു യാന്ത്രിക സംവിധാനമാണ് പെന്റുലം നീളമുള്ള ഒരു നൂലിൽ (മാസില്ലാത്തതും, വലിയാത്തതുമായ നൂൽ എന്നു കരുതുക) m മാസുള്ള ഒരു ബോബ് ഒരു ഭാഗത്ത് തൂക്കിട്ടിരിക്കുന്നു. മറുഭാഗം ചിത്രം 10.21 (a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു സ്റ്റാൻഡിൽ ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. സന്തുലിതാവസ്ഥയിൽ പെൻഡുലം ദോലനം ചെയ്യുന്നില്ല, ലംബമായി താഴേയ്ക്ക് തൂങ്ങി കിടക്കുന്നു. അത്തരം സ്ഥാനത്തെ ശരാശരി സ്ഥാനം അല്ലെങ്കിൽ സന്തുലിത സ്ഥാനം എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. ഒരു പെന്റുലം അതിന്റെ സന്തുലിതാവസ്ഥയിൽ നിന്നും ഒരു ചെറിയ സ്ഥാനചലനം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ പെന്റുലത്തിന്റെ ബോംബ് അങ്ങോട്ടും ഇങ്ങോട്ടും ചലിക്കുന്നു. ബോബ് തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന ബിന്ദുവിനു ബോബിന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണ കേന്ദ്രത്തിനും തമ്മിലുള്ള ദൂരം l എന്നു കരുതാം. ചിത്രം 10.21 (d) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ഏതു സ്ഥാന ചലന സ്ഥാനത്തും പെന്റുലത്തിന്റെ ബോബിൽ രണ്ടു ബലങ്ങൾ പ്രവർത്തിക്കുന്നു,

(i) വസ്തുവിൽ ലംബമായികീഴ്നോക്കിപ്രവർത്തിക്കുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണ ബലം ($\vec{F} = m\vec{g}$)

(ii) തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന ബിന്ദുവിനെ നോക്കി നൂലിലൂടെ പ്രവർത്തിക്കുന്ന വലിവു ബലം $\vec{T}$ ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്തിന്റെ രണ്ടു ഘടകങ്ങൾ.

ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്തിന്റെ രണ്ടു ഘടകങ്ങൾ:

a. **ലംബ ഘടകം:** നൂലിലൂടെ വലിവു ബലത്തിന് എതിരായി കാണുന്ന ഘടകം, $F_{as} = mg\cos\theta$.

b. **ടേൻജൻഷ്യൽ ഘടകം :** നൂലിനും ലംബമായ ഘടകം, അതായത് ആർക്കിലെ ടേൻജൻഷ്യൽ ദിശയിലുള്ള ഘടകം $F_{ps} = mg\sin\theta$.

അതായത്, നൂലിലൂടെയുള്ള ബലത്തിന്റെ ലംബ ഘടകം,

$$T - F_{as} = m\frac{v^2}{l}$$

ഇവിടെ v എന്നത് ബോബിന്റെ വേഗതയാകുന്നു.

$$T - mg\cos\theta = m\frac{v^2}{l} \qquad (10.50)$$

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 207 22-07-2022 15:01:12

കുറിപ്പ്

ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം നിയമത്തിൽ നിന്നും $\vec{F} = m\vec{a}$ ഇടതു വശത്തെ മൊത്ത ബലം $T\text{-}F_{as}$ ആകുന്നു. വലതുവശത്തിൽ $m\vec{a}$ അപകേന്ദ്രബലം = $\frac{mv^2}{l}$ ന് തുല്യമാകുന്നതിനാൽ ബോബ് ദോലനം ചെയ്യുന്നു.

ചിത്രം 10.21, ൽ നിന്നും ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്തിന്റെ ടേൻജൻഷ്യൽ ഘടകം W_{ps} എപ്പോഴും സന്തുലിത സ്ഥാനത്തേയ്ക്ക് നോക്കി കാണുന്നു. അതായത്, അത് എല്ലായ്പ്പോഴും ശരാശരി സ്ഥാനത്തു നിന്നും ബോബിന്റെ സ്ഥാനചലനത്തിന്റെ ദിശയ്ക്ക് വിപരീതദിശയിൽ ഇരിക്കുന്നു. അതിനാൽ, ടേൻജൻഷ്യൻ ബലം എന്നത് പുനഃസ്ഥാപന ബലമാകുന്നു. ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാമത്തെ നിയമം ടേൻജൻഷ്യൽ ദിശയിൽ പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ

$$m\frac{d^2s}{dt^2} + F_{ps} = 0 \Rightarrow m\frac{d^2s}{dt^2} = -F_{ps}$$

$$m\frac{d^2s}{dt^2} = -mg\sin\theta \qquad (10.51)$$

ഇവിടെ s എന്നത് ആർക്കിലൂടെ അളക്കുന്ന ബോബിന്റെ സ്ഥാനചലനം ആകുന്നു. ആർക്കിന്റെ നീളം വർത്തുള സ്ഥാനചലനം മുഖേന,

$$s = l\theta \qquad (10.52)$$

ഇതിന്റെ ത്വരണം,

$$\frac{d^2s}{dt^2} = l\frac{d^2\theta}{dt^2} \qquad (10.53)$$

സമവാക്യം (10.53) നെ സമവാക്യം (10.51), ൽ ചേർക്കുമ്പോൾ

$$l\frac{d^2\theta}{dt^2} = -g\sin\theta$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l}\sin\theta \qquad (10.54)$$

എന്നു ലഭിക്കുന്നു. മുകളിലുള്ള സമവാക്യത്തിൽ $\sin\theta$, കാണുന്നതിനാൽ ഇത് ഒരു തിരശ്ചീന മല്ലാത്ത സമവാക്യം ആകുന്നു. (ഇവിടെ രണ്ടാം വരിയിലെ ഹോമോജീനിയസ്) ഏകദേശം ചെറിയ ദോലനം സങ്കൽപിക്കുക $\sin\theta \approx \theta$ മുകളിൽ പറഞ്ഞിട്ടുള്ള അവകലന സമവാക്യം രേഖീയ അവകലന സമവാക്യമായി മാറുന്നു.

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l}\theta \qquad (10.55)$$

ഇതിനെ ദോലന അവകലന സമവാക്യം എന്നു പറയുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഈ ദോലകത്തിന്റെ വർത്തുള ആവൃത്തി (സ്വാഭാവിക ആവൃത്തി)

$$\omega^2 = \frac{g}{l} \qquad (10.56)$$

$$\Rightarrow \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}\ \text{rad}\ s^{-1} \qquad (10.57)$$

ദോലനങ്ങളുടെ ആവൃത്തി

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}\ \text{Hz} \qquad (10.58)$$

ദോലനത്തിന്റെ ആവർത്തനകാലം

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\ \text{സെക്കന്റ്} \qquad (10.59)$$

സിമ്പിൾ പെന്റുലത്തിന്റെ നിയമങ്ങൾ

സിമ്പിൾ പെൻഡുലത്തിന്റെ ആവർത്തന കാലം

a. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന നിയമങ്ങളെ ആശ്രയിക്കുന്നു

(i) നീളത്തിന്റെ നിയമം

കൊടുത്തിട്ടുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണ ത്വരണത്തിന്റെഒരുനിശ്ചിതമൂല്യത്തിന്,സിമ്പിൾപെൻഡുലത്തിന്റെ ആവർത്തന കാലം പെൻഡുലത്തിന്റെ നീളത്തിന്റെ വർഗ്ഗമൂലത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

$$T \propto \sqrt{l} \qquad (10.60)$$

(ii) ത്വരണ നിയമം

ഒരു നിശ്ചിത നീളത്തിന്, സിമ്പിൾ പെൻഡുലത്തിന്റെ ആവർത്തന കാലം, ഗുരുത്വാകർഷണ ത്വരണത്തിന് വിപരീതാനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

$$T \propto \frac{1}{\sqrt{g}} \qquad (10.61)$$

b. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല

(i) ബോബിന്റെ മാസ്

ദോലനത്തിന്റെ ആവർത്തന കാലം സിമ്പിൾ പെൻഡുലത്തിന്റെ മാസിനെ ആശ്രയിക്കു

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 208 22-07-2022 15:01:15

ന്നില്ല.ഇത്സ്വതന്ത്രമായിവീഴുന്നവസ്തുവിന്റെ ചലനത്തിനു സമമാകുന്നു. അതിനാൽ നിശ്ചിത നീളമുള്ള ഒരു പെൻഡുലത്തിൽ ആന ഊഞ്ഞാലാടുന്നതോ, ഉറുമ്പ് ആടുന്നതോ എന്നത് പ്രശ്നമല്ല. രണ്ടു പേരും ഒരേ ആവർത്ത കാലത്തിൽ ആടുന്നു.

(ii) ദോലനങ്ങളുടെ ആവൃത്തി

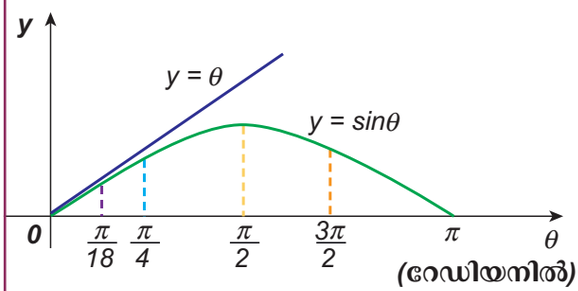
ചെറിയ കോണീയ അളവുകളിൽ സിമ്പിൾ പെൻഡുലം (കോണീയ സ്ഥാനചലനം വളരെ കുറവായിരിക്കുമ്പോൾ) ദോലനംചെയ്യുമ്പോൾ ആവർത്തന കാലം ദോലനത്തിന്റെ ആവൃത്തിയെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.

ഉദാഹരണം 10.13

സിമ്പിൾപെന്റുലത്തിന്റെപരീക്ഷണത്തിൽചെറിയ കോണുകളെ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഇത്തരം ചെറിയ കോണുകളെ വിവരിക്കുക

θ (ഡിഗ്രിയിൽ)	θ(റേഡിയനിൽ)	sin θ
0	0	0
5	0.087	0.087
10	0.174	0.174
15	0.262	0.256
20	0.349	0.342
25	0.436	0.422
30	0.524	0.500
35	0.611	0.574
40	0.698	0.643
45	0.785	0.707

θ റേഡിയനിൽ, $\sin\theta \approx \theta$ ആയിരിക്കുമ്പോൾ, ചെറിയ കോണുകൾക്ക്



അതായത് θ 10 ഡിഗ്രിയോ, അതിനെക്കാൾ കുറവായോ ഇരിയ്ക്കുമ്പോൾ, θ യെ റേഡിയനിൽ സൂചിപ്പിച്ചാൽ $\sin\theta$ എന്നത് θ യ്ക്കു സമമാകുന്നു. θ കൂടുന്നതനുസരിച്ച് $\sin\theta$ യുടെ മൂല്യം θ യിൽ പടിപടിയായി വേറിടുന്നു.

താപനിലയിനാൽ സിമ്പിൾ പെന്റുലത്തിന്റെ നീളത്തിനുണ്ടാകുന്ന ഫലം

താപനില മാറ്റത്തിനാൽ തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന കമ്പി ബാധിക്കുന്നു എന്നു കരുതുക. താപനില കൂടുമ്പോൾ കമ്പിയുടെ നീളത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്ന മാറ്റം എന്നത്

$$l = l_o(1 + \alpha\,\Delta t)$$

ഇവിടെ l_o കമ്പിയുടെ യഥാർത്ഥ നീളം ആകുന്നു l എന്നത് താപനില കൂടുമ്പോൾ കമ്പിയുടെ അവസാന നീളം ആകുന്നു. Δt നെ താപനില മാറ്റവും α എന്നത് രേഖീയ വികാസത്തിന്റെ ഗുണകം എന്നും കരുതുക.

എങ്കിൽ, $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{l_0(1+\alpha\Delta t)}{g}}$:

$$= 2\pi\sqrt{\frac{l_0}{g}}\sqrt{(1+\alpha\Delta t)}$$

$$T = T_0\,(1+\alpha\,\Delta t)^{\frac{1}{2}} \approx T_0\,(1+\frac{1}{2}\,\alpha\,\Delta t)$$

$$\Rightarrow \qquad \frac{T}{T_0} - 1 = \frac{T - T_0}{T_0} = \frac{\Delta T}{T_0} = \frac{1}{2}\alpha\,\Delta t$$

ഇവിടെ ΔT എന്നത് താപനില മാറ്റം കാരണം ആവർത്തന കാലത്തിൽ ഏർപ്പെടും മാറ്റവും T_0 എന്നത് സിമ്പിൾ പെന്റുലത്തിന്റെ യഥാർത്ഥ നീളം l_0 ആയിരിക്കുമ്പോൾ ഉള്ള ആവർത്തന കാലവും ആകുന്നു.

ഉദാഹരണം 10.14

സിമ്പിൾ പെന്റുലത്തിന്റെ നീളത്തെ അതിന്റെ യഥാർത്ഥ നീളത്തിൽ നിന്നും 44% വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നുവെങ്കിൽ പെൻഡുലത്തിന്റെ ആവർത്തന കാലം വർദ്ധിക്കുന്നതിന്റെ ശതമാനം കുപിടിക്കുക.

ഉത്തരം

എന്തെന്നാൽ

$$T \propto \sqrt{l}$$

എന്നതിനാൽ,

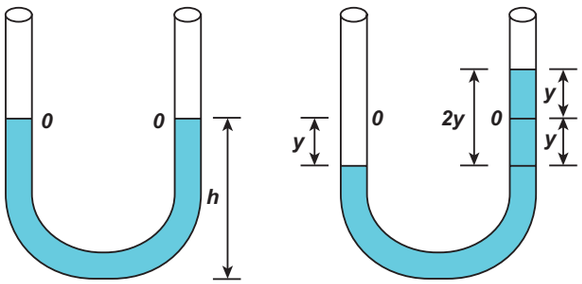
$$T = \text{സ്ഥിരാങ്കം}\ \sqrt{l}$$

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 209 22-07-2022 15:01:16

$$\frac{T_f}{T_i}=\sqrt{\frac{l+\frac{44}{100}l}{l}}=\sqrt{1.44}=1.2$$

ആയതിനാൽ, $T_f = 1.2\ T_i = T_i + 20\%\ T_i$

U-ആകൃതിയിലുള്ള കുഴലിലെ ദ്രാവകത്തിന്റെ ദോലനം:



ചിത്രം 10.22 U-ആകൃതിയിലുള്ള കണ്ണാടി കുഴൽ

ഒരു ഏകീകൃത വിസ്തീർണ്ണം A ഉള്ള തുറന്ന വായ് ഭാഗം കൊണ്ട U ആകൃതിയിലുള്ള കണ്ണാടി കുഴൽ കരുതുക. ചിത്രം 10.22 ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതു പോലെ ശ്യാനത ഇല്ലാത്ത ഏകീകൃത മർദ്ദീകരണം ചെയ്യാനാകാത്ത സാന്ദ്രത ρ ഉള്ള ദ്രാവകം U-ആകൃതിയിലുള്ള കുഴലിൽ h ഉയരത്തിൽ നിറച്ചിട്ടുള്ളതായി കരുതുക. കുഴലും ദ്രാവകവും സ്ഥിരാവസ്ഥയിലായിരിക്കുമ്പോൾ ദ്രാവക ഉപരിതലം O സന്തുലിതാവസ്ഥയിലായിരിക്കും. ഇത് അർത്ഥമാക്കുന്നത് ദ്രാവകത്തിന്റെ എല്ലാ ബിന്ദുവിലും മർദ്ദം സമമാകുന്നു. കൂടാതെ U കുഴലിലെ ഉപരിതലത്തിലും (ഇരുവശത്തെയും കുഴലിന്റെ അറ്റം) മർദ്ദം സമമാകുന്നു. ഈ മർദ്ദം അന്തരീക്ഷ മർദ്ദത്തിനെ സന്തുലിതമാക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി ദ്രാവകത്തിന്റെ U കുഴലിലെ ഓരോ വായ് ഭാഗത്തും ദ്രാവകത്തിന്റെ അളവ് തുല്യമായിരിക്കും. U കുഴലിലെ ഏതെങ്കിലും ഒരു വായ്ഭാഗത്ത് നാം വായു ഊതിയാൽ വശ്യമായ ബലം അതിനു ലഭിക്കുകയും സന്തുലിത ബിന്ദു O യിലിരുന്ന് ദ്രാവക പരപ്പ് മാറുന്നു. അതായത് U കുഴലിലെ ഒരു വായ് ഭാഗത്ത് ഊതിയ കാറ്റിന്റെ മർദ്ദം മറ്റൊരു വായ്ഭാഗത്തിലെ മർദ്ദത്തെക്കാൾ അധികമാണ്. ഈ മർദ്ദ വ്യത്യാസം ദ്രാവകത്തെ ശരാശരി അല്ലെങ്കിൽ സമനിലയെ അനുസരിച്ച് കുറച്ചു സമയം ദോലനത്തിനു വിധേയമാക്കുകയും അതിനു ശേഷം സന്തുലിതാവസ്ഥയിലാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ദോലനത്തിന്റെ ആവർത്ത കാലം

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{2g}}\ \text{സെക്കന്റ്} \qquad (10.62)$$

ഇവിടെ l എന്നത് U- ആകൃതിയിലുള്ള കുഴലിലെ ദ്രാവകത്തിന്റെ മൊത്ത നീളം ആകുന്നു.

10.5 സരള ഹാർമോണിക് ചലനത്തിലെ ഊർജ്ജം

a. സ്ഥിതികോർജ്ജത്തിന്റെ സമവാക്യം

സരളഹാർമോണിക് ചലനത്തിൽ, ബലത്തിനും സ്ഥാനന്തരണത്തിനും ഇടയിലുള്ള ബന്ധം ഹൂക്ക് നിയമം അനുസരിച്ച്

$$\vec{F} = -k\vec{r}$$

ബലം എന്നത് ഒരു വെക്ടർ അളവായതിനാൽ ത്രീ ഡൈമൻഷനിൽ ഇതിനും മൂന്നു ഘടകങ്ങൾ കാണുന്നു. കൂടാതെ മുകളിൽ പറഞ്ഞിരിക്കുന്ന സമവാക്യത്തിൽ ബലം എന്നത് സംരക്ഷിത ബലം ആകുന്നു. ഈ ബലം സ്കെയിലാർ ഫങ്ഷനിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്നു. ഇതിന് ഒരേ ഒരു ഘടകം കാണുന്നു. ഒരു പരിമാണ ചലനത്തിൽ

$$F = -\,k\,x \qquad (10.63)$$

ഭാഗം 1, അധ്യായം 4 ൽ ചർച്ച ചെയ്തതു പോലെ സംരക്ഷിത ബലത്തിനാൽ ചെയ്യപ്പെട്ട ജോലി പാതയെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സമവാക്യത്തിൽ നിന്നും സ്ഥിതികോർജ്ജം U കണക്കാക്കാം.

$$F = -\frac{dU}{dx} \qquad (10.64)$$

(10.63) യും (10.64), ഉം താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ

$$-\frac{dU}{dx} = -\,kx$$

$$dU = k\,x\,dx$$

ഡമ്മി വേരിയബിൾ

ഇന്റഗ്രേറ്റിങ് വേരിയബിൾ x' നെ ഡമ്മി വേരിയബിൾ എന്നു പറയുന്നു (x' നെ "x പ്രൈം") എന്നു വായിക്കാം

$$\int_0^y t\,dt = \int_0^y x\,dx = \int_0^y p\,dp = \frac{y^2}{2}$$

ഇന്റഗ്രേറ്റിങ് വേരിയബിളുകൾ ആയ t, x, p എന്നിവ ഡമ്മി വേരിയബിളുകൾ ആകാൻ കാരണം, ഇന്റഗ്രേഷൻ ചെയ്യുമ്പോൾ tj xj p എന്നീ വേരിയബിൾ വച്ച് ഇന്റഗ്രേഷൻ ചെയ്യുമ്പോൾ ഒരേ ഉത്തരം ലഭിക്കുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 210 22-07-2022 15:01:18

കുറഞ്ഞ സ്ഥാനചലനം dx ആയിരിക്കുമ്പോൾ ബലത്താൽ ചെയ്യപ്പെടുന്ന ജോലി സ്ഥിതികോർജ്ജമായി സംഭരിക്കപ്പെടുന്നു

$$U(x)=\int_0^x k\,x'\,dx'=\frac{1}{2}k\left(x'\right)^2\Big|_0^x=\frac{1}{2}kx^2 \quad (10.65)$$

സമവാക്യം (10.22), ൽ നിന്നും ബലസ്ഥിരാങ്കം $k = m\,\omega^2$ ന്റെ മൂല്യം സമവാക്യം (10.65) ൽ ചേർക്കാ വുന്നതാണ്,

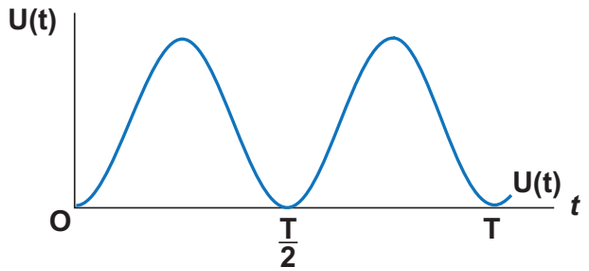
$$U\left(x\right)=\frac{1}{2}m\omega^2x^2 \quad (10.66)$$

ഇവിടെ ω എന്നത് ദോലന വ്യൂഹത്തിലെ സ്വാഭാവിക ആവൃത്തി ആകുന്നു. സമവാക്യം (10.6), ൽ നിന്നും സരള ഹാർമോണിക് ചലനത്തിലിരിക്കുന്ന ഒരു കണികയ്ക്ക്

$$x = A \sin \omega t$$

$$U(\mathrm{t})=\frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2\omega t \quad (10.67)$$

U ലെ ഈ വ്യത്യാസം താഴെ കാണുന്നു.



ചിത്രം 10.23 സമയത്തിനനുസരിച്ച് സ്ഥിതികോർജ്ജത്തിനുണ്ടാകുന്ന മാറ്റം

ചിന്തിക്കേണ്ടവ

സ്ഥിതികോർജ്ജം വളരെ കുറവെങ്കിൽ, അതിന്റെ രണ്ടാമത്തെ ഡെറിവേറ്റീവ് പോസിറ്റീവ് ആകുന്നു. കാരണമെന്ത്?

b. ഗതികോർജ്ജത്തിന്റെ സമവാക്യം

ഗതികോർജ്ജം

$$KE = \frac{1}{2}\,mv_x^2 = \frac{1}{2}\,m\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 \quad (10.68)$$

(10.6) കണിക സരളഹാർമോണിക് ചലനത്തിലായിരിക്കുന്നതു കാരണം, സമവാക്യം (10.66) ൽ നിന്നും

$$x = A \sin \omega t$$

അതിനാൽ പ്രവേഗം

$$v_x = \frac{dx}{dt} = A\omega \cos \omega t \quad (10.69)$$

$$= A\omega\sqrt{1-\left(\frac{x}{A}\right)^2}$$

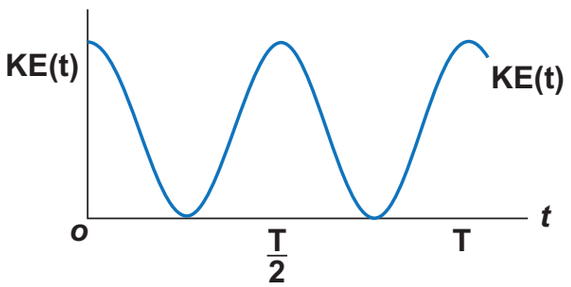
$$v_x = \omega\sqrt{A^2-x^2} \quad (10.70)$$

ആയതിനാൽ,

$$KE = \frac{1}{2}mv_x^2 = \frac{1}{2}m\omega^2\left(A^2-x^2\right) \quad (10.71)$$

$$KE = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\cos^2\omega t \quad (10.72)$$

സമയത്തിനനുസരിച്ച് ഉണ്ടാകുന്ന മാറ്റം താഴെ ാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 10.24 സമയത്തിനനുസരിച്ച് ഗതികോർജ്ജത്തിനുണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനം

c. ആകെ ഊർജ്ജത്തിന്റെ സമവാക്യം

ആകെ ഊർജ്ജം എന്നത് ഗതികോർജ്ജത്തിന്റെയും സ്ഥിതികോർജ്ജത്തിന്റെയും ആകെ തുകയാണ്

$$E = KE + U \quad (10.73)$$

$$E=\frac{1}{2}m\omega^2(\mathrm{A}^2-x^2)+\frac{1}{2}m\omega^2x^2$$

അതിനാൽ x^2 നിർവീര്യമാക്കുമ്പോൾ,

$$E=\frac{1}{2}m\omega^2A^2 = \text{ സ്ഥിരാങ്കം} \quad (10.74)$$

പകരമായി സമവാക്യം (10.67), (10.72), ൽ നിന്നും ആകെ ഊർജ്ജം ലഭിക്കുന്നു.

$$E=\frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2\omega t+\frac{1}{2}m\omega^2A^2\cos^2\omega t$$

$$=\frac{1}{2}m\omega^2A^2(\sin^2\omega\,\mathrm{t}+\cos^2\omega t)$$

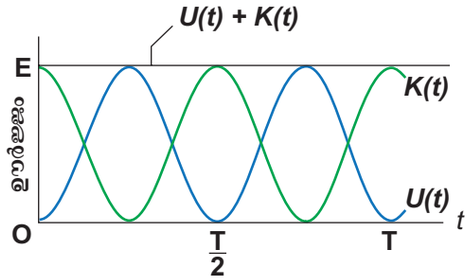
XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 211 22-07-2022 15:01:22

ത്രികോണമിതിയിലിരുന്ന്,

$(\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t) = 1$

$$E = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2 = \text{സ്ഥിരാങ്കം}$$

ഇത് ഊർജ്ജസംരക്ഷണ നിയമം നൽകുന്നു. ഇത് ചിത്രം 10.26 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 10.25 ഗതികോർജ്ജവും, സ്ഥിതികോർജ്ജവും വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ ആകെ ഊർജ്ജം സ്ഥിരമായിരിക്കുന്നു

അതിനാൽ, സരള ഹാർമോണിക് ദോലകത്തിന്റെ ആവൃത്തി ആകെ ഊർജ്ജത്തിൽ നിന്നും എഴുതാവുന്നതാണ്.

$$A = \sqrt{\frac{2E}{m\omega^2}} = \sqrt{\frac{2E}{k}} \qquad (10.75)$$

ഉദാഹരണം 10.15

രേഖീയ ആവേഗത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഒരു പരിമാണ ചലനത്തിന്റെ ഗതികോർജ്ജവും, ആകെ ഊർജ്ജവും കണ്ടുപിടിക്കുക.

ഉത്തരം

ഗതികോർജ്ജം $KE = \frac{1}{2} m v_x^2$

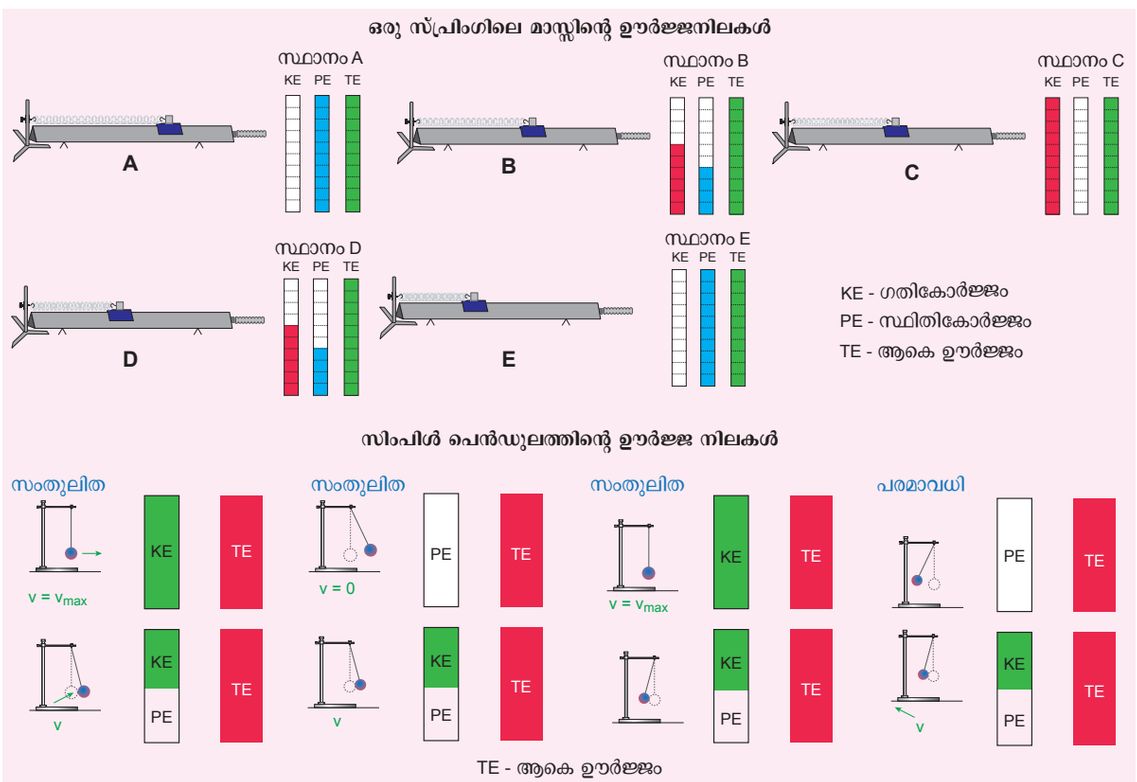
മുകളിലും, താഴെയും m കൊണ്ട് ഗുണിയ്ക്കുക

$$KE = \frac{1}{2m} m^2 v_x^2 = \frac{1}{2m} (\mathrm{m} v_x)^2 = \frac{1}{2m} p_x^2$$

ഇവിടെ, p_x എന്നത് സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിലുള്ള കണികയുടെ രേഖീയ ആവേഗമാകുന്നു.

ആകെ ഊർജ്ജത്തെ ഗതികോർജ്ജത്തിന്റെയും സ്ഥിതികോർജ്ജത്തിന്റെയും കൂട്ടുതുകയാണെന്ന് എഴുതാം. സമവാക്യം (10.73) കൂടാതെ സമവാക്യം (10.75), ൽ നിന്നും

$$E = KE + U(x) = \frac{1}{2m} p_x^2 + \frac{1}{2} m\omega^2 x^2 = \text{സ്ഥിരാങ്കം}$$

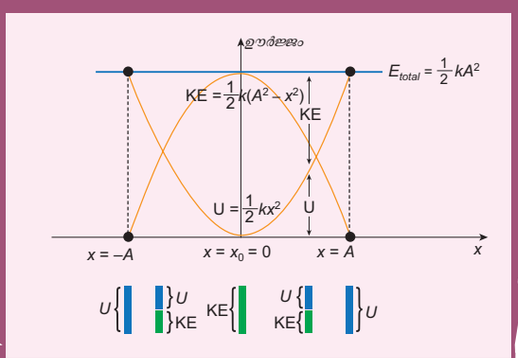


ചിത്രം 10.26 ഊർജ്ജസംരക്ഷണം സ്പ്രിംഗ് ദ്രവ്യമാനവ്യൂഹവും സിംപിൾ പെൻഡുല വ്യൂഹവും

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 212 22-07-2022 15:01:24

കുറിപ്പ്

ഗതികോർജ്ജവും, സ്ഥിതികോർജ്ജവും ക്രമാവർത്തന ഫങ്ഷനുകളാണ്. കൂടാതെ ആവർത്തന കാലം $\frac{T}{2}$ നു ശേഷം ഇവ വീണ്ടും ആവർത്തിക്കുന്നു. എന്നാൽ x അല്ലെങ്കിൽ t യുടെ എല്ലാമൂല്യങ്ങൾക്കും ആകെ ഊർജ്ജം സ്ഥിരമായിരിക്കുന്നു. സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിൽ ഗതികോർജ്ജവും, സ്ഥിതികോർജ്ജവും എല്ലായ്പ്പോഴും പോസിറ്റീവ് ആകുന്നു. ഗതികോർജ്ജത്തിന് നെഗറ്റീവ് മൂല്യം എടുക്കാൻ കഴിയില്ല കാരണം ഗതികോർജ്ജം പ്രവേഗത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും. ഏതൊരു ഭൗതിക അളവുകളുടെയും അളവ് ഒരു യഥാർത്ഥ സംഖ്യയായിരിക്കണം. അതിനാൽ ഗതികോർജ്ജം നെഗറ്റീവ് ആണെങ്കിൽ വേഗതയുടെ സംഖ്യാ മൂല്യം ഒരു സാങ്കൽപിക സംഖ്യയായി മാറുന്നു. അത് ഭൗതികമായി സ്വീകാര്യമല്ല. സന്തുലിതാവസ്ഥയിൽ ഇത് പൂർണ്ണമായും ഗതികോർജ്ജവും മറ്റു അവസ്ഥയിൽ ഇത് പൂർണ്ണമായും സ്ഥിതികോർജ്ജവും ആകുന്നു.



ഉദാഹരണം 10.16

ദോലനംചെയ്യുന്നകണികയുടെഗതികോർജ്ജവും സ്ഥിതികോർജ്ജവും സമമാകുന്ന സ്ഥാനം കണ്ടു പിടിക്കുക.

ഉത്തരം

ദോലനംചെയ്യുന്നകണികയുടെഗതികോർജ്ജവും സ്ഥിതികോർജ്ജവും സമം ആണെങ്കിൽ,

$$\frac{1}{2}m\omega^2(A^2 - x^2) = \frac{1}{2}m\omega^2x^2$$

$$A^2 - x^2 = x^2$$

$$2x^2 = A^2$$

$$\Rightarrow x = \pm\frac{A}{\sqrt{2}}$$

10.6 ദോലനങ്ങളുടെ തരങ്ങൾ:

10.6.1 സ്വതന്ത്ര ദോലനങ്ങൾ

ദോലകത്തിനെ അതിന്റെ സന്തുലിതാവസ്ഥയിൽ നിന്നും അതിന്റെ സ്ഥാനം മാറ്റി ദോലനം ചെയ്യാൻ അനുവദിക്കുമ്പോൾ അത് ദോലകത്തിന്റെ സ്വാഭാവിക ആവൃത്തിയ്ക്ക് തുല്യമായ ആവൃത്തിയിൽ ദോലനം ചെയ്യുന്നു. അത്തരം ദോലനം കമ്പന സ്വതന്ത്ര ദോലനം അല്ലെങ്കിൽ സ്വതന്ത്ര കമ്പനം എന്നു പറയുന്നു. ഈ സാഹചര്യത്തിൽ കമ്പനം ചെയ്യുന്ന വസ്തുവിന്റെ വ്യാപ്തിയും, ആവൃത്തിയും, ഊർജ്ജവും സ്ഥിരമായി തുടരുന്നു.

ഉദാഹരണങ്ങൾ:

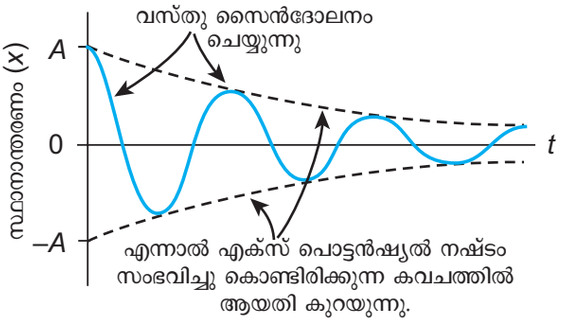
(i) ട്യൂണിംഗ് ഫോർക്ക്.
(ii) വലിച്ചു നീട്ടിയ സ്ട്രിംഗിലെ വൈബ്രേഷൻ.
(iii) സിമ്പിൾ പെൻഡുലത്തിന്റെ ദോലനം.
(iv) സ്പ്രിംഗ് മാസ് വ്യൂഹത്തിന്റെ ദോലനങ്ങൾ.

10.6.2 അവമന്ദിത സരള ഹാർമോണിക് ദോലനങ്ങൾ

ഒരു സിമ്പിൾ പെൻഡുലത്തിന്റെ ദോലന സമയത്തിൽ (മുൻപുള്ള സന്ദർഭത്തിൽ) ദോലനത്തിന്റെ ആയതിയും, ദോലകത്തിന്റെ ആകെ ഊർജ്ജവും സ്ഥിരാങ്കമാണെന്ന് കരുതാം. എന്നാൽ വാസ്തവത്തിൽ ഒരു മാധ്യമത്തിൽ, ഘർഷണത്തിന്റെയും, വായുവിന്റെയും സാന്നിധ്യം കാരണം, സമയം വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ ദോലനത്തിന്റെ ആയതി കുറയുന്നു. ദോലനം നിലനിൽക്കില്ലെന്നും, സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെ ഊർജ്ജം പടിപടിയായികുറഞ്ഞ് ഊർജ്ജനഷ്ടം ഉണ്ടാകുന്നുവെന്നുമാണ് ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഊർജ്ജനഷ്ടം ചുറ്റുമുള്ള മാധ്യമം ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള ദോലന ചലനത്തെ അവമന്ദിത സരള ഹാർമോണിക ദോലനം എന്നു പറയുന്നു. മറ്റൊരു തരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ, ഒരു ദോലകം ഒരു

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 213 22-07-2022 15:01:25

പ്രതിരോധ മാധ്യമത്തിൽ ചലിക്കുകയാണെങ്കിൽ, അതിന്റെ ആയതി കുറയുകയും ദോലകത്തിന്റെ ഊർജ്ജം പ്രതിരോധ മാധ്യമത്തിനെതിരെ പ്രവർത്തിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ദോലകത്തിന്റെ ചലനത്തെ അവമന്ദിത ചലനം എന്നു പറയുന്നു. കൂടാതെ പ്രതിരോധ ബലം (അല്ലെങ്കിൽ അവമന്ദിത ബലം) ദോലകത്തിന്റെ പ്രവേഗത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 10.27 അവമന്ദിത ഹാർമോണിക ദോലകം സമയം വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ ആയതി കുറയുന്നു.

ഉദാഹരണങ്ങൾ

(i) പെൻഡുലത്തിന്റെ ദോലനങ്ങൾ (വായു ഘർഷണം ഉൾപ്പെടുന്നു) അല്ലെങ്കിൽ എണ്ണ നിറച്ച പാത്രത്തിനുള്ളിൽ ദോലനം ചെയ്യുന്ന പെൻഡുലം.

(ii) ഒരു ടാങ്ക് വ്യൂഹത്തിലെ വൈദ്യുത കാന്തിക ദോലനങ്ങൾ.

(iii) ഗാൽവനോ മീറ്ററുകളിലുള്ള ദോലനങ്ങൾ.

10.6.3 നിലനിർത്താവുന്ന ദോലനങ്ങൾ

ഊഞ്ഞാലിൽ ആടിക്കൊണ്ടിരിക്കുമ്പോൾ കുറച്ചു ദോലനങ്ങൾക്കു ശേഷം അത് നിൽക്കുന്നു. ഇതിനു കാരണം അവമന്ദിത ബലമാകുന്നു. ഇതിനെ തടയുന്നതിന് പുറത്തു നിന്നും ഊർജ്ജം കൊടുക്കുകയും ദോലനത്തിന്റെ ആയതിയെ സ്ഥിരമാക്കുകയും ചെയ്യണം. ഇത്തരം ദോലനങ്ങളെ നിലനിർത്താവുന്ന ദോലനങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു.

ഉദാഹരണം:

ഒരു ബാറ്ററിയിൽ നിന്നോ അല്ലെങ്കിൽ പുറത്തു നിന്നുള്ള പവറിൽ നിന്നോ ലഭിക്കുന്ന ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിന്റെ കമ്പനം.

10.6.4 പ്രണോദിത ദോലനങ്ങൾ

ഏതൊരു ദോലകവും അത് നഷ്ടപ്പെടുത്തിയ ഊർജ്ജത്തെ ബാഹ്യ ആനുകാലിക ഏജൻസിയാൽ നേടി തുടർന്ന് ദോലനം ചെയ്യുന്നുവെങ്കിൽ അത്തരം ദോലകത്തെ പ്രാണോദിത ദോലകം അല്ലെങ്കിൽ പ്രേരിത ദോലകം എന്നു പറയുന്നു.

ഈ തരത്തിലുള്ള കമ്പനത്തിൽ തുടക്കത്തിൽ വസ്തു അതിന്റെ സ്വാഭാവിക ആവൃത്തിയിൽ കമ്പനം ചെയ്യുന്നു. കൂടാതെ ബാഹ്യ ആനുകാലിക ശക്തിയുടെ സാന്നിധ്യം കാരണം വസ്തു പിന്നീട് പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ട ആനുകാലിക ശക്തിയുടെ ആവൃത്തിയിൽ കമ്പനം ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള കമ്പനങ്ങളെ പ്രണോദിത കമ്പനങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു.

ഉദാഹരണം:

സ്ട്രിങ് ഉപകരണങ്ങളിലെ ശബ്ദ ബോർഡുകൾ.

10.6.5 അനുനാദം

ഇത് പ്രാണോദിത കമ്പനങ്ങളുടെ പ്രത്യേക സാഹചര്യമാണ്. ഇവിടെ ബാഹ്യ ആനുകാലിക ബലത്തിന്റെ ആവൃത്തി (അല്ലെങ്കിൽ പ്രേരിത ബലം) കമ്പന വസ്തുവിന്റെ (പ്രേരണം) സ്വാഭാവിക ആവൃത്തിയുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നു. തൽഫലമായി ദോലനം ചെയ്യുന്ന വസ്തു കമ്പനം ചെയ്യാൻ തുടങ്ങുന്നു അങ്ങനെ ഓരോ ഘട്ടത്തിലും അതിന്റെ ആയതി വർദ്ധിക്കുന്നു. അത്യന്തികമായി അതിന് ഒരു പരമാവധി ആയതി ഉണ്ടാകുന്നു. അത്തരം പ്രതിഭാസത്തെ അനുരണനം എന്നും അനുബന്ധ കമ്പനങ്ങളെ അനുരണന കമ്പനങ്ങൾ എന്നും വിളിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം

ശബ്ദം കാരണം കണ്ണാടി ഉടയുന്നത്

കുറിപ്പ്

റേഡിയോ (അല്ലെങ്കിൽ ടെലിവിഷൻ) സർക്യൂട്ടുകളിൽ സ്റ്റേഷനെ) അല്ലെങ്കിൽ ചാനലിനെ) ട്യൂൺ ചെയ്യുന്നതിന് അനുരണനം എന്ന ആശയം ഉപയോഗിക്കുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 214 22-07-2022 15:01:25

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

പട്ടാളക്കാർക്ക് പാലത്തിൽ മാർച്ച് ചെയ്യാൻ അനുവാദമില്ല പാലത്തിന്റെ അനുരണന കമ്പനം ഒഴിവാക്കാനാണിത്. പട്ടാളക്കാർ മാർച്ച് ചെയ്തു കൊണ്ട് പാലം കടക്കുമ്പോൾ നിലത്തു ചവിട്ടുന്ന കാലയളവ് സ്വാഭാവിക ആവൃത്തിയ്ക്ക് തുല്യമാണെങ്കിൽ, അത് അനുരണന കമ്പനങ്ങൾക്ക് കാരണമായേക്കാം ഇത് വളരെ വലുതായതിനാൽ പാലം തകരാൻ സാധ്യതയുണ്ട്

കുറിപ്പ്:

ലിഫ്റ്റിലെ പെൻഡുലം:

(i) a ത്വരണത്തോടു കൂടിയ ലിഫ്റ്റ് മുകളിലേയ്ക്ക് ചലിക്കുന്നു:

ഗുരുത്വാകർഷണ ത്വരണം $g_{eff} = g + a$ ആകുന്നു.

ആവർത്തനകാലം $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_{eff}}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{(g+a)}}$

ആവർത്തന കാലം ഗുരുത്വാകർഷണ ത്വരണത്തിനും വിപരീതാനുപാതത്തിലായതിനാൽ, ലിഫ്റ്റ് മുകളിലേയ്ക്ക് ചലിക്കുമ്പോൾ ആവർത്തന കാലം കുറയുന്നു.

(ii) a ത്വരണത്തോടു കൂടി ലിഫ്റ്റ് താഴോട്ട് ചലിക്കുന്നു:

ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം $g_{eff} = g - a$ ആകുന്നു.

ആവർത്തന കാലം $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_{eff}}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{(g-a)}}$

ആവർത്തന കാലം ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണത്തിന് വിപരീതാനുപാതമായതിനാൽ, ലിഫ്റ്റ് താഴോട്ട് ചലിക്കുമ്പോൾ ആവർത്തന കാലം അധികരിക്കുന്നു.

(iii) $a > g$ ത്വരണത്തിൽ ലിഫ്റ്റ് താഴേയ്ക്ക് ചലിക്കുന്നു:

ത്വരണം $g_{eff} = a - g$

ആവർത്തന കാലം $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_{eff}}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{(a-g)}}$ ആകുന്നു.

ഈ സാഹചര്യത്തിൽ പെൻഡുലം തലകീഴായി തിരിഞ്ഞ് അതിന്റെ പരമാവധി ഉന്നതിയിൽ ദോലനം ചെയ്യുന്നു.

(iv) $a = g$ ത്വരണത്തിൽ ലിഫ്റ്റ് താഴേയ്ക്ക് ചലിക്കുന്നു:

ത്വരണം $g_{eff} = g - g = 0$ ആകുന്നു

ആവർത്തന കാലം $T \to \infty$ ആകുന്നു. ഈ സാഹചര്യത്തിൽ, പെൻഡുലം ദോലനം ചെയ്യുന്നില്ല അതിന്റെ ചലനം, നിർത്തപ്പെടുന്നു.

(v) സിമ്പിൾ പെൻഡുലത്തിനെ a ത്വരണത്തിൽ തിരശ്ചീനമായി ചലിക്കുന്ന ഒരു കാർനുള്ളിൽ വച്ചാൽ:

ത്വരണം $g_{eff} = \sqrt{g^2 + a^2}$

ആവർത്തന കാലം $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_{eff}}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{\sqrt{g^2+a^2}}}$ ആകുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 215 22-07-2022 15:01:26

സംഗ്രഹം

- ഒരു വസ്തു അല്ലെങ്കിൽ കണിക ഒരു നിശ്ചിത ബിന്ദുവിനെ ആധാരമാക്കി ഒരു കുറിപ്പിട്ട സമയ ഇടവേളയിൽ മുന്നോട്ടും പിന്നോട്ടും ആവർത്തിച്ച് ചലിക്കുന്നുവെങ്കിൽ അത്തരം ചലനത്തെ ദോലന (കമ്പന) ചലനം എന്നു പറയുന്നു.
- ഒരു സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം, കണികയുടെ ത്വരണം അല്ലെങ്കിൽ ബലം ഒരു നിശ്ചിത ബിന്ദുവിൽ നിന്നുള്ള സ്ഥാനചലനത്തിന് നേർ അനുപാതമായിരിക്കും. കൂടാതെ എല്ലായ്പ്പോഴും അത് നിശ്ചിത ബിന്ദുവിന്റെ ദിശയിലായിരിക്കും

  ബലം $F_x = - k x$ ആകുന്നു.

  ഇവിടെ k ഒരു സ്ഥിരാങ്കമാണ്. ഇതിന്റെ പരിമാണം ഒരു യൂണിറ്റ് നീളത്തിലുള്ള ബലമാണ്, ഇതിനെ ബലസ്ഥിരാങ്കം എന്നു പറയുന്നു.
- സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിൽ, സ്ഥാനചലനം, $y = A \sin \omega t$.
- സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിൽ പ്രവേഗം, $v = \mathrm{A}\ \omega \cos \omega t = \omega \sqrt{A^2 - y^2}$.
- സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിൽ ത്വരണം, $a = \frac{d^2 y}{dt^2} = -\omega^2 y$ ആകുന്നു.
- ഒരു ദോലനം പൂർത്തിയാക്കുന്നതിന് ഒരു കണിക എടുക്കുന്ന സമയത്തെ ആവർത്തനകാലം എന്നു പറയുന്നു. ഇത് സാധാരണയായി T എന്ന അക്ഷരം കൊണ്ടു സൂചിപ്പിക്കാം ആവർത്തന കാലം $T = \frac{2\pi}{\omega}$.
- ഒരു സെക്കന്റിൽ ഒരു കണിക ഏർപ്പെടുത്തുന്ന ദോലനങ്ങളുടെ എണ്ണത്തെ ആവൃത്തി എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇതിനെ f. എന്ന അക്ഷരം കൊണ്ട് സൂചിപ്പിക്കാം. ആവൃത്തിയുടെ SI യൂണിറ്റ് S^{-1} അല്ലെങ്കിൽ ഹെട്സ് ആകുന്നു. (ചിഹ്നം, Hz). ഗണനപരമായി, ആവൃത്തി ആവർത്തന കാലവുംമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. $f = \frac{1}{T}$.
- കോണീയ ഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെ ആവൃത്തി $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\kappa}{I}}$ Hz ആകുന്നു.
- n സ്പ്രിംഗുകൾ ശ്രേണിബന്ധനത്തിൽ ആയിരിക്കുമ്പോൾ, സഫല സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം

  $$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \ldots + \frac{1}{k_n} = \sum_{i=0}^{n} \frac{1}{k_i}$$
- n സ്പ്രിംഗുകൾ സമാന്തര ബന്ധനത്തിൽ സഫല സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം $k_p = \sum_{i=1}^{n} k_i$
- U-കുഴലിലെ ദോലനത്തിന്റെ ആവർത്തന കാലം $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{2g}}$ സെക്കന്റ് ആകുന്നു.
- ഊർജ്ജം മാറാത്ത വ്യൂഹത്തിലെ ഒരു പരിമാണത്തിൽ, ബലത്തിനെ സ്കെയിലാർ സ്ഥിതികോർജ്ജത്തിൽ നിന്നും കണ്ടെത്താം: $F = -\frac{dU}{dx}$.
- ഒരു സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിൽ സ്ഥിതികോർജ്ജം $U(x) = \frac{1}{2} m\omega^2 x^2$ ആകുന്നു.
- ഒരു സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിൽ, ഗതികോർജ്ജം $KE = \frac{1}{2} m v_x^2 = \frac{1}{2} m\omega^2 (\mathrm{A}^2 - x^2)$ ആകുന്നു.
- സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെ ആകെ ഊർജ്ജം $E = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2 =$ സ്ഥിരാങ്കം ആകുന്നു.
- ദോലനങ്ങളുടെ തരങ്ങൾ സ്വതന്ത്ര ദോലനങ്ങൾ, അവമന്ദിത ദോലനങ്ങൾ, നിലനിർത്താവുന്ന ദോലനങ്ങൾ പ്രണോദിത ദോലനങ്ങൾ.
- പ്രണോദിത ദോലനങ്ങളുടെ ഒരു പ്രത്യേകതയാണ് അനുനാദം.

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 216 22-07-2022 15:01:29

ആശയ ഭൂപടം

ദോലനം

സരള ഹാർമോണിക ചലനം (SHM)

$F=-kx \quad x=+A\sin\omega t$

$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$

$a= -\omega^2 A \sin\omega t$

$a= -\omega^2 y$

$V=A\omega\cos\omega t$

$v = \omega\sqrt{A^2 - y^2}$

$F = -\frac{dU}{dx}$ — $U= \frac{1}{2}kx^2$

$TE = \frac{1}{2}kA^2$ — $KE = \frac{1}{2}mv^2$

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

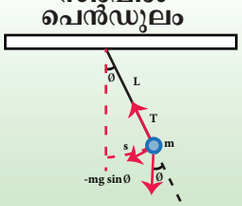
കോണീയ SHM

$\omega = \sqrt{\frac{\kappa}{I}}$

രേഖീയ SHM

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

സിംപിൾ പെൻഡുലം



അവകലന സമീകരണം:

$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l}\theta$

ആവർത്തന കാലം:

$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

U - കുഴൽ

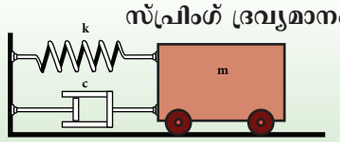
അവകലന സമീകരണം:

$\frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{2g}{l}y$

ആവർത്തന കാലം:

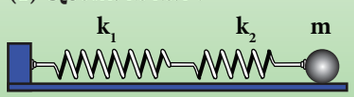
$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{2g}}$

സ്പ്രിംഗ് ദ്രവ്യമാനം



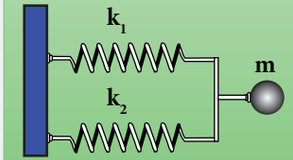
സ്പ്രിംഗുകളുടെ സംയോജനം

(1) ശ്രേണീരീതി :



$k_s = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$

(2) സമാന്തരരീതി :



$k_p = k_1 + k_2$

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 217 22-07-2022 15:01:29

I. ശരിയായ ഉത്തരം തിരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക

1. ഒരു സരള ഹാർമോണിക ദോലനത്തിൽ, ഒരു മുഴുവൻ ദോലനത്തിന്റെ സ്ഥാനചലനത്തിന് എതിരായ ത്വരണം

(മോഡൽ NSEP 2000-01)

a) ഒരു ദീർഘ വൃത്തം b) ഒരു വൃത്തം

c) ഒരു പരാവലയം d) ഒരു നേർരേഖ

2. സരള ഹാർമോണിക ദോലനത്തിലിരിക്കുന്ന ഒരു കണിക സമപ്രവേഗത്തോടു കൂടി A, B എന്നീ ബിന്ദുക്കളെ കടക്കുന്നു. A യിൽ നിന്നും B യിലേയ്ക്ക് കടക്കാൻ 3 സെക്കന്റും തിരിച്ച് B യിലെത്താൻ അടുത്ത 3 സെക്കന്റും എടുക്കുന്നു. ആവർത്തനകാലം എന്നത്

a) 15 s b) 6 s

c) 12 s d) 9 s

3. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലുള്ള സെക്കന്റ് പെൻഡുലത്തിന്റെ നീളം 0.9 m ആകുന്നു. ഭൂമിയെക്കാളും n മടങ്ങ് ത്വരണം ഉള്ള ഗ്രഹം X ന്റെ ഉപരിതലത്തിലെ അതേ പെൻഡുലത്തിന്റെ നീളം

a) $0.9n$ b) $\frac{0.9}{n}m$

c) $0.9n^2m$ d) $\frac{0.9}{n^2}$

4. a ത്വരണത്തോടു കൂടി തിരശ്ചീന ദിശയിൽ ചലിക്കുന്ന ഒരു സ്കൂൾ ബസിന്റെ മേൽക്കൂരയിൽ തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന ഒരു സിമ്പിൾ പെൻഡുലത്തിന്റെ ആവർത്തന കാലം

a) $T \propto \frac{1}{g^2+a^2}$ b) $T \propto \sqrt{\frac{1}{g^2+a^2}}$

c) $T \propto \sqrt{g^2+a^2}$ d) $T \propto (g^2+a^2)$

5. 1:2 അനുപാദത്തിൽ മാസുള്ള A,B എന്ന രണ്ടു വസ്തുക്കൾ യഥാക്രമം k_A, k_B എന്നീ ബല സ്ഥിരാങ്കമുള്ള മാസില്ലാത്ത രണ്ടു വ്യത്യസ്ത നുലുകളിൽ തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്നു. രണ്ടു വസ്തുക്കളും ലംബമായി ദോലനം ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ അവയുടെ പരമാവധി പ്രവേഗങ്ങൾ യഥാക്രമം 1:2 അനുപാതത്തിൽ ആയിരുന്നാൽ A,B എന്നിവയുടെ ആയതിയുടെ അനുപാതം

a) $\sqrt{\frac{k_B}{2k_A}}$ b) $\sqrt{\frac{k_B}{8k_A}}$

c) $\sqrt{\frac{2k_B}{k_A}}$ d) $\sqrt{\frac{8k_B}{k_A}}$

6. m മാസുമായി യോജിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു സ്പ്രിംഗ് ലംബമായി ദോലനം ചെയ്യുമ്പോൾ അതിന്റെ ആവർത്തന കാലം T ആകുന്നു. സ്പ്രിംഗിനെ രണ്ട് സമ ഭാഗങ്ങളായി മുറിക്കുകയും ഒരു പകുതിയിൽ അതേ മാസിനെ തൂക്കിയിടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇപ്പോൾ ലംബദോലനത്തിന്റെ ആവർത്തന കാലം

a) $T' = \sqrt{2}\,T$ b) $T' = \frac{T}{\sqrt{2}}$

c) $T' = \sqrt{2T}$ d) $T' = \sqrt{\frac{T}{2}}$

7. സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെ സ്ഥാനാന്തരണം $y = \mathrm{Sin}\,(wt+p)$ എന്ന് തന്നിട്ടുണ്ട് ഇവിടെ A എന്നത് ദോലനത്തിന്റെ ആയതിയും ω എന്നത് കോണീയ ആവൃത്തിയും ϕ എന്നത് ഫേസും ആകുന്നു. ദോലനത്തിന്റെ ആയതി 8 സെ.മീ ഉം ദോലനത്തിന്റെ ആവർത്തനകാലം 24s ആകുന്നു. t=0s എന്ന ആരംഭ കാലത്തിന്റെ സ്ഥാനാന്തരണം 4 സെ.മീ എന്നാൽ 6s ലെ സ്ഥാനാന്തരണം എന്നത്

a) 8 സെ.മീ

b) 4 സെ.മീ

c) $4\sqrt{3}$ സെ.മീ

d) $8\sqrt{3}$ സെ.മീ

GPNZ2

8. ഒരു സിമ്പിൾ പെൻഡുലത്തിന്റെ ആവർത്തന കാലം T_1 ആകുന്നു. $y = k\,t^2$, അനുസരിച്ച് അതിന്റെ തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന ബിന്ദുവിനെ ലംബമായി മുകളിലേയ്ക്ക് ചലിപ്പിക്കുകയാണെങ്കിൽ (ഇവിടെ y എന്നത് കടക്കുന്ന ലംബ ദൂരവും $k = 1\,ms^{-2}$, ഉം ആകുന്നു.) അതിന്റെ ആവർ

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 218 22-07-2022 15:01:34

ത്തന കാലം T_2. ആയി മാറുന്നു. എങ്കിൽ, $\frac{T_1^2}{T_2^2}$ എന്നത് ($g = 10\ m\ s^{-2}$)(IIT 2005)

a) $\frac{5}{6}$ b) $\frac{11}{10}$

c) $\frac{6}{5}$ d) $\frac{5}{4}$

9. k സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കമുള്ള ഒരു യഥാർത്ഥ സ്പ്രിംഗ് ഒരു മുറിയുടെ മേൽക്കൂരയിൽ തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്നു. അതിന്റെ താഴത്തെ ഭാഗത്ത് ഒരു മാസ്സ് M ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. സ്പ്രിംഗ് വലിച്ചു നീട്ടാതെ മാസിനെ ഇടുമ്പോൾ സ്പ്രിംഗിന്റെ പരമാവധി എക്സ്ടൻഷൻ (വിപുലീകരണം) എന്തായിരിക്കും (IIT 2002)

a) $4\frac{Mg}{k}$ b) $\frac{Mg}{k}$

c) $2\frac{Mg}{k}$ d) $\frac{Mg}{2k}$

10. വളരെ ഉയരം കൂടിയ ഒരു കെട്ടിടത്തിൽ തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന ഒരു പെൻഡുലം ഒരു സരള ഹാർമോണിക ദോലകം പോലെ അങ്ങോട്ടും ഇങ്ങോട്ടും ദോലനം ചെയ്യുന്നു. ശരാശരി സ്ഥാനത്തു നിന്നും 4m ദൂരത്തിൽ ബോബിന്റെ ത്വരണം $16\ ms^{-2}$ ആണെങ്കിൽ അതിനെ ആവർത്തന കാലം (NEET 2018 മാതൃക)

a) 2 s b) 1 s

c) 2πs (d) πs

11. ഒരു പൊള്ളയായ ഗോളത്തിൽ ജലം നിറച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതിനെ വലിയ ഒരു കയറിൽ തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്നു. ഗോളത്തിന്റെ അടിവശത്തുള്ള ദ്വാരം വഴി ജലം ഒഴുകുമ്പോൾ അതിന്റെ ദോലന കാലം

a) ആദ്യം അധികരിക്കുകയും പിന്നീട് കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു

b) ആദ്യം കുറയുകയും പിന്നീട് അധികരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു

c) തുടർച്ചയായി അധികരിക്കുന്നു

d) തുടർച്ചയായി കുറയുന്നു

12. ഒരു ദോലകത്തിന്റെ അവമന്ദിത ബലം പ്രവേഗത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും സ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ യൂണിറ്റുകൾ (AIPMT 2012)

a) kg m s^{-1} b) kg m s^{-2}

c) kg s^{-1} (d) kg s

13. 1 റേഡിയൽ/സെക്കൻഡ് കോണീയ ആവൃത്തിയിൽ സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന് വിധേയമാകുന്ന ഒരു വസ്തുവിന്റെ മൊത്ത ഊർജ്ജം 0.256J. L= $\frac{1}{5}$ സെക്കൻഡിലെ വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനാന്തരണം $8\sqrt{2}$ സെ.മീ ആണെങ്കിൽ ഈ ചലനത്തിന്റെ ആയതി എന്നത്.

a) 8 സെ.മീ b) 16 സെ.മീ

c) 32 സെ.മീ d) 64 സെ.മീ

14. ഒരു വസ്തു സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന് വിധേയമാകുന്നു. ഇതിന്റെ to, 2to, 3to തുടങ്ങിയ കാലങ്ങളിലെ സ്ഥാനാന്തരണം യഥാക്രമം A,B മറ്റും C ആകുന്നു. എങ്കിൽ $\left(\frac{A+C}{2B}\right)$ യുടെ മൂല്യം?

a) *Cos* ωto b) *Cos* 2ωto

c) *Cos* 3ωto d) 1

15. 3 കിലോഗ്രാം ദ്രവ്യമാനം അഗ്രവുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു സ്പ്രിംഗ് തിരശ്ചീനമായ ഹർഷണമറ്റ ഒരു മേശയിൻമേൽ സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിലാണ്. ഇതിന്റെ ആവർത്തനകാലം 2π ഉം ആയതി 2 മീ ഉം ആണെങ്കിൽ സ്പ്രീംഗിൽ പ്രയോഗിടുന്ന പരമാവധി ബലം

a) 1.5 *N*

b) 3 *N*

c) 6 *N*

d) 12 *N*

ഉത്തരങ്ങൾ:

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

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 219 22-07-2022 15:01:36

II. ചുരുക്കി ഉത്തരമെഴുതുക

1. ക്രമാവർത്തന ചലനം, ക്രമാവർത്തനമല്ലാത്ത ചലനം എന്നാൽ എന്താണ്? ഓരോ ചലനത്തിനും ഏതെങ്കിലും രണ്ടു ഉദാഹരണങ്ങൾ നൽകുക.
2. ഒരു സ്പ്രിംഗിന്റെ ബലസ്ഥിരാങ്കം എന്നാൽ എന്ത്?.
3. ഒരു സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെ ആവർത്തന കാലം നിർവ്വചിക്കുക.
4. ഒരു സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിന്റെ ആവൃത്തി നിർവ്വചിക്കുക.
5. ആരംഭ ഘട്ടം എന്നാൽ എന്ത്?.
6. ശ്രേണി ബന്ധനത്തിലുള്ള രണ്ടു സ്പ്രിംഗുകൾ ചെറു കുറിപ്പെഴുതുക.
7. സമാന്തര ബന്ധനത്തിലുള്ള രണ്ടു സ്പ്രിംഗുകൾ ചെറുകുറിപ്പെഴുതുക.
8. സിമ്പിൾ പെൻഡുലത്തിന്റെ ആവർത്തന കാലം എന്താണ്.
9. സിമ്പിൾ പെൻഡുലത്തിന്റെ നിയമങ്ങൾ പ്രസ്താവിക്കുക ?
10. രേഖീയ ഹാർമോണിക ദോലകത്തിന്റെ ആവർത്തന കാലത്തിന്റെ സമവാക്യം എഴുതുക.
11. സ്വതന്ത്ര ദോലനം എന്നാൽ എന്ത്?.
12. അവമന്ദിത ദോലനത്തെ വിവരിക്കുക. ഒരു ഉദാഹരണം നൽകുക.
13. പ്രണോദിത ദോലനം നിർവ്വചിക്കുക. ഒരു ഉദാഹരണം നൽകുക.
14. നിലനിർത്താവുന്ന ദോലനം എന്നാലെന്ത് ഒരു ഉദാഹരണം നൽകുക.
15. അനുനാദം വിവരിക്കുക. ഒരു ഉദാഹരണം നൽകുക.

III. വിവരിച്ച് ഉത്തരമെഴുതുക

1. സരള ഹാർമോണിക ദോലനം എന്നാൽ എന്ത്? ഉദാഹരണങ്ങൾ നൽകുക. കൂടാതെ ഓരോ സരള ഹാർമോണിക് ചലനവും ഒരു ക്രമാവർത്തന ചലനമാണ്. മറിച്ചു വന്നാൽ അത് തെറ്റാകുന്നു എന്ന് വിവരിക്കുക.
2. സരള ഹാർമോണിക ചലനം ഒരു ഏകീകൃത വർത്തുള ചലനത്തിന്റെ പ്രൊജക്ഷൻ ആണെന്ന് വിവരിക്കുക.
3. കോണീയ ഹാർമോണിക ദോലനം എന്നാൽ എന്ത്? കോണീയ ഹാർമോണിക ദോലനത്തിൽ ആവർത്തന കാലം കണ്ടുപിടിക്കുക.
4. സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിനും, കോണീയ ഹാർമോണിക ചലനത്തിനും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം എഴുതുക.
5. സിമ്പിൾ പെൻഡുലത്തെ കുറിച്ച് വിവരിക്കുക.
6. ഒരു സ്പ്രിംഗിലെ തിരശ്ചീന ദോലനങ്ങളെ വിവരിക്കുക.
7. ഒരു സ്പ്രിംഗിലെ ലംബദോലനങ്ങളെ വിവരിക്കുക.
8. U-കുഴലിലെ ദ്രാവകത്തിന്റെ കമ്പനങ്ങളെ കുറിച്ച് ചെറുകുറിപ്പ് എഴുതുക.
9. സരള ഹാർമോണിക ചലനത്തിലെ ഊർജ്ജത്തെ കുറിച്ച് വിവരിക്കുക.
10. നാലു വ്യത്യസ്ത ദോലനങ്ങളുടെ തരങ്ങളെ വിവരിക്കുക.

IV. പരിശീലന പ്രശ്നങ്ങൾ

1. ഒരു ഏകപരിമാണ വ്യൂഹത്തിലെ മൊത്ത ഊർജ്ജം $E = \frac{P^2x}{2m} + V(x) =$ സ്ഥിരാങ്കം, ഇവിടെ Px എന്ന് രേഖീയ ആക്കത്തിന്റെ x ഘടകമാണ്. $V(x)$ എന്നത് വ്യൂഹത്തിൽ സ്ഥിതികോർജ്ജമാകുന്നു. സമയത്തിന് അനുസൃതമായ മൊത്ത ഊർജ്ജ മാറ്റം നൽകുന്ന ബലം $Fx = \frac{-dV(x)}{dx}$. $V(x) = \frac{1}{2}Kx^2$ എന്ന് സ്ഥിതികോർജ്ജം തിരഞ്ഞെടുത്ത് ഹുക്ക് നിയമം സ്ഥീകരിക്കുക.
2. തിരശ്ചീനമായി $\theta = 45°$ കോൺ ഏർപ്പെടുത്തുന്ന ഒരു ചരിഞ്ഞ പ്രതലത്തിൽ സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്ന ഉരുളുന്ന ഒരു ട്രോളിയിൽ $l = 0.9\ m$ നീളമുള്ള ഒരു സിമ്പിൾ പെൻഡുലം ഇരിക്കുന്നതായി കരുതുക. ചരിഞ്ഞ പ്രതലം ഘർഷണരഹിതമാണെന്ന് സങ്കൽപിച്ച്, സിമ്പിൾ പെൻഡുലത്തിന്റെ ദോലന കാലം കണ്ടുപിടിക്കുക.

   ഉത്തരം: 0.86 s
3. ρ. സാന്ദ്രതയുള്ള ഒരു ദ്രാവകത്തിനു മുകളിൽ m മാസുള്ള ഒരു മരകഷണം പൊങ്ങിക്കിടക്കുന്നു ഇതിനെ പതുക്കെ താഴോട്ട് താഴ്ത്തു

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 220 22-07-2022 15:01:36

കയും, വിടുകയും ചെയ്താൽ, അത് സരള ഹാർമോണിക ചലനം ഏർപെടുത്തുന്നു. ദോലനത്തിന്റെ ആവർത്തനകാലം $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{Ag\rho}}$ എന്ന് കണ്ടുപിടിക്കുക

4. ഒരേ ആവൃത്തിയും, വ്യത്യസ്ത ആയതിയും ഉള്ള രണ്ടു സരള ഹാർമോണിക ചലനങ്ങൾ x, y-അക്ഷത്തിലൂടെ $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ (x അക്ഷം വഴി), $y = B \sin \omega t$ (y അക്ഷം വഴി) എന്നീ ആയതിയിൽ ചലിക്കുന്നു എന്നു കരുതുക

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} - \frac{2xy}{AB}\cos\varphi = \sin^2\varphi$$

കണ്ടുപിടിക്കുക. കൂടാതെ

a. $\varphi = 0$ b. $\varphi = \pi$ c. $\varphi = \frac{\pi}{2}$

d. $\varphi = \frac{\pi}{2}$, $A = B$ (e) $\varphi = \frac{\pi}{4}$

കുറിപ്പ്: ഒരു കണിക ഒന്നിനൊന്നു ലംബമായിട്ടുള്ള സരള ഹാർമോണിക ചലനം ഏർപ്പെടുത്തുമ്പോൾ, കണിക മറ്റു പാത വഴിയായി ചലിക്കുന്നു. ഈ പാതയെ ലിസാജസ് ഫിഗേസ് എന്നു വിളിക്കുന്നു.

ഉത്തരം:

a. $y = \frac{B}{A}x$, പോസിറ്റീവ് ചായ്വ് ഉള്ള ആരംഭ ബിന്ദു വഴി പോകുന്ന നേർരേഖയുടെ സമവാക്യം ആകുന്നു.

b. $y = -\frac{B}{A}x$ നെഗറ്റീവ് ചായ്വ് ഉള്ള ആരംഭ ബിന്ദു വഴി പോകുന്ന നേർരേഖയുടെ സമവാക്യം ആകുന്നു.

c. $\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1$, ദീർഘവൃത്തത്തിന്റെ സമവാക്യം ആകുന്നു. ഇതിന്റെ മധ്യബിന്ദു ആരംഭ ബിന്ദു ആകുന്നു.

d. $x^2 + y^2 = A^2$, വൃത്തത്തിന്റെ സമവാക്യം ആകുന്നു. ഇതിന്റെ മധ്യബിന്ദു ആരംഭ ബിന്ദു ആകുന്നു.

e. $\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} - \frac{2xy}{AB}\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2}$, ദീർഘവൃത്തത്തിന്റെ സമവാക്യം ആകുന്നു. (ഒബ്ലിക് ദീർഘവൃത്തം അർത്ഥമാക്കുന്നത് ചരിഞ്ഞ ദീർഘവൃത്തം എന്നാണ്

5. ഒരു കണിക സരള ഹാർമോണിക ചലനം ഏർപ്പെടുത്തുന്നു എന്ന് തെളിയിക്കുക

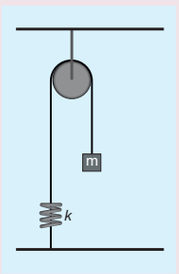
a. ഗതികോർജ്ജത്തിന്റെ ശരാശരി മൂല്യം സ്ഥിതികോർജ്ജത്തിന്റെ ശരാശരി മൂല്യത്തിന് തുല്യമാണ്.

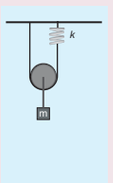
b. ശരാശരി സ്ഥിതികോർജ്ജം = ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം = $\frac{1}{2}$ (ആകെ ഊർജ്ജം)

സൂചന : ശരാശരി ഗതികോർജ്ജം = <ഗതികോർജ്ജം> = $\frac{1}{T}\int_0^T \left(\text{ഗതികോർജ്ജം}\right) dt$

ശരാശരി സ്ഥിതികോർജ്ജം = <സ്ഥിതികോർജ്ജം> = $\frac{1}{T}\int_0^T \left(\text{ഗതികോർജ്ജം}\right) dt$

6. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന വ്യൂഹത്തിൽ മാസ് സന്തുലിതാവസ്ഥയിൽ നിന്നും ലംബമായി താഴേയ്ക്ക് ചെറിയ സ്ഥാനചലനം ചെയ്യുകയും, പിന്നീട് വിടുകയും ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ ആവർത്തന കാലം കണ്ടുപിടിക്കുക. കപ്പി ഭാരം കുറഞ്ഞതും മിനുസമാർന്നതുമാണെന്ന് കരുതുക. കൂടാതെ നൂലും സ്പ്രിംഗുകളും ഭാരം കുറഞ്ഞതാണെന്ന് കരുതുക.





XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 221 22-07-2022 15:01:38

സൂചനയും ഉത്തരവും:

നില(a)

ഇവിടെ കപ്പിയെ നന്നായി ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. മാസ് y നാൽ സ്ഥാനമാറ്റം ചെയ്താൽ, സ്പ്രിംഗും y നാൽ വലിക്കപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ $F = T = ky$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

നില(b)

y നാൽ മാസ് സ്ഥാനമാറ്റം ചെയ്യുമ്പോൾ കപ്പിയ്ക്കും y നാൽ സ്ഥാനമാറ്റം ഉണ്ടാകുന്നു $T = 4ky$.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{4k}}$$

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ

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

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 222 22-07-2022 15:01:38

ഐ.സി.ടി കോർണർ

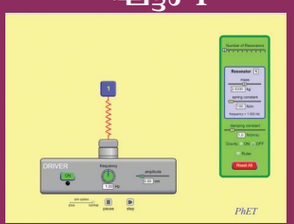
ദോലനങ്ങൾ

ഈ പ്രവർത്തനത്തിലൂടെ നിങ്ങൾ അനുനാദത്തെ കുറിച്ച് പഠിക്കുന്നു

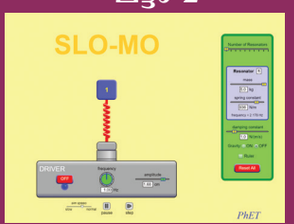
ഘട്ടങ്ങൾ:

- URL ഉപയോഗിച്ച് അല്ലെങ്കിൽ QR കോഡ് സ്കേൻ ചെയ്ത്'PhET' തുറന്ന് അനുപാദം എടുക്കുക. പ്ലേ ബട്ടൺ അമർത്തുക.
- പ്രവർത്തന വിൻഡോയിൽ അനുനാദത്തിന്റെ ചിത്രം കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. പ്ലേ ബട്ടൺ ക്ലിക്ക് ചെയ്യുകയും താഴെയുള്ള slider on 'sim speed' ചലിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ അനുനാദം കാണാൻ സാധിക്കുന്നു.
- slider ചലിപ്പിച്ച് വലതുവശത്തുള്ള റെസണേറ്ററുകളുടെ എണ്ണം മാസ് സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം എന്നിവയെ മാറ്റുമ്പോൾ ആവൃത്തി കാണാൻ സാധിക്കുന്നു
- ഗ്രേവിറ്റിയിലുള്ള 'On', 'Off' ബട്ടൺ അമർത്തുമ്പോൾ വ്യത്യസ്ത അനുനാദം കാണാവുന്നതാണ്.

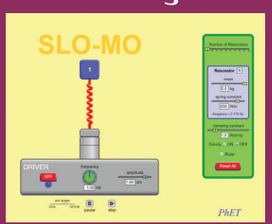
ഘട്ടം 1



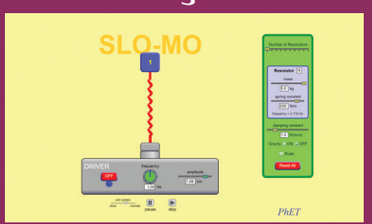
ഘട്ടം 2



ഘട്ടം 3



ഘട്ടം 4



URL:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/resonance

* ചിത്രങ്ങൾ സൂചകങ്ങൾ മാത്രമാണ്.

* ആവശ്യമാണെങ്കിൽ **Flash Player**, **Java Script** ഉപയോഗിക്കാം.

WHSKX

XI Physics Vol-2 Unit 10 Malayalam.indd 223 22-07-2022 15:01:41

അദ്ധ്യായം

11

തരംഗങ്ങൾ

നാം വേഗത കുറഞ്ഞ ശബ്ദപ്രകാശ തരംഗങ്ങൾ കൂടാതെ പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഈണം ചെയ്ത ആവൃത്തിയുടെ ഒരു കെട്ടാകുന്നു. നാം പവിത്രമായ ജൈവ രാസ വസ്ത്രങ്ങൾ അണിഞ്ഞ ആത്മാവാണ്. മാത്രമല്ല നമ്മുടെ ശരീരം എന്ന ഉപകരണം വഴിയായി ആത്മാവ് തന്റെ സംഗീതം ആലപിക്കുന്നു. – ആൽബർട്ട് ഐൻഡീൻ

പഠനലക്ഷ്യങ്ങൾ

ഈ അദ്ധ്യായത്തിൽ വിദ്യാർത്ഥികൾക്ക് പ്രകടമാകുന്നത്

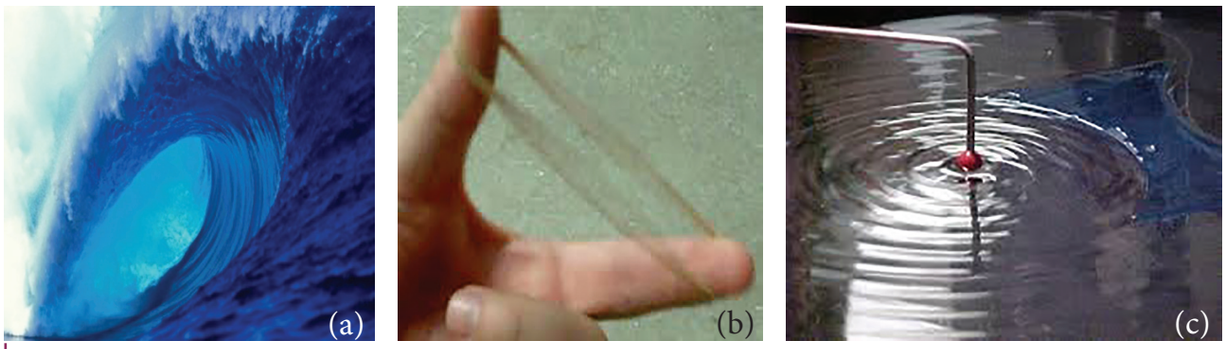
- തരംഗങ്ങളും അവയുടെ വകഭേദങ്ങളും (അനുപ്രസ്ഥതരംഗം, അനുദൈർഘ്യതരംഗം)
- തരംഗദൈർഘ്യം, ആവൃത്തി, ആവർത്തനകാലം ആയതി തുടങ്ങിയ അടിസ്ഥാന പദങ്ങൾ
- അനുപ്രസ്ഥതരംഗങ്ങളുടെയും, അനുദൈർഘ്യതരംഗങ്ങളുടെയും പ്രവേഗം
- ശബ്ദതരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗം
- സമതലപ്രതലം, വക്രപ്രതലം തുടങ്ങിയവയിലെ ശബ്ദതരംഗങ്ങളുടെ പ്രതിഫലനവും അവയുടെ പ്രായോഗികതകളും
- പ്രയാണതരംഗങ്ങളും അവയുടെ രേഖീയചിത്രീകരണവും
- അധ്യാരോപണതത്ത്വം, തരംഗങ്ങളുടെ വ്യതികരണം, ബീറ്റുകൾ, നിശ്ചലതരംഗങ്ങൾ, ബീറ്റുകൾ തുടങ്ങിയവ
- നിശ്ചലതരംഗങ്ങളുടെ സവിശേഷതകളും സോണോമീറ്ററും
- അടിസ്ഥാന ആവൃത്തിയും, ഹാർമോണിക്കുകളും, അധിസ്വരവും
- തീവ്രതയും, ഒച്ചയും
- വായു കൂപത്തിലെ പ്രകമ്പനം – മൂടിയപൈപ്പ്, അടഞ്ഞ പൈപ്പ്, വായു സ്തംഭത്തിലെ അനുനാദം
- ഡോപ്ലറുടെ പ്രഭാവവും അതിന്റെ പ്രായോഗികതയും

11.1 ആമുഖം

മുൻ അദ്ധ്യായത്തിൽ കണികകളുടെ ദോലനത്തെ കുറിച്ച് ചർച്ച ചെയ്യപ്പെട്ടു. ഒരു കൂട്ടം കണികകളുള്ള ഒരു മാധ്യമത്തെ സങ്കൽപ്പിക്കുക. ഒരഗ്രത്തിൽ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന വിക്ഷോഭങ്ങൾ പ്രചരണം ചെയ്യപ്പെട്ട് മറ്റേ അഗ്രത്തിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. അതായത് ആദ്യത്തെ ദ്രവ്യമാനബിന്ദുവിൽ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന വിക്ഷോഭം തുടർച്ചയായി അടുത്തടുത്ത ദ്രവ്യമാന ബിന്ദുവിലേക്ക് വ്യാപിക്കുന്നു. ദ്രവ്യത്തിന് സ്ഥാനമാറ്റമില്ലാതെ വിക്ഷോഭങ്ങൾ മാത്രമാണ് മാറ്റപ്പെടുന്നത് എന്നത് ശ്രദ്ധിക്കുക. അതുപോലെ നമ്മുടെ സംഭാഷണങ്ങൾ നമ്മുടെ കണത്തിലെ സ്വരനാളപാളിയിലെ പ്രകമ്പനം കൊണ്ടാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ഈ പ്രകമ്പനം ചുറ്റുമുള്ള വായുതന്മാത്രകളുടെ പ്രകമ്പനത്തിന് കാരണമാകുകയും, അതിനാൽ സംഭാഷണ വിവരങ്ങൾ സ്പേസിലെ ഒരു ബിന്ദുവിൽ നിന്നും അടുത്ത ബിന്ദുവിലേക്ക് മാദ്ധ്യമമില്ലാതെ വ്യാപിക്കുന്നു. സ്പേസിലെ ഒരു ബിന്ദുവിൽ നിന്നും മറ്റൊരു ബിന്ദുവിലേക്ക് മാദ്ധ്യമമില്ലാതെ ഊർജ്ജവും, ആവേഗവും വഹിക്കുന്ന വിക്ഷോഭങ്ങളെ തരംഗങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു.

ചിത്രം 11.1 വയലിനിലെ നിശ്ചല തരംഗങ്ങൾ

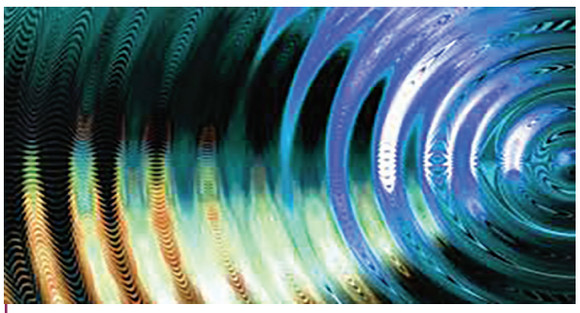
XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 224 22-07-2022 13:44:43



ചിത്രം 11.2 (a) സമുദ്രം, (b) റബ്ബർ വലയത്തിനെ ചലിപ്പിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന നിശ്ചലതരംഗങ്ങൾ (c) ജലനിരപ്പിലുണ്ടാകുന്ന ഓളങ്ങൾ

കടൽക്കരയിൽ നിൽക്കുന്ന ഒരാൾക്ക് സമുദ്രത്തിലെ അലകൾ ഒരേ അലയുടെ രൂപത്തിൽ കടൽക്കരയിൽ എത്തുന്നത് കാണാൻ കഴിയും. ഇവ സമുദ്ര അലകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. റബ്ബർവലയത്തിനെ തട്ടിവിടുമ്പോൾ അത് അലപോലെ പ്രകമ്പനം ചെയ്യുന്നു. ഈ അലകൾ (തരംഗങ്ങൾ) നിശ്ചലതരംഗങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണമാണ്. ഇത് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. തരംഗങ്ങൾക്കുള്ള മറ്റു ഉദാഹരണങ്ങൾ പ്രകാശ തരംഗങ്ങൾ (വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ). നാം ഈ തരംഗങ്ങൾ വഴിയാണ് ഈ പ്രപഞ്ചത്തെ കാണുന്നതും അതിന്റെ മനോഹാരിതയെ ആസ്വദിക്കുന്നതും. ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ ഭാവസാന്ദ്രമായ ഗാനങ്ങൾ കേൾക്കുന്നതിനും ആസ്വദിക്കുന്നതിനും ഉപയോഗിക്കുന്നു. ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ തരംഗങ്ങളുടെ പ്രായോഗികത ധാരാളമാണ്, അവയിൽ ചിലത് മൊബൈൽ ഫോൺ വഴിയുള്ള ആശയവിനിമയം, ലേസർ ഉപയോഗിച്ചുള്ള ശസ്ത്രക്രിയ തുടങ്ങിയവയാണ്.

11.1.1 ഓളങ്ങളും, ജലോപരിതലത്തിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന തരംഗങ്ങളും



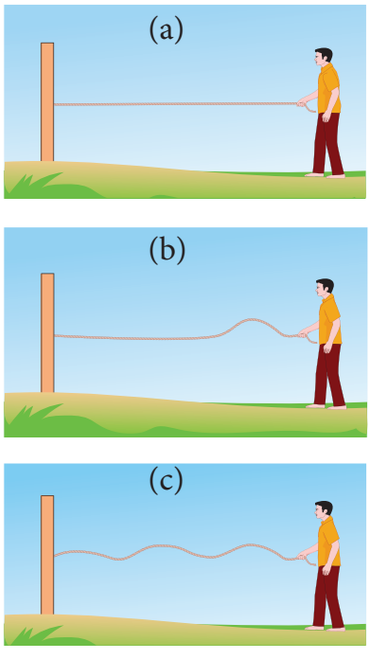
ചിത്രം 11.3 ജലോപരിതലത്തിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന ഓളങ്ങൾ

നിശ്ചലാവസ്ഥയിലുള്ള ഒരു ജലോപരിതലത്തിൽ നാം ഒരു കല്ല് എറിയുകയാണെങ്കിൽ, ചിത്രം 11.3 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ജലോപരിതലത്തിൽ കല്ല് വീഴുന്ന സ്ഥലത്ത് ഒരു പ്രകമ്പനം രൂപം കൊള്ളുന്നത് കാണാം. ഈ വിക്ഷോഭങ്ങൾ തുടർച്ചയായി വർദ്ധിക്കുന്ന വ്യാസാർദ്ധങ്ങളുള്ള ഏകകേന്ദ്രവൃത്തങ്ങളായി അഗാധതയിലെ അതിർത്തിയിൽ ഇടിക്കുന്നു. ഇതിനു കാരണം കല്ലിന്റെ ഗതികോർജ്ജം ഉപരിതലത്തിലെ ജല തന്മാത്രകളിലേക്ക് മാറ്റപ്പെടുന്നതാണ്. യഥാർത്ഥത്തിൽ ജലകണികകൾ വിക്ഷോഭങ്ങളോടുകൂടി വെളിയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നില്ല. ഇതിനെ ജലോപരിതലത്തിൽ ഒരു പേപ്പർ കഷണത്തെ വയ്ക്കുന്നതുമൂലം കാണാം. വിക്ഷോഭങ്ങൾ ജലോപരിതലത്തെ കടക്കുമ്പോൾ പേപ്പർ കഷ്ണങ്ങൾ മുകളിലോട്ടും താഴോട്ടും ചലിക്കുന്നു. ഇത് ജല തന്മാത്രകൾ അവയുടെ മധ്യസ്ഥാനത്തുനിന്നും വിക്ഷോഭചലനത്തിൽ മാത്രം വിധേയമാകുന്നു എന്നത് വ്യക്തമാകുന്നു.

11.1.2 വലിച്ചു കെട്ടിയിരിക്കുന്ന ഒരു കമ്പിയിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന നിശ്ചലതരംഗങ്ങൾ

ചിത്രം 11.4 (a) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു നീളമുള്ള നേർത്ത കമ്പി എടുക്കുക. അതിന്റെ ഒരഗ്രം ചുവരുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുക. ഒരു ഞെരുക്കം കൊടുക്കുമ്പോൾ കമ്പിയിൽ സ്പന്ദനങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത് ചിത്രം 11.4 (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ വിക്ഷോപങ്ങൾ ക്ഷണനേരം മാത്രം നിലനിൽക്കുന്നു. ഇത്തരം വിക്ഷോഭങ്ങൾ തരംഗസ്പന്ദനം എന്നു പറയുന്നു. തുടർച്ചയായി ഞെരുക്കം നൽകുമ്പോൾ നിശ്ചലതരംഗങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഇത്തരം തരംഗങ്ങളാണ് വയലിനിലും ഉണ്ടാകുന്നത്.

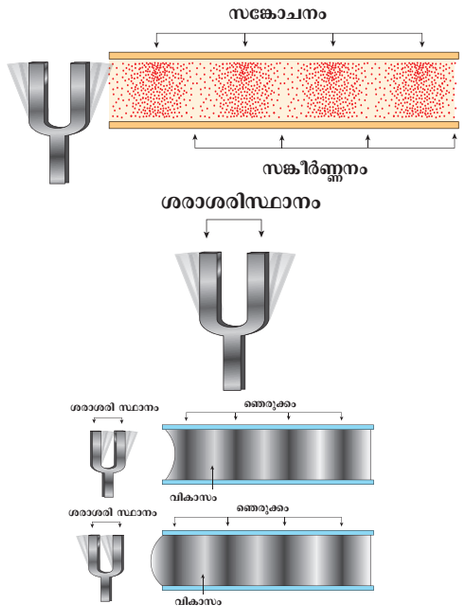
XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 225 22-07-2022 13:44:44



ചിത്രം 11.4: കമ്പിയിലെ ഒരഗ്രത്ത് ഞെരുക്കം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ രൂപം കൊള്ളുന്ന തരംഗസ്പന്ദനം

11.1.3 ഒരു ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന തരംഗങ്ങൾ

ഒരു റബ്ബർ കഷ്ണത്തിൽ ഒരു ട്യൂണിങ്ഫോർക്കിനെ അടിച്ചശേഷം അതിന്റെ ഭുജങ്ങൾ മധ്യസ്ഥാനത്തിനനുസരിച്ച് പ്രകമ്പനം കൊള്ളുന്നു. പ്രോങ്സ് മധ്യബിന്ദുവിനനുസരിച്ച് പ്രകമ്പനം ചെയ്യുന്നത്. ചിത്രം 11.5-ൽ കുറിച്ചിരിക്കുന്നു. പ്രോങ്ങ് പുറത്തേക്ക് നീങ്ങുമ്പോൾ അത് സമീപത്തുള്ള വായുവിന്റെ പാളിയെ തള്ളുന്നു. ഇതിനർത്ഥം ഈ പ്രദേശത്ത് കൂടുതൽ വായുതന്മാത്രകൾ അടിഞ്ഞുകൂടുന്നു എന്നതാണ്. അതിനാൽ സാന്ദ്രതയും മർദ്ദവും വർദ്ധിക്കുന്നു. ഈ പ്രദേശങ്ങൾ സങ്കോചിത പ്രദേശങ്ങൾ ചലിക്കുകയും സമീപത്തുള്ള പാളികളെ ഇത്തരം രീതിയിൽ സങ്കോചിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇങ്ങനെ തരംഗസങ്കോചനം പുരോഗമിച്ച് വായു മുഴുവനും സഞ്ചരിക്കുന്നു. പ്രോങ്സ് അകത്തോട്ട് ചലിക്കുമ്പോൾ മദ്ധ്യമത്തിലെ കണികകൾ വലത്തോട്ട് ചലിക്കുന്നു. ഈ പ്രദേശത്ത് സാന്ദ്രതയും, മർദ്ദവും കുറയുന്നു. ഇതിനെ സങ്കീർണ്ണത അല്ലെങ്കിൽ ദീർഘീകരിക്കൽ എന്നു പറയുന്നു.



ചിത്രം 11.5 റബ്ബറിനാൽ അടിച്ചപ്പോൾ ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിലുണ്ടാകുന്ന തരംഗങ്ങൾ

11.1.4 തരംഗചലനത്തിന്റെ സവിശേഷതകൾ

- തരംഗങ്ങളുടെ പ്രചരണത്തിന്, മാദ്ധ്യമം, ജഡത്വം, ഇലാസ്തികത തുടങ്ങിയ സവിശേഷതകൾ ഉള്ളതാകണം.
- തന്നിട്ടുള്ള മാദ്ധ്യമത്തിൽ തരംഗപ്രവേഗം സ്ഥിരമായിരിക്കും. എന്നാൽ മാധ്യമത്തിലെ ഘടക പദാർത്ഥങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത സ്ഥാനങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്ത പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ശരാശരി സ്ഥാനത്ത് പ്രവേഗം പരമാവധിയും അങ്ങേയറ്റത്ത് പ്രവേഗം പൂജ്യവുമാകുന്നു.
- തരംഗങ്ങൾ പ്രതിഫലനം, അപവർത്തനം, വ്യതികരണം, വ്യതിചലനം, ധ്രുവീകരണം തുടങ്ങിയവയ്ക്ക് വിധേയമാകുന്നു.

ചിന്തിക്കേണ്ട പോയിന്റുകൾ

തരംഗങ്ങളുടെ പ്രചരണത്തിന് മാദ്ധ്യമത്തിന് ജഡത്വവും, ഇലാസ്തികതയും ഉണ്ടായിരിക്കണം.

പ്രകാശം ഒരു വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗമാണ് ഇതിന്റെ സംപ്രേക്ഷണത്തിനുള്ള മാദ്ധ്യമം എന്താണ്?

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 226 22-07-2022 13:44:45

11.1.5 യാന്ത്രിക തരംഗങ്ങളുടെ ചലനവും, വകഭേദങ്ങളും

തരംഗചലനത്തെ രണ്ട് തരമായി തിരിക്കാം

a. **യാന്ത്രിക തരംഗം** – പ്രചരണത്തിന് മാദ്ധ്യമം ആവശ്യമുള്ള തരംഗങ്ങളെ യാന്ത്രിക തരംഗങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു.

ഉദാഹരണങ്ങൾ : ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ, ജലോപരിതലത്തിലെ ഓളങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ.

b. **യാന്ത്രികേതര തരംഗം** – പ്രചരണത്തിന് മാദ്ധ്യമം ആവശ്യമില്ലാത്ത തരംഗങ്ങളെ യാന്ത്രികേതര തരംഗം എന്നുപറയുന്നു.

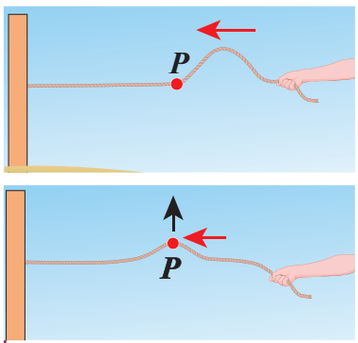
ഉദാഹരണങ്ങൾ : പ്രകാശ തരംഗങ്ങൾ, ഇൻഫ്രാറെഡ് തരംഗങ്ങൾ.

തരംഗങ്ങളെ വീണ്ടും രണ്ടുതരത്തിൽ വിഭജിക്കാം

a. അനുപ്രസ്ഥ തരംഗങ്ങൾ

b. അനുദൈർഘ്യ തരംഗങ്ങൾ

11.1.6 അനുപ്രസ്ഥ തരംഗചലനം



7GK8R

ചിത്രം 11.6 അനുപ്രസ്ഥതരംഗം

അനുപ്രസ്ഥ തരംഗ ചലനത്തിൽ, ഘടകങ്ങൾ പ്രചാരണ ദിശയ്ക്ക് (ഊർജ്ജമാറ്റ ദിശ) ലംബമായ ദിശയിൽ ഉള്ള ശരാശരി സ്ഥാനത്തു നിന്നും പ്രകമ്പനം ചെയ്യുന്നു. ഇത് ചിത്രം 11.6-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം : പ്രകാശം (വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗം)

11.1.7 അനുദൈർഘ്യ തരംഗചലനം

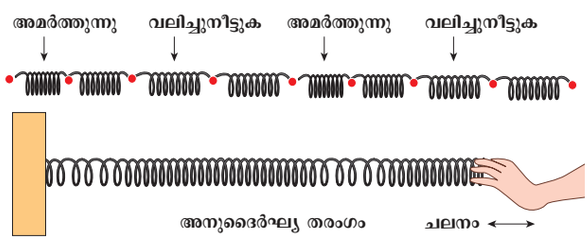
അനുദൈർഘ്യതരംഗ ചലനത്തിൽ, ഘടകങ്ങൾ പ്രചരണദിശയ്ക്ക് (ഊർജ്ജമാറ്റ ദിശയ്ക്ക്) സമാന്തരദിശയിലുള്ള ശരാശരി സ്ഥാനത്തുനിന്നും പ്രകമ്പനം ചെയ്യുന്നു. ഇത് ചിത്രം 11.7-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം : വായുവിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ.

നിങ്ങളുടെ അദ്ധ്യാപകരുമായി ചർച്ച ചെയ്യുക

- (സു-നാ-മി-എന്ന് ജാപ്പനീസിൽ ഉച്ചരിക്കുക) തുറമുഖ തിരമാലകൾ എന്നാണ് അർത്ഥം.
- സുനാമി എന്നത് അധിക വേഗത്തിലും, അധിക ബലത്തിലും തുടർച്ചയായി വരുന്ന രാക്ഷസ്സ തിരമാലകളാണ്. 2004-ാം വർഷം ഡിസംബർ മാസം 26-ാം തീയതി ഇന്ത്യയുടെ തെക്കുഭാഗത്ത് എന്താണ് സംഭവിച്ചത് ? - ആലോചിക്കുക
- ഗുരുത്വാകർഷണ തരംഗങ്ങൾ LIGO (Laser lnterferometer Gravitational wave Obser vatory) പരീക്ഷണം.
- 2017-ൽ ഭൗതീകശാസ്ത്രത്തിലെ നോബൽ സമ്മാന ജേതാക്കൾ

  പ്രെഫ. റെയ്നർ വെയിസ്, പ്രെഫ. ബേരി സി. ബേരിസ് &പ്രെഫ. കിപ് എസ്. ധാർണേ LIGO പരീക്ഷണശാലയിൽ ഗുരുത്വാകർഷണ തരംഗങ്ങളുടെ പഠനത്തിന് വേണ്ടി നിർണ്ണായക സംഭാവനകൾ നൽകിയിട്ടുണ്ട്.



1F3TP

ചിത്രം 11.7 അനുദൈർഘ്യതരംഗം

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 227 22-07-2022 13:44:45

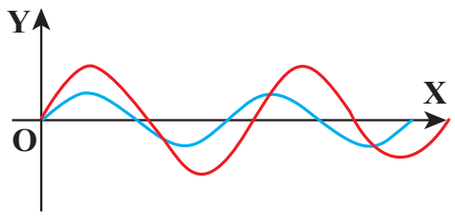
പട്ടിക 11.1: അനുപ്രസ്ഥ തരംഗങ്ങളുടെയും, അനുദൈർഘ്യതരംഗങ്ങളുടെയും താരതമ്യം

ക്ര.ന	അനുപ്രസ്ഥ തരംഗം	അനുദൈർഘ്യതരംഗം
1.	മാദ്ധ്യമത്തിലെ കണികകളുടെ പ്രകമ്പന ദിശ തരംഗങ്ങളുടെ പ്രചരണ ദിശയ്ക്ക് ലംബമായിരിക്കും.	മാദ്ധ്യമത്തിലെ കണികകളുടെ പ്രകമ്പന ദിശ തരംഗങ്ങളുടെ പ്രചരണ ദിശയ്ക്ക് സമാന്തരമായിരിക്കും.
2.	വിക്ഷോഭങ്ങൾ ശൃംഗങ്ങളുടെയും ഗർത്തങ്ങളുടെയും രൂപത്തിലാകുന്നു.	വിക്ഷോഭങ്ങൾ ഉച്ച മർദ്ദത്തിന്റെയും നീച മർദ്ദത്തിന്റെയും രൂപത്തിലാകുന്നു.
3.	അനുപ്രസ്ഥതരംഗങ്ങൾ ഇലാസ്തികത മാദ്ധ്യമത്തിൽ സാധ്യമാകുകയുള്ളൂ.	അനുദൈർഘ്യ തരംഗങ്ങൾ എല്ലാ തരത്തിലുള്ള മാദ്ധ്യമത്തിലും (ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം) സാധ്യമാകുന്നു.

കുറിപ്പ് :

1. മാദ്ധ്യമം ഇല്ലായ്മയെ ശൂന്യത എന്നു പറയുന്നു. വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾക്ക് മാത്രമേ ശൂന്യതയിൽ സഞ്ചരിക്കാൻ കഴിയുന്നുള്ളൂ.
2. റെയ്ലേ തരംഗങ്ങൾ അനുപ്രസ്ഥതരംഗങ്ങളുടെയും, അനുദൈർഘ്യതരംഗങ്ങളുടെയും സമ്മിശ്രമാണ്.

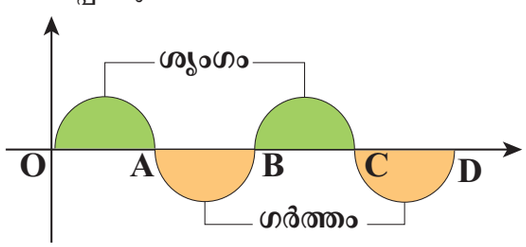
11.2 തരംഗചലനത്തിൽ ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്ന പദങ്ങളും അവയുടെ നിർവ്വചനവും



ചിത്രം 11.8 രണ്ട് വ്യത്സ്ത സൈനുസോയിഡൽ തരംഗങ്ങൾ

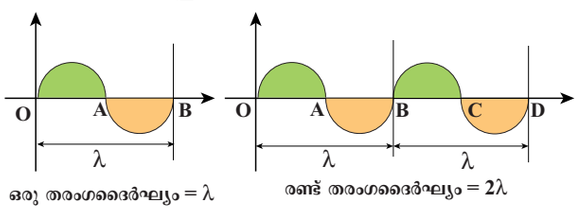
ചിത്രം 11.8-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ രണ്ട് തരംഗങ്ങൾ ഉണ്ടായിരുന്നാൽ ഈ രണ്ട് തരംഗങ്ങളും തുല്യമാണോ? ഇല്ല, രണ്ട് തരംഗങ്ങളും സൈനുസോയിഡൽ ആണെങ്കിലും അവ തമ്മിൽ ധാരാളം വ്യത്യാസങ്ങളുണ്ട്. അതിനാൽ ഒരു തരംഗത്തിൽ നിന്നും മറ്റൊരു തരംഗത്തിനെ വേർതിരിച്ച് കാണിക്കുന്നതിന് നാം ചില അടിസ്ഥാന സാങ്കേതിക പദങ്ങളെ നിർവ്വചിക്കേണ്ടതുണ്ട്

ചിത്രം 11.9-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ വലിച്ചുകെട്ടിയ നൂലിൽ ഉണ്ടാകുന്ന തരംഗത്തിനെ സങ്കൽപ്പിക്കുക.



ചിത്രം 11.9 തരംഗങ്ങളുടെ ശൃംഗവും ഗർത്തവും

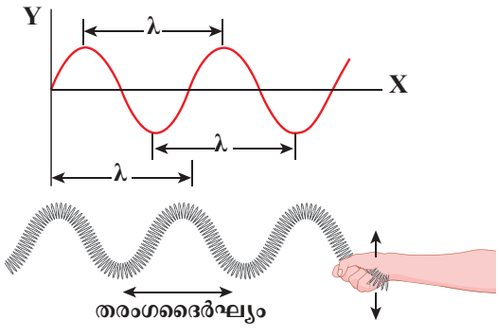
നാം രൂപീകൃത തരംഗങ്ങളെ എണ്ണി തിട്ടപ്പെടുത്തുന്നതിന് തൽപ്പരരാണെങ്കിൽ ചിത്രം 11.9-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു നിർദ്ദിഷ്ട തലത്തെ (ശരാശരി സ്ഥാനം) സങ്കൽപ്പിക്കുക. ഇവിടെ ശരാശരി സ്ഥാനമെന്നത് കാണിച്ചിട്ടുള്ള തിരശ്ചീന രേഖയാകുന്നു. നിഴലിച്ച ഭാഗത്തിലെ ഉയരം കൂടിയ ബിന്ദുവിനെ ശൃംഗം എന്നു വിളിക്കുന്നു. നിർദ്ദിഷ്ട തലത്തിനനുസൃതമായി നിഴലിക്കാത്ത ഭാഗത്തിന്റെ ഏറ്റവും താഴ്ന്ന ബിന്ദുവിനെ ഗർത്തം എന്നു വിളിക്കുന്നു. O മുതൽ B വരെയുള്ള ഭാഗത്തിന്റെ ആവർത്തനം ഈ തരംഗത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ആയതിനാൽ ചിത്രം 11.10 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ആവർത്തനമില്ലാതെയുള്ള ഏറ്റവും ചെറിയ ഭാഗത്തിൽ നീളത്തെ ഒരു തരംഗദൈർഘ്യം എന്നു നിർവ്വചിക്കാം. ചിത്രം 11.10-ൽ OB നീളത്തേയോ അല്ലെങ്കിൽ BD നീളത്തേയോ ഒരു തരംഗദൈർഘ്യമായി കണക്കാക്കാം. ഒരു തരംഗ ദൈർഘ്യത്തെ ഗ്രീക്ക് അക്ഷരമായ λ കൊണ്ട് സൂചിപ്പിക്കുന്നു.



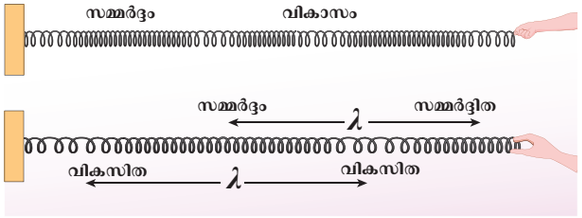
ചിത്രം 11.10 തരംഗദൈർഘ്യത്തിന്റെ നിർവ്വചനം

അനുപ്രസ്ഥതരംഗങ്ങൾക്ക് (ചിത്രം 11.11 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ) അടുത്തടുത്തുള്ള രണ്ട് ശൃംഗങ്ങൾക്കോ അല്ലെങ്കിൽ ഗർത്തങ്ങൾക്കോ ഇടയിലുള്ള ദൂരത്തെ തരംഗദൈർഘ്യം എന്നു പറയുന്നു. അനുദൈർഘ്യ തരംഗങ്ങൾക്ക് അടുത്തടുത്തുള്ള ഉച്ചമർദ്ദങ്ങൾക്കും അല്ലെങ്കിൽ നീചമർദ്ദങ്ങൾക്കും ഇടയിലുള്ള ദൂരത്തെ തരംഗദൈർഘ്യം എന്നുപറയുന്നു. ഇതിന്റെ SI മാത്ര മീറ്റർ ആകുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 228 22-07-2022 13:44:46



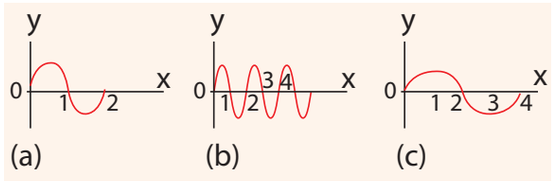
ചിത്രം 11.11 തിരശ്ചീനതരംഗങ്ങളുടെ തരംഗദൈർഘ്യം



ചിത്രം 11.12 അനുദൈർഘ്യ തരംഗങ്ങളുടെ തരംഗ ദൈർഘ്യം

ഉദാഹരണം 11.1

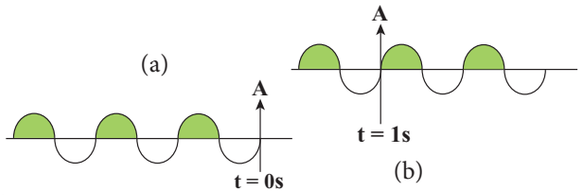
താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നതിൽ നീളമുള്ള തരംഗ ദൈർഘ്യം ഏതാണ്?



ഉത്തരം (c)

ആവൃത്തിയും, ആവർത്തനകാലവും മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് (മൂന്നു തരംഗദൈർഘ്യങ്ങളുള്ള) ചിത്രം 11.13 (a) കാണിച്ചിരിക്കുന്നപോലെ തരംഗങ്ങളെ സങ്കൽപ്പിക്കുക. സമയം $t = 0\ s$, തരംഗം ഇടതുവശത്തുനിന്നും A ബിന്ദുവിൽ എത്തുന്നു. സമയം $t = 1\ s$ ൽ (ചിത്രം 11.13 (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ) A യെ കടന്നുചെല്ലുന്ന തരംഗങ്ങളുടെ എണ്ണം രണ്ട് ആകുന്നു. ആയതിനാൽ ആവൃത്തി എന്നത് 1 സെക്കന്റിൽ കടന്നുചെല്ലുന്ന തരംഗങ്ങളുടെ എണ്ണമാകുന്നു. ഇതിന്റെ മാത്ര ഹെട്സ്. ഇതിനെ *Hz* എന്ന് കുറിക്കുന്നു. ഈ ഉദാഹരണത്തിൽ,

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



ചിത്രം 11.13 മൂന്നു തരംഗദൈർഘ്യങ്ങളുള്ള തരംഗം A ബിന്ദുവിനെ കടന്നുചെല്ലുന്ന കാഴ്ച (a) $t = 0$ s, (b) t സമയത്തിന് ശേഷം = 1 s

രണ്ട് തരംഗങ്ങൾ A എന്ന ബിന്ദുവിനെ കടന്നുചെല്ലുന്നതിന് ഒരു സെക്കൻഡ് (സമയം) എടുക്കുകയാണെങ്കിൽ ഒരു തരംഗം A എന്ന ബിന്ദുവിനെ കടക്കുന്നതിന് എടുക്കുന്ന സമയം അര സെക്കൻഡ് ആകുന്നു. ഇത് ആവർത്തനകാലം T നിർവ്വചിക്കുന്നു

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

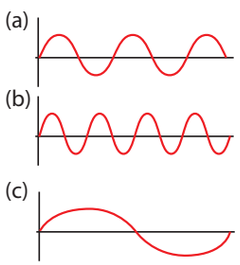
സമീകരണം (11.1, (11.2) തുടങ്ങിയവയിൽ നിന്നും ആവൃത്തിയും, ആവർത്തന കാലവും വിപരീതമായി ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം i.e.,

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

ആവർത്തനകാലമെന്നത് ഒരു ബിന്ദുവിനെ കടക്കുന്നതിന് ഒരു തരംഗം എടുക്കുന്ന സമയമാണ്.

ഉദാഹരണം 11.2

മൂന്നു തരംഗങ്ങൾ താഴെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



(a) ആവൃത്തി അവരോഹണ ക്രമത്തിലും
(b) തരംഗ ദൈർഘ്യം ആരോഹണ ക്രമത്തിലും എഴുതുക

നിർദ്ധാരണം

(a) $f_c < f_a < f_b$

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

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 229 22-07-2022 13:44:48

ഉദാഹരണം 11.2-ൽ നിന്നും ആവൃത്തി തരംഗ ദൈർഘ്യവുമായി വ്യുൽക്രമാനുപാതത്തിലായിരിക്കും, $f \propto \frac{1}{\lambda}$.

എന്നാൽ, $f\lambda$ ഏതിന് തുല്യമാണ്?

$$[(\text{അതായത്})\ f\lambda = ?]$$

എളിയ ഡൈമെൻഷണൽ വാദങ്ങളിൽ നിന്നും മൂല്യം അറിയാത്ത ഈ ഭൗതീക അളവിനെ നിർണ്ണയിക്കാം.

തരംഗദൈർഘ്യത്തിന്റെ പരിമാണം, $[\lambda] = L$

ആവൃത്തി $f = \frac{1}{\text{ആവർത്തന കാലം}}$,

ആവൃത്തിയുടെ പരിമാണം,

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

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

അതായത്,

പ്രവേഗം, $\lambda f = v$ (11.4)

ഇവിടെ v എന്നത് തരംഗപ്രവേഗം അല്ലെങ്കിൽ ഫേസ് പ്രവേഗം ആകുന്നു. ഇത് തരംഗ പ്രസരണം ചെയ്യുന്നതിനുള്ള പ്രവേഗമാകുന്നു. തരംഗ പ്രവേഗമെന്നത് ഒരു സെക്കൻഡിൽ തരംഗം സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരമാകുന്നു.

കുറിപ്പ് :

1. ഒരു യൂണിറ്റ് സമയത്തിലെ ദോലനങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിന് കോണ ആവൃത്തി എന്നുവിളിക്കുന്നു. കോണ ആവൃത്തി, $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ (മാത്ര റേഡിയൻസ്/സെക്കൻസ് ആകുന്നു)
2. ഒരു യൂണിറ്റ് ദൂരത്തിലെ ദോലനങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിന് അല്ലെങ്കിൽ ഒരു യൂണിറ്റ് ദൂരത്തിലെ തരംഗങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിന് തരംഗ സംഖ്യ എന്നു പറയുന്നു.

   തരംഗസംഖ്യ, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ (മാത്ര റേഡിയൻ/മീറ്റർ)

   പ്രവേഗം v, കോണ ആവൃത്തി, ω തരംഗ സംഖ്യ k എന്നിവയെ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന സൂത്രം:

   പ്രവേഗം, $v = \lambda f = \frac{\lambda}{2\pi}(2\pi f) = \frac{(2\pi f)}{2\pi/\lambda} = \frac{w}{\kappa}$

ഉദാഹരണം 11.3

മനുഷ്യരാശിയ്ക്ക് ശ്രവിക്കാൻ കഴിയുന്ന ശബ്ദ തരംഗങ്ങളുടെ ആവൃത്തികളുടെ ശരാശരി ശ്രേണി 20 Hz മുതൽ 20 kHz വരെയാകുന്നു. ഈ പരിധിയിലുള്ള ശബ്ദതരംഗങ്ങളുടെ തരംഗദൈർഘ്യം കണക്കാക്കുക (ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത 340 m s^{-1} എന്ന് കരുതുക).

നിർദ്ധാരണം

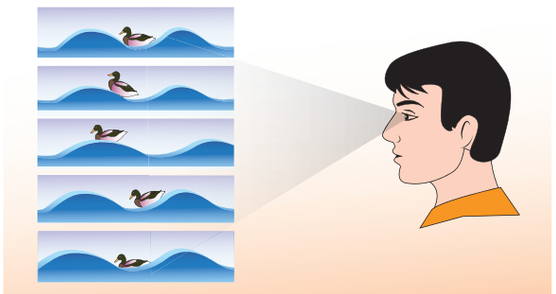
$$\lambda_1 = \frac{v}{f_1} = \frac{340}{20} = 17\text{m}$$

$$\lambda_2 = \frac{v}{f_2} = \frac{340}{20\times10^3} = 0.017\,\text{m}$$

അതായത് ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം 340 m s^{-1} ആയാൽ ശ്രവണതരംഗദൈർഘ്യ പരിധി 0.017 m മുതൽ 17 m വരെയാകുന്നു.

ഉദാഹരണം 11.4

സമുദ്രത്തിലെ തിരമാലകളിൽ ഒരു കളിപ്പാട്ടം താറാവിനെ ഒരു മനുഷ്യൻ കണ്ടു. ആ താറാവ് ഒരു മിനിട്ടിൽ 15 പ്രാവശ്യം മുകളിലോട്ടും താഴോട്ടും ചലിക്കുന്നതിനെ അയാൾശ്രദ്ധിച്ചു. അയാൾകടൽ തിരമാലയുടെ തരംഗദൈർഘ്യം ഏകദേശം 1.2 m ആണെന്ന് അളന്നു. കളിപ്പാട്ടം താറാവ്. ഒരു പ്രാവശ്യം മുകളിലോട്ടും താഴോട്ടും സഞ്ചരിക്കുന്നതിന് എടുത്ത സമയം, സമുദ്രതിരമാലയുടെ പ്രവേഗം തുടങ്ങിയവ കണ്ടുപിടിക്കുക.



നിർദ്ധാരണം

താറാവ് കളിപ്പാട്ടം മുകളിലോട്ടും താഴോട്ടും സഞ്ചരിക്കുന്ന എണ്ണം ഒരു മിനിട്ടിൽ 15 പ്രാവശ്യം എന്ന് തന്നിട്ടുണ്ട്. ഈ വിവരങ്ങൾ ആവൃത്തി നൽകുന്നു. (താറാവ് കളിപ്പാട്ടം മുകളിലോട്ടും, താഴോട്ടും സഞ്ചരിക്കുന്ന എണ്ണം)

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 230 22-07-2022 13:44:52

$$f = \frac{\text{താറാവ് 15 പ്രാവശ്യം മുകളിലോട്ടും, താഴോട്ടും സഞ്ചരിക്കുന്നു.}}{\text{ഒരു മിനിട്ട്}}$$

എന്നാൽ ഒരു മിനിട്ടെന്നത് 60 സെക്കൻഡാകുന്നു. ആയതിനാൽ സമവാക്യത്തിൽ സമയത്തെ സെക്കൻഡിൽ എഴുതാം

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

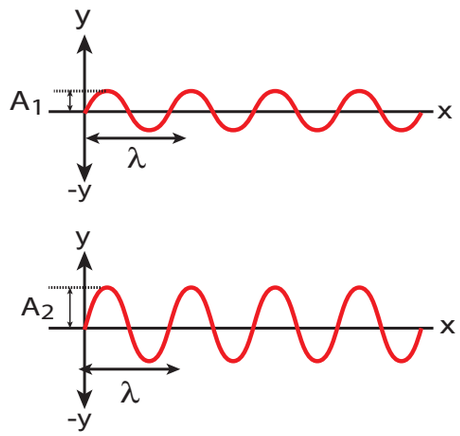
ഒരു പ്രാവശ്യം താറാവ് മുകളിലോട്ടും, താഴോട്ടും പോകുന്നതിന് എടുക്കുന്ന സമയം ആവർത്തനകാലം ആകുന്നു. ഇത് ആവൃത്തിയുടെ വ്യുൽക്രമം ആകുന്നു

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

തിരമാലയുടെ പ്രവേഗം

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

തരംഗത്തിന്റെ ആയതി :

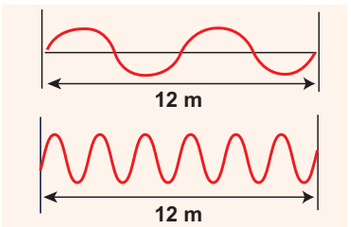


ചിത്രം 11.14 വ്യത്യസ്ത ആയതിയിലുള്ള തരംഗങ്ങൾ

ചിത്രം 11.14-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന തരംഗങ്ങൾക്ക് ഒരേ തരംഗദൈർഘ്യവും, ഒരേ ആവൃത്തിയും, ഒരേ ആവർത്തനകാലവും, ഒരേ പ്രവേഗത്തിലും സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഈ രണ്ട് തരംഗങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ഒരേ ഒരു വ്യത്യാസം അവയുടെ ശൃംഗത്തിലോ ഗർത്തത്തിലോ ഉള്ള ഉയരമാകുന്നു. ഇതിന്റെ അർത്ഥം ശൃംഗം അല്ലെങ്കിൽ ഗർത്തത്തിന്റെ ഉയരം തരംഗസ്വഭാവം നിർണ്ണയിക്കുന്നതിൽ പ്രധാന പങ്കുവഹിക്കുന്നു. നിർദ്ദിഷ്ട അക്ഷത്തിനനുസൃതമായ മാദ്ധ്യമത്തിന്റെ പരമാവധി സ്ഥാനാന്തരണം തരംഗത്തിന്റെ ആയതി എന്ന അളവിനെ നിർവ്വചിക്കുന്നു. (ഉദാഹരണത്തിന് x-അക്ഷം). ഇവിടെ ഇതിനെ A എന്ന് കുറിക്കപ്പെടുന്നു.

ഉദാഹരണം 11.5

ചുവരിൽ ഒരഗ്രം ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു നൂലിനെ സങ്കലിക്കുക. ചിത്രത്തിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന രണ്ട് സാഹചര്യങ്ങളും കണക്കാക്കുക. (തരംഗങ്ങൾ ഒരു സെക്കൻഡിൽ കടക്കുന്ന ദൂരം സങ്കൽപ്പിക്കുക)



(a) തരംഗദൈർഘ്യം, (b) ആവൃത്തി
(c) പ്രവേഗം

നിർദ്ധാരണം

	ആദ്യ കേസ്	രണ്ടാം കേസ്
(a) തരംഗ ദൈർഘ്യം	$\lambda = 6$ m	$\lambda = 2$ m
(b) ആവൃത്തി	$f = 2$ Hz	$f = 6$ Hz
(c) പ്രവേഗം	$v = 6 \times 2 = 12\ \text{m s}^{-1}$	$v = 2 \times 6 = 12\ \text{m s}^{-1}$

നൂലിനുടനീളം തരംഗത്തിന്റെ വേഗത സ്ഥിരമാണെന്ന് ഇത് അർത്ഥമാക്കുന്നു. ആവൃത്തി അധികമാണെങ്കിൽ തരംഗദൈർഘ്യം കുറയുന്നു. ഇവയുടെ ഗുണനഫലം പ്രവേഗമായിരിക്കും ഇത് സമമായിരിക്കും.

11.3 വ്യത്യസ്ത മാദ്ധ്യമത്തിലെ തരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗം

നീണ്ട റയിൽപ്പാതയിൽ ചുറ്റികകൊണ്ട് അടിക്കുമ്പോൾ, കുറച്ചു ദൂരം അകലത്തിലായി റയിൽപ്പാതയ്ക്ക് അരികിൽ ഒരാൾ ചെവി കൂർപ്പിക്കുകയാണെങ്കിൽ വ്യത്യസ്ത മാത്രയിൽ രണ്ട് ശബ്ദങ്ങൾ കേൾക്കാം. റയിൽപ്പാത (ഖരമാദ്ധ്യമത്തിൽ) കേൾ

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 231 22-07-2022 13:44:53

ക്കുന്ന ശബ്ദം വായുവിലൂടെ (വാതക മാദ്ധ്യമത്തിൽ) കേൾക്കുന്ന ശബ്ദത്തേക്കാൾ വേഗത്തിലായിരിക്കും. ഇതിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്ത മാദ്ധ്യമങ്ങളിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും.

ഈ വിഭാഗത്തിൽ, രണ്ട് വ്യത്യസ്ത കേസുകളിൽ തരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗം നിർണ്ണയിക്കാൻ കഴിയും:

1. വലിച്ചുകെട്ടിയ നൂലിലെ അനുപ്രസ്ഥതരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗം.
2. ഇലാസ്തിക മാദ്ധ്യമത്തിലെ അനുദൈർഘ്യ തരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗം.

11.3.1 വലിച്ചുകെട്ടിയ നൂലിലെ അനുപ്രസ്ഥതരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗം

നൂലിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന അനുപ്രസ്ഥതരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗം നമുക്ക് കണക്കാക്കാം. കയറിന്റെ ഒരഗ്രത്ത് ഞെരുക്കം കൊടുക്കുമ്പോൾ, തരംഗസ്പന്ദനങ്ങൾ റെസ്റ്റ് ഫ്രെയിമിലുള്ള നിരീക്ഷകനനുസൃതമായി v പ്രവേഗത്തിൽ വലത്തേ അറ്റത്തിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു.

നൂലിലെ ഒരു ഭാഗത്തെ (ചിത്രം 11.15-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു) സങ്കൽപ്പിക്കുക. നൂലിലെ ഒരു നിശ്ചിത കാലത്തിലുള്ള രണ്ട് ബിന്ദുക്കൾ A, B *dl, dm* എന്നത് യഥാക്രമം നൂലിൽ എടുത്ത ഭാഗത്തിന്റെ നീളവും ദ്രവ്യമാനവും ആകുന്നു. രേഖീയ ദ്രവ്യമാനസാന്ദ്രതയുടെ μ നിർവ്വചനപ്രകാരം

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

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

നൂലിന്റെ എടുത്ത ഭാഗം AB യിലെ വക്രത R വ്യാസാർദ്ധവും O കേന്ദ്രവുമുള്ള വൃത്തത്തിന്റെ ചാപം പോലെ കാണുന്നു. ചാപം ആരംഭ ബിന്ദു O യുമായി ഏർപ്പെടുത്തുന്ന കോൺ θ ആകുന്നു. ഇത് ചിത്രം 11.15(b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ചാപ നീളത്തിലും, വ്യാസാർദ്ധത്തിലും കോൺ θ എഴുതിയാൽ $\theta = \frac{dl}{R}$ നൂലിലെ പിരിമുറുക്കം അഭികേന്ദ്ര ത്വരണം നൽകുന്നു

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

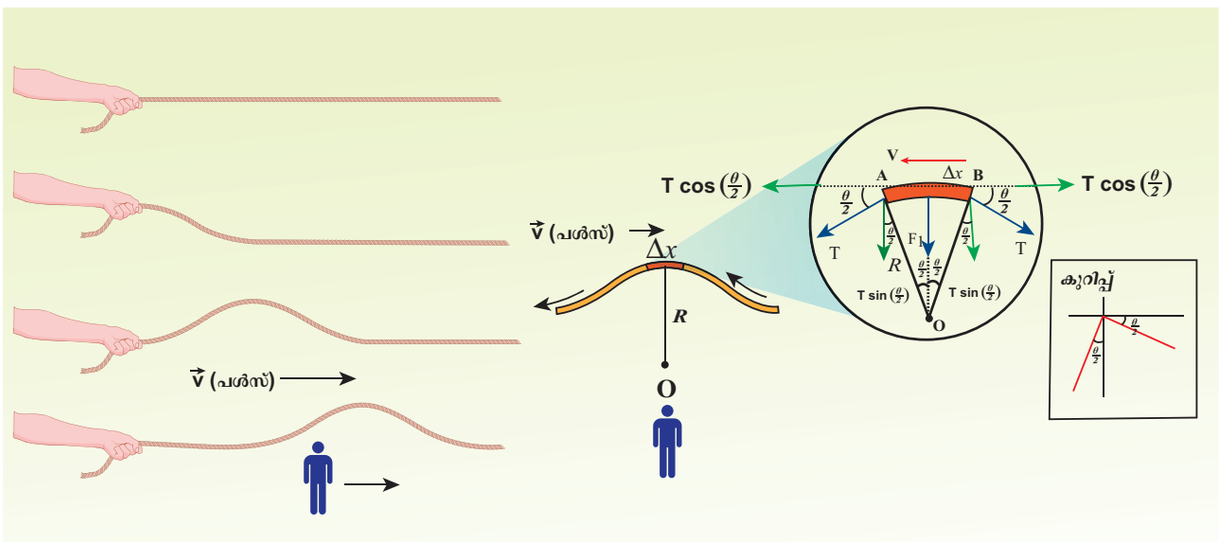
എന്നാൽ അഭികേന്ദ്രബലം

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

11.6 സമവാക്യത്തിൽ നിന്നും,

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

നൂലിലെ A, B ഭാഗത്തിന്റെ സ്പർശരേഖയിലൂടെ ടെൻഷൻ T പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ചാപനീളം വളരെ ചെറുതായതിനാൽ ടെൻഷൻ ബലത്തിന്റെ



ചിത്രം 11.15 വലിച്ചു നീട്ടിയ സ്ട്രിംഗിലെ സൂം ചെയ്ത എലമെന്റൽ സെക്മെന്റും, v പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന നിരീക്ഷണ ഫ്രെയിമിലുള്ള ഒരു പൾസും.

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 232 22-07-2022 13:44:55

മാറ്റത്തെ അവഗണിക്കാം Tയെ തിരശ്ചീന ഘടകം $T\cos\left(\frac{\theta}{2}\right)$ എന്നും ലംബഘടകം $T\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$. A മറ്റും B യിലെ തിരശ്ചീന ഘടകങ്ങൾ അളവിൽ സമവും എന്നാൽ വിപരീത ദിശയിലുമാണ് അതിനാൽ അവ നിർവീര്യമാക്കുന്നു. ആയതിനാൽ ചാപനീളം AB വളരെ ചെറുതായി എടുത്തിരിക്കുന്നു. A, B യിലെ ലംബ ഘടകങ്ങൾ ചാപത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിന് ലംബമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനാൽ ഇവയെ കൂട്ടാം. മൊത്ത കേന്ദ്രബലം F_r

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

തരംഗം ആയതി നൂലിന്റെ നീളവുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ വളരെ ചെറുതാണ്. ചെറിയ കോണിന്റെ സൈൻ മൂല്യം ഏകദേശം $\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \approx \frac{\theta}{2}$. സമീകരണത്തെ,

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

എന്നാൽ $\theta = \frac{dl}{R}$, സമീകരണം (11.11) ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ

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

നൂലിന്റെ വ്യാസാർദ്ധദിശയിലായി ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം നിയമം പ്രയോഗിച്ചാൽ, സംതുലനാവസ്ഥയിൽ ബലത്തിന്റെ കേന്ദ്രീയ ഘടകം അഭികേന്ദ്രബലത്തിന് തുല്യമാകുന്നു. സമീകരണം (11.9) സമീകരണം (11.12) ന് തുല്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ

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

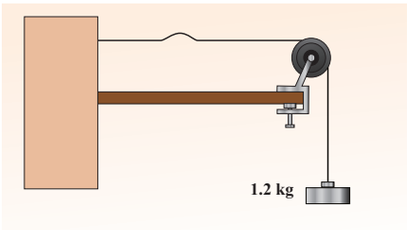
$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \text{ ൽ അളക്കപ്പെടുന്നു.} \qquad (11.13)$$

നിരീക്ഷണങ്ങൾ:

- നൂലിന്റെ പ്രവേഗം
  a. വലിവുബലത്തിന്റെ വർഗ്ഗമൂലത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കുന്നു
  b. തരംഗങ്ങളുടെ ആകൃതിയെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല
  c. രേഖീയ ദ്രവ്യമാന സാന്ദ്രതയുടെ വർഗ്ഗമൂലത്തിന് വിപരീതാനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

ഉദാഹരണം 11.6

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ രേഖീയ ദ്രവ്യമാന സാന്ദ്രത 0.25 kg m^{-1} ഉള്ള സഞ്ചരിക്കുന്ന സ്പന്ദനങ്ങളുടെ പ്രവേഗം കണക്കാക്കുക. നൂലിൽ 30 cm ദൂരം കടക്കാൻ സ്പന്ദനം എടുക്കുന്ന സമയത്തേയും കണക്കാക്കുക.



നിർദ്ധാരണം

നൂലിലെ ടെൻഷൻ $T = mg = 1.2 \times 9.8 = 11.76$ N

ഒരു യൂണിറ്റ് നീളത്തിലെ ദ്രവ്യമാനം $\mu = 0.25$ kg m^{-1}

തരംഗ സ്പന്ദനങ്ങളുടെ പ്രവേഗം

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

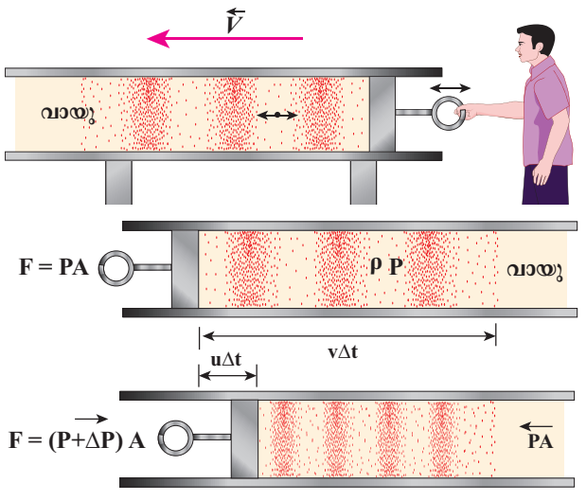
30 cm ദൂരം കടക്കാൻ സ്പന്ദനങ്ങൾ എടുക്കുന്ന സമയം

$t = \frac{d}{v} = \frac{30\times10^{-2}}{6.8} = 0.044\,s = 44\ ms$ ഇവിടെ, ms = മില്ലിസെക്കൻഡ്.

11.3.2 ഇലാസ്തികമാദ്ധ്യമത്തിലെ അനുദൈർഘ്യ തരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗം

A ഛേദതലവിസ്തീർണ്ണമുള്ള ഒരു നീണ്ട ട്യൂബ് (സിലിണ്ടർ) നിശ്ചിത ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഒരു ഇലാസ്തിക മാദ്ധ്യമം ഉൾക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതായി കരുതുക. ഇതിന്റെ മർദ്ദം *P* എന്ന് നിലനിർത്തുന്നു. പിസ്റ്റൺ ഉപയോഗിച്ചുള്ള ദ്രവ്യത്തിന്റെ വിസ്ഥാപനം കാരണം അല്ലെങ്കിൽ പ്രകമ്പനം ചെയ്യുന്ന ട്യൂണിങ് ഫോർക്ക് ട്യൂബിന്റെ ഒരഗ്രത്തിൽ വയ്ക്കുന്നതു കാരണം ട്യൂബിൽ അനുദൈർഘ്യ തരംഗങ്ങൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കുവാൻ കഴിയും. പ്രചരണം ചെയ്യുന്ന തരംഗങ്ങളുടെ ദിശ സിലിണ്ടറിന്റെ അക്ഷത്തിൽ കൂട്ടിമുട്ടുന്നതായി കരുതുക. ρ എന്നത് ദ്രവ്യം നിശ്ചലാവസ്ഥയിലായിരിക്കുമ്പോൾ

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 233 22-07-2022 13:44:58



ചിത്രം 11.16 പിസ്റ്റൺ ഉയോഗിച്ച് ദ്രവത്തെ സ്ഥാനാന്തരണം ചെയ്യുമ്പോൾ ദ്രവത്തിലുണ്ടാകുന്ന തിരശ്ചീന തരംഗങ്ങൾ

തുടക്കത്തിൽ ഉള്ള സാന്ദ്രതയാകുന്നു. $t = 0$ ൽ ട്യൂബിലെ ഇടതുവശത്തെ പിസ്റ്റൺ വലതുവശത്തേക്ക് u വേഗത്തിൽ ചലിക്കാൻ തുടങ്ങുന്നു.

u എന്നത് പിസ്റ്റണിന്റെ പ്രവേഗവും v എന്നത് ഇലാസ്തികത തരംഗത്തിന്റെ പ്രവേഗവും ആകുന്നു. Δt കാലഇടവേളയിൽ പിസ്റ്റൺ സഞ്ചരിക്കപ്പെട്ട ദൂരം $\Delta d = u\,\Delta t$. ഇലാസ്കിത വിക്ഷോഭങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കപ്പെട്ട ദൂരം $\Delta x = v\Delta t$. Δm വായു Δt സമയത്തിൽ v പ്രവേഗത്തിലെത്തുമ്പോൾ ഉള്ള ദ്രവ്യമാനമാകുന്നു. ആയതിനാൽ,

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

u പ്രവേഗത്തിൽ ഉള്ള പിസ്റ്റണിന്റെ ചലനത്താൽ ഏർപ്പെടുന്ന ആവേഗം

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

ആവേഗമാറ്റം പ്രേരണം ആകുന്നു.

മൊത്ത പ്രേരണം

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

അല്ലെങ്കിൽ $\quad (\Delta P\, A)\Delta t = [\rho\, A\, (v\, \Delta t)]u$

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

ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ വായുവിൽ കടക്കുമ്പോൾ വായുവിലെ ചെറിയ വ്യാപ്ത ഘടകം (ΔV) ഉച്ച മർദ്ദത്തിനും നീചമർദ്ദത്തിനും വിധേയമാകുന്നു. അതുകൊണ്ട് മർദ്ദമാറ്റം

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

ഇവിടെ V എന്നത് യഥാർത്ഥ വ്യാപ്തവും K എന്നത് ബൾക്ക് മോഡുലസ്സും ആകുന്നു.

എന്നാൽ $V = A\,\Delta x = A\,v\,\Delta t$,

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

അതുകൊണ്ട്,

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

സമീകരണം (11.14) നെ സമീകരണം (11.15) യുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ

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

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

സാധാരണയായി ഇലാസ്തികത മാദ്ധ്യമത്തിലെ പ്രവേഗം $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ ആകുന്നു. ഇവിടെ E എന്നത് ഇലാസ്തികത മാദ്ധ്യമത്തിന്റെ മോഡുലസ് ആകുന്നു.

കേസുകൾ : ഖരത്തിൽ :

(i) ഏകമാനമായ ദണ്ഡ് (1D)

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

ഇവിടെ Y എന്നത് ദണ്ഡ് നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന ദണ്ഡിന്റെ യങ് ഗുണാങ്കമാകുന്നു. ρ എന്നത് ദണ്ഡിന്റെ സാന്ദ്രതയാകുന്നു. 1D ദണ്ഡിന് യങ് ഗുണാങ്കം മാത്രമേയുള്ളൂ.

(ii) ത്രിമാനമായ ദണ്ഡ് (3D) ഖരത്തിൽ അനുദൈർഘ്യതരംഗങ്ങളുടെ വേഗത

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

ഇവിടെ η എന്നത് റിജിഡിറ്റി മോഡുലസ് K എന്നത് ρ എന്നത് ദണ്ഡിന്റെ സാന്ദ്രതയുമാകുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 234 22-07-2022 13:45:00

കേസുകൾ: ദ്രവ്യത്തിൽ :

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

ഇവിടെ K (അല്ലെങ്കിൽ) B എന്നത് ബൾക്ക് മോഡുലസ്സും ρ എന്നത് ദണ്ഡിന്റെ സാന്ദ്രതയുമാകുന്നു.

ഉദാഹരണം 11.7

സ്റ്റീൽ ദണ്ഡിന്റെ യങ്സ് ഗുണാങ്കം $Y = 2 \times 10^{11}$ N m^{-2} , ρ = 7800 kg m^{-3} യുമാണെങ്കിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

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

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

അതുകൊണ്ട് അനുദൈർഘ്യതരംഗങ്ങൾ ദ്രവ്യത്തിലും വാതകത്തിലേതിനേക്കാളും വേഗതയിൽ ഖരത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇപ്പോൾ നിങ്ങൾക്ക് മനസ്സിലാകും എന്തിനാണ് ആട്ടിടയൻ തന്റെ കന്നുകാലികളെയും കൊണ്ട് റയിൽപ്പാത മുറിച്ചു കടക്കുന്നതിന് മുമ്പ് അയാളുടെ ചെവി റെയിൽപ്പാതയിൽ വയ്ക്കുന്നതെന്ന്.

ഉദാഹരണം 11.8

100 *k*Pa മർദ്ദത്തിലെ വർദ്ധനവുകാരണം ജലത്തിന്റെ യഥാർത്ഥ വ്യാപ്തത്തിൽ നിന്നും ഒരു നിശ്ചിത വ്യാപ്തം 0.005% കുറയുന്നു.

(a) ജലത്തിന്റെ ബൾക്ക് മോഡുലസ് കണക്കാക്കുക?

(b) ജലത്തിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത കണക്കാക്കുക?

നിർദ്ധാരണം

(a) ബൾക്ക് മോഡുലസ്സും

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

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

MPa മെഗാ പാസ്ക്കൽ ആകുന്നു.

(b) ജലത്തിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത

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

കുറിപ്പ്

അനുപ്രസ്ഥതരംഗങ്ങളുടെയും, അനുദൈർഘ്യ തരംഗങ്ങളുടെയും പ്രവേഗങ്ങൾ ഇലാസ്തികഗുണങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. (നൂലിന്റെ പിരിമുറുക്കം T അല്ലെങ്കിൽ K ബൾക്ക് മോഡുലസ്സ്) നിഷ്ക്രിയ സ്വഭാവങ്ങൾ (അതായത് ഒരു യൂണിറ്റ് നീളത്തിലെ ദ്രവ്യമാനം) അതായത്,

$$v = \sqrt{\frac{\text{പുനഃസ്ഥാപനഗുണം}}{\text{നിഷ്ക്രിയ ഗുണം}}}$$

പട്ടിക 11.2: വ്യത്യസ്ത മാദ്ധ്യമങ്ങളിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത

എണ്ണം	മാദ്ധ്യമം	വേഗത m s^{-1}
	ഖരം	
1.	റബ്ബർ	1600
2.	സ്വർണ്ണം	3240
3.	പിച്ചള	4700
4.	ചെമ്പ്	5010
5.	ഇരുമ്പ്	5950
6.	അലുമിനിയം	6420
	ദ്രാവകങ്ങൾ 25° ൽ	
1.	മണ്ണെണ്ണ	1324
2.	രസം	1450
3.	ജലം	1493
4.	സമുദ്രജലം	1533
	വാതകം (at 0°C)	
1.	ഓക്സിജൻ	317
2.	കാറ്റ് (വായു)	331
3.	ഹീലിയം	972
4.	ഹൈഡ്രജൻ	1286
	വാതകം (at 20°C)	
1.	കാറ്റ് (വായു)	343

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 235 22-07-2022 13:45:02

11.4 ശബ്ദതരംഗങ്ങളുടെ പ്രചരണം

ശബ്ദ തരംഗങ്ങൾ അനുദൈർഘ്യ തരംഗങ്ങളാണെന്ന് നമുക്കറിയാം. അവ പ്രസരിക്കുമ്പോൾ ഉച്ചമർദ്ദവും നീചമർദ്ദവും ഉണ്ടാകുന്നു. വരുന്ന വിഭാഗങ്ങളിൽ വായുവിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത ന്യൂട്ടന്റെ മാതൃക ഉപയോഗിച്ച് കണക്കാക്കുകയും ലാപ്ലാസിന്റെ തിരുത്തൽ ചർച്ച ചെയ്യപ്പെടുകയും വായുവിൽ ശബ്ദത്തെ ബാധിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളെ കുറിച്ചും വിവരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

11.4.1 വായുവിൽ ശബ്ദതരംഗങ്ങളുടെ വേഗതയ്ക്കുള്ള ന്യൂട്ടന്റെ സൂത്രം

വായുവിൽ ശബ്ദം വ്യാപിക്കുമ്പോൾ ഏർപ്പെടുന്ന ഉച്ചമർദ്ദങ്ങളും നീചമർദ്ദങ്ങളും വളരെ സാവധാനത്തിലാകുന്നു. അതിനാൽ ഈ പ്രതിഭാസം ഏകതാപീയ സ്വഭാവമുള്ളതാകുന്നു. ഉച്ച മർദ്ദത്തിൽ താപം ഉല്പാദിപ്പിക്കുകയും (മർദ്ധം വർദ്ധിക്കുന്നു, വ്യാപ്തം കുറയുന്നു). നീചമർദ്ദത്തിൽ താപം കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. (മർദ്ദം കുറയുന്നു വ്യാപ്തം വർദ്ധിക്കുന്നു) ഇത് സാവധാനം ഏർപ്പെടുന്നതിനാൽ മാദ്ധ്യമത്തിലെ താപം സ്ഥിരമായിരിക്കും. ആയതിനാൽ വായു തന്മാത്രകളെ ഒരു ആദർശവാതകമായി കരുതിയാൽ മർദ്ദ, വ്യാപ്ത വ്യത്യാസങ്ങൾ ബോയിൽ നിയമം അനുസരിക്കുന്നു. ഗണിതപരമായി

$$PV = \text{സ്ഥിരാങ്കം} \qquad (11.20)$$

സമീകരണം (11.20) യെ ഡിഫറൻഷ്യേറ്റ് ചെയ്താൽ

$$PdV + VdP = 0$$

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

ഇവിടെ, K_I വായുവിന്റെ ഏകതാപീയ ബൾക്ക് ഗുണാങ്കം ആകുന്നു. സമീകരണം (11.21) നെ (11.16), ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ, വായുവിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത

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

P എന്നത് വായുവിന്റെ മർദ്ദം, NTP (സാധാരണ താപനിലയും മർദ്ദവും) യുടെ മൂല്യം 76 cm മർദ്ദമാകുന്നു, ആയതിനാൽ $P = h\rho g$

$$P = (0.76 \times 13.6 \times 10^3 \times 9.8)\ \text{N m}^{-2}$$

$\rho = 1.293\ kg\ m^{-3}$. ഇവിടെ ρ എന്നതത് വായുവിന്റെ സാന്ദ്രത ആകുന്നു.

വായുവിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത (NTP) ൽ

$$v_T = \sqrt{\frac{(0.76 \times 13.6 \times 10^3 \times 9.8)}{1.293}}$$

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

എന്നാൽ പരീക്ഷണം മൂലം 0°C ൽ വായുവിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം $332\ \text{m s}^{-1}$ എന്ന് കണക്കാക്കപ്പെട്ടു. ഈ മൂല്യം കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ട മൂല്യത്തെക്കാൾ 16% അധികമാകുന്നു. ശതമാനപ്പിശക് $\frac{(332-280)}{332} \times 100\% = 15.6\%$). ഇത് കുറഞ്ഞ പിശക് അല്ല.

11.4.2 ലാപ്ലാസ് തിരുത്തൽ

1816-ൽ ലാപ്ലാസ് മേലേ ചൂണ്ടിക്കാണിച്ച കുറവുകളെ ശബ്ദം ഒരു മാദ്ധ്യമത്തിൽ നിന്നും വ്യാപിക്കുമ്പോൾ കണികകൾ വളരെ വേഗത്തിൽ ദോലനം ചെയ്യുന്നതിനാൽ ഉച്ചാമർദ്ദങ്ങളും നീച മർദ്ദങ്ങളും വളരെ വേഗത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്നു എന്നതിനെ പരിഗണിച്ച് ശരി ചെയ്തു. ഉച്ചമർദ്ധത്തിനാൽ മാദ്ധ്യമത്തിന് അധിക താപവും നീച മർദ്ദത്തിനാൽ കുറഞ്ഞ താപവും ഉണ്ടാകുന്നത് ചുറ്റുപാടുമായി യോജിച്ചില്ല. എന്തെന്നാൽ വായു (മാദ്ധ്യമം) താപത്തെ കടത്തുന്നില്ല. അതിനാൽ താപം സ്ഥിരമായിരിക്കും എന്ന് കരുതാൻ ആകുന്നില്ല. ഇതൊരു അഡിയിബാറ്റിക് പ്രക്രിയ ആകുന്നു. അഡിയബാറ്റിക് പ്രക്രിയയായി പരിഗണിക്കുന്നതിനാൽ വായു ബോയിൽ നിയമത്തെ അനുസരിക്കുന്നു (ന്യൂട്ടൻ കരുതിയതുപോലെ അല്ല). ആയതിനാൽ

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

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 236 22-07-2022 13:45:03

ഇവിടെ, $\gamma = \frac{C_P}{C_v}$, സ്ഥിര മർദ്ദത്തിലുള്ള വിശിഷ്ട താപധാരിത.

സ്ഥിര വ്യാപ്തത്തിലുള്ള വിശിഷ്ട താപധാരിത സമീകരണം 11.23 യെ ഡിഫറൻഷ്യേറ്റ് ചെയ്താൽ

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

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

ഇവിടെ, K_A എന്നത് വായുവിൽ അഡിയബേറ്റിക് പ്രക്രിയയിലെ വ്യാപ്തഗുണാങ്കം സമീകരണം (11.24) നെ (11.16) ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ വായുവിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം

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

വായുവിൽ പ്രധാനമായും നൈട്രജൻ, ഓക്സിജൻ, ഹൈഡ്രജൻ തുടങ്ങിയവ (ഡയറ്റോമിക് വായു) കാണുന്നു. γ = 1.4. എന്നെടുത്താൽ വായുവിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത $v_A = (\sqrt{1.4})$ (280 m s^{-1})= 331.30 m s^{-1}, ഇത് പരീക്ഷണ വിവരങ്ങളുമായി യോജിക്കുന്നു.

11.4.3 വായുവിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗതയെ ബാധിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ

ആദർശവാതക സമവാക്യത്തെ കരുതുക

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

ഇവിടെ P എന്നത് മർദ്ദം V വ്യാപ്തം T താപനിലയാകുന്നു. μ മോളുകളുടെ എണ്ണം R സാർവ്വത്രിക വായുസ്ഥിരാങ്കം. തന്മാത്രകളുടെ തന്നിട്ടുള്ള ദ്രവ്യമാനത്തിൽ നിന്നും സമീകരണം (11.26) നെ

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

നിശ്ചിത ദ്രവ്യമാനം m ൽ വായുവിന്റെ സാന്ദ്രത വ്യാപ്തത്തിന് വിപരീതമായി മാറുന്നു,

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

സമീകരണം (11.28) നെ (11.27), ൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ

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

ഇവിടെ c എന്നത് സ്ഥിരാങ്കം.

സമീകരണം (11.25) ൽ നിന്നും വായുവിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത

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

മുകളിലുള്ള ബന്ധത്തിൽ നിന്നും താഴെപ്പറയുന്ന നിരീക്ഷണങ്ങളിലെത്തുന്നു

(a) മർദ്ദത്തിന്റെ സ്വാധീനം :

സ്ഥിരതാപത്തിൽ മർദ്ദം വ്യത്യാസപ്പെടുമ്പോൾ അതിനനുസൃതമായി സാന്ദ്രതയും വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. അതായത് $\left(\frac{P}{\rho}\right)$ അനുപാതം സ്ഥിരമായിരിക്കും. അതായത് ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത സ്ഥിര താപനിലയിൽ മർദ്ദത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. ഒരു മലയുടെ മുകളിലും താഴെയും താപനില സ്ഥിരമായിരുന്നാൽ ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം മാറുന്നില്ല. എന്നാൽ പ്രായോഗികമായി മുകളിലും താഴെയും താപനില സ്ഥിരമായിരിക്കില്ല. അതിനാൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത ഓരോ ബിന്ദുവിലും വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു.

(b) താപനിലയുടെ സ്വാധീനം :

$v \propto \sqrt{T}$, ആയതിനാൽ

ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത താപനിലയുടെ വർഗ്ഗമൂലത്തിന് നേർഅനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

v_0 എന്നത് 0° C അഥവാ 273 K ൽ താപനിലയിലെ ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗവും v എന്നത് അനിശ്ചിത താപനിലയിലുള്ള ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗവും ആകുന്നു. എന്നാൽ

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

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

(ബൈനോമിയൽ സിദ്ധാന്തം ഉപയോഗിച്ച്)

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 237 22-07-2022 13:45:07

$v_0 = 331 m\,s^{-1}$, 0°C, ൽ മറ്റേത് താപനിലയിലും ഊഷ്മാവ് t സെന്റിഗ്രേഡിൽ ഉള്ള v

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

അതായത് വായുവിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത ഒരു ഡിഗ്രി താപനില വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ $0.61\ m\,s^{-1}$ വർദ്ധിക്കുന്നു. താപനില വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ തന്മാത്രകൾ താപോർജ്ജം സ്വീകരിക്കുന്നതിനാൽ വളരെ വേഗത്തിൽ പ്രകമ്പനം ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത വർദ്ധിക്കുന്നു.

(c) സാന്ദ്രതയുടെ സ്വാധീനം :

വ്യത്യസ്ത സാന്ദ്രതയും, സമ താപനില മർദ്ദവുമുള്ള രണ്ട് വാതകങ്ങളെ സങ്കൽപ്പിക്കുക. ഈ രണ്ട് വാതകങ്ങളിലൂടെയുള്ള ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം യഥാക്രമം

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

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

(11.31) നെ (11.32) യെ വിഭജിക്കുമ്പോൾ

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

സമമൂല്യങ്ങളുള്ള വാതകങ്ങൾക്ക് γ,

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

ആയതിനാൽ വാതകത്തിലൂടെയുള്ള ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം സാന്ദ്രതയുടെ വർഗ്ഗമൂലത്തിന് വിപരീതാനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

(d) ഈർപ്പത്തിന്റെ സ്വാധീനം :

ഈർപ്പം ഉള്ള കാറ്റിന്റെ സാന്ദ്രത ചൂടുകാറ്റിന്റെ സാന്ദ്രതയുടെ 0.625 മടങ്ങാകുന്നു. അതായത് ഈർപ്പം, കാറ്റിന്റെ സാന്ദ്രതയെ കുറയ്ക്കുന്നു. ആയതിനാൽ ഈർപ്പം ഉള്ള കാറ്റിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം വർദ്ധിക്കുന്നു (11.30)

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

ρ_1, v_1 , ρ_2, v_2 തുടങ്ങിയ ഈർപ്പമുള്ള കാറ്റിലെയും, ചൂടുകാറ്റിന്റെയും സാന്ദ്രതയും, പ്രവേഗവുമാകുന്നു. എന്നാൽ

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

P എന്നത് മൊത്ത അന്തരീക്ഷ മർദ്ദമാകുന്നു. ഡാൾട്ടൺന്റെ പാർഷ്യൽ മർദ്ദനിയമമനുസരിച്ച്

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

p_1 , p_2 എന്നത് ചൂടുകാറ്റിന്റെയും നീരാവിയുടെയും ഭാഗിക മർദ്ദമാകുന്നു. എന്നാൽ

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

(e) കാറ്റിന്റെ സ്വാധീനം :

കാറ്റ് വീശുന്നതുകാരണവും ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം മാറുന്നു. കാറ്റിന്റെ ദിശയിൽ ശബ്ദം സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ പ്രവേഗം വർദ്ധിക്കുന്നു. കാറ്റിന്റെ എതിർദിശയിൽ പ്രവേഗം കുറയുന്നു.

ഉദാഹരണം 11.9

ഓക്സിജന്റെയും, നൈട്രജന്റെയും സാന്ദ്രതകളുടെ അനുപാതം 16:14. ഏത് താപനിലയിലാണ് ഓക്സിജൻ വഴി ചെല്ലുന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം 17°C ൽ നൈട്രജൻ വഴി ചെല്ലുന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗത്തിന് സമമാകുന്നത്.

നിർദ്ധാരണം

സമീകരണം (11.25)ൽ നിന്ന്

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

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 238 22-07-2022 13:45:10

എന്നാൽ $\rho = \frac{M}{V}$

അതിനാൽ,

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

(11.26) എന്ന സമവാക്യം ഉപയോഗിച്ച്,

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

ഇവിടെ, R എന്നത് സാർവ്വത്രിക മാത്ര സ്ഥിരാങ്കം, M എന്നത് വാതകത്തിന്റെ തന്മാത്രാ ദ്രവ്യമാനം, 17°C ൽ നൈട്രജൻ വാതകത്തിൽ കൂടിയുള്ള ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത എന്നത്,

$$v_N = \sqrt{\frac{\gamma R(273K + 17K)}{M_N}} = \sqrt{\frac{\gamma R(290K)}{M_N}} \quad (1)$$

ഇതുപോലെ, t ഊഷ്മാവിൽ ഓക്സിജൻ വാതകത്തിലൂടെയുള്ള ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത

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

രണ്ടു വാതകത്തിനും γ ന്റെ മൂല്യം ഒരുപോലെ ആണ്. അതിനാൽ രണ്ടു വേഗതകളും സമമാണ്. സമവാക്യം (1) (2) നെ സമവത്കരിക്കുമ്പോൾ നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നു,

$$v_O = v_N$$

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

രണ്ടു വശവും വർഗ്ഗീകരിച്ച് γR എന്ന പദങ്ങളെ മാറ്റി സ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ, നമുക്ക് ലഭിക്കും

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

ഓക്സിജൻ - നൈട്രജൻ എന്നിവയുടെ സാന്ദ്രത 16:14 ആകുന്നു,

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

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

സമവാക്യം (5) നെ (3) ൽ പകരുമ്പോൾ, നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നു

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

$$\Rightarrow t = 58.4\,°C$$

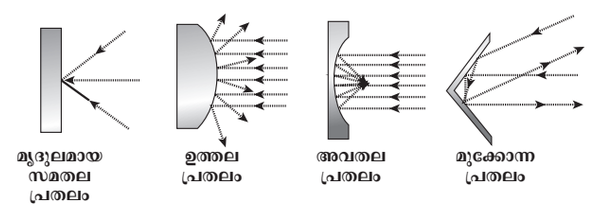
11.5 ശബ്ദതരംഗങ്ങളുടെ പ്രതിഫലനം

ശബ്ദതരംഗം ഒരു മാദ്ധ്യമത്തിൽ നിന്നും മറ്റൊരു മാദ്ധ്യമത്തിലേക്ക് കടക്കുമ്പോൾ താഴെ പറയുന്ന കാര്യങ്ങൾ നടക്കുന്നു

(a) **ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രതിഫലനം :** മാദ്ധ്യമം ഉയർന്ന സാന്ദ്രതയുള്ളതാണെങ്കിൽ (ഉയർന്ന ദ്യുഡത) ശബ്ദം പൂർണ്ണമായും അതേ മാദ്ധ്യമത്തിലോട്ടു പ്രതിഫലിച്ചു (പുറകിലേക്ക് ബൊൺസ്) പോകുന്നു.

(b) **ശബ്ദത്തിന്റെ അപവർത്തനം :** ശബ്ദം ഒരു മാദ്ധ്യമത്തിൽ നിന്നും മറ്റൊരു മാദ്ധ്യമത്തിലേക്ക് പ്രചരണം ചെയ്യുമ്പോൾ രണ്ടാമത്തെ മാദ്ധ്യമത്തിൽ ശബ്ദ ആഗിരണം നടക്കുന്നതിനാൽ ഊർജ്ജ നഷ്ടം അനുഭവപ്പെടുന്നു.

പ്രതലം പരുക്കമായി അനുഭവപ്പെടുന്നതിനാൽ ഇവിടെ മാദ്ധ്യമത്തിലെ ശബ്ദതരംഗങ്ങളുടെ പ്രതിഫലനം മാത്രം പരിഗണിക്കപ്പെടുന്നു. ശബ്ദ തരംഗങ്ങൾ പ്രതിഫലന നിയമങ്ങൾ അനുസരിക്കുന്നു. ഇത് പ്രസ്താവിക്കുന്നത്



ചിത്രം 11.17 വ്യത്യസ്ത പ്രതലത്തിലെ ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രതിഫലനം

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 239 22-07-2022 13:45:13

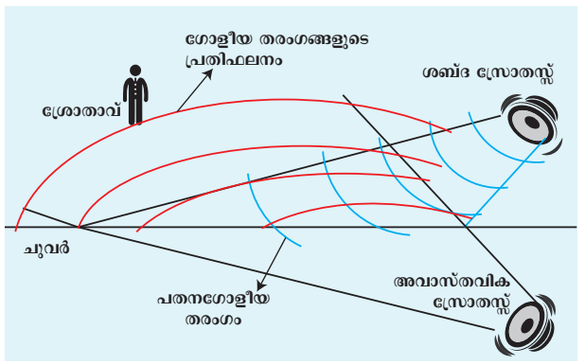
(i) ശബ്ദത്തിന്റെ പതനകോൺ പ്രതിഫലന കോണിനു സമം.

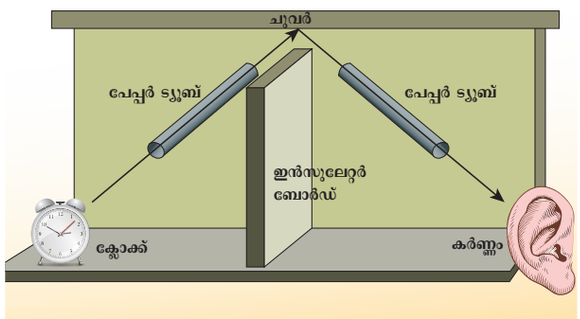
(ii) ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ ഒരു പ്രതലത്തിൽ നിന്നും പ്രതിഫലിക്കുമ്പോൾ, പതന തരംഗം, പ്രതിഫലന തരംഗം, പതന ബിന്ദുവിലെ ലംബം എന്നിവ ഒരേ തലത്തിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു.

പ്രകാശം ഒരു ദർപ്പണത്തിൽ നിന്നും പ്രതിഫലിക്കുന്നതുപോലെ ശബ്ദം ദൃഢതയുള്ള സമതല പ്രതലത്തിൽ നിന്നും പ്രതിഫലിക്കുന്നു. ഇതിനെ **സ്പെക്കുലാർ പ്രതിഫലനം** എന്നു വിളിക്കുന്നു.

ഉപരിതല ക്രമക്കേടുകൾ വളരെ ചെറുതാണെങ്കിലും അതുപോലെ സ്രോതസ്സിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം പ്രതിഫലിക്കുന്ന ഉപരിതലത്തിന്റെ അളവിനേക്കാളും കുറഞ്ഞിരുന്നാലും നമുക്ക് സ്പെക്കുലാർ പ്രതിഫലനം ദർശിക്കാൻ സാധിക്കും.

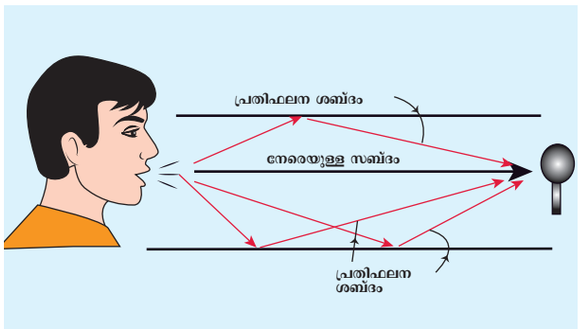
11.5.1 സമതല പ്രതലത്തിലൂടെയുള്ള ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രതിഫലനം





ചിത്രം 11.18 സമതല പ്രതലത്തിലൂടെയുള്ള ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രതിഫലനം

ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ ഒരു സമതല ചുവരിൽ പതിക്കുമ്പോൾ പ്രകാശ കിരണങ്ങൾ ചെയ്യുന്നതു പോലെ ബൗൺസ് ഓഫ് ചെയ്യുന്നു. മതിലിനെ ആസ്പദമാക്കി ഒരു കോണിൽ ഒരു ഉച്ചഭാഷിണിയെ വയ്ക്കുകയാണെന്നു കരുതുക. തുടർന്ന് ഉറവിടത്തിൽ നിന്നും വരുന്ന തരംഗങ്ങളെ (ഒരു പോയിന്റ് ഉറവിടമായി കണക്കാക്കപ്പെടുന്നു) ഗോളീയ തരംഗ മുഖങ്ങൾ പോലെ കണക്കാക്കാം. (ഇവിടെ കംപ്രക്ഷൻസ് ഗോളീയ തരംഗ മുഖം പോലെ സഞ്ചരിക്കുന്നു). അതിനാൽ സമതല പ്രതലത്തിൽ നിന്നും പ്രതിഫലിക്കുന്ന തരംഗ മുഖം ഗോളീയമായിരിക്കും. (കൂടാതെ അതിന്റെ വക്രതയുടെ കേന്ദ്രം സമതല പ്രതലത്തിനു മറുവശത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു) ഇതിനെ ശബ്ദ സ്രോതസ്സിന്റെ പ്രതിബിംബമായി കണക്കാക്കപ്പെടുന്നു. (അവാസ്തവിക അഥവാ സാങ്കല്പിക ഉച്ചഭാഷിണി).ചിത്രം 11.18, 11.19 ഇവയിൽ പ്രദർശിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.



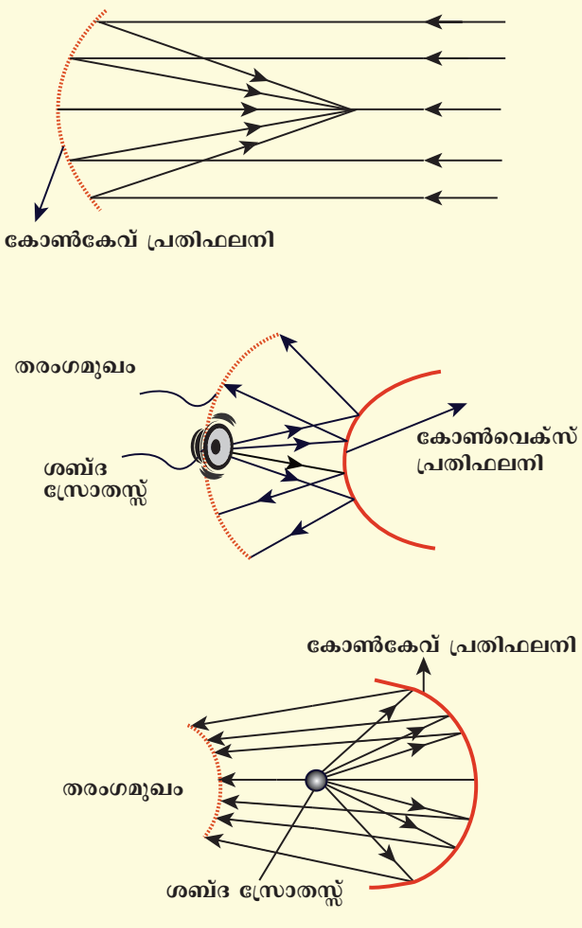
ചിത്രം 11.19 യഥാർത്ഥ സാഹചര്യത്തിൽ ശബ്ദ പ്രതിഫലനത്തിനുള്ള പൊതുവായ ഉദാഹരണങ്ങൾ

11.5.2 വളഞ്ഞ പ്രതലത്തിലൂടെയുള്ള ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രതിഫലനം

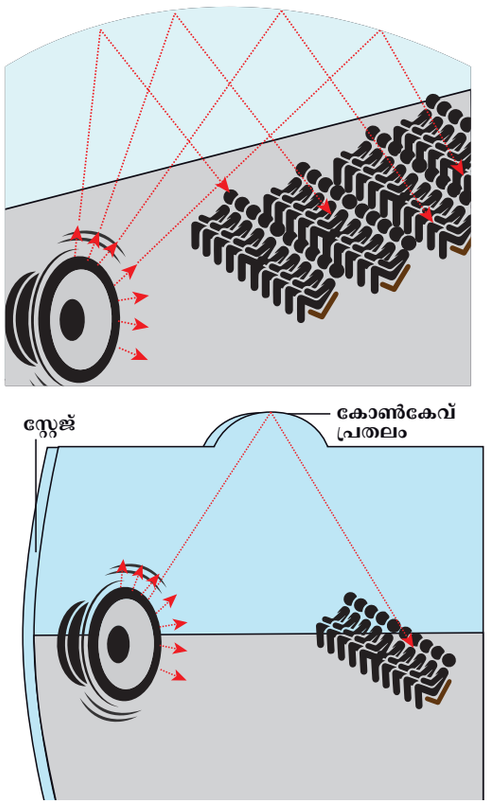
വ്യത്യസ്ത പ്രതലങ്ങളായ കോൺകേവ്, കോൺവെക്സ്, സമതലം തുടങ്ങിയ പ്രതലങ്ങളിൽ ശബ്ദം പ്രതിഫലിക്കുമ്പോൾ അവയുടെ പ്രകൃതം വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ഒരു കോൺവെക്സ് ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും പ്രതിഫലിക്കുന്ന ശബ്ദം വ്യാപിക്കുകയും അതിനാൽ അത് എളുപ്പത്തിൽ ആകർഷിക്കുകയും ദുർബലമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. അതേസമയം കോൺകേവ് പ്രതലത്തിൽ നിന്നും പ്രതിഫലിച്ചാൽ അത് ഒരു ഘട്ടത്തിൽ കൂടിച്ചേരുകയും എളുപ്പത്തിൽ ആവർധനം നടത്താൻ സാധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉയർന്ന ദിശാസൂചന മൈക്രോഫോണുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന പരാബോളിക് മൈക്കുകൾ രൂപകൽപ്പന ചെയ്യുന്നതിന് പരാബോളിക് റിഫ്ളക്ടർ (വളഞ്ഞ പ്രതിഫലകം) ഒരു പോയിന്റിലേക്ക് കൃത്യമായി ഫോക്കസ് ചെയ്യാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 240 22-07-2022 13:45:14

ഏത് ഉപരിതലത്തിനും (മിനുസമാർന്ന അല്ലെങ്കിൽ പരുക്കൻ) ശബ്ദത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യാൻ കഴിയുമെന്ന് നമുക്കറിയാം. ഉദാഹരണത്തിന് ഒരു വലിയ ഹാളിലോ, ഓഡിറ്റോറിയത്തിലോ, തീയേറ്ററിലോ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന ശബ്ദം, ചുവരുകൾ, സീലിംഗുകൾ, ഫ്ളോറുകൾ, സീറ്റുകൾ തുടങ്ങിയവ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ഇപ്രകാരമുള്ള ഊർജ്ജനഷ്ടം ഒഴിവാക്കാൻ ഒരു വളഞ്ഞ ശബ്ദബോർഡ് (കോൺകേവ് ബോർഡ്) ഉച്ചഭാഷിണിയുടെ മുൻഭാഗത്ത് സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്നു. അങ്ങനെ ബോർഡ് പ്രേക്ഷകർക്കുള്ള സ്പീക്കറിന്റെ ശബ്ദതരംഗങ്ങളെ പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്നു. ഈ രീതി ആ ഹാളിൽ സാധ്യമായ എല്ലാ ദിശകളിലേക്കും ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ വ്യാപിക്കുന്നത് കുറയ്ക്കുകയും ഹാളിലുടനീളം ശബ്ദത്തിന്റെ ഏകീകൃത വിതരണം വർദ്ധിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യും. അതുകൊണ്ടാണ് ആ ഹാളിലെ ഏത് സ്ഥാനത്ത് ഇരിക്കുന്ന ഒരാൾക്കും ശല്യമില്ലാതെ ശബ്ദം കേൾക്കാൻ കഴിയുന്നത്.



ചിത്രം 11.20 വളഞ്ഞ പ്രതലത്തിലൂടെയുള്ള ശബ്ദ പ്രതിഫലനം



ചിത്രം 11.21 വലിയ ഓഡിറ്റോറിയത്തിലെ ശബ്ദം

11.5.3 ശബ്ദതരംഗങ്ങളുടെ പ്രതിഫലനത്തിന്റെ പ്രയോജനങ്ങൾ

(a) സ്റ്റെതസ്കോപ്പ് : ഇത് മൾട്ടിപ്പിൾ പ്രതിഫലനത്തിന്റെ തത്വത്തെ ആസ്പദമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

ചിത്രം 11.22 സ്റ്റെതസ്കോപ്പും, റബ്ബർട്യൂബിലെ സിഗ്നലിന്റെ മൾട്ടിപ്പിൾ റിഫ്ളക്ഷനും

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 241 22-07-2022 13:45:14

ഇതിൽ മൂന്നു പ്രധാന ഭാഗങ്ങൾ ഉണ്ട്:

(i) നെഞ്ചിൽ വയ്ക്കുന്ന ഭാഗം
(ii) കാതിൽ വയ്ക്കുന്ന ഭാഗം
(iii) റബ്ബർ ട്യൂബ്

(i) നെഞ്ചിൽ വയ്ക്കുന്ന ഭാഗം : ശബ്ദ സംവേദന ശേഷി ധാരാളമുള്ള ഒരു ചെറിയ ഡിസ്ക് ആകൃതിയിലുള്ള / ഡയഫ്രം റസണേറ്റർ ഇതിൽ കാണുന്നു. കണ്ടെത്തിയ ശബ്ദത്തെ ആവർധനം ചെയ്യുക എന്നതാണ് ഇതിന്റെ ധർമ്മം.

(ii) കാതിൽ വയ്ക്കുന്ന ഭാഗം : ചെസ്റ്റ് പീസ് കണ്ടെത്തിയ ശബ്ദങ്ങളെ കേൾക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന മെറ്റൽ ട്യൂബുകൾ ഉപയോഗിച്ചാണ് ഇത് നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നത്.

(iii) റബ്ബർ ട്യൂബ് : ഈ ട്യൂബ് ചെസ്റ്റ് പീസ്, ഇയർ പീസ് എന്നിവയെ ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു. ഡയഫ്രം കണ്ടെത്തിയ ശബ്ദ സിഗ്നലുകളെ ചെവിയിൽ വയ്ക്കുന്ന ഭാഗത്തേയ്ക്ക് കൈമാറാൻ ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഹൃദയസ്പന്ദന ശബ്ദങ്ങൾ (ശ്വാസകോശം) തുടങ്ങിയ ആന്തരിക അവയവങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്ന ശബ്ദങ്ങളെ ഇത് കണ്ടെത്തുന്നു. മൾട്ടിപ്പിൾ പ്രതിഫലനം വഴി ട്യൂബിലൂടെ ഇത് ചെവിയിലെത്തുന്നു.

കുറിപ്പ്

ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ കണക്കനുസരിച്ച് രണ്ട് ശബ്ദങ്ങൾ വളരെ വ്യക്തമായി നമുക്ക് കേൾക്കണമെങ്കിൽ ഇവയ്ക്ക് ഓരോന്നിനും തമ്മിലുള്ള സമയ അതലം അഥവാ സമയ ഇടവവേള രണ്ടാമത്തേതിന്റെ $\left(\frac{1}{10}\right)$ ആയിരിക്കും. അതായത്, 0.1 s. എന്നാൽ,

$$\text{പ്രവേഗം} = \frac{\text{സഞ്ചരിച്ച ദൂരം}}{\text{എടുത്ത സമയം}} = \frac{2d}{t}$$

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

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

ശബ്ദത്തെ പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്ന മതിലിൽ നിന്നും 20°C ൽ പ്രതിധ്വനി കേൾക്കാനുള്ള ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ദൂരം 17.2 മീറ്ററാണ്.

(b) പ്രതിധ്വനി : ഒരു മതിൽ, പർവ്വതം അല്ലെങ്കിൽ മറ്റ് തടസ്സപ്പെടുത്തുന്ന പ്രതലങ്ങളിൽ നിന്നുള്ള ശബ്ദ തരംഗങ്ങളുടെ പ്രതിഫലനം വഴി ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ ആവർത്തനമാണ് പ്രതിധ്വനി. 20°C ൽ വായുവിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം 344 m s^{-1} ആകുന്നു. 344 m ദൂരത്തുള്ള ഒരു ചുമരിനെനോക്കി നാം അലറുകയാണെങ്കിൽ ശബ്ദം ചുമരിലെത്താൻ 1 s സമയം എടുക്കുന്നു. പ്രതിപതനത്തിനുശേഷം 1 s സമയം അധികമെടുത്ത് നമ്മിൽ തിരിച്ചെത്തുന്നു. അതിനാൽ പ്രതിധ്വനി കേൾക്കാൻ 2 s സമയമെടുക്കുന്നു.

(c) സോണാർ: സൗണ്ട് നാവിഗേഷൻ ആന്റ് റേന്റിങ് ജലത്തിലുള്ള ഒരു വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനമോ ചലനമോ കണ്ടെത്താന് സോണാർ ഘടനയുടെ പ്രതിഫലനം ഉപയോഗിക്കുന്നു. സമാനമായി ഡോൾഫിനുകളും വവ്വാലുകളും സോണാർ തത്വം ഉപയോഗിച്ച് ഇരുട്ടിൽ അവയുടെ പാത കണ്ടെത്തുന്നു.

(d) മുഴക്കം (മാറ്റൊലി) : ശബ്ദം ഒരു അടഞ്ഞ മുറിയുടെ ചുമരുകളിൽ തട്ടി ആവർത്തിച്ച് പ്രതിഫലനം നടക്കുന്നു. ശബ്ദസ്രോതസ്സ് ശബ്ദം പുറപ്പെടുവിക്കുന്നത് നിറുത്തിയതിനു ശേഷം വളരെ നേരം ശബ്ദം കേൾക്കുന്നു. വലയത്തിൽ ശേഷിക്കുന്ന ശബ്ദം ഒന്നിലധികം തവണ പ്രതിഫലനം നടക്കുന്ന പ്രതിഭാസത്തെ മാറ്റൊലി (മുഴക്കം) എന്നു പറയുന്നു. ശബ്ദം നിലനിൽക്കുന്ന ദൈർഘ്യത്തെ മാറ്റൊലിനേരം എന്നു പറയുന്നു. മാറ്റൊലി നേരം ഹാളിനുള്ളിൽ കേൾക്കുന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ ഗുണമേന്മയെ ബാധിക്കുന്നു എന്നത് കുറിക്കേണ്ടതാണ് അതിനാൽ ഹാൾ നിർമ്മിക്കുമ്പോൾ അനുകൂലമായ മാറ്റൊലി നേരം പരിഗണിക്കേണ്ടതാണ്.

ഉദാഹരണം 11.10

ഒരു മനുഷ്യൻ ഒരു മലഞ്ചെരിവിൽ നിന്നും ദൂരത്തുനിന്ന് കൈ കൊട്ടുന്നു. 4 സെക്കന്റുകൾക്കുശേഷം പ്രതിധ്വനി കേൾക്കുന്നുവെങ്കിൽ ആ മനുഷ്യനും മലഞ്ചെരിവിനും ഇടയ്ക്കുള്ള ദൂരം കണ്ടുപിടിക്കുന്നു. ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗം 343 m s^{-1} എന്ന് കരുതുക.

നിർദ്ധാരണം

പ്രതിധ്വനിയ്ക്ക് തിരിച്ചു വരാൻ ശബ്ദം എടുത്ത സമയം $2t = 4 \Rightarrow t = 2$ s

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

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 242 22-07-2022 13:45:15

കുറിപ്പ് : ശബ്ദ തരംഗങ്ങളുടെ വകഭേദങ്ങൾ: ആവൃത്തിയുടെ പരിധിക്കനുസൃതമായി ശബ്ദ തരംഗങ്ങളെ മൂന്നായി തരംതിരിക്കാം:

(1) ***ഇൻഫ്രാസോണിക് തരംഗങ്ങൾ:*** ആവൃത്തി 20 Hz നു താഴെ ആവൃത്തിയുള്ള ശബ്ദ തരംഗങ്ങളെ ഇൻഫ്രാസോണിക് തരംഗങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു. ഭൂചലനം നടക്കുമ്പോൾ ഈ തരംഗങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. മനുഷ്യർക്ക് ഈ തരംഗങ്ങൾ കേൾക്കാൻ സാധ്യമല്ല. പാമ്പിന് ഈ തരംഗങ്ങൾ കേൾക്കാൻ സാധിക്കുന്നു.

(2) ***കേൾക്കാവുന്ന തരംഗങ്ങൾ :*** 20 Hz നും 20,000 Hz നും (20kHz) ഇടയ്ക്ക് ആവൃത്തിയോകൂടിയ ശബ്ദതരംഗങ്ങളെ കേൾക്കാവുന്ന തരംഗങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു. മനുഷ്യർക്ക് ഇവ കേൾക്കാൻ സാധിക്കുന്നു.

(3) ***അൾട്രാസോണിക് തരംഗങ്ങൾ:*** 20 kHz നേക്കാൾ കൂടുതൽ ആവൃത്തിയുള്ള ശബ്ദതരംഗങ്ങളെ അൾട്രാസോണിക് തരംഗങ്ങൾ എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. വവ്വാലുകൾക്ക് ഈ തരംഗങ്ങൾ കേൾക്കാൻ സാധിക്കുന്നു.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

(1.) സൂപ്പർ സോണിക് വേഗത: ഒരു വസ്തു ചലിക്കുന്ന വേഗത ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗതയേക്കാൾ കൂടുതലാണെങ്കിൽ സൂപ്പർ സോണിക് വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു എന്നു പറയാം.

(2.) മാച്ച് നമ്പർ: സ്രോതസ്സിന്റെ വേഗതയ്ക്കും ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗതയ്ക്കും ഉള്ള അനുപാതമാണ് മാച്ച് നമ്പർ.

$$\text{മാച്ച് നമ്പർ} = \frac{\text{സ്രോതസ്സിന്റെ വേഗത}}{\text{ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത}}$$

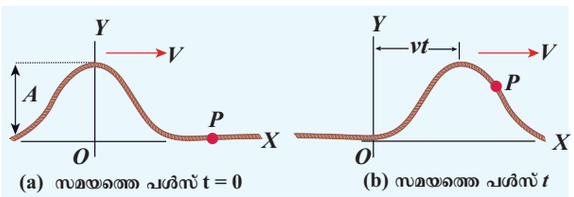
11.6 പ്രോഗ്രസീവ് തരംഗങ്ങൾ അഥവാ പ്രയാണ തരംഗങ്ങൾ

ഒരു മാധ്യമത്തിലൂടെയുള്ള തരംഗത്തിന്റെ സഞ്ചാരം തുടർച്ചയായി നടക്കുന്നുവെങ്കിൽ അതിനെ പ്രയാണ തരംഗം എന്നു പറയാം.

11.6.1 പ്രയാണ തരംഗങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ

1. മാധ്യമത്തിലുള്ള കണികകൾ ഒരേ ആയതിയിൽ സന്തുലിതാവസ്ഥയ്ക്ക് അനുസൃതമായി കമ്പനം ചെയ്യുന്നു.
2. ഓരോ കണികയുടേയും ഫേസ് 0 മുതൽ 2π പരിധിയിലായിരിക്കും.
3. ഒരു കണികയും ശാശ്വതമായി വിശ്രമത്തിലല്ല. തരംഗ സഞ്ചാരത്തിൽ കണികകൾ രണ്ട് അത്യുച്ച ബിന്ദുവിൽ വിശ്രമിത്തിലാകുന്നു.
4. അനുപ്രസ്ഥ തരംഗങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ ശൃംഗങ്ങളും ഗർത്തങ്ങളും ആണെങ്കിൽ അനുദൈർഘ്യ തരംഗങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ ഉച്ചനീച മർദ്ദങ്ങളാണ്.
5. കണികകൾ സന്തുലിതാവസ്ഥയെ കടന്നു ചെല്ലുമ്പോൾ ഒരേ ഉച്ചനില പ്രവേഗങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കുന്നു.
6. ഓരോ $n\lambda$ കൊണ്ട് വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്ന കണികകൾക്കും സ്ഥാനാന്തരം, പ്രവേഗം, മറ്റും ത്വരണം സമമായിരിക്കും. n എന്നത് ഒരു പൂർണ്ണ സംഖ്യയും λ എന്നത് തരംഗദൈർഘ്യവും ആകുന്നു.

11.6.2 ഒരു പ്ലെയിൻ പ്രോഗ്രസ്സീവ് തരംഗത്തിന്റെ സമവാക്യം



(a) സമയത്തെ പൾസ് t = 0 (b) സമയത്തെ പൾസ് t

ചിത്രം 11.23 $t = 0$ മറ്റും t എന്ന സമയങ്ങളിലും v പ്രവേഗത്തിൽ ചലിക്കുന്ന തരംഗപൾസ്

വലിച്ചു നീട്ടപ്പെട്ട ഒരു കമ്പിയിൽ $t = 0$ സമയത്തിൽ ഒരു സമ്മർദ്ദം നൽകുന്നു. ഇപ്രകാരം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന തരംഗപൾസ് പോസിറ്റീവ് x അക്ഷത്തിൽ സ്ഥിര വേഗ v ത്തോടുകൂടി സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 11.23 (a) യിൽ കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്.

തരംഗ പൾസിന്റെ ആകൃതി ഗണിതപരമായി $t = 0$ s സമയത്തിൽ $y = y(x, 0) = f(x)$ എന്ന് പ്രതിപാദിക്കാം. പ്രചരണത്തിൽ തരംഗപൾസിന്റെ

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 243 22-07-2022 13:45:15

ആകൃതി ഒരേ പോലെയാണ് എന്ന് അനുമാനിക്കാം. കുറച്ചു സമയം t ക്കുശേഷം വലതുവശത്തു ചലിക്കുന്ന പൾസിനെ x' എന്നു കുറിപ്പിടാം. (x പ്രൈം എന്നു വായിക്കുക) ചിത്രം 11.23 (b) യിൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളുതോപോലെ,

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

ഇതുപോലെ തരംഗപൾസ് സ്ഥിര വേഗം v യിൽ ഇടതുവശത്തു ചലിക്കുന്നതായി കരുതിയാൽ $y = f(x + vt)$ മറ്റും $y = f(x + vt)$ എന്ന $y = f(x - vt)$ തരംഗങ്ങളും താഴെ തന്നിട്ടുള്ള ഏകമാന ഡിഫറൻഷ്യൽ സമവാക്യത്തിനു പൊരുത്തമായിരിക്കും. ഇതിനെ തരംഗസമവാക്യം എന്നു പറയുന്നു

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

∂ എന്നത് ഭാഗിക ഡെറിവേറ്റീവിനെ കുറിക്കുന്നു. സമവാക്യത്തിന്റെ എല്ലാ നിർദ്ധാരണങ്ങളും തരംഗത്തിന് പൊരുത്തമാകുന്നില്ല. കാരണം ഏതൊരു സ്വീകാര്യമായ തരംഗത്തിനും എല്ലാ ($\frac{\partial y}{\partial x}$ നെപാർഷ്യൽ y ബൈ പാർഷ്യൽ x എന്നു വായിക്കണം). x മറ്റും y ക്ക് പരിമിതമായ മൂല്യങ്ങൾ ഉണ്ടായിരിക്കണം. എന്നാൽ ഫലനം ഒരു തരംഗത്തെ കുറിക്കുകയാണെങ്കിൽ അത് ഡിഫറൻഷ്യൽ സമവാക്യത്തെ തൃപ്തിപ്പെടുത്തുന്ന രീതിയിലായിരിക്കണം. ഏകമാനത്തിൽ (ഒരു സ്വതന്ത്രപരിവർത്തി) x ന് അനുസരിച്ച് ആകെ ഡെറിവേറ്റീവും, ഭാഗിക ഡെറിവേറ്റീവും സമമാണ്. അതിനാൽt.

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{1}{v^2}\frac{d^2 y}{dt^2} \quad (11.37) \text{ എന്ന് എഴുതാം}$$

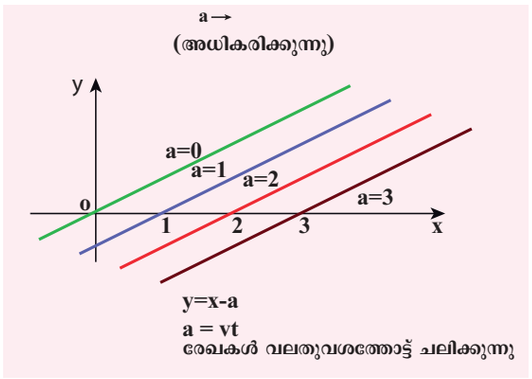
ഒന്നിലധികം ഡൈമൻഷനുകൾക്ക് ഇതിനെ വിപുലീകരിക്കാം. (ദ്വിമാന, ത്രിമാന മുതലായവ) ഇവിടെ ലാളിത്യമായി നാം ഏകമാനതരംഗ സമവാക്യം മാത്രം കേന്ദ്രീകരിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 11.11

വേവ്വേറെ a മൂല്യങ്ങൾക്ക് $y = x - a$ എന്ന രേഖാചിത്രം വരയ്ക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

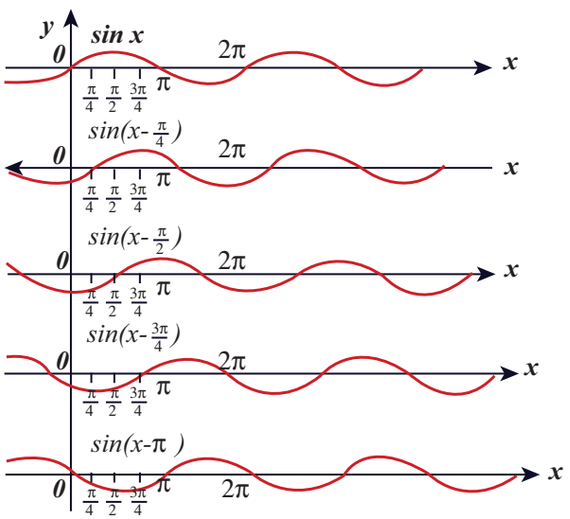
ഇത് a യുടെ മൂല്യം വർദ്ധിപ്പിക്കുമ്പോൾ രേഖ വലതുവശത്തേക്ക് വ്യതിചലിക്കുന്നു എന്ന് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. $a = vt$ ആകുമ്പോൾ $y = x - vt$ എന്നത് ഡിഫറൻഷ്യൽ സമവാക്യത്തെ തൃപ്തിപ്പെടുത്തുന്നു. ഈ ഫലനം ഡിഫറൻഷ്യൽ സമവാക്യത്തെ തൃപ്തിപ്പെടുത്തുന്നുവെങ്കിലും എല്ലാ x മറ്റും t മൂല്യങ്ങൾക്കും ഇത് പരിമിതമല്ല. അതിനാൽ ഇത് ഒരു തരംഗത്തെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നില്ല.



ഉദാഹരണം 11.12

$y = \sin(x - a)$ എന്ന തരംഗം $a = 0$, മറ്റും $a = \frac{\pi}{4}, a = \frac{\pi}{2}, a = \frac{3\pi}{2}$ മറ്റും $a = \pi$ എന്നീ മൂല്യങ്ങൾക്ക് എങ്ങനെയായിരിക്കും? തരംഗത്തെ വരച്ചു കാട്ടുക.

നിർദ്ധാരണം



മേലേ കൊടുത്തിട്ടുള്ള ചിത്രത്തിൽ നിന്നും $y = \sin(x-a)$ എന്ന തരംഗത്തിന് $a = 0, a = \frac{\pi}{4}, a = \frac{\pi}{2}, a = \frac{3\pi}{2}$ മറ്റും $a = \pi$ എന്നീ മൂല്യങ്ങൾക്ക് ഫലനം $y = \sin(x-a)$ വലതുവശത്തോട്ട് മാറുന്നു എന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. മാത്രമല്ല $a = vt$ മറ്റും $v = \frac{\pi}{4}$ എന്ന്

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 244 22-07-2022 13:45:17

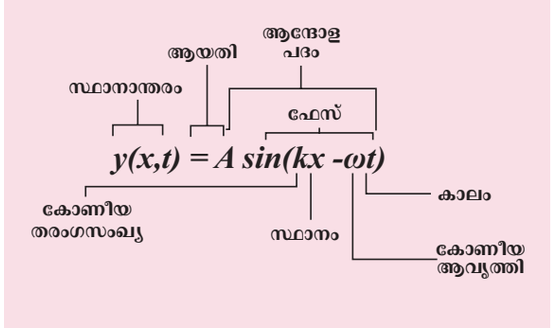
എടുക്കുകയാണെങ്കിൽ വേവ്വേറെ സമയം t = 0s, t = 1s, t = 2s മുതലായവയ്ക്ക്, ഒരിക്കൽകൂടി $y = \sin(x-vt)$ വലതുവശത്തേക്ക് ചലിക്കുകയാണെന്ന് നിരീക്ഷിക്കാം. അതിനാൽ $y = \sin(x-vt)$ എന്നത് വലതുവശത്തേക്ക് ചലിക്കുന്ന പ്രൊഗ്രസ്സീവ് തരംഗമാണ്. $y = \sin(x+vt)$ ആണെങ്കിൽ പ്രയാണതരംഗം അഥവാ പ്രൊഗ്രസ്സീവ് തരംഗം ഇടതുവശത്തേക്ക് ചലിക്കുന്നു. അങ്ങനെ ഏകപക്ഷീയമായ ഏതൊരു ഫലനത്തിനും $y = f(x-vt)$ സ്വഭാവ സവിശേഷതയുള്ള തരംഗം വലത്തോട്ട് ചലിക്കുന്നു. സമാനമായി $y = f(x+vt)$ സ്വഭാവ സവിശേഷതയുള്ള തരംഗം ഇടത്തോട്ട് ചലിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം 11.13

$y = \sin(x-vt)$ എന്ന തരംഗത്തിന്റെ ഡൈമൻഷൻ പരിശോധിക്കുക. ഡൈമൻഷൻ ശരിയല്ലെങ്കിൽ മുകളിൽ തന്നിട്ടുള്ള സമവാക്യം ശരിയായ രീതിയിൽ എഴുതുക.

നിർദ്ധാരണം

ഡൈമൻഷൻ പരമായി ഇത് ശരിയല്ല. $y = \sin(x-vt)$ എന്നത് ഡൈമൻഷൻ ഇല്ലാത്ത ഒരു അളവാണ്. എന്നാൽ $x-vt$ ക്ക് ഡൈമൻഷൻ ഉണ്ട്. ശരിയായ സമവാക്യം $y = \sin(k\,x-\omega t)$ ഇവിടെ k മറ്റും ω യുടെ ഡൈമൻഷൻ യഥാക്രമം നീളം മറ്റും സമയത്തിന്റെ വ്യുൽക്രമമാണ്. സൈൻ ഫലനവും കൊസൈൻ ഫലനവും 2π ക്രമാവർത്തന കാലത്തോടുകൂടിയ ക്രമാവർത്തന ഫലനങ്ങളാണ്. അതിനാൽ ശരിയായ പ്രയോഗം $y = \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{2\pi}{T}t\right)$ ഇവിടെ λ മറ്റും T എന്നത് യഥാക്രമം തരംഗ ദൈർഘ്യവും ആവർത്തന കാലവുമാണ്. പൊതുവായി, $y\,(x,t) = A\sin(k\,x-\omega t)$.



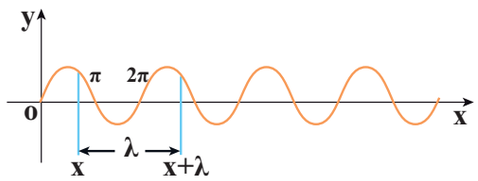
11.6.3 തരംഗത്തിന്റെ രേഖീയ പ്രാതിനിധ്യം

രേഖീയ ചിത്രപരമായി തരംഗ വ്യതിയാനം രണ്ടു തരത്തിൽ പ്രതിനിധീകരിക്കാം

(a) സ്ഥല (അഥവാ ഇടം സംബന്ധിച്ച) വ്യതിയാന രേഖാചിത്രം

(b) സമയ (അഥവാ താൽക്കാലിക) വ്യതിയാന രേഖാചിത്രം

(a) സ്ഥല വ്യതിയാന രേഖാചിത്രം



ചിത്രം 11.24 സൈനുസോഡിയൽ ഫലനത്തിന്റെ രേഖാചിത്രം $y = A\sin(kx)$

ഒരു നിശ്ചിത സമയത്തിൽ x ന് അപേക്ഷിച്ച് സ്ഥാനാന്തരത്തിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റത്തിന്റെ രേഖാചിത്രം വരയ്ക്കുന്നു. ചിത്രം 11.24-ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ $y = A\sin(kx)$ എന്ന സൈനുസോഡിയൽ രേഖാചിത്രം അനുമാനിക്കുക. ഇവിടെ k എന്നത് ഒരു സ്ഥിരാങ്കമാണ്. തരംഗദൈർഘ്യം λ എന്നത് ഒരേ സ്ഥാന ചലനത്തിലുള്ള രണ്ടു ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരമായതിനാൽ സ്ഥാനാന്തരം y എന്നത് $y = x$ മറ്റും $y = x + \lambda$ എന്ന രണ്ട് അഗ്രത്തും സമമായിരിക്കും. അതായത് ,

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

സൈൻ ഫംഗ്ഷൻ ക്രമാവർത്തനകാലം 2π ഉള്ള ഒരു ക്രമാവർത്തന ഫംഗ്ഷനാണ്. അതിനാൽ,

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

സമവാക്യം (11.38) മറ്റും (11.39), താരതമ്യം ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ നമുക്ക് കിട്ടുന്നത്

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

ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്

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

k എന്നത് ആവർത്തന സംഖ്യയാണ്. 2π റേഡിയനിൽ എത്ര തരംഗദൈർഘ്യങ്ങൾ ഉണ്ട് എന്നതിനെ അളക്കുന്നതാണ് ആവർത്തന സംഖ്യ.

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 245 22-07-2022 13:45:17

തരംഗത്തിന്റെ സ്ഥല ആവർത്തന തവണകൾ

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

തുടർന്ന്,

$t = 0$ s ൽ $\quad y(x, 0) = y(x + \lambda, 0)$ മറ്റും

ഏതെങ്കിലും ഒരു സമയം t, $\quad y(x, t) = y(x + \lambda, t)$

ഉദാഹരണം 11.14

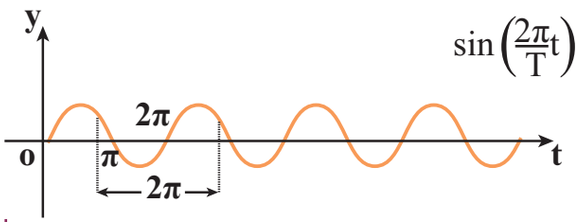
രണ്ടു സൈൻ തരംഗങ്ങളുടെ തരംഗ ദൈർഘ്യങ്ങൾ $\lambda_1 = 1$m മറ്റും $\lambda_2 = 6$m. യഥാക്രമം അവയുടെ തരംഗ സംഖ്യകൾ കണക്കിടുക.

നിർദ്ധാരണം

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

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

(b) സമയവ്യതിയാന രേഖാചിത്രം



ചിത്രം 11.25 സൈനുസോഡിയൽ ഫലനത്തിന്റെ രേഖാചിത്രം $y = A \sin(\omega t)$

ഒരു നിശ്ചിത സ്ഥാനത്തിൽ സമയത്തെ അപേക്ഷിച്ച് സ്ഥാനാന്തരത്തിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റം രേഖാചിത്രത്തിൽ കുറിക്കുക. ചിത്രത്തിൽ 11.25-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ $y = A \sin(\omega t)$ എന്ന രേഖാചിത്രം അനുമാനിക്കുക. ഇവിടെ ω എന്നത് തരംഗത്തിന്റെ കോണീയ ആവൃത്തിയാണ് ഒരു നിശ്ചിത സമയത്തിൽ എത്ര പ്രവേഗത്തിലാണ് തരംഗങ്ങൾ ദോലനം ചെയ്യുന്നത് (അഥവാ) ഒരു സെക്കന്റിലുള്ള (യൂണിറ്റ് സമയത്തിലുള്ള) ക്രമാവർത്തന ചലനങ്ങളുടെ എണ്ണമാണ് എന്നതിനെ അളക്കുന്നു.

താൽക്കാലിക ക്രമാവർത്തന കാലം അഥവാ ക്രമാവർത്തന കാലം എന്നത്

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

കോണീയ ആവൃത്തിയും ആവൃത്തിയും തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന പദപ്രയോഗം $\omega = 2\pi f$, ഇവിടെ f എന്നതിനെ ഇങ്ങനെ നിർവ്വചിക്കാം. മാധ്യമത്തിലുള്ള കണിക ഒരു സെക്കന്റിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ദോലനങ്ങളുടെ എണ്ണമാണ് f ആവൃത്തിയുടെ വ്യുൽക്രമം ക്രമാവർത്തന കാലമായതിനാൽ നമുക്ക് കിട്ടുന്നത്,

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

ഇതാണ് മാധ്യമത്തിലെ കണിക ഒരു ദോലനം പൂർത്തിയാക്കാൻ എടുക്കുന്ന സമയം. അതിനാൽ തരംഗത്തിന്റെ വേഗതയെ ഒരു സെക്കന്റിൽ തരംഗം കടക്കുന്ന ദൂരം എന്ന് നിർവ്വചിക്കാം, (v)

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

ഈ സമ്പർക്കം സമവാക്യം (11.4) നു സമമാണ്.

11.6.4 കണികയുടെ പ്രവേഗവും തരംഗത്തിന്റെ പ്രവേഗവും

ഒരു പ്ലെയിൻ പ്രൊഗ്രസ്സീവ് തരംഗത്തിൽ മാധ്യമത്തിലെ കണികകൾ സന്തുലിതാവസ്ഥയ്ക്കനുസൃതമായി സരള ഹോർമോണിക് ദോലനം ചെയ്യുന്നു. കണിക ചലിക്കുമ്പോൾ, ഏതെങ്കിലും ഒരു സമയത്തെ പ്രവേഗം എന്നത് സ്ഥാനാന്തര നിരക്കാണെന്ന് നിർവ്വചിക്കാം. ഇതാണ് കണികയുടെ പ്രവേഗം.

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

എന്നാൽ $\quad y(x, t) = A \sin(k x - \omega t) \qquad (11.42)$

അതിനാൽ, $\quad \frac{dy}{dt} = -\omega A \cos(k x - \omega t) \qquad (11.43)$

സമാനമായി പ്രയാണ തരംഗത്തിന്റെ (അഥവാ പ്രോഗ്രസ്സീവ് തരം) പ്രവേഗവും നിർവ്വചിക്കാം. പ്രോഗ്രസ്സീവ് തരംഗത്തിന്റെ പ്രവേഗം കണ്ടുപിടിക്കാൻ നമുക്ക് വലതുവശത്തോട്ട് ചലിക്കുന്ന ഒരു പ്രോഗ്രസ്സീവ് തരംഗത്തെ കരുതാം. (ചിത്രം 11.23 കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്) ഗണിത പരമായി ഇത് ഒരു സൈനുസോഡിയൽ തരംഗമായി പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. P എന്നത് തരംഗത്തിന്റെ ഫേസിലെ ഏതെങ്കിലും ഒരു ബിന്ദുവാണ് മറ്റും y_P എന്നത്

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 246 22-07-2022 13:45:19

സ്ഥാനാന്തരം. ശരാശരി സ്ഥാനത്തേയ്ക്ക്. ഏത് തൽക്ഷണ 't' യിലും തരംഗത്തിന്റെ സ്ഥാന ചലനം

$$y = y(x,t) = \mathrm{A}\sin(k\,x - \omega\,t)$$

അടുത്ത തൽക്ഷണം $t' = t + \Delta t$, P എന്ന ബിന്ദുവിന്റെ സ്ഥാനം $x' = x + \Delta x$. അതിനാൽ ഈ തൽക്ഷണം തരംഗത്തിന്റെ സ്ഥാനചലനം

$$y = y(x', t') = y(x + \Delta x, t + \Delta t)$$
$$= \mathrm{A}\sin[k\,(\mathrm{x} + \Delta\mathrm{x}) - \omega\,(\mathrm{t} + \Delta\mathrm{t})] \quad (11.44)$$

തരംഗത്തിന്റെ ആകൃതി അതേപടി നിലനിൽക്കുന്നതിനാൽ, തരംഗത്തിന്റെ ഘട്ടം സ്ഥിരമായി നിലനിൽക്കുന്നു എന്നാണ് ഇതിന്റെ അർത്ഥം (അതായത് y-ബിന്ദുവിന്റെ സ്ഥാന ചലനം സ്ഥിരമാണ്) അതിനാൽ സമവാക്യം 11.42 ഉം സമവാക്യം 11.44 ഉം തുല്യമാകുന്നു

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

$$\mathrm{A}\sin[k\,(x + \Delta x) - \omega\,(t + \Delta t)] = \mathrm{A}\sin(k\,x - \omega\,t)$$

അല്ലെങ്കിൽ

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

സമവാക്യം 11.45 ലളിതമാക്കിയാൽ നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്

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

ഇവിടെ v_p യെ തരംഗവേഗത അല്ലെങ്കിൽ സ്ഥലവേഗത എന്നു വിളിക്കുന്നു.

നമുക്ക് ലഭിക്കുന്ന ആവൃത്തിയുടെയും തരംഗദൈർഘ്യത്തിന്റെയും അടിസ്ഥാനത്തിൽ കോണീയ ആവൃത്തിയും തരംഗനമ്പറും പ്രകടിപ്പിക്കുന്നതിലൂടെ

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

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

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

ഉദാഹരണം 11.15

ഒരു മൊബൈൽ ഫോൺ ടവർ 900MHz ആവൃത്തിയുടെ ഒരു തരംഗ സിഗ്നൽ കൈമാറുന്നു. മൊബൈൽ ഫോൺ ടവറിൽ നിന്ന് കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്ന തരംഗങ്ങളുടെ ദൈർഘ്യം കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

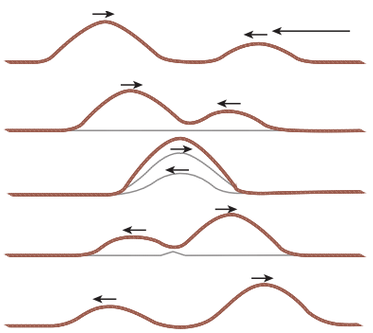
ആവൃത്തി, $f = 900\,MHz = 900\times10^6\,Hz$

തരംഗത്തിന്റെ വേഗത $c = 3 \times 10^8 \mathrm{m\ s^{-1}}$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3\times10^8}{900\times10^6} = 0.33m$$

11.7 സൂപ്പർ പൊസിഷൻ പ്രിൻസിപ്പിൾ

ഒരറ്റം ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു നേരിയ കമ്പിയ്ക്ക് ഒരു സമ്മർദ്ദം നൽകുമ്പോൾ ഒരു തരംഗം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുകയും പൾസ് കമ്പിയിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. രണ്ട് ആളുകൾ ഒരു നേരിയ കമ്പിയെ വലിച്ചു നീട്ടുമ്പോൾ ഒരേ സമയം ഒരു സമ്മർദ്ദം നൽകുന്നുവെന്ന് കരുതുക. എതിർ ദിശയിൽ നിന്നും എത്തുന്ന ഈ തരംഗങ്ങൾ പരസ്പരം കണ്ടുമുട്ടുമ്പോൾ അവയുടെ യഥാർത്ഥ സ്വഭാവം സ്വീകരിച്ച് പരസ്പരം അകന്നു പോകുന്നു. അപ്പോൾ ആ തരംഗങ്ങളുടെ സ്വഭാവം അവയുടെ ക്രോസിങ്/മീറ്റിങ് ബിന്ദുക്കളിൽ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ചിത്രം 11.26-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ, രണ്ട് തരംഗങ്ങളുടെയും സമാനമോ, വ്യത്യസ്തമോ ആയ ആകൃതിയെ ആശ്രയിച്ചാണ് ഈ സ്വഭാവം.



ചിത്രം 11.26 രണ്ടു തരംഗങ്ങളുടെ സൂപ്പർ പൊസിഷൻ

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 247 22-07-2022 13:45:21

ക്രോസിങ് ബിന്ദുവിൽ തരംഗത്തിന് സമാന ആകൃതിയാണുള്ളതെങ്കിൽ ആകെ സ്ഥാനാന്തരം, വ്യക്തിഗത സ്ഥാനാന്തരങ്ങളുടെ ബീജഗണിത തുകയായിരിക്കും. അതിനാൽ ആകെ ആയതി വ്യക്തിഗത ആയതികളെക്കാൾ കൂടുതലായിരി ക്കും. അതേസമയം, രണ്ട് തരംഗങ്ങളുടെ ആയതി സമാനവും, ആകൃതി 180° യിൽ വ്യത്യസ്തവും ആയാൽ, ആ ബിന്ദുവിൽ, ആകെ ആയതികൾ പരസ്പരം റദ്ദാക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ക്രോസി ങ്ങിനുശേഷം തരംഗങ്ങൾ അവയുടെ ആകൃതി പുനഃസ്ഥാപിക്കുന്നു. ഈ സ്വഭാവം തരംഗങ്ങൾ ക്കു മാത്രമേ കാണുന്നുള്ളൂ. തരംഗങ്ങളുടെ ഈ പ്രത്യേക സ്വഭാവത്തെ തരംഗങ്ങളുടെ അധ്യാരോ പണം (അതിവ്യാപനം) എന്നു വിളിക്കുന്നു. അതാ യത് അധ്യാരോപണ തത്വം ഉപയോഗിച്ച് രണ്ട് തരംഗങ്ങളുടെ അതിവ്യാപന സ്വഭാവം വിശദീക രിക്കാനാവും.

ഒരു മാധ്യമത്തിലെ രണ്ടോ അതിലധികമോ തരം ഗങ്ങൾ ഒരേ സമയം നീങ്ങുകയും അതിവ്യാപനം ചെയ്യുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ അവയുടെ ആകെ സ്ഥാനാന്തരം വ്യക്തിഗത സ്ഥാനാന്തരങ്ങളുടെ വെക്ടർ തുക ആയിരിക്കും. സ്പേസ് കോർഡി നേറ്റുകളിലും, സമയത്തിലും ഉള്ള ഒരു രേഖീയ രണ്ടാംവർഗ്ഗ ഹോമോജീനിയസ് ഭാഗിക ഡിഫ റൻഷ്യൽ സമവാക്യം ഉപയോഗിച്ച് (തരംഗസമ വാക്യം) ഈ തരംഗങ്ങളെ വിശദീകരിക്കാം. അവ യുടെ രേഖീയ സംയോജനം സമാന ഡിഫറൻ ഷ്യൽ സമവാക്യത്തെ തൃപ്തിപ്പെടുത്തും. (പല പ്പോഴും തരംഗങ്ങളുടെ ലീനിയർ സൂപ്പർ പൊസി ഷൻ (രേഖീയ അതിവ്യാപനം) എന്നുവിളിക്കുന്നു.

ഗണിതശാസ്ത്രപരമായി മനസ്സിലാക്കാൻ തരംഗ ങ്ങളുടെ സ്ഥാനചലനത്തിന്റെ സവിശേഷതക ളായ രണ്ട് ഫംഗ്ഷനുകൾ നമുക്ക് പരിഗണിക്കാം,

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

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

y_1 , y_2 എന്നിവ തരംഗ സമവാക്യത്തെ തൃപ്തിപ്പെ ടുത്തുന്നതിനാൽ അവയുടെ ബീജഗണിത തുക

$$y = y_1 + y_2$$

ഇത് തരംഗ സമവാക്യത്തിനെയും തൃപ്തിപ്പെടു ത്തുന്നു. ഇതിനർത്ഥം സ്ഥാനചലനങ്ങൾ സം യോജകമാണ്. y_1 , y_2 എന്നിവയെ ചില സ്ഥിരാങ്ക ങ്ങളാൽ ഗുണിച്ചാൽ അവയുടെ വ്യാപ്തി ആ സ്ഥിരാങ്കം ഉപയോഗിച്ച് അളക്കുന്നു. y_1 , y_2 എന്നീ സ്ഥാന ചലനങ്ങളെ C_1 , C_2 എന്നീ സ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ കൊണ്ടു ഗുണിച്ചാൽ അവയുടെ ആകെ സ്ഥാന ചലനം y is

$$y = C_1 y_1 + C_2 y_2$$

ഇത് എത്ര തരംഗങ്ങളിലേയ്ക്കും സാമാന്യവത് കരിക്കാനാവും. ഇത്തരത്തിലുള്ള n തരംഗ ങ്ങൾ പരിഗണിച്ചാൽ ഒന്നിലധികം സ്ഥാനചലന ങ്ങൾ വെക്ടർ നൊട്ടേഷനിൽ നമുക്ക് ഇങ്ങനെ എഴുതാം.

ആകെ സ്ഥാനചലനം $\vec{y}$ എന്നത്

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

സൂപ്പർ പൊസിഷൻ തത്വമനുസരിച്ച് താഴെപ്പറയു ന്നവയെ വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയും :

(a) അന്തരീക്ഷ വ്യതികരണം

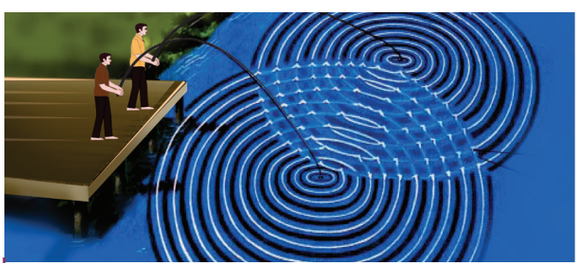
(b) സമയ വ്യതികരണം

(c) സ്ഥിര തരംഗങ്ങളുടെ ആശയം

സൂപ്പർ പൊസിഷൻ തത്വം അനുസരിക്കുന്ന തരം ഗങ്ങളെ ലീനിയർ തരംഗങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. (രേഖീയ തരംഗങ്ങൾ) (അവയുടെ തരംഗ ദൈർ ഘ്യത്തെക്കാൾ) വളരെ ചെറുതാണ് ആംപ്ലി റ്റ്യൂഡ്). പൊതുവെ തരംഗത്തിന്റെ വ്യാപ്തി ചെറുതല്ലെങ്കിൽ അവയെ നോൺ ലീനിയർ തരം ഗങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇവ ലീനിയർ സൂപ്പർ പൊസിഷൻ തത്വത്തെ ലംഘിക്കുന്നു, ഉദാഹര ണം - ലേസർ. ഈ അദ്ധ്യായത്തിൽ രേഖീയ തരം ഗങ്ങളിൽ മാത്രം ശ്രദ്ധ കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഇനിപ്പറയുന്നവയെ വിവിധ ഉപവിഭാഗങ്ങളിൽ ചർച്ച ചെയ്യാം :

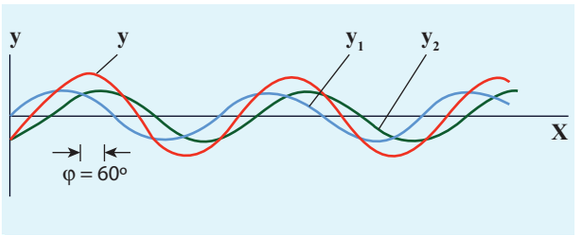
11.7.1 തരംഗങ്ങളുടെ വ്യതികരണം



ചിത്രം 11.27 തരംഗങ്ങളുടെ വ്യതികരണം

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 248 22-07-2022 13:45:22

വ്യതികരണം എന്നത് ഒരു പ്രതിഭാസമാണ്. ഇതിൽ തരംഗായതി കൂടിയതും കുറഞ്ഞതും തുല്യമായതുമായ തരംഗങ്ങൾ, രണ്ടു തരംഗങ്ങളുടെ അതിവ്യാപനത്തിലൂടെ ലഭിക്കുന്നു.



ചിത്രം 11.28 രണ്ട് സൈനുസോയിഡൽ തരംഗങ്ങളുടെ വ്യതികരണം

സമാനമായ ആവൃത്തിയും സ്ഥിര ഫേസ് വ്യത്യാസം φ യും ഉള്ള രണ്ട് ഹോർമോണിക് തരംഗങ്ങളെ പരിഗണിക്കുക. (ഏകീകൃത ഉറവിടമായി കണക്കാക്കാം.) ഇവയുടെ തരംഗായതി A_1 ഉം A_2 ഉം ആയാൽ

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

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

ഈ തരംഗങ്ങൾ ഒരേ ദിശയിൽ ഒരേസമയം ചലിച്ചാൽ വ്യതികരണം സംഭവിക്കുന്നു. (അതായത് തരംഗ സംയോജനം നടക്കുന്നു) ഗണിതപരമായി

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

സമവാക്യം (11.47) ഉം സമവാക്യം (11.48) ഉം സമവാക്യം (11.49)-ൽ ആരോപിച്ചാൽ

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

$\sin(\alpha+\beta) = (\sin\alpha\cos\beta + \cos\alpha\sin\beta)$, എന്ന സമവാക്യം ഉപയോഗിച്ചാൽ,

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

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

ഇതിനെ ഇങ്ങനെ എഴുതാം

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

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

സമവാക്യം (11.50) ഇങ്ങനെ മാറ്റി എഴുതാം

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

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

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

സമവാക്യം (11.51) ഉം (11.52)ഉം വർഗ്ഗീകരിക്കുകയും കൂട്ടുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ,

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\varphi \qquad (11.54)$$

തരംഗായതിയുടെ വർഗ്ഗമാണ് തീവ്രത. അതുകൊണ്ട് ($I = A^2$),

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

ഇതിനർത്ഥം, ഒരു ബിന്ദുവിലെ ആകെ തീവ്രത ആ ബിന്ദുവിലെ ഫേസ് വ്യത്യാസത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

(a) പോഷക വ്യതികരണം :

രണ്ട് തരംഗങ്ങളുടെ ശൃംഗങ്ങൾ തമ്മിൽ അതിവ്യാപനം ചെയ്യുമ്പോൾ അവയുടെ ആയതികൾ തമ്മിൽ സങ്കലനം ചെയ്ത് പോഷകവ്യതികരണം ലഭിക്കുന്നു. ലഭിക്കുന്ന പരിണത തരംഗത്തിന് വ്യക്തിഗത തരംഗങ്ങളുടെ ആയതിയെക്കാൾ കൂടുതൽ ആയതി ലഭിയ്ക്കും. ചിത്രം 11.29 (a).

ഒരു ബിന്ദുവിലെ പോഷകവ്യതികരണം നടക്കുമ്പോൾ ആ ബിന്ദുവിൽ പരമാവധി തീവ്രത ലഭിക്കും. അതായത്

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

ഇവിടെ $n = 0,1,2,...$

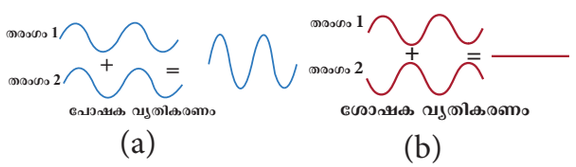
ഇതാണ്, രണ്ട് തരംഗങ്ങൾ സങ്കലനം ചെയ്യുമ്പോൾ ലഭിക്കുന്ന പോഷക വ്യതികരണത്തിലെ ഫേസ് വ്യത്യാസം.

അതുകൊണ്ട്, പരിണത തരംഗത്തിൽ,

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

ഇങ്ങനെ, പരിണത ആയതി

$$A = A_1 + A_2$$



ചിത്രം 11.29 (a) പോഷകവ്യതികരണം (b) ശോഷക വ്യതികരണം

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 249 22-07-2022 13:45:23

(b) ശോഷക വ്യതികരണം :

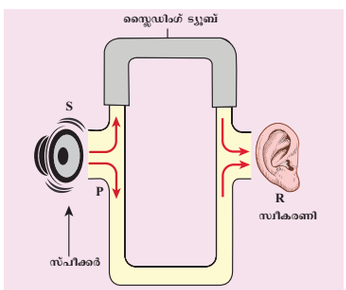
തരംഗങ്ങളുടെ ആയതികൾ തമ്മിൽ വ്യവകലനം ചെയ്ത് ശോഷക വ്യതികരണം ലഭിക്കുന്നു. പരിണത തരംഗത്തിന്റെ ആയതി പൂജ്യം ആകുന്നു. ചിത്രം 11.29 (b). ഇവിടെ തരംഗതീവ്രത ഏറ്റവും കുറവായിരിക്കും. അതായത് ഒരു തരംഗത്തിന്റെ ശൃംഗവും മറ്റൊരു തരംഗത്തിന്റെ ഗർത്തവും തമ്മിൽ അതിവ്യാപനം ചെയ്യുമ്പോൾ അവയുടെ ആയതികൾ പരസ്പരം റദ്ദാകുകയും ശോഷക വ്യതികരണം സംഭവിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 11.29 (b)) പരണിത ആയതി പൂജ്യം ആയിരിക്കും. ശോഷക വ്യതികരണത്തിൽ കുറഞ്ഞ തീവ്രത അനുഭവപ്പെടുന്ന ബിന്ദുക്കളിൽ $\cos\varphi = -1 \Rightarrow \varphi = \pi, 3\pi, 5\pi, \ldots = (2n-1)\pi$, ഇവിടെ $n = 0,1,2,\ldots$. ഇതാണ് രണ്ട് തരംഗങ്ങൾക്ക് ശോഷകവ്യതിയാനം സംഭവിക്കുമ്പോൾ ലഭിക്കുന്ന ഫേസ് വ്യതിയാനം. അതുകൊണ്ട്,

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

ഇങ്ങനെ പരിണത ആയതി

$$A = |A_1 - A_2|$$

ശബ്ദ തരംഗങ്ങളുടെ വ്യതികരണം മനസ്സിലാക്കുവാൻ 11.30 പടത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ ഒരു ചെറിയ ഉപകരണം പരിഗണിക്കാം.



ചിത്രം 11.30 ശബ്ദ തരംഗങ്ങളുടെ വ്യതികരണം മനസ്സിലാക്കുന്നതിനുള്ള ചെറിയ ഉപകരണം

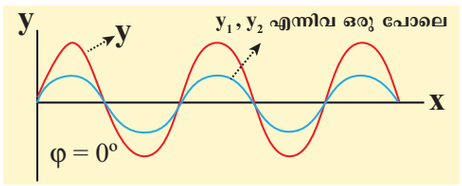
ഒരു ഉച്ചഭാഷിണിയിൽ S-ൽ നിന്നും പുറപ്പെടുന്ന ശബ്ദതരംഗം ഒരു ട്യൂബ് P യിൽ ചെന്നെത്തുന്നു. ഇത് T- ആകൃതിയിലുള്ള ഒരു ജംങ്ഷനായി കാണപ്പെടുന്നു. ഇവിടെ ശബ്ദോർജ്ജത്തിന്റെ പകുതി ഒരു ദിശയിലും ബാക്കി പകുതി ശബ്ദോർജ്ജം എതിർദിശയിലും സഞ്ചാര സ്വീകരിണി R-ൽ എത്തുന്ന ശബ്ദ തരംഗത്തിന് രണ്ട് പാതയിലൂടെയും സഞ്ചരിക്കാനാകും. ശബ്ദ സ്രോതസ്സിൽ നിന്നും സ്വീകരിണി വരെയുള്ള ആകെ ദൂരത്തെ പാതദൈർഘ്യം എന്നു പറയുന്നു. ചിത്രം 11.30 ൽ നിന്നും കുറഞ്ഞ പാതദൈർഘ്യം സ്ഥിരമായും മുകളിലെ പാതദൈർഘ്യം വ്യതിയാനപ്പെട്ടും ഇരിക്കും. പാതദൈർഘ്യത്തിലുള്ള വ്യത്യാസത്തെ പാതവ്യതിയാനം എന്നു പറയുന്നു,

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

പാതവ്യത്യാസം പൂജ്യമോ തരംഗദൈർഘ്യത്തിന്റെ ചില ഗുണിതങ്ങളോ അല്ലെങ്കിൽ അവിഭാജ്യ ഗുണിതമോ ആയിരിക്കുമെന്ന് കരുതാം. ഗണിത ശാസ്ത്രപരമായി,

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

r_1, r_2 എന്നീ പാതകളിൽ നിന്നും എത്തുന്ന രണ്ട് തരംഗങ്ങൾ ഏതു നിമിഷവും സ്വീകരിണിയിൽ എത്തുന്ന രണ്ട് തരംഗങ്ങൾ ഏതു നിമിഷവും സ്വീകരണിയിൽ എത്തുന്നത് ഒരേ ഫേസിലാണ് (ഫേസ് വ്യത്യാസം 0° അല്ലെങ്കിൽ 2π) ചിത്രം 11.31 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ പോഷക വ്യതികരണം കാണിക്കുന്നു.



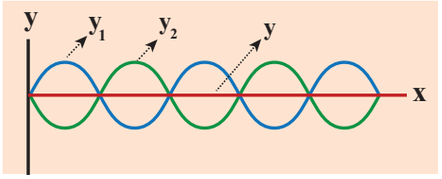
ചിത്രം 11.31 ഫേസ് വ്യത്യാസം 0° ആവുമ്പോൾ പരമാവധി തീവ്രത

അതിനാൽ ഈ സാഹചര്യത്തിൽ പരമാവധി ശബ്ദ തീവ്രത റിസീവർ കണ്ടെത്തുന്നു. പാതവ്യതിയാനം തരംഗ ദൈർഘ്യത്തിന്റെ ഹാഫ് ഇന്റഗ്രൽ ആയിരിക്കും λ,

ഗണിതപരമായി, $\Delta r = n\dfrac{\lambda}{2}$

ഇവിടെ, $n = 1,3,\ldots$ (n ഒരു ഒറ്റസംഖ്യ)

r_1, r_2 എന്നീ പാതകളിൽ നിന്നും സ്വീകരണിയിലെത്തുന്ന രണ്ട് തരംഗങ്ങൾ ഏതു നിമിഷവും വ്യത്യസ്ത ഫേസുകളിലാണ്. (ഫേസ് വ്യതിയാനം π അല്ലെങ്കിൽ 180°). ചിത്രം 11.32 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ശോഷകവ്യതികരണം സംഭവിക്കുന്നു.



ചിത്രം 11.32 ഫേസ് വ്യതിയാനം 180° ആവുമ്പോഴുള്ള പരമാവധി കുറഞ്ഞ തീവ്രത

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 250 22-07-2022 13:45:24

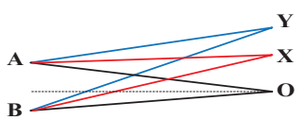
അതുകൊണ്ട് തരംഗായതി പരമാവധി കുറഞ്ഞതോ പൂജ്യമോ ആയിരിക്കും. അതായത് ശബ്ദം തീരെ ഇല്ല. ഈ കേസിൽ റിസീവർ ശബ്ദതീവ്രത കണ്ടെത്തുന്നില്ല. പാതവ്യത്യാസവും ഫേസ് വ്യത്യാസവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം

$$\text{ഫേസ് വ്യത്യാസം} = \frac{2\pi}{\lambda}\ (\text{പാതവ്യത്യാസം}) \qquad (11.56)$$

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

ഉദാഹരണം 11.16

താഴെകൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ രണ്ട് തരംഗ സ്രോതസ്സുകളെ പരിഗണിക്കുക. A, B എന്നീ രണ്ട് സ്രോതസ്സുകളിൽ നിന്നും ഒരേ ആവൃത്തിയിലുള്ളതും വ്യത്യസ്ത ആയതിയിലുള്ളതുമായ ഹാർമോണിക് തരംഗങ്ങൾ പുറപ്പെടുന്നു. അവ ഒരേ ഫേസിൽ വന്നു പതിക്കുന്നു. A യിൽ, നിന്നും B യിൽ നിന്നും തുല്യഅകലത്തിലുള്ള ഒരു ബിന്ദുവാണ് O യിലും Y യിലും X ലും ഉള്ള തീവ്രത കണ്ടു പിടിക്കുക. (X ഉം Y ഉം, A, B യിൽ നിന്നും തുല്യ അകലത്തിലല്ല)



നിർദ്ധാരണം

OA യിൽ നിന്നും OB യിൽ നിന്നും തുല്യ അകലത്തിലായതുകൊണ്ട്, A യിൽ നിന്നും, B യിൽ നിന്നും പുറപ്പെടുന്ന തരംഗങ്ങൾ തുല്യ ദൂരം സഞ്ചരിച്ച് Oയിൽ എത്തുന്നു. (പാതദൈർഘ്യം തുല്യമാണ്). അതുകൊണ്ട് രണ്ട് തരംഗങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പാതവ്യതിയാനം പൂജ്യമാണ്.

$$OA - OB = 0$$

O എന്ന ബിന്ദുവിൽ രണ്ട് തരംഗങ്ങളും ഒരേ ഫേസിലായതിനാൽ, രണ്ട് തരംഗങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ഫേസ് വ്യതിയാനം പൂജ്യമാണ്. അതുകൊണ്ട് O എന്ന ബിന്ദുവിലെ പരിണതി തീവ്രത പരമാവധി ആയിരിക്കും.

രണ്ട് തരംഗങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള പാതവ്യതിയാനം λ ആവുന്ന തരത്തിൽ Y എന്ന ബിന്ദു പരിഗണിക്കുക. അപ്പോൾ Y ലേ ഫേസ് വ്യതിയാനം

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

അതുകൊണ്ട് A യിൽ നിന്നും B യിൽ നിന്നുള്ള തരംഗങ്ങൾ ഒരേ ഫേസിലായിരിക്കും. തീവ്രത പരമാവധി ആയിരിക്കും Y .

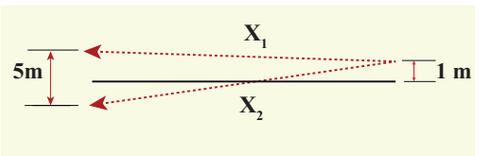
രണ്ട് തരങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പാതവ്യതിയാനം $\frac{\lambda}{2}$ ആവുന്ന വിധത്തിൽ X എന്ന ബിന്ദുവിനെ പരിഗണിച്ചാൽ X ലെ ഫേസ് വ്യതിയാനം

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

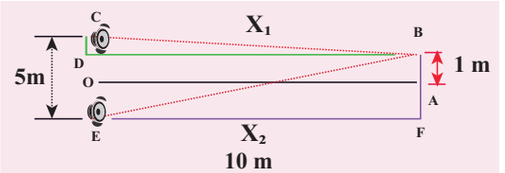
അതുകൊണ്ട് X, എന്ന ബിന്ദുവിൽ തരംഗങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത ഫേസിലായിരിക്കും. ഇങ്ങനെ ശോഷക വ്യതിയാനത്തിൽ, തീവ്രത പരമാവധി കുറവായിരിക്കും.

ഉദാഹരണം 11.17

ഒരു സ്രോതസ്സിൽ നിന്നും 5 m അകലെയായി രണ്ട് ഉച്ച ഭാഷിണികൾ C ഉം E ഉം പരിഗണിക്കുക. C, E എന്നിവയുടെ മധ്യബിന്ദുവായ O യിൽ നിന്നും 10 m അകലെയായി ഒരാൾ A എന്ന ബിന്ദുവിൽ നിൽക്കുന്നു. അയാൾ O എന്ന ബിന്ദുവിലേക്ക് നടക്കുകയാണ്. അത് 1 m അകലെയാണ്. (OC യ്ക്ക് സമാന്തരമായി). B എന്ന ബിന്ദുവിൽ വച്ച് അയാൾക്ക് ആദ്യം പരമാവധി കുറഞ്ഞ ശബ്ദം ശ്രവിക്കാനായി. എങ്കിൽ സ്രോതസ്സിന്റെ ആവൃത്തി കണക്കാക്കുക. (ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത = 343 m s^{-1})



നിർദ്ധാരണം



രണ്ട് തരംഗങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത ഫേസിലാകുമ്പോൾ (180°) B എന്ന ബിന്ദുവിൽ പരമാവധി കുറഞ്ഞ ശബ്ദം കേൾക്കുന്നു. അപ്പോൾ പാതവ്യതിയാനം $\Delta x = \frac{\lambda}{2}$.

പാതവ്യതിയാനം കണക്കാക്കുന്നതിനായി, x_1, x_2 എന്നീ പാതദൈർഘ്യങ്ങൾ കണ്ടെത്തണം.

മട്ടത്രികോണം BDC യിൽ,

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 251 22-07-2022 13:45:25

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

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

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

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

മട്ടത്രികോണം EFB യിൽ,

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

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

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

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

പാതവ്യത്തിയാനം $\Delta x = x_2 - x_1 = 10.6\ \text{m} - 10.1\ \text{m} = 0.5\ \text{m}$. പാതവ്യത്തിയാനം

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

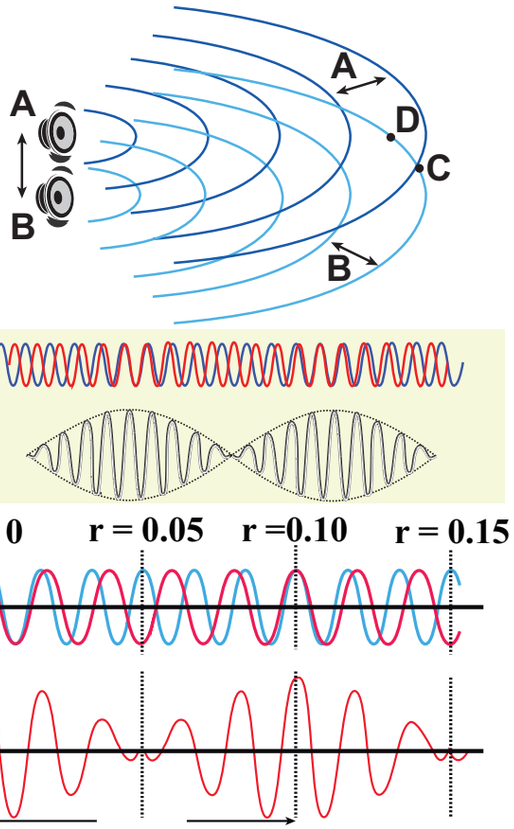
തരംഗത്തിന്റെ ആവൃത്തി ലഭിക്കുന്നതിനായി, താഴെപ്പറയുന്ന സമവാക്യം ഉപയോഗിക്കാം

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

$$= 0.3\ k\text{Hz}$$

കുറിപ്പ്

പാതവ്യത്തിയാനം $\frac{\lambda}{2}$ ആകത്ത ക്കവിധത്തിൽ രണ്ട് ഉച്ചഭാഷിണിയും ക്രമീകരിച്ചാൽ പാതവ്യത്യാസങ്ങൾ സങ്കലനം നടക്കുമ്പോൾ ആകെ പാതവ്യത്യാസം λ അതായത് തരംഗങ്ങൾ ഒരേ ഫേസിലാണ്. B എന്ന ബിന്ദുവിൽ പരമാവധി തീവ്രത ലഭിക്കുന്നു.



ചിത്രം 11.33: വ്യത്യസ്ത ആവൃത്തിയിലുള്ള രണ്ട് തരംഗങ്ങൾ അതിവ്യാപനം നടത്തുമ്പോൾ പോഷക വ്യതിയാനത്തിനും ശോഷകവ്യതിയാനത്തിനും തമ്മിൽ ഒരു സമയവ്യത്യാസം ഉണ്ട്. അതായത് അവ ക്രമാനുഗതമായി ഒരേ ഫേസിലും, വ്യത്യസ്ത ഫേസിലുമാവുന്നു

11.7.2 ബീറ്റ്സ്കളുടെ രൂപീകരണം

വ്യത്യസ്ത തരംഗാവൃത്തിയിലുള്ള രണ്ടോ അതിലധികമോ തരംഗങ്ങൾ അതിവ്യാപനം ചെയ്യുമ്പോൾ ഒരു പ്രത്യേക ബിന്ദുവിൽ ക്രമാനുഗതമായ ഇടവേളകളിൽ ആയതി വ്യത്യാസം അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തെ ബീറ്റ്സ് എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഒരു സെക്കന്റിലുള്ള പരമാവധി ആയതിയെ ബീറ്റ് ഫ്രീക്വൻസി എന്നു വിളിക്കുന്നു. രണ്ട് സ്രോതസ്സുകളെ പരിഗണിച്ചാൽ അവയുടെ ആവൃത്തിയിലുള്ള വ്യതിയാനം ബീറ്റ് ഫ്രീക്വൻസിയെ നൽകുന്നു.

ഒരു സെക്കന്റിലുള്ള ബീറ്റുകളുടെ എണ്ണം

$n = |f_1 - f_2|$ ഒരു സെക്കന്റിൽ

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 252 22-07-2022 13:45:27

കൂടുതൽ വിവരങ്ങൾ (പരീക്ഷയ്ക്ക് ഇല്ല) : സ്പന്ദനങ്ങളുടെ ഗണിതശാസ്ത്ര വിവരണം

ഗണിതശാസ്ത്ര വിവരണത്തിനായി ഒരേ ആയതിയും, അൽപം വ്യത്യസ്ത ആവൃത്തികളുമുള്ള f_1 , f_2 രണ്ടു ശബ്ദ തരംഗങ്ങൾ നമുക്ക് പരിഗണിക്കാം.

അവ പരസ്പരം ചേർന്നിരിക്കുന്നു എന്നു കരുതുക. ശബ്ദ തരംഗം (മർദ്ദ തരംഗം) ഒരു രേഖാംശ തരംഗ മാണ്. ഇവിടെ $y_1 = A \sin(\omega_1 t)$, $y_2 = A \sin(\omega_2 t)$ എന്നിവ ഒരേ ആയതിയും (ഉയർന്ന മർദ്ദമുള്ള ഭാഗം), വ്യത്യസ്ത വർത്തുള്ള ആവൃത്തിയും ω_1 , ω_2 ഉള്ള ഒരു ബിന്ദു $x = 0$ യിലെ സ്ഥാനചലനങ്ങളായി കണ ക്കാക്കാം. ഇവ ഒന്നു ചേരാൻ അനുവദിക്കുമ്പോൾ, നമുക്ക് മൊത്ത സ്ഥാനചലനം ലഭിക്കുന്നു

$$y = y_1 + y_2$$

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

എന്നാൽ

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

എങ്കിൽ

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

ത്രികോണമിതി സൂത്രം ഉപയോഗിക്കുന്നു

$$\sin C + \sin D = 2\cos\left(\frac{C-D}{2}\right)\sin\left(\frac{C+D}{2}\right)$$

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

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

f_1 ന്റെ വില f_2 നെക്കാൾ കുറച്ച് അധികമാണെങ്കിൽ, $\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right) \ll \left(\frac{f_1 + f_2}{2}\right)$ അർത്ഥമാക്കുന്നത് സമ വാക്യം (11.57) ൽ y_p യുടെ വില $\left(\frac{f_1 + f_2}{2}\right)$ മായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ, വളരെ കുറവായി വ്യത്യാസ പ്പെടുന്നു എന്നാണ്. അതിനാൽ,

$$y = y_p \sin(2\pi f_{avg} t) \quad (11.58)$$

ഇത്, വ്യക്തിഗത തരംഗങ്ങളുടെ ആവൃത്തികളുടെ ശരാശരി ആവൃത്തിയുള്ള ലളിത ഹാർമോണിക് തരം ഗങ്ങളെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു,

$f_{avg} = \left(\frac{f_1 + f_2}{2}\right)$ ആയതി y_p സമയത്തിനനുസരിച്ച് വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു t.

കേസ് (A):

y_p വില പരമാവധിയാകുമ്പോൾ, മൊത്ത ആയതിയും പരമാവധി വില കൈവരിക്കുന്നു

$y_p \propto \cos\left(2\pi\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right)t\right)$, ആയതിനാൽ, ഇത് അർ ത്ഥമാക്കുന്നത്, കൊസൈൻ വില ± 1 ആകുമ്പോൾ പരമാവധി ആയതി ഉണ്ടാകുന്നു എന്നതാണ്,

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

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

അല്ലെങ്കിൽ, $(f_1 - f_2)t = n$

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

അതിനാൽ, രണ്ടു അടുത്തടുത്ത പരമാവധി വിലയ്ക്ക് ഇടയിലുള്ള സമയദൈർഘ്യം

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

അതിനാൽ, ഒരു സെക്കന്റിൽ ഉണ്ടാകുന്ന സ്പന്ദന ങ്ങളുടെ എണ്ണം അടുത്തടുത്ത രണ്ടു പരമാവധി വില കൾക്കിടയിലുള്ള സമയ ദൈർഘ്യത്തിന്റെ വ്യുൽക്രമ ത്തിന് സമമാകുന്നു. അതായത് $|f_1 - f_2|$.

കേസ് (B):

മൊത്ത ആയതിയുടെ വില കുറയുന്നു. അതായത്, y_p യുടെ വില കുറയുമ്പോൾ, ഇത് പൂജ്യം ആകുന്നു.

$y_p \propto \cos\left(2\pi\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right)t\right)$, ആയതിനാൽ, ഇത് അർത്ഥമാക്കുന്നത്, കൊസൈൻ പൂജ്യം ആകുമ്പോൾ, ആയതി കുറയുന്നു എന്നാണ്,

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

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

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

അല്ലെങ്കിൽ, $t = \frac{1}{2}\left(\frac{2n+1}{f_1 - f_2}\right)$, ഇവിടെ $f_1 \neq f_2$ n = 0,1,2,3,.....

അതിനാൽ, അടുത്തടുത്ത രണ്ടു കുറഞ്ഞ വിലകൾ ക്കിടയിലുള്ള സമയദൈർഘ്യം

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

അതിനാൽ, ഒരു സെക്കന്റിൽ ഉണ്ടാകുന്ന സ്പന്ദനങ്ങ ളുടെ എണ്ണം, രണ്ടു അടുത്തടുത്ത കുറഞ്ഞ വിലകൾ ക്കിടയിലുള്ള സമയദൈർഘ്യത്തിന്റെ വ്യുൽക്രമത്തിന് സമമായിരിക്കും. അതായത്, $|f_1 - f_2|$.

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 253 22-07-2022 13:45:34

ഉദാഹരണം 11.18

തരംഗദൈർഘ്യം 5 m ഉം 6 m. ഉം ഉള്ള രണ്ടു ശബ്ദതരംഗങ്ങളെ കരുതുക. ഈ രണ്ടു തരംഗങ്ങളും ഒരു വാതകത്തിലൂടെ 330 ms^{-1}. പ്രവേഗത്തോടുകൂടി പ്രചാരണം ചെയ്യുന്നുവെങ്കിൽ, ഒരു സെക്കന്റിലുള്ള സ്പന്ദനങ്ങളുടെ എണ്ണം കണ്ടു പിടിക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

$\lambda_1 = 5m$, $\lambda_2 = 6m$ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

ഒരു വാതകത്തിലെ ശബ്ദതരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗം, $v = 330\ ms^{-1}$ ആകുന്നു.

തരംഗദൈർഘ്യത്തിനും, പ്രവേഗത്തിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം $v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$ ആകുന്നു.

തരംഗദൈർഘ്യം λ_1 നും അനുബന്ധമായ ആവൃത്തി $f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{330}{5} = 66\,Hz$

തരംഗദൈർഘ്യം λ_2 നും അനുബന്ധമായ ആവൃത്തി $f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{330}{6} = 55\,Hz$

ഒരു സെക്കന്റിൽ ഉണ്ടാകുന്ന സ്പന്ദനങ്ങളുടെ എണ്ണം,

$|f_1 - f_2| = |66 - 55| = 11$ സ്പന്ദനങ്ങൾ (ഒരു സെക്കന്റിനും)

ഉദാഹരണം 11.19

രണ്ടു കമ്പന ട്യൂണിങ് ഫോർക്കുകൾ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന തരംഗങ്ങളുടെ സമവാക്യങ്ങൾ $y_1 = 5\ \sin(240\pi\ t)$ യും $y_2 = 4\ \sin(244\pi t)$യും ആകുന്നു. ഒരു സെക്കന്റിലെ സ്പന്ദനങ്ങളുടെ എണ്ണം കണ്ടുപിടിക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

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

ഇവ രണ്ടും താരതമ്യം ചെയ്യുന്നു $y = A\ \sin(2\pi f_1 t)$, എന്നു ലഭിക്കുന്നു

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

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

ഉണ്ടാകുന്ന സ്പന്ദനങ്ങളുടെ എണ്ണം $|f_1 - f_2| = |120 - 122| = |-2| = 2$ സ്പന്ദനങ്ങൾ (ഒരു സെക്കന്റിനും) എന്നു ലഭിക്കുന്നു.

11.8

നിശ്ചല തരംഗങ്ങൾ

11.8.1 നിശ്ചലതരംഗങ്ങളുടെ വിശദീകരണം

തരംഗം, ദൃഢ ബൗൺഡറിയിൽ തട്ടുമ്പോൾ, അത് തിരിച്ച് യഥാർത്ഥ മാധ്യമത്തിലേക്ക് മടങ്ങുകയും, യഥാർത്ഥ തരംഗങ്ങളുമായി കൂടിച്ചേരുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന പാറ്റേണിനെ നിശ്ചലതരംഗങ്ങൾ അഥവാ സ്ഥിര തരംഗങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു. വ്യത്യസ്ത ദിശകളിൽ ചലിക്കുന്ന ആയതിയും, പ്രവേഗവും സമമായുള്ള രണ്ടു ഹാർമോണിക് പ്രചരണ തരംഗങ്ങളെ (ഒരു ചരടിനാൽ ഉണ്ടാകുന്നു) കരുതുക. ആദ്യ തരംഗത്തിന്റെ (പതന തരംഗം) സ്ഥാന ചലനം

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

(തരംഗം വലതുവശത്തേയ്ക്ക് ചലിക്കുന്നു.)

രണ്ടാമത്തെ തരംഗത്തിന്റെ സ്ഥാനചലനം (പ്രതിഫലിക്കപ്പെട്ട തരംഗം)

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

(തരംഗം ഇടതുവശത്തേയ്ക്ക് ചലിക്കുന്നു)

സൂപ്പർ പൊസിഷൻ തത്വം അനുസരിച്ച്, രണ്ടു തരംഗങ്ങളും കൂടിച്ചേരുന്നു. മൊത്ത സ്ഥാന ചലനം,

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

സമവാക്യം (11.61) ൽ സമവാക്യങ്ങളായ (11.59), (11.60) ചേർക്കുന്നു

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

ത്രികോണമിതി ഉപയോഗിച്ച്, സമവാക്യം (11.62) മാറ്റി എഴുതുന്നു

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

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 254 22-07-2022 13:45:34

ഇത് ഒരു നിശ്ചിത തരംഗം അല്ലെങ്കിൽ സ്ഥിരത രംഗം എന്നതിനെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ഇത് അർത്ഥമാക്കുന്നത്, ഈ തരംഗം മുന്നോട്ടോ, പിന്നോട്ടോ ചലിക്കുന്നില്ല എന്നാണ്. ഇവിടെ പ്രചരണ തരംഗങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന തരംഗങ്ങൾ മുന്നോട്ടോ, പിന്നോട്ടോ ചലിക്കുന്നു. (11.63) സമവാക്യത്തിൽ കണികയുടെ സ്ഥാന ചലനം താഴെ പറയുന്ന രൂപത്തിൽ എഴുതാൻ കഴിയുന്നു,

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

ഇവിടെ, $A' = 2A\sin(kx)$, ചരടിലെ ഒരു പ്രത്യേക ഘടകം, A'. ആയതിയുള്ള ലളിതമായ ഹാർമോണിക് ചലനം ഉണ്ടാക്കുന്നു.

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

ആകുമ്പോൾ A' ആയതി പരമാവധി ആയിരിക്കും ഇവിടെ m എന്നത് പകുതി പൂർണ്ണസംഖ്യ അല്ലെങ്കിൽ പരുതി ഇൻഡഗ്രൽ മൂല്യങ്ങൾ ആകുന്നു പരമാവധി ആയതിയുള്ള സ്ഥാനത്തെ ആൻഡി നോഡുകൾ എന്നു പറയുന്നു. തരംഗദൈർഘ്യത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ, തരംഗ എണ്ണത്തെ കുറിയ്ക്കുമ്പോൾ, ആന്റി-നോഡുകളുടെ സ്ഥാനത്തെ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നതുപോലെ സൂചിപ്പിക്കാൻ കഴിയും

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

$m = 0$ എങ്കിൽ, പരമാവധി നില

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

$m = 1$ എങ്കിൽ, പരമാവധി നില

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

$m = 2$ എങ്കിൽ, പരമാവധി നില

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

എന്നു തുടരുന്നു.

രണ്ടു അടുത്തടുത്ത ആന്റിനോഡുകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ കണക്കാക്കാൻ കഴിയും.

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

ആയതി A' ലെ കുറഞ്ഞവില, സ്പെയിസിലെ ചില ബിന്ദുക്കളിലും ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ ബിന്ദുക്കളെ $\sin(kx) = 0 \Rightarrow k\,x = 0,\pi,2\pi,3\pi,\ldots = n\,\pi$ ൽ നിന്നും കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയും

ഇവിടെ n ഒരു പൂർണ്ണസംഖ്യ അല്ലെങ്കിൽ ഇൻഡഗ്രൽ വിലയാകുന്നു. ഈ ബിന്ദുക്കളിലെ മൂലകങ്ങൾ കമ്പനം ചെയ്യുന്നില്ല (ചലിക്കുന്നില്ല. ഈ ബിന്ദുക്കളെ നോഡുകൾ എന്നു പറയുന്നു. n^{th} നോഡ് ബിന്ദു,

$$x_n = n\frac{\lambda}{2} \text{ ഇവിടെ, n = 0,1,2,... (11.65)}$$

$n = 0$ നും കുറഞ്ഞ വില ഏർപ്പെടുന്ന നില

$$x_0 = 0$$

$n = 1$ ന്, കുറഞ്ഞ വില ഏർപ്പെടുന്ന നില

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

$n = 2$ നും പരമാവധി നില

$$x_2 = \lambda$$

എന്നു തുടരുന്നു.

രണ്ടു അടുത്തടുത്ത നോഡുകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന രീതിയിൽ കണക്കാക്കാം

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

ഉദാഹരണം 11.20

ആന്റിനോഡിനും, തൊട്ടടുത്തിരിക്കുന്ന നോഡിനും ഇടയിലുള്ള ദൂരം കണ്ടുപിടിക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

n^{th} മോഡിനും, ആന്റിനോഡിനും, തൊട്ടടുത്തിരിക്കുന്ന നോഡിനും ഇടയിലുള്ള ദൂരം,

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

11.8.2 സ്ഥിരതരംഗങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ

(1) രണ്ടു ദൃഢ അതിരുകൾക്കിടയിൽ തടഞ്ഞു നിർത്തപ്പെട്ട തരംഗമാണ് സ്ഥിരതരംഗം. ഒരു മാധ്യമത്തിൽ, ഈ തരംഗങ്ങൾ മുന്നോട്ടോ പിന്നോട്ടോ ചലിക്കുന്നില്ല എന്നാണ് ഇത് അർത്ഥമാക്കുന്നത്. അത് അതിന്റെ സ്ഥാനത്ത് സ്ഥിരമായി തുടരുന്നു. അതിനാൽ അവയെ നിശ്ചല തരംഗങ്ങൾ അഥവാ സ്ഥിര തരംഗങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 255 22-07-2022 13:45:36

പട്ടിക 11.3: പ്രചരണ തരംഗങ്ങളും, സ്ഥിരതരംഗങ്ങളും തമ്മിലുള്ള താരതമ്യം

ക്ര.ന	പ്രചരണ തരംഗങ്ങൾ	സ്ഥിര തരംഗങ്ങൾ
1.	തിരശ്ചീന പ്രചരണ തരംഗങ്ങളിൽ ക്രെസ്റ്റുകളും, ട്രഫുകളും രൂപം കൊള്ളുന്നു. കൂടാതെ രേഖാംശ പ്രചരണ തരംഗങ്ങളിൽ, കംപ്രഷനും, റെയർ ഫ്രാക്ഷനും രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഈ തരംഗങ്ങൾ മാധ്യമത്തിൽ മുന്നോട്ടോ, പിന്നോട്ടോ ചലിക്കുന്നു. അതായത്, അവ ഒരു നിശ്ചിത പ്രവേഗത്തോടെ മാധ്യമത്തിൽ ചലിക്കുന്നു.	തിരശ്ചീന സ്ഥിര തരംഗങ്ങളിൽ ക്രെസ്റ്റുകളും, ട്രഫുകളും രൂപം കൊള്ളുന്നു. കൂടാതെ രേഖാംശ സ്ഥിര തരംഗങ്ങളിൽ കംപ്രഷനും, റെയർ ഫ്രാക്ഷനും രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഈ തരംഗങ്ങൾ, മാധ്യമത്തിൽ മുന്നോട്ടോ, പിന്നോട്ടോ ചലിക്കുന്നില്ല. അതായത്, അവ മാധ്യമത്തിൽ ചലിക്കുന്നില്ല.
2.	മാധ്യമത്തിൽ എല്ലാ കണികകളും കമ്പനം ചെയ്യുന്നു. എല്ലാ കണികകളുടെയും കമ്പന ആയതി സമമാണ്.	നോഡുകൾ ഒഴികെ, മാധ്യമത്തിലെ എല്ലാ കണികകളും കമ്പനം ചെയ്യുന്നു. വ്യത്യസ്ത കണികകൾക്ക് കമ്പന ആയതി വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. നോഡുകളിൽ ആതി കുറവ് അഥവാ പൂജ്യവും, ആന്റിനോഡുകളിൽ പരമാവധിയും ആയിരിക്കും.
3.	പ്രചരണാവസ്ഥയിൽ, ഈ തരംഗങ്ങൾ ഊർജ്ജം വഹിക്കുന്നു.	ഈ തരംഗങ്ങൾ ഊർജ്ജം വഹിക്കുന്നില്ല.

(2) പരമാവധി ആയതിയുള്ള, (തരംഗം നിലനിൽക്കുന്ന ഭാഗത്തെ) ചില ബിന്ദുക്കളെ ആന്റിനോഡുകൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ആയതി, കുറവ് അല്ലെങ്കിൽ പൂജ്യം ഉള്ള ചില ബിന്ദുക്കളെ നോഡുകൾ എന്നുവിളിക്കുന്നു.

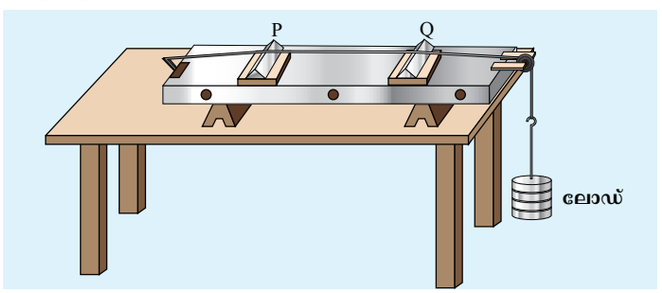
(3) രണ്ടു തുടർച്ചയായ നോഡുകൾ അല്ലെങ്കിൽ ആന്റിനോഡുകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം $\frac{\lambda}{2}$.

(4) ഒരു നോഡിനും അതിന്റെ അടുത്തിരിയ്ക്കുന്ന ആന്റിനോഡിനും ഇടയിലുള്ള ദൂരം $\frac{\lambda}{4}$.

(5) നിശ്ചല തരംഗങ്ങളിലൂടെ കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്ന ഊർജ്ജം പൂജ്യം ആകുന്നു.

11.8.3 സോണോമീറ്ററിലെ സ്ഥിര തരംഗങ്ങൾ

സോണോ എന്നാൽ ശബ്ദവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട താണ്. സോണോമീറ്റർ ശബ്ദവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട അളവുകളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഒരു ചരടിലെ തിരശ്ചീന നിശ്ചല തരംഗത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ശബ്ദആവൃത്തി,ബലം,നീളം,ചരടിലെഒരുയൂണിറ്റ് നീളത്തിലെ മാസ് എന്നിവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നതിനുള്ള ഉപകരണമാണിത്. അതിനാൽ, ഈ ഉപകരണം ഉപയോഗിച്ച്, നമുക്ക് താഴെ പറയുന്ന അളവുകൾ കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയും:



561QI

ചിത്രം 11.34 സോണോമീറ്റർ

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 256 22-07-2022 13:45:36

(a) ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിന്റെ ആവൃത്തി അല്ലെങ്കിൽ മാറുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ ആവൃത്തി

(b) ചരടിലെ വലിവുബലം

(c) അറിയാത്ത തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന മാസ്

നിർമ്മാണം :

ഒരു യൂണിഫോം മെറ്റാലിക് സ്ട്രിങ് ഘടിപ്പിച്ചിട്ടുള്ള ഒരു മീറ്റർ നീളമുള്ള ഒരു പൊള്ളയായ പെട്ടിയാണ് സോണോമീറ്ററിലുള്ളത്. സ്ട്രിംങ്ങിന്റെ ഒരറ്റം ഒരു ഹുക്കുമായും, മറ്റേ അറ്റം ഒരു കപ്പി വഴി ഭാരം ഇടുന്ന ഹാങറുമായും ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇത് ചിത്രം 11.34-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു സ്ട്രിങ് മാത്രം ഉപയോഗിക്കുന്നതു കാരണം, ഇതിനെ മോണോകോഡ് എന്നുവിളിക്കുന്നു. കമ്പിയുടെ വലിവുബലം കൂട്ടുന്നതിനായി, കമ്പിയുടെ സ്വതന്ത്ര അറ്റത്ത് ഭാരങ്ങൾ ചേർക്കുന്നു. ക്രമീകരിക്കാവുന്ന രണ്ടു തടി കത്തികൾ ബോഡിനുമുകളിൽ വയ്ക്കുകയും, വലിച്ചു നീട്ടിയിരിക്കുന്ന കമ്പിയുടെ കമ്പന നീളം മാറ്റുന്നതിന്, അവയുടെ സ്ഥാനങ്ങൾ ക്രമീകരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

പ്രവർത്തനം :

ഒരു തിരശ്ചീന സ്ഥിര തരംഗം അല്ലെങ്കിൽ നിശ്ചല തരംഗം ഉണ്ടാകുകയും, കത്തിയുടെ അഗ്രങ്ങളായ P, Q ൽ നോഡുകൾ രൂപം കൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. കത്തിയുടെ അഗ്രങ്ങൾക്കിടയിൽ, ആന്റിനോഡുകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു.

കമ്പന എലിമെന്റിന്റെ നീളം l ആണെങ്കിൽ

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

കമ്പന എലിമെന്റിന്റെ ആവൃത്തി f ഉം, സ്ട്രിങ്ങിലെ വലിക്കുന്ന ബലം T ഉം, സ്ട്രിങ്ങിലെ ഒരു യൂണിറ്റ് നീളത്തിന്റെ മാസ് μ ഉം ആണെന്ന് കരുതുക. സമവാക്യം (11.13), ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ

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

ρ എന്നത് സ്ട്രിങ് പദാർത്ഥത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയും d എന്നത് സ്ട്രിങ്ങിന്റെ വ്യാസാർത്ഥവുമാണെന്ന് കരുതുക. എന്നാൽ, ഒരു യൂണിറ്റ് നീളത്തിലെ മാസ് μ,

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

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

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

ഉദാഹരണം 11.21

ഒരു സ്ട്രിങ്ങിലെ അടിസ്ഥാന ആവൃത്തി f ആണെന്ന് കരുതുക. സ്ട്രിങ്ങിനെ l_1, l_2, l_3 എന്നിങ്ങനെ മൂന്നു സെക്മെന്റുകളായി വിഭജിക്കുന്നുവെങ്കിൽ, ഓരോ സെക്മെന്റിന്റെയും അടിസ്ഥാന ആവൃത്തികൾ യഥാക്രമം f_1, f_2 , f_3, എന്നിവ ആയിരിക്കും

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3}$$ കണ്ടുപിടിക്കുക

നിർദ്ധാരണം

ഒരു കുറിപ്പിട്ട വലിക്കുന്ന ബലം T മാസ് സാന്ദ്രത μ, നും, ആവൃത്തി സ്ട്രിങ്ങിന്റെ നീളത്തിനും വിപരീതാനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

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

ആദ്യ ലെങ്ത് സെക്മെന്റിനും,

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

രണ്ടാമത്തെ ലെങ്ത് സെക്മെന്റിനും,

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

മൂന്നാമത്തെ ലെങ്ത് സെക്മെന്റിനും

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

അതിനാൽ, മൊത്ത നീളം

$$l = l_1 + l_2 + l_3$$

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

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 257 22-07-2022 13:45:41

11.8.4 അടിസ്ഥാന ആവൃത്തിയും, ഓവർടോണുകളും

കർശനമായ അതിരുകളെ $x = 0$ എന്നും $x = L$ എന്നും കരുതാം. കമ്പികളെ ചലിപ്പിക്കുന്നതിനാൽ, (ഗിറ്റാറിൽ കമ്പികളെ ചലിപ്പിക്കുന്നതു പോലെ) നിശ്ചല തരംഗങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. നിർദ്ദിഷ്ട തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള നിശ്ചല തരംഗങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. അതിർത്തികളിൽ ആയതി അപ്രത്യക്ഷമാകണം എന്നതിനാൽ, അതിർത്തിയിലെ സ്ഥാനചലനം ഇനിപറയുന്ന വ്യവസ്ഥകൾ നിറവേറ്റിയിരിക്കണം

$$y(x = 0, t) = 0 \text{ യും } y(x = L, t) = 0 \qquad (11.68)$$

ഓരോ നോഡുകളും $\frac{\lambda_n}{2}$ ദൂരത്തിൽ രൂപം കൊള്ളുന്നതിനാൽ, നമുക്ക് $n\left(\frac{\lambda_n}{2}\right) = L,$ എന്നെഴുതാം. ഇവിടെ n ഒരു പൂർണ്ണസംഖ്യയാകുന്നു. L എന്നത് രണ്ടു അതിർത്തികൾക്കിടയിലുള്ള നീളവും, λ_n എന്നത് നിർദ്ദിഷ്ട അതിർത്തി വ്യവസ്ഥകൾ നിറവേറ്റുന്നു, നിർദ്ദിഷ്ട തരംഗദൈർഘ്യവും ആകുന്നു.

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

n ന്റെ വില പൂജ്യമായി കരുതിയാൽ തരംഗദൈർഘ്യത്തിന് എന്തുസംഭവിക്കും? എന്തുകൊണ്ടാണ് ഇത് അനുവദിക്കാത്തത്?

അതിനാൽ, എല്ലാ തരംഗദൈർഘ്യങ്ങളും അനുവദനീയമല്ല. (അനുവദനീയമായ) തരംഗദൈർഘ്യങ്ങൾ നിർദ്ദിഷ്ട അതിർത്തി വ്യവസ്ഥകളുമായി പൊരുത്തപ്പെടണം. അതായത്, n = 1, നും, കമ്പനത്തിന്റെ ആദ്യ മോഡിന്റെ നിർദ്ദിഷ്ട തരംഗദൈർഘ്യം $\lambda_1 = 2L$ അതുപോലെ തന്നെ n = 2, നും കമ്പനത്തിന്റെ രണ്ടാമത്തെ മോഡിന്റെ നിർദ്ദിഷ്ട തരംഗദൈർഘ്യം

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

n = 3, നും, കമ്പനത്തിന്റെ മൂന്നാമത്തെ മോഡിന്റെ നിർദ്ദിഷ്ട തരംഗദൈർഘ്യം,

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

എന്നിങ്ങനെ തുടരുന്നു.

ഓരോ കമ്പനമോഡിന്റെയും ആവൃത്തി (സ്വാഭാവിക ആവൃത്തി എന്നു വിളിക്കുന്നു) കണക്കാക്കാം. നമുക്ക് അറിയാം,

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

ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ സ്വാഭാവിക ആവൃത്തിയെ അടിസ്ഥാന ആവൃത്തി എന്നു വിളിക്കുന്നു.

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

രണ്ടാമത്തെ സ്വാഭാവിക ആവൃത്തിയെ ആദ്യ ഓവർടോൺ എന്നു വിളിക്കുന്നു..

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

മൂന്നാമത്തെ സ്വാഭാവിക ആവൃത്തിയെ രണ്ടാം ഓവർടോൺ എന്നു വിളിക്കുന്നു.

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

എന്നിങ്ങനെ തുടരുന്നു.

അതിനാൽ, n^{th} സ്വാഭാവിക ആവൃത്തിയെ അടിസ്ഥാന ആവൃത്തിയുടെ പൂർണ്ണസംഖ്യ മടങ്ങുകളാണെന്ന് കണക്കാക്കാം. അതായത്,

$f_n = nf_1$, ഇവിടെ n എന്നത് ഒരു പൂർണ്ണ സംഖ്യയാകുന്നു (11.72)

സ്വാഭാവിക ആവൃത്തികൾ, അടിസ്ഥാന ആവൃത്തികളുടെ പൂർണ്ണസംഖ്യ മടങ്ങുകളാണെങ്കിൽ, അത്തരം ആവൃത്തികളെ ഹാർമോണിക്കുകൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ആദ്യ ഹാർമോണിക് $f_1 = f_1$ ആകുന്നു (അടിസ്ഥാന ആവൃത്തിയെ ആദ്യ ഹാർമോണിക് എന്നുവിളിക്കുന്നു), രണ്ടാം ഹാർമോണിക് $f_2 = 2f_1$, ആകുന്നു. മൂന്നാം ഹാർമോണിക് $f_3 = 3f_1$ ആകുന്നു. അങ്ങനെ തുടരുന്നു.

ഉദാഹരണം 11.22

ഒരു ഗിറ്റാർ കമ്പിയുടെ നീളം 80 cm ഉം മാസ് 0.32 g ഉം വലിവുബലം 80 N ഉം ആണെന്ന് കരുതുക. എങ്കിൽ ഗിറ്റാർ വായിക്കുമ്പോൾ അതിൽ ഏർപ്പെടുന്ന ആദ്യ നാലു കുറഞ്ഞ ആവൃത്തികൾ കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

തരംഗത്തിന്റെ പ്രവേഗം

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

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 258 22-07-2022 13:45:43

നൂലിന്റെ നീളം, $L = 80$ cm $= 0.8$ m

നൂലിന്റെ ദ്രവ്യമാനം, m $= 0.32\ g$

$= 0.32 \times 10^{-3}$ kg

അതിനാൽ രേഖീയ ദ്രവ്യമാന സാന്ദ്രത,

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

നൂലിന്റെ ടെൻഷൻ, $T = 80\ N$

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

അടിസ്ഥാന ആവൃത്തി f_1 ന് സമാനമായ തരംഗ ദൈർഘ്യം $\lambda_1 = 2L = 2 \times 0.8 = 1.6$ m

തരംഗദൈർഘ്യവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട അടിസ്ഥാന ആവൃത്തി f_1, λ_1

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

അതുപോലെ രണ്ടാമത്തെ ഹാർമോണോക്സ്, മൂന്നാമത്തെ ഹാർമോണിക്സ്, മൂന്നാമത്തെ ഹാർമോണിക്സ് നാലാമത്തെ ഹാർമോണിക്സ് എന്നിവയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ആവൃത്തി

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

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

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

11.8.5 വലിച്ചുനീട്ടിയ സ്ട്രിംഗുകളുടെ തിരശ്ചീന കമ്പനങ്ങളുടെ നിയമങ്ങൾ

വലിച്ചുനീട്ടിയ സ്ട്രിംഗുകളുടെ തിരശ്ചീന കമ്പനങ്ങളുടെ മൂന്നു നിയമങ്ങളുണ്ട്. അവ താഴെകൊടുത്തിരിക്കുന്നു:

(i) ദൈർഘ്യനിയമം :

ഒരു നിശ്ചിത ടെൻഷൻ T യും ഒരു നിശ്ചിത ദ്രവ്യമാനം/നീളവും ഉള്ള ഒരു വയറിന്റെ μ ആവൃത്തി കമ്പന ദൈർഘ്യവുമായി വ്യുൽക്രമ പാതത്തിൽ വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു,

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

$\Rightarrow l \times f = $ C, ഇവിടെ C ഒരു സ്ഥിരസംഖ്യ

(ii) ടെൻഷൻ നിയമം :

തന്നിരിക്കുന്ന ഒരു നിശ്ചിത കമ്പനദൈർഘ്യം l ഒരു നിശ്ചിത ദ്രവ്യമാനം എന്നിവ സ്ട്രിംഗിന്റെ ടെൻഷന്റെ വർഗ്ഗമൂലത്തിനു നേർഅനുപാതത്തിലായിരിക്കും μ T,

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

$\Rightarrow f = A\sqrt{T}$, ഇവിടെ A ഒരു സ്ഥിരസംഖ്യയാണ്

(iii) ദ്രവ്യമാന നിയമം :

ഒരു നിശ്ചിത കമ്പന ദൈർഘ്യം l ഒരു നിശ്ചിത ടെൻഷൻ T യും ആയിരുന്നാൽ ആവൃത്തി, യൂണിറ്റ് ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ വർഗ്ഗമൂലത്തിന് വ്യുൽക്രമാനുപാതത്തിലായിരിക്കും. μ,

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

$\Rightarrow f = \frac{B}{\sqrt{\mu}}$, B ഒരു സ്ഥിരസംഖ്യയാകുന്നു.

11.9 തീവ്രതയും ശബ്ദവും

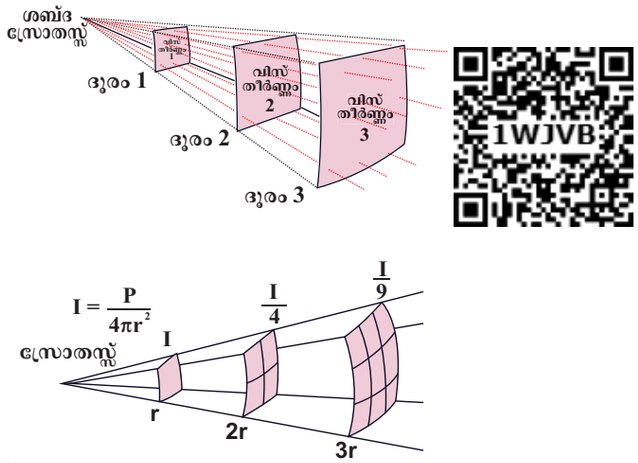
ഒരു സ്രോതസ്സും രണ്ടു നിരീക്ഷകരും ഉണ്ടെന്നു കരുതുക. സ്രോതസ്സ് ഒരു ശബ്ദ തരംഗത്തെ പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു. ഇത് ഊർജ്ജത്തെ വഹിക്കുന്നു. സ്രോതസ്സിൽ നിന്നും പുറപ്പെടുന്ന ശബ്ദ ഊർജ്ജം തുല്യമാണ്. അത് നിരീക്ഷകരെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ നിരീക്ഷകർക്ക് കേൾക്കുന്ന ശബ്ദം വ്യത്യാസമാകുന്നു. ഇതിനുകാരണം കാതിന്റെ അഥവാ ചെവികളുടെ സംവേദനക്ഷമത കാരണമാണ്. ഇത്തരം കാര്യങ്ങളെ ഉൾപ്പെടുത്തുന്നതിനായ ശബ്ദത്തിന്റെ തീവ്രത, ഒച്ച എന്നിങ്ങനെ വ്യത്യസ്ത അളവുകൾ നിർവ്വചിക്കുന്നു.

11.9.1 ശബ്ദത്തിന്റെ തീവ്രത

ഒരു സ്രോതസ്സിൽ നിന്നും ഒരു ശബ്ദ ഊർജ്ജം പുറപ്പെടുമ്പോൾ ചുറ്റുമുള്ള എല്ലാ ബിന്ദുക്കളിലേക്കും ആ ഊർജ്ജം കൊണ്ടുചെല്ലപ്പെടുന്നു. ശരാശരി ശബ്ദ ഊർജ്ജം ഒരു യൂണിറ്റ് സമയത്ത് അല്ലെങ്കിൽ ഒരു സെക്കന്റിൽ പ്രക്ഷേപണം ചെയ്യു

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 259 22-07-2022 13:45:45

ന്നതിനെ ശബ്ദത്തിന്റെ പവർ എന്നു പറയുന്നു. അതിനാൽ ശബ്ദത്തിന്റെ തീവ്രതയെ ഇപ്രകാരം നിർവ്വചിക്കാം. ശബ്ദ തരംഗത്തിന്റെ പ്രചരണത്തിലേക്ക് സാധാരണ എടുക്കുന്ന യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണത്തെ ശബ്ദത്തിന്റെ തീവ്രത എന്നു പറയുന്നു.



ചിത്രം 11.35 ശബ്ദത്തിന്റെ തീവ്രത

ഒരു പ്രത്യേക സ്രോതസ്സിന് ശബ്ദത്തിന്റെ തീവ്രത എന്നത് സ്രോതസ്സിൽ നിന്നുള്ള ദൂരത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് വ്യുൽക്രമാനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

$$I = \frac{\text{സ്രോതസ്സിന്റെ ശക്തി}}{4\pi r^2} \Rightarrow I \propto \frac{1}{r^2}$$

ഇതിനെ ശബ്ദത്തിന്റെ വ്യുൽക്രമവർഗ്ഗ നിയമം.

ഉദാഹരണം 11.23

ഒരു നായയെ കാണുമ്പോൾ ഒരു കുഞ്ഞ് കരയുന്നു. കരച്ചിൽ 3.0 m അകലെ വരെ എത്തുന്നു. അതായത് ഈ അകലത്തിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ തീവ്രത 10^{-2} W m^{-2} ആണ്. 6.0 m അകലെയുള്ള കുഞ്ഞിന്റെ നിലവിളിയുടെ തീവ്രത കാണുക?

നിർദ്ധാരണം

I_1 എന്നത് 3.0 m അകലത്തിൽ ഉള്ള ശബ്ദത്തിന്റെ തീവ്രതയാണ്. ഇത് 10^{-2} $W\ m^{-2}$.

I_2 എന്നത് 6.0 m അകലെയുള്ള ശബ്ദത്തിന്റെ തീവ്രതയാകുന്നു,

$r_1 = 3.0$ m, $\quad r_2 = 6.0$ m

$$I \propto \frac{1}{r^2}$$

ശബ്ദം നിരീക്ഷകരെ ആശ്രയിച്ചല്ല, കുട്ടിയെ ആശ്രയിച്ചാണ്,

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

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

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

11.9.2 ശബ്ദത്തിന്റെ ഒച്ച

ഒരേ തീവ്രതയുള്ള രണ്ടു ശബ്ദങ്ങൾക്ക് ഒരേ ഒച്ച ഉണ്ടാവണമെന്നില്ല. ഉദാഹരണമായി ഒരു അടച്ചിട്ട മുറിയിൽ ഒരു ബലൂൺ പൊട്ടുമ്പോഴുണ്ടാവുന്ന ഒച്ച, ഒരു ചന്തയിൽ ആരവാരങ്ങൾക്കിടയിൽ ബലൂൺപ്പൊട്ടിക്കുമ്പോഴുണ്ടാവുന്ന ഒച്ചയെക്കാൾ വളരെ വലുതാണ്. രണ്ടു ശബ്ദവും ഒരേ തീവ്രതയുള്ളതാണെങ്കിലും കേൾക്കുന്ന ഒച്ച വ്യത്യാസമാണ്. തീവ്രത വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ ഒച്ചയും കൂടുന്നു. ശബ്ദം എത്രത്തോളം ഉച്ചത്തിലാണ് എന്നുള്ളത് ശ്രോതാവിന്റെ സംവേദന ക്ഷമതയെക്കൂടി ആശ്രയിച്ചാണുള്ളൊളത്. ഇതിനെയാണ് ഒച്ച എന്നുപറയുന്നത്. ഒച്ച എന്നത് ശബ്ദത്തിന്റെ തീവ്രതയെയും, ചെവിയുടെ സംവേദന ക്ഷമതയെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. (തികച്ചും ഇത് വ്യക്തിക്കു വ്യക്തി വ്യത്യാസം ഉണ്ട്) എന്നാൽ ശബ്ദതീവ്രത ശ്രോതാവിനെ ആശ്രയിച്ചല്ല. ഒച്ച എന്നത് ഇപ്രകാരം നിർവ്വചിക്കാം പുറപ്പെടുവിച്ച ശബ്ദത്തിന്റെ തീവ്രതയുടെ അളവ് അഥവാ ശ്രോതാവിനു കേൾക്കാൻ പറ്റിയ ശബ്ദ തീവ്രതയാണ് ഒച്ച.

11.9.3 ശബ്ദത്തിന്റെ തീവ്രതയും ഒച്ചയും

നമ്മുടെ ചെവികൾക്ക് കേൾക്കാൻ സാധിക്കുന്ന ശബ്ദം 10^{-2} Wm^{-2} to 20 $W\ m^{-2}$ ആകുന്നു. വെബർ ഫ്രെച്ചിനേഴ്സ് നിയമപ്രകാരം ഒച്ച എന്നത് (L) യഥാർത്ഥ തീവ്രതയുടെ ലോഗരിതത്തെ, ഉപക

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 260 22-07-2022 13:45:46

രണങ്ങളുപയോഗിച്ചുള്ള ഉദ്ദേശമൂല്യത്തിനു നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും. അതായത്, (I)

$$L \propto \ln I$$

$$L = k \ln I$$

k ഒരു സ്ഥിരസംഖ്യയാണ്. ഇത് അളവുകളുടെ മാത്രയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. L_1 , L_0 എന്നീ രണ്ടു ഉച്ചത്തിലുള്ള ശബ്ദങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം കൃത്യമായി അളക്കുന്നു. രണ്ട് തീവ്രതകൾ തമ്മിലുള്ള ആപേക്ഷിക ശബ്ദത്തെ ഇളക്കുന്നു. ഇതിനെ ശബ്ദ തീവ്രത നില എന്നു പറയുന്നു. ഗണിതശാസ്ത്രപരമായി ശബ്ദതീവ്രതനില

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

$k = 1$ എങ്കിൽ, $k = 10$ ഡെസിബൽ, ശബ്ദ തീവ്രത നിലയെ bel, എന്നു വിളിക്കുന്നു. കാരണം അലക് സാണ്ടർ ഗ്രഹാംബെല്ലിനോടുള്ള ആദരവാണ്,

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

ഇത് പ്രായോഗികമായി വലിയ അളവാണ്. ആയതിനാൽ നാം ഒരു ചെറിയ അളവ് സൗകര്യാർത്ഥം ഉപയോഗിക്കുന്നു അതാണ് ഡെസിബൽ $= \frac{1}{10}$. അതിനാൽ 10 കൊണ്ട് ഗുണിക്കുകയും ഹരിക്കുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ കിട്ടുന്നത്

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

$$\Delta L = 10 \ln\left[\frac{I_1}{I_0}\right] \text{ ഡെസിബൽ ഇവിടെ } k = 10$$

പ്രാക്ടിക്കലായി നാം $\log_{10}$ ആണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്,

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

ഉദാഹരണം 11.24

ഒരു സംഗീത ഉപകരണത്തിൽ നിന്നുള്ള ശബ്ദ തീവ്രത 50 dB ആകുന്നു. മൂന്ന് ഉപകരണങ്ങൾ ഒരേ സമയം പ്രവർത്തിച്ചാൽ ഉണ്ടാകുന്ന മൊത്ത തീവ്രത കണക്കാക്കുക. ഓരോ ഉപകരണത്തിന്റെയും തീവ്രത കാണുക? ശബ്ദത്തിന്റെ ത്രഷോർഡ് തീവ്രത 10^{-12} W m^{-2} ആകുന്നു

നിർദ്ധാരണം

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

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

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

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

മൂന്നു സംഗീത ഉപകരണങ്ങളുള്ളതിനാൽ,

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

11.10 എയർകോളത്തിന്റെ കമ്പനങ്ങൾ

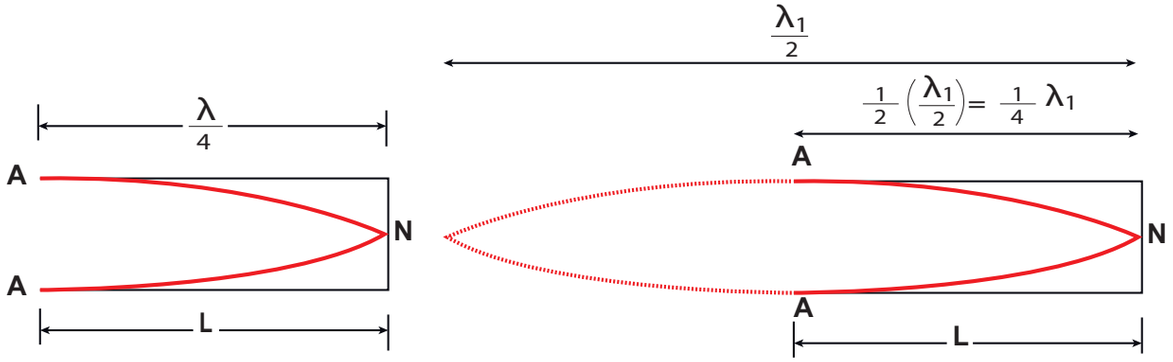
ഫ്ളൂട്ട്, ക്ലാരിനെറ്റ്, നാദസ്വരം എന്നിവ വായു ഉപകരണങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു. അവ വായുനിരയുടെ കമ്പനങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇത്തരം ഉപകരണങ്ങളുടെ ലഘു രൂപമാണ് ഓർഗൽപൈപ്പ്. ഇത് മരം അല്ലെങ്കിൽ ലോഹപൈപ്പ് ഉപയോഗിച്ചാണുണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നത്. ഉദാ: ഫ്ളൂട്ട്, ക്ലാരിനെറ്റ്, നാദസ്വരം ഇവയെല്ലാം ഓർഗൽ പൈപ്പ് ഉപകരണങ്ങളാണ്. ഇത്തരം ഉപകരണങ്ങളെ രണ്ടായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു:

(a) അടച്ച ഓർഗൻപൈപ്പ് :

ചിത്രം 11.36: അടച്ച ഓർഗൻ പൈപ്പിന് ഒരു ഉദാഹരണമാണ് ക്ലാരിനെറ്റ്

ക്ലാരിനെറ്റിന്റെ പടം ചിത്രം 11.36-ൽ സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇത് ഒരു വശം അടച്ചതും മറ്റേ അഗ്രം തുറന്നതുമായ പൈപ്പാണ്. അടച്ച അഗ്രത്തിൽ ശബ്ദം 180° ൽ പതനരംഗത്തിൽ നിന്നും ഫെയിസുമാറി പതിക്കുന്നു. അങ്ങനെ അടഞ്ഞ അഗ്രത്തിൽ കണങ്ങളുടെ വിസ്ഥാപനം നടക്കുന്നില്ല. അതിനാൽ അടഞ്ഞ അഗ്രത്തിൽ നോഡുകളും തുറന്ന അഗ്രത്ത് ആന്റിനോഡുകളും രൂപപ്പെടുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 261 22-07-2022 13:45:51



ചിത്രം 11.37 കണങ്ങൾ ചലിക്കാത്തതിനാൽ അടഞ്ഞ അഗ്രത്ത് നോഡുകളും തുറന്ന അഗ്രത്ത് ആന്റിനോഡുകളും ഉണ്ടാകുന്നു (N-നോഡ്, A-ആന്റിനോഡ്)

അടിസ്ഥാന മോഡ് എന്നുവിളിക്കുന്ന എയർ നിരയുടെ ഏറ്റവും ലളിതമായ കമ്പനങ്ങളുടെ മോഡ് നമുക്ക് പരിഗണിക്കാം. തുറന്ന അറ്റത്ത് ആന്റിനോഡും അടഞ്ഞ അറ്റത്ത് നോഡും രൂപപ്പെടുന്നു. ചിത്രം 11.37, L എന്നത് പൈപ്പിന്റെ നീളവും ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന തരംഗദൈർഘ്യവുമെന്നിരിക്കട്ടെ. അടിസ്ഥാന മോഡ് കമ്പനം എന്നത്,

$$L = \frac{\lambda_1}{4} \text{ അല്ലെങ്കിൽ } \lambda_1 = 4L \quad (11.74)$$

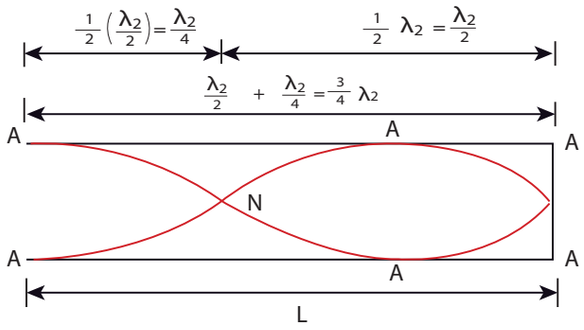
പുറത്തേക്കുവന്ന നോട്ടിന്റെ ആവൃത്തി

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

ഇതിനെയാണ് അടിസ്ഥാന നോട്ട് എന്നു പറയുന്നത്.

കാറ്റ് ശക്തമായി കൊടുത്താൽ അടിസ്ഥാന ആവൃത്തിയെക്കാൾ ഉയർന്ന ആവൃത്തികൾ തുറന്ന അഗ്രത്തിൽ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുവാൻ കഴിയും. അത്തരം ആവൃത്തികളെ ഓവർടോണുകൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു.

രണ്ട് നോഡുകളും രണ്ട് ആന്റിനോടുകളും ഉള്ള രണ്ടാമത്തെ മോഡ് കമ്പനത്തിന്റെ ചിത്രം 11.38-ൽ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്. അതിനായി നമുക്ക് ഉദാ. 11.20 ഉണ്ട്.



ചിത്രം 11.38 രണ്ടു നോഡും രണ്ടു ആന്റിനോഡും ഉള്ള രണ്ടാമത്തെ മോഡ് കമ്പനം

$$4L = 3\lambda_2$$

$$L = \frac{3\lambda_2}{4} \quad , \quad \lambda_2 = \frac{4L}{3}$$

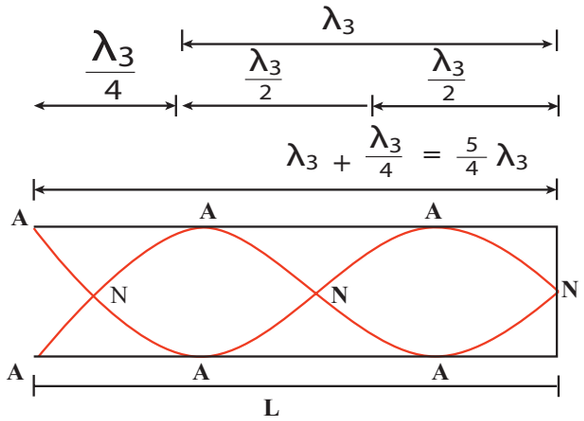
ഇതിന്റെ ആവൃത്തി,

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

ഇതിനെ *ആദ്യ ഓവർ ടോൺ* എന്നു പറയുന്നു. ഇവിടെ ആവൃത്തി അടിസ്ഥാന ആവൃത്തിയുടെ മൂന്നു മടങ്ങായതിനാൽ ഇതിനെ *മൂന്നാമത്തെ ഹാർമോണിക്* എന്നു വിളിക്കുന്നു.

ചിത്രം 11.39-ൽ മൂന്നു നോഡുകളും മൂന്നു ആന്റിനോഡുകളും ഉള്ള മൂന്നാമത്തെ മോഡ് കമ്പനം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 262 22-07-2022 13:45:54



ചിത്രം 11.39 മൂന്നു നോഡുകളും മൂന്ന് ആന്റി നോഡുകളും ഉള്ള മൂന്നാമത്തെ ദോലനം

ഇവിടെ, $4L = 5\lambda_3$

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

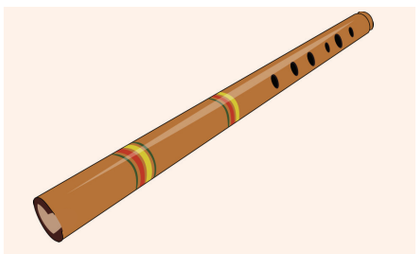
ആവൃത്തി

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

ഇതിനെ *രണ്ടാം ഓവർടോൺ* എന്ന് വിളിക്കുന്നു. അതുപോലെ $n = 5$, *5-ാം ഹാർമോണികം* എന്നു വിളിക്കുന്നു. രണ്ടഗ്രങ്ങളും മൂടിയ വായുയൂപത്തിന് ഒറ്റ ഹാർമോണികങ്ങൾ മാത്രമേ കാണുകയുള്ളൂ. n-മത് ഹാർമോണികത്തിന്റെ ആവൃത്തി $f_n = (2n+1)f_1$ ആകുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഹാർമോണികങ്ങളുടെ ആവൃത്തികളുടെ അനുപാതം

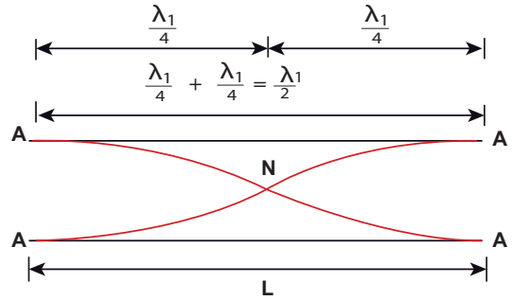
$$f_1 : f_2 : f_3 : f_4 : \ldots = 1 : 3 : 5 : 7 : \ldots \qquad (11.76)$$

(b) തുറന്ന വായുയൂപം :



ചിത്രം 11.40 ഓടക്കുഴൽ തുറന്ന വായുയൂപത്തിന് ഒരുദാഹരണമാണ്

ചിത്രം 11.40-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു ഓടക്കുഴലിനെ സങ്കൽപ്പിക്കുക. ഇത് രണ്ടഗ്രങ്ങളും തുറന്ന ഒരു വായുയൂപമാണ്. ഈ രണ്ട് തുറന്ന അഗ്രങ്ങളിലും ആന്റിനോഡുകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു. വായുയൂപത്തിന്റെ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ആവൃത്തിയുള്ള ദോലനത്തെ പ്രാഥമിക ഹാർമോണികം എന്നു പറയുന്നു. എന്തെന്നാൽ തുറന്ന അഗ്രങ്ങളിൽ ആന്റിനോഡുകളും പൈപ്പിന്റെ മധ്യബിന്ദുവിൽ നോഡും രൂപം കൊള്ളുന്നതുകൊണ്ടാണ്.



ചിത്രം 11.41 തുറന്ന അഗ്രത്തിൽ ആന്റി നോഡുകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു. പൈപ്പിന്റെ മധ്യഭാഗത്ത് നോഡുകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു.

ചിത്രം 11.41-ൽ നിന്നും L എന്നത് ട്യൂബിന്റെ നീളം, ഉണ്ടാകുന്ന തരംഗത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം

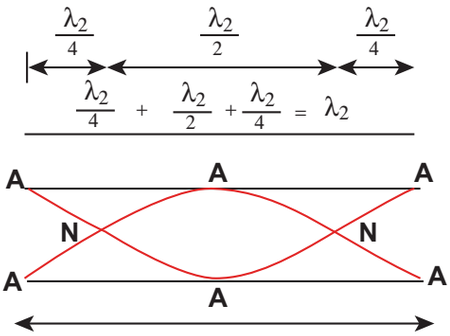
$$L = \frac{\lambda_1}{2} \text{ അല്ലെങ്കിൽ } \lambda_1 = 2L \qquad (11.77)$$

നോഡിന്റെ ആവൃത്തി

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

ഇതിനെ പ്രാഥമിക ഹാർമോണികം അല്ലെങ്കിൽ *ഫണ്ടമെന്റൽ നോഡ്* എന്നു വിളിക്കുന്നു.

പ്രാഥമിക ആവൃത്തിയെക്കാൾ അധിക ആവൃത്തി ഉണ്ടാകുന്നതിന് തുറന്ന അഗ്രത്തിൽ കാറ്റ് വേഗത്തിൽ ഊതുക. ഇത്തരം ആവൃത്തികളെ അധ്യാരോപണം എന്നു വിളിക്കുന്നു.



ചിത്രം 11.42 രണ്ട് നോഡുകളും മൂന്ന് ആന്റിനോഡുകളും ഉള്ള തുറന്ന പൈപ്പിലെ രണ്ടാം ഹാർമോണികം

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 263 22-07-2022 13:45:57

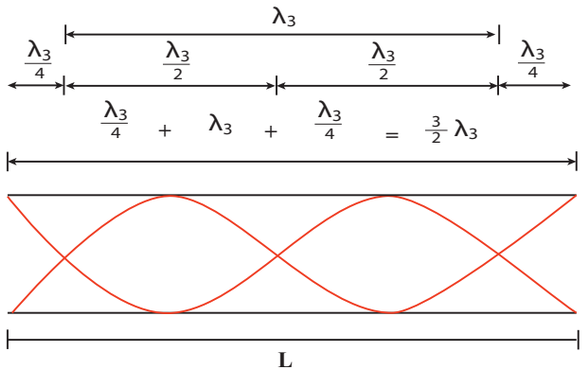
ചിത്രം 11.42-ൽ തുറന്ന പൈപ്പിലെ രണ്ടാം മോഡ് ദോലനം കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതിൽ രണ്ട് നോഡുകളും മൂന്ന് ആന്റിനോഡുകളും കാണുന്നു,

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

ആവൃത്തി

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

ഇതിനെ **ഒന്നാം ഓവർടോൺ** എന്നു വിളിക്കുന്നു. എന്തെന്നാൽ $n = 2$ നെ **രണ്ടാം ഹാർമോണികം** എന്നുവിളിക്കുന്നു.



ചിത്രം 11.43 മൂന്നു നോഡുകളും നാല് ആന്റിനോഡുകളും ഉള്ള മൂന്നാം ദോലനം

11.43 മൂന്നു നോഡുകളും നാല് ആന്റിനോഡുകളും ഉള്ള മൂന്നാം ദോലനം ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു

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

ആവൃത്തി

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

ഇതിനെ രണ്ടാം ഓവർടോൺ എന്നു വിളിക്കുന്നു. $n = 3$ ആകുമ്പോൾ ഇതിനെ *മൂന്നാം ഹാർമോണികം* എന്നുവിളിക്കുന്നു.

തുറന്ന വായു യൂപത്തിൽ എല്ലാ ഹാർമോണികങ്ങളും കാണുന്നു. n മത് ഹാർമോണികത്തിന്റെ ആവൃത്തി $f_n = nf_1$ ഹാർമോണികങ്ങളുടെ ആവൃത്തികളുടെ അനുപാതം.

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

ഉദാഹരണം 11.25

ഒരു ഓടക്കുഴൽ ഏർപ്പെടുത്തുന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ ആവൃത്തി $450Hz$ രണ്ടാമത്തെ മൂന്നാമത്തെ, നാലാമ്തെ ഹാർമോണികങ്ങ് ഓങ്ങൾ കാണുക? ക്ലാരിനറ്റ് എന്നത് ഉണ്ടാക്കുന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ ആവൃത്തിയും $450Hz$ ആണെങ്കിൽ ആദ്യത്തെ മൂന്നു ഹാർമോണികത്തിന്റെ ആവൃത്തി കാണുക ?.

നിർദ്ധാരണം

ഓടക്കുഴൽ എന്നത് തുറന്ന വായുയൂപമായതിനാൽ

രണ്ടാം ഹാർമോണികങ്ങൾ $f_2 = 2 f_1 = 900$ Hz

മൂന്നാം ഹാർമോണികങ്ങൾ $f_3 = 3 f_1 = 1350$ Hz

നാലാം ഹാർമോണികങ്ങൾ $f_4 = 4 f_1 = 1800$ Hz

ക്ലാറിനറ്റ് അടഞ്ഞ പൈപ്പ്

രണ്ടാം ഹാർമോണികങ്ങൾ $f_2 = 3 f_1 = 1350$ Hz

മൂന്നാം ഹാർമോണികങ്ങൾ $f_3 = 5 f_1 = 2250$ Hz

നാലാം ഹാർമോണികങ്ങൾ $f_4 = 7 f_1 = 3150$ Hz

ഉദാഹരണം 11.26

അടഞ്ഞ വായുയൂപത്തിന്റെ 3-ാമതു ഹാർമോണികം തുറന്ന ഓർഗൻ പൈപ്പിന്റെ പ്രാഥമിക ആവൃത്തിയ്ക്ക് തുല്യമാണ്. അടഞ്ഞ വായുയൂപത്തിന്റെ നീളം 30 സെ.മി. ആണെങ്കിൽ തുറന്ന വായുയൂപത്തിന്റെ നീളം കാണുക.

നിർദ്ധാരണം

തുറന്ന വായുയൂപത്തിന്റെ നീളം l_2 അടഞ്ഞ വായുയൂപത്തിന്റെ നീളം $l_1 = 30\ cm.$

അടഞ്ഞ ഓർഗൻപൈപ്പിന്റെ 3-ാം ഹാർമോണികം തുറന്ന ഓർഗൻപൈപ്പിന്റെ പ്രാഥമിക ആവൃത്തിയ്ക്ക് തുല്യമാണെന്ന് തന്നിരിക്കുന്നു.

അടഞ്ഞ ഓർഗൻ പൈപ്പിന്റെ മൂന്നാം ഹാർമോണികം

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

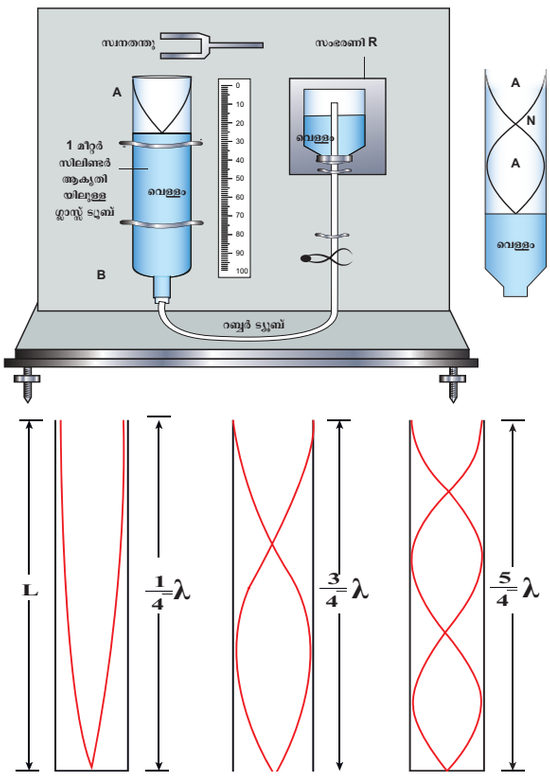
XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 264 22-07-2022 13:45:59

തുറന്ന ഓർഗൻ പൈപ്പിന്റെ അടിസ്ഥാന ആവൃത്തി $f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2l_2}$

അതുകൊണ്ട്,

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

11.10.1 അനുനാദ വായു സ്തംഭഉപകരണം



ചിത്രം 11.44: അനുനാദവായുസ്തംഭവും ഒന്ന്, രണ്ട്, മൂന്ന് തുടങ്ങിയ അനുനാദങ്ങളും

ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത അളക്കുന്നതിനായി ഉപയോഗിക്കുന്ന ഏറ്റവും ലളിതമായ വിദ്യകളിലൊന്നാണ് അനുനാദവായുസ്തംഭം സിലിണ്ടറാവൃത്തിയിലുള്ള ഒരു ഗ്ലാസ് റ്റ്യൂബ് കാണുന്നു. ഇതിന്റെ A എന്ന അഗ്രം തുറന്നതും B എന്ന അഗ്രം ഒരു റബ്ബർ ട്യൂബ്വഴിഒരുജലസംഭരണിയുമായിബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതുമാകുന്നു. ചിത്രം 11.44-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.ഈസിലിണ്ടറാകൃതിയിലുള്ളഗ്ലാസ്ട്യൂബിനെ ഒരു സ്കെയിൽ (അളവുകോൽ ചേർത്തുവച്ചിരിക്കുന്ന ലംബമായ സ്റ്റാൻഡിൽ ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ട്യൂബിൽഭാഗികമായി ജലം നിറയ്ക്കുക. ജലനിരപ്പിനെ ക്രമീകരിക്കുന്നതിന് സംഭരണിയിലെ ജലത്തെ ഉയർത്തുകയോ, താഴ്ത്തുകയോ ചെയ്യാം. ജലത്തിന്റെ പ്രതലം ഒരു അടഞ്ഞ അഗ്രമായും മറ്റുഭാഗം തുറന്ന അഗ്രമായും പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ആയതിനാൽ ഇതൊരു അടഞ്ഞ വായു യൂപമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ദോലനം ചെയ്യപ്പെട്ട ഒരു ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിന്റെ ട്യൂബിന്റെ തുറന്ന അഗ്രത്തിൽ കൊണ്ടുവരികയാണെങ്കിൽ വായു യൂപത്തിനുള്ളിൽ അനുദൈർഘ്യതരംഗങ്ങൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഈ തരംഗങ്ങൾ ചിത്രം 11.44-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ താഴോട്ട് ജലത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ എത്തുകയും പ്രതിഫലിക്കുകയും ചെയ്ത് നിശ്ചലതരംഗങ്ങളെ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. വായു യൂപത്തിൽ ഉച്ചത്തിലുള്ള ശബ്ദം കേൾക്കുന്നതുവരെ ജലത്തിന്റെ നിരപ്പ് വ്യത്യാസപ്പെടുത്തി വായുയൂപത്തിന്റെ നീളം വ്യത്യാസപ്പെടുത്തുക. ഒരു നിശ്ചിത നീളത്തിൽ വായു യൂപത്തിലെ തരംഗങ്ങളുടെ ആവൃത്തി ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിലെ ആവൃത്തി (ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിന്റെ സ്വാഭാവിക ആവൃത്തി) യുമായി അനുരണനത്തിന് വിധേയമാകുന്നു. അനുനാദത്തിന് സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ട ശബ്ദ തരംഗങ്ങളുടെ ആവൃത്തി, ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിലെ ആവൃത്തിയ്ക്ക് തുല്യമാകണം. വായുസ്തംഭത്തിന്റെ നീളം ശബ്ദ തരംഗങ്ങളുടെ തരംഗദൈർഘ്യത്തിന്റെ $\left(\frac{1}{4}\right)^{\text{th}}$ മത് മടങ്ങാകുമ്പോൾ ഇത് സാധ്യമാകുന്നു.

ഒന്നാമത്തെ അനുനാദം L_1 നീളത്തിലാണ് ഉണ്ടാകുന്നതെങ്കിൽ

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

എന്നാൽ ആന്റിനോഡുകൾ കൃത്യമായും തുറന്ന അഗ്രത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്നില്ല. ആയതിനാൽ നാം ഒരു തിരുത്തൽ ചെയ്യേണ്ടതുണ്ട്. ഇതിന്റെ e (അഗ്ര തിരുത്തൽ) എന്നുവിളിക്കുന്നു. തിരുത്തൽ എന്തെന്നാൽ ആന്റിനോഡുകൾ തുറന്ന അഗ്രത്തിൽ നിന്നും വളരെ കുറഞ്ഞ ഭാരത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്നു എന്ന് കരുതുക. ഈ അഗ്രതിരുത്തൽ ഉൾക്കൊള്ളിച്ചാൽ പ്രാഥമിക അനുനാദം

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

വായു സ്തംഭത്തിന്റെ നീളത്തെ രണ്ടാം അനുനാദം കിട്ടുന്നതിനായി ഉയർത്തുക. രണ്ടാം അനുനാദം ഏർപ്പെടുന്ന നീളം L_2 ആകുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 265 22-07-2022 13:46:01

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

അഗ്രതിരുത്തലിനെ ഒഴിവാക്കിയാൽ, സമീകരണം (11.82) നും (11.81) നുമിടയിലുള്ള വ്യത്യാസം കാണാം

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

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

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

വായുവിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത കണക്കാക്കുന്നതിനുപയോഗിക്കുന്ന സൂത്രം

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

അഗ്രതിരുത്തൽ കാണുന്നതിന് സമീകരണം (11.81), (11.82) ഉപയോഗിക്കുക

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

ഉദാഹരണം 11.27

1.0 m ഉയരമുള്ള കുഴലിനുമുകളിൽ 343 Hz ആവൃത്തിയിൽ കമ്പനം ചെയ്യുന്ന ഒരു ആവൃത്തി ജനറേറ്റർ വച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു പമ്പിനെ പ്രവർത്തിപ്പിച്ച് ട്യൂബിൽ സാവധാനത്തിൽ ജലം നിറയ്ക്കുക. ട്യൂബിൽ നിറയുന്ന ജലത്തിന്റെ ഏത് ഉയരത്തിലാണ് അനുനാദം ഏർപ്പെടുന്നത്? (വായുവിൽ കാറ്റിന്റെ പ്രവേഗം 343 m s^{-1})

നിർദ്ധാരണം

തരംഗദൈർഘ്യം, $\lambda = \frac{c}{f}$

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

അനുദാന വായു സ്തംഭത്തിന്റെ നീളം L_1, L_2 , L_3. ആണെങ്കിൽ L_1 നീളത്തിലേർപ്പെടുന്ന ഒന്നാമത്തെ അനുനാദം

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

L_2 നീളത്തിലേർപ്പെടുന്ന രണ്ടാമത്തെ അനുനാദം

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

നീളത്തിലെ മൂന്നാം അനുനാദം

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

ഇതുപോലെ ഉണ്ടാവും.

ട്യൂബിന്റെ നീളം 1.0 m ആയതിനാൽ മൂന്നാമത്തെതോ മറ്റു ഉയർന്ന അനുനാദങ്ങളോ ഏർപ്പെടുന്നില്ല. അതുകൊണ്ട് അനുനാദത്തിന് ആവശ്യമായ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ജല ഉയരം H_{min},

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

ഉദാഹരണം 11.28

ഒരു വിദ്യാർത്ഥി റെസണൻസ് കോളം രീതിയുപയോഗിച്ച് വായുവിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത നിർണ്ണയിക്കുന്നതിനുള്ള ഒരു പരീക്ഷണം നടത്തി. ട്യൂണിങ് ഫോർക്കുപയോഗിച്ച് പ്രാഥമിക മോഡിൽ അനുരണനം (പ്രതിധ്വനിക്കുന്ന) ചെയ്യുന്ന വായു യൂപത്തിന്റെ നീളം 0.2 m. നീളം വ്യത്യാസപ്പെടുത്തുകയാണെങ്കിൽ അതേ ട്യൂണിങ്ഫോർക്ക് ഒന്നാം അധ്യാരോപണം 0.7 m പ്രതിധ്വനിക്കുന്നു. അഗ്രതിരുത്തൽ കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

അഗ്രതിരുത്തൽ

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

ഉദാഹരണം 11.29

വായു സ്തംഭത്തിൽ അനുനാദം ഉണ്ടാക്കുന്നതിനുപയോഗിക്കുന്ന ഒരു ട്യൂണിങ്ഫോർക്കിനെ സങ്കൽപ്പിക്കുക. വേരിയബിൾ പിസ്റ്റൺ ഉപയോഗിച്ച് നീളം ക്രമീകരിക്കാവുന്ന ഒരു ഗ്ലാസ് ട്യൂബാണ് റെസണൻസ് വായുസ്തംഭം. രണ്ട് സമീപ അനുരണനങ്ങൾ 20 cm, 85 cm തുടങ്ങിയ നീളങ്ങളിൽ നിരീക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ നീളത്തിന്റെ ആവൃത്തി 256 Hz ആണെങ്കിൽ വായുവിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം കണക്കാക്കുക.

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 266 22-07-2022 13:46:05

നിർദ്ധാരണം

ക്രമാനുക്രമ നീളം (അനുരണനം) തന്നിട്ടുണ്ട്

$L_1 = 20$ cm , $L_2 = 85$ cm

ആവൃത്തി $f = 256$ Hz

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

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

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

11.11 ഡോപ്ലർ പ്രഭാവം

നിങ്ങൾ ഒരു റെയിൽവേ പ്ലാറ്റ്ഫോമിൽ നിൽക്കുന്നുവെന്ന് സങ്കൽപ്പിക്കുക. നിങ്ങളുടെ പിന്നിലൂടെ നീങ്ങുന്ന ഒരു ട്രെയിനിന്റെ വിസിൽ ശ്രദ്ധിക്കുകയാണെങ്കിൽ ട്രെയിൻ നിങ്ങളെ സമീപിക്കുമ്പോൾ നിങ്ങൾ കേൾക്കുന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ പിച്ച് (അഥവാ ആവൃത്തി) നിങ്ങളിൽ നിന്ന് അകന്നു പോകുമ്പോൾ നിങ്ങൾ കേൾക്കുന്ന പിച്ചിനേക്കാൾ ഉയർന്നതാണ് എന്ന് കാണാം. ഇത് ഡോപ്ലർ ഇഫ്ക്റ്റിന് ഒരു ഉദാഹരണമാണ്.

ശബ്ദത്തിന്റെ ഉറവിടവും, ശ്രോതാവും തമ്മിലുള്ള ആപേക്ഷിക ചലനം മൂലമാണ് ഈ പ്രഭാവം സംഭവിക്കുന്നത്. ചലനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഈ ആവൃത്തിയിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റം ആദ്യം നിരീക്ഷിക്കുകയും പഠിക്കുകയും ചെയ്തത് ഓസ്ട്രിയൻ ഗണിത ശാസ്ത്രജ്ഞനും ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞനുമായ ജോഹാൻ ക്രിസ്റ്റ്യൻ ഡോപ്ലർ (1803–1853) ആണ്.

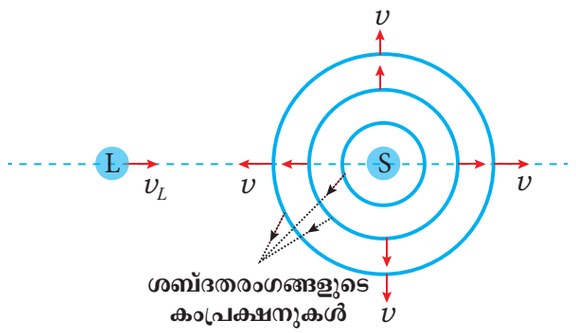
ശബ്ദ ഉറവിടത്തിനും അത് ശ്രവിക്കുന്ന ശ്രോതാവിനും ഇടയിൽ ആപേക്ഷിക ചലനം ഉണ്ടാക്കുമ്പോഴെല്ലാം ശ്രോതാവ് നിരീക്ഷിക്കുന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ ആവൃത്തി, ഉറവിടം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ആവൃത്തിയിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമാണ് എന്ന് കാണാം. ഈ പ്രതിഭാസമാണ് ഡോപ്ലർ ഇഫക്റ്റ്.

ഡോപ്ലർ പ്രഭാവം ഒരു തരംഗ പ്രതിഭാസമാണ്. അതിനാൽ ഇത് ശബ്ദ തരംഗങ്ങൾക്ക് മാത്രമല്ല, പ്രകാശം, മറ്റ് വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ എന്നിവ പോലുള്ള ഏത് തരംഗത്തിനും സംഭവിക്കുന്നു. ഇവിടെ ശബ്ദത്തിനായുള്ള ഡോപ്ലർ ഇഫക്റ്റിന്റെ വ്യത്യസ്ത കേസുകൾ ഞങ്ങൾ ചർച്ച ചെയ്യുകയും ശ്രോതാവ് നിരീക്ഷിക്കുന്ന ആവൃത്തിയുടെ ആവിഷ്കാരം കണ്ടുപിടിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

***സ്റ്റേഷണറി നിരീക്ഷകനും* സ്റ്റേഷണറി ഉറവിടവും അർത്ഥമാക്കുന്നത് നിരീക്ഷകനും ഉറവിടവും യഥാക്രമം മാദ്ധ്യമവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് സ്ഥിരമായിരിക്കുകയാണ് എന്നാണ്.**

i) നിരീക്ഷിച്ച ആവൃത്തി : സ്രോതസ്സ് സ്ഥിരാവസ്ഥയിൽ, നിരീക്ഷകൻ ചലനാവസ്ഥയിൽ

ഒരു മാദ്ധ്യമ (വായു)ത്തിൽ ഒരു പോയിന്റ് ശബ്ദ സ്രോതസ്സ് S നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ ഇരിക്കുന്നുവെന്ന് സങ്കല്പിക്കുക. മാദ്ധ്യമവും യൂണിഫോമായി സ്ഥിരാവസ്ഥയിൽ തന്നെ തുടരുന്നു എന്നു സങ്കല്പിക്കുക. ശബ്ദസ്രോതസ്സ് f ആവൃത്തിയുള്ളതും λ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ളതുമായ ശബ്ദത രംഗങ്ങളെ ഉൽസർജിക്കുന്നു.



ചിത്രം 11.45 ശ്രോതാവ് നിശ്ചലമായ സ്രോതസ്സിനടുത്തേക്ക് നീങ്ങുന്നു

സ്രോതസ്സിൽ നിന്നും റേഡിയൽ ദിശയിൽ ഗോളീയ തരംഗങ്ങളായി ഒരേ വേഗതയിൽ υ ശബ്ദ തരംഗങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ചിത്രം 11.45-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ശബ്ദതരംഗങ്ങളുടെ കംബ്രക്ഷൻസ് (അഥവാ തരംഗ മുഖങ്ങൾ) കോൺസെൻട്രിക് വൃത്തങ്ങളാണ്. രണ്ട് ക്രമാനുക്രമ കംപ്രക്ഷൻസുകൾക്ക് ഇടയ്ക്കുള്ള അകലം എന്നത് തരംഗദൈർഘ്യം λ യും അവയുടെ ആവൃത്തി

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

ശ്രോതാവ് L നിശ്ചലാവസ്ഥയിലിരിക്കുമ്പോൾ സ്രോതസ്സിനും ശ്രോതാവിനും ആപേക്ഷിക ചലനം ഇല്ല. അതായത് υ യും λ യും വ്യത്യാസപ്പെടുന്നില്ല. ശ്രോതാവ് ശ്രവിക്കുന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ ആവൃത്തി, സ്രോതസ്സ് ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ ആവൃത്തിക്ക് f സമമാണ്.

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 267 22-07-2022 13:46:05

ഇപ്പോൾ ശ്രോതാവ് നേരിട്ട് നിശ്ചല ഉറവിടത്തിലേക്ക് നീങ്ങുന്നു. (ചിത്രം 11.45) v_L എന്നത് ശ്രോതാവിന്റെ വേഗതയെങ്കിൽ, ശ്രോതാവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് ശബ്ദത്തിന്റെ ആപേക്ഷിക വേഗത $v' = v + v_L$ ആയി മാറുന്നു. തരംഗദൈർഘ്യം മാറ്റമില്ലാതെ തുടരുന്നതിനാൽ (ഉറവിടം നിശ്ചലമായതിനാൽ) ശ്രോതാവ് നിരീക്ഷിക്കുന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ ആവൃത്തി മാറുന്നു. നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ട ആവൃത്തി f' ഇപ്രകാരം സൂചിപ്പിക്കാം

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

സമവാക്യം (11.83) ഉപയോഗിച്ച്,

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

(ശ്രോതാവ് സ്രോതസ്സിനരുകിലേക്ക് ചലിക്കുന്നു)

അതിനാൽ ശ്രോതാവ് നിശ്ചല ഉറവിടത്തിലേക്ക് നീങ്ങുമ്പോൾ നിരീക്ഷിച്ച ആവൃത്തി ഉറവിട ആവൃത്തിയേക്കാൾ വലുതാണ്.

ശ്രോതാവ് നിശ്ചല ഉറവിടത്തിൽ നിന്ന് അകലുകയാണെങ്കിൽ നിരീക്ഷണ ആവൃത്തിയെ സമവാക്യം (11.84) കൊണ്ട് കണ്ടുപിടിക്കാം. ഇവിടെ v_L നെ നെഗറ്റീവ് ആയി പരിഗണിക്കുക. അപ്പോൾ

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

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

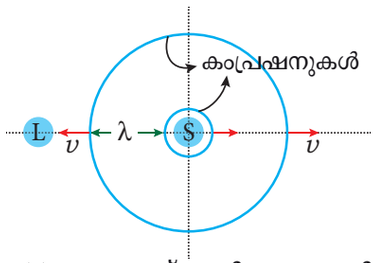
(ശ്രോതാവ് സ്രോതസ്സിൽ നിന്നും അകലുമ്പോൾ)

ഇപ്രകാരം ശ്രോതാവ് നിശ്ചല ഉറവിടത്തിൽ നിന്ന് അകലുമ്പോൾ നിരീക്ഷണ ആവൃത്തി ഉറവിട ആവൃത്തിയേക്കാൾ കുറവാണ്.

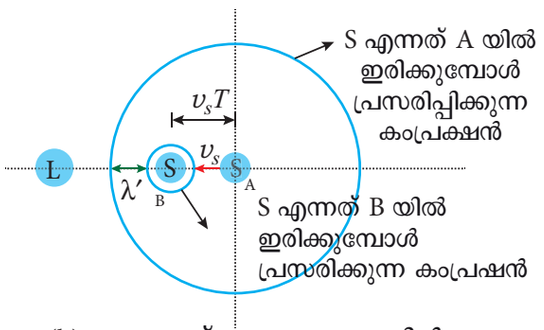
ii) അവലോകന ആവൃത്തി : ചലിക്കുന്ന സ്രോതസ്സും നിശ്ചലാവസ്ഥയിലെ ശ്രോതാവും

ചിത്രം 11.46a യിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ സ്രോതസ്സ് S ഉം ശ്രോതാവ് L ഇവ രണ്ടും നിശ്ചലാവസ്ഥയിലാണെന്നു സങ്കല്പിക്കുക. ക്രമാനുക്രമ രണ്ട് കംപ്രക്ഷനുകളെ പടത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലെ കേന്ദ്രീകൃതം. വൃത്ത രൂപത്തിൽ പ്രതിനിധീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. തൽക്ഷണം പുറത്തുവിട്ടിരിക്കുന്ന രണ്ടാമത്തെ കംപ്രക്ഷൻ ഇപ്പോഴും ഉറവിടത്തിനടുത്താണ്. തുടർച്ചയായ രണ്ട് കംപ്രക്ഷനുകൾക്ക് ഇടയ്ക്കുള്ള അകലമാണ് ശബ്ദത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം λ, f എന്നത് സ്രോതസ്സിന്റെ ആവൃത്തിയായതിനാൽ രണ്ട് കംപ്രക്ഷനുകളുടെ ഉദ്വമനത്തിനു തമ്മിലുള്ള സമയം

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



(a) സ്രോതസ്സ് സ്ഥിരാവസ്ഥയിൽ



(b) സ്രോതസ്സ് ചലനാവസ്ഥയിൽ

ചിത്രം 11.46 നിശ്ചലാവസ്ഥയിലെ ശ്രോതാവിനടുത്തോട്ട് സ്രോതസ്സ് ചലിക്കുമ്പോൾ

ഇപ്പോൾ ശ്രോതാവ് നിശ്ചലമാണ്. ഉറവിടം ശ്രോതാവിലേക്ക് നേരിട്ട് നീങ്ങുന്നു. (ചിത്രം 11.46(b)) ഉറവിടത്തിന്റെ വേഗത v_s ശബ്ദ വേഗത v യേക്കാൾ കുറവാണെന്നിരിക്കട്ടെ.

T സമയത്തിൽ ആദ്യ കംപ്രക്ഷൻ സഞ്ചരിച്ച അകലം $vT = \lambda$ എന്നും സ്രോതസ്സ് സഞ്ചരിച്ച അകലം v_sT യും ആകുന്നു. തത്ഫലമായി രണ്ട് ക്രമാനുക്രമ കംപ്രക്ഷൻകൾക്ക് ഇടയ്ക്കുള്ള അകലം λ യിൽ നിന്നും $\lambda' = \lambda - v_sT$. ആയി കുറയുന്നു. അതിനാൽ ശ്രോതാവ് നിരീക്ഷിക്കുന്ന ശബ്ദതരംഗത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 268 22-07-2022 13:46:07

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

നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ട ആവൃത്തിയെ ഇപ്രകാരം എഴുതാം

$$f' = \frac{\upsilon}{\lambda'} = \frac{\upsilon}{\lambda - \left(\frac{\upsilon_S}{f}\right)}$$

$$= \frac{\upsilon}{\left(\frac{\upsilon}{f}\right) - \left(\frac{\upsilon_S}{f}\right)}$$

$$f' = \left(\frac{\upsilon}{\upsilon - \upsilon_S}\right) f \qquad (11.86)$$

(സ്രോതസ്സ് ശ്രോതാവിന്റെ അരുകിലേക്ക്)

ഇപ്രകാരം ശബ്ദസ്രോതസ്സ് നിശ്ചല ശ്രോതാവിലേക്ക് നീങ്ങുമ്പോഴെല്ലാം നിരീക്ഷിച്ച ആവൃത്തി സ്രോതസ്സിന്റെ ആവൃത്തിയേക്കാൾ കൂടിയിരിക്കും.

സ്രോതസ്സ് നിശ്ചല ശ്രോതാവിൽ നിന്ന് അകലുകയാണെങ്കിൽ നിരീക്ഷണ ആവൃത്തിയെ സമവാക്യം (11.86) ഉപയോഗിച്ച് കണ്ടുപിടിക്കാം. ഇവിടെ υ_S ന്റെ മൂല്യത്തെ നെഗറ്റീവ് ആയി പരിഗണിക്കുക. അപ്പോൾ

$$f' = \left(\frac{\upsilon}{\upsilon - (-\upsilon_S)}\right) f$$

$$f' = \left(\frac{\upsilon}{\upsilon + \upsilon_S}\right) f \qquad (11.87)$$

(സ്രോതസ്സ് ശ്രോതാവിൽ നിന്ന് അകന്നു പോകുന്നു)

നിശ്ചല ശ്രോതാവിൽ നിന്നും സ്രോതസ്സ് അകലുമ്പോഴുള്ള സ്രോതസ്സിന്റെ ആവൃത്തി.

iii) അവലോകന ആവൃത്തി : സ്രോതസ്സും ശ്രോതാവും സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ

സ്രോതസ്സും ശ്രോതാവും രണ്ടും സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ അവലോകന ആവൃത്തി കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് സമവാക്യങ്ങൾ (11.84) ഉം (11.86) ഉം ചേർത്തെഴുതുക.

$$f' = \left(\frac{\upsilon + \upsilon_L}{\upsilon - \upsilon_S}\right) f \qquad (11.88)$$

ഇവിടെ ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്ന ചിഹ്ന വ്യവസ്ഥ എന്തെന്നാൽ, സ്രോതസ്സോ ശ്രോതാവോ ഒന്ന് മറ്റൊന്നിനോട് അടുത്ത് വരുകയാണെങ്കിൽ υ_S, υ_L എന്നിവയുടെ മൂല്യം പോസിറ്റീവും. അതുപോലെ സ്രോതസ്സോ ശ്രോതാവോ ഒന്ന് മറ്റൊന്നിൽ നിന്നും അകലുകയാണെങ്കിൽ അതിന്റെ മൂല്യത്തെ നെഗറ്റീവ് ആയും പരിഗണിക്കണം എന്നതാണ്.

പട്ടിക 11.4-ൽ ഉറവിടവും ശ്രോതാവും തമ്മിലുള്ള ആപേക്ഷിക ചലനത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത സാഹചര്യങ്ങളിലെ അവലോകന ആവൃത്തികൾ ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

കുറിപ്പ്

ഇവിടെ ശ്രദ്ധേയമായി മനസ്സിലാക്കേണ്ട വസ്തുത എന്തെന്നാൽ ആവൃത്തിയിൽ വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുന്നത് ഒന്നുകിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗതയിലുണ്ടാകുന്ന വ്യത്യാസം (ശ്രോതാവ് സഞ്ചരിക്കുമ്പോഴും ഉറവിടം വിശ്രമത്തിലായിരിക്കുമ്പോഴും) അല്ലെങ്കിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യത്തിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റം മൂലമോ (സ്രോതസ്സ് സഞ്ചരിക്കുമ്പോഴും ശ്രോതാവ് നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ തുടരുമ്പോൾ) ആകുന്നു.

സ്രോതസ്സും ശ്രോതസ്സും സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ആവൃത്തിയിലെ മാറ്റം ശബ്ദ തരംഗങ്ങളുടെ വേഗത, തരംഗദൈർഘ്യം എന്നിവയിലുണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനമാണ്.

നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ

ശബ്ദസ്രോതസ്സിന്റെ ചലനം ശബ്ദതരംഗങ്ങളേക്കാൾ വേഗത കൂടുതലാണെന്ന് സങ്കല്പിക്കുക. (അതായത് സ്രോതസ്സ് സൂപ്പർസോണിക് ആണ്). സമവാക്യം (11.84) ഉം (11.86) ഉം പ്രകാരമുള്ള അവലോകന ആവൃത്തി അസാധുവായിത്തീരും. കൂടാതെ സ്രോതസ്സിനു മുന്നിലെ നിശ്ചല ശ്രോതാവ് ശബ്ദം കേൾക്കുന്നില്ല എന്തെന്നാൽ ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ സ്രോതസ്സിനു പുറകിലാണ്.

അത്തരം വേഗതയിൽ പുതിയതായി ഉൽപ്പാദിപ്പിച്ച തരംഗങ്ങളും പഴയ തരംഗങ്ങളും ക്രിയാത്മകമായി ഇന്റർഷെറൻസ് നടത്തുന്നു. ഇത് ആയതി കൂടിയ ശബ്ദത്തിനു വഴിയൊരുക്കുന്നു. ഇതിനെ 'സോണിക് ബൂം' അഥവാ 'ഷോക്ക് വേവ്' എന്നു വിളിക്കുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 269 22-07-2022 13:46:09

പട്ടിക 11.4: വ്യത്യസ്ത സാഹചര്യങ്ങളിലെ അവലോകന ആവൃത്തി

ക്ര.ന	സാഹചര്യം	അവലോകന ആവൃത്തി
1	L നിശ്ചലമായ S ലേക്ക് നീങ്ങുന്നു	$f' = \left(\frac{v + v_L}{v}\right) f$
2	L നിശ്ചലമായ S ൽ നിന്നും അകലുന്നു	$f' = \left(\frac{v - v_L}{v}\right) f$
3	S നിശ്ചലമായ L ലേക്ക് നീങ്ങുന്നു	$f' = \left(\frac{v}{v - v_S}\right) f$
4	S നിശ്ചലമായ L ൽ നിന്നും അകലുന്നു	$f' = \left(\frac{v}{v + v_S}\right) f$
5	S ഉം L ഉം പരസ്പരം നീങ്ങുന്നു	$f' = \left(\frac{v + v_L}{v - v_S}\right) f$
6	S ഉം L ഉം പരസ്പരം പിൻവാങ്ങുന്നു	$f' = \left(\frac{v - v_L}{v + v_S}\right) f$
7	S, L നെ പിന്തുടരുന്നു	$f' = \left(\frac{v - v_L}{v - v_S}\right) f$
8	L, S നെ പിന്തുടരുന്നു	$f' = \left(\frac{v + v_L}{v + v_S}\right) f$
9	S, L എന്നിവ പരസ്പരം നീങ്ങുന്നു. കൂടാതെ മാദ്ധ്യമവും ശബ്ദത്തിന്റെ ദിശയിലേക്ക് v_m വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു	$f' = \left(\frac{(v + v_m) + v_L}{(v + v_m) - v_S}\right) f$

കുറിപ്പ്

ശബ്ദത്തിലെ ഡോപ്ലർ പ്രഭാവം അസിമിട്രിക് ആണ്. എന്നാൽ പ്രകാശത്തിലേക്ക് അനുരൂപ്യമായ ഒന്നാണ്.

ഇവിടെ സ്രോതസ്സ് നിശ്ചലാവസ്ഥയിലിരിക്കുന്ന ശ്രോതസ്സിനടുത്തോട് സഞ്ചരിക്കുമ്പോഴും അതുപോലെ ശ്രോതാവ് നിശ്ചലാവസ്ഥയിലിരിക്കുന്ന സ്രോതസ്സിനടുത്തോട്ട് ഒരേ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുമ്പോഴും ഉള്ള അവലോകന ആവൃത്തികൾ വ്യത്യാസമാണ്. രണ്ട് കേസുകളിലും ആപേക്ഷിക വേഗത തുല്യമാണെങ്കിലും അവലോകന ആവൃത്തികൾ വ്യത്യസ്തമാണ്. അതിനാൽ ശബ്ദത്തിലെ ഡോപ്ലർ പ്രഭാവം അസിമിട്രിക് ആണെന്ന് നമുക്ക് പറയാൻ സാധിക്കും. ഇതിനു കാരണം ശബ്ദ തരംഗത്തിന് അതിന്റെ പ്രചാരണത്തിനു ഒരു മാധ്യമം ആവശ്യമാണ്, കൂടാതെ ഓരോ മാദ്ധ്യമത്തിലും അതിനോടനുബന്ധിച്ചുള്ള വേഗതയും ഉണ്ട്.

എന്നാൽ പ്രകാശത്തിന്റേയും മറ്റ് വൈദ്യുത കാന്തിക വികിരണങ്ങളുടേയും കാര്യത്തിൽ മുകളിൽ ശബ്ദ തരംഗത്തിനു പറഞ്ഞ രണ്ട് കേസുകളിലും നിരീക്ഷണ ആവൃത്തി ഒരുപോലെയാണ്. അതിനാൽ പ്രകാശത്തിനും മറ്റ് വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങളിലും ഡോപ്ലർ പ്രഭാവം സിമിട്രിക് ആണ്, കാരണം പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രചരണം മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് സ്വതന്ത്രമാണ്.

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 270 22-07-2022 13:46:11

ഉദാഹരണം 11.30

1500 Hz ആവൃത്തിയുള്ള ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ ഒരു സ്രോതസ്സിൽ നിന്നും പുറപ്പെട്ട് ശ്രോതാവിൽ നിന്നും അകത്ത് 6 ms^{-1} വേഗതയിൽ ഒരു ക്ലിഫിനടുത്തേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു.

(a) സ്രോതസ്സിൽ നിന്നും നേരിട്ട് പുറത്തു വരുന്ന ശബ്ദതരംഗങ്ങളുടെ ആവൃത്തി കണ്ടുപിടിക്കുക.

(b) ക്ലിഫിൽ നിന്നും പ്രതിഫലിച്ചുവരുന്ന ശ്രോതാവിനു ശ്രവ്യമായ ശബ്ദതരംഗത്തിന്റെ ആവൃത്തി എന്ത്? വായുവിൽ ശബ്ദതരംഗത്തിന്റെ വേഗത 330 $m\,s^{-1}$ ആണെന്നു സങ്കല്പിക്കുക.

നിർദ്ധാരണം

(a) ഇവിടെ ശ്രോതാവ് നിശ്ചലാവസ്ഥയിലും സ്രോതസ്സ് ശ്രോതാവിൽ നിന്നും അകന്നു സഞ്ചരിക്കുന്നു. അതിനാൽ സ്രോതസ്സിൽ നിന്നും നേരിട്ട് കേൾക്കുന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ ആവൃത്തി എന്നത്

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

(b) ക്ലിഫിൽ നിന്നും ശബ്ദം പ്രതിഫലിച്ച് ശ്രോതാവിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. അതിനാൽ,

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

ഉദാഹരണം 11.31

ഒരു ശ്രോതാവ് രണ്ട് ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ട്രെയിനുകളെ നിരീക്ഷിക്കുകയാണ്. ഒന്ന് സ്റ്റേഷനിലോട്ടും മറ്റേത് സ്റ്റേഷനിൽ നിന്നും പുറപ്പെട്ടു പോകുന്നതായും കാണുന്നു. രണ്ടു ട്രെയിനുകളും ഒരേ വേഗതയായ 8 $m\,s^{-1}$ ൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. രണ്ടു ട്രെയിനുകളും പുറപ്പെടുവിക്കുന്ന വിസിലുകളുടെ ശബ്ദ ആവൃത്തി 240 Hz, ആണെങ്കിൽ ശ്രോതാവ് ശ്രവിക്കുന്ന ബീറ്റുകളുടെ എണ്ണം കണക്കാക്കുക.

നിർദ്ധാരണം:

ശ്രോതാവ് നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ

(i) സ്രോതസ്സ് (ട്രെയിൻ) ശ്രോതാവിനരുകിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു:

ട്രെയിൻ സ്റ്റേഷനിലേക്ക് വരുന്നതിനാൽ ശ്രവ്യമായ അവലോകന ആവൃത്തി

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

(ii) സ്രോതസ്സ് (ട്രെയിൻ) ശ്രോതാവിൽ നിന്നും അകന്നു സഞ്ചരിക്കുന്നു:

സ്റ്റേഷൻ വിട്ട് അകലുന്നതിനാൽ ശ്രോതാവിന് ശ്രവ്യമായ അവലോകന ആവൃത്തി

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

ബീറ്റ്സുകളുടെ എണ്ണം = $|f_{\text{ഉള്ളിൽ}} - f_{\text{പുറത്ത്}}|$ = (246–234) = 12

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 271 22-07-2022 13:46:12

സംഗ്രഹം

- മാദ്ധ്യമം കൈമാറ്റം ചെയ്യാതെ ഒരു ഇടത്തിൽ നിന്നും മറ്റൊരിടത്തിലേക്ക് ഊർജ്ജവും ആവേഗവും വഹിക്കുന്ന ഡിസ്റ്റർബൻസുകളെ തരംഗം എന്നു വിളിക്കുന്നു.
- പ്രചാരണത്തിനു മാദ്ധ്യമങ്ങൾ ആവശ്യമുള്ള തരംഗങ്ങളെ യാന്ത്രിക തരംഗം എന്നു വിളിക്കുന്നു.
- പ്രചാരത്തിനു മാദ്ധ്യമങ്ങൾ ആവശ്യമില്ലാത്ത തരംഗങ്ങളെ നോൺ-മെക്കാനിക്കൽ തരംഗങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു.
- അനുപ്രസ്തതരംഗങ്ങളിൽ മാദ്ധ്യമത്തിലുള്ള കണികകൾ തരംഗ സഞ്ചാരദിശയ്ക്ക് ലംബമായി കമ്പനം ചെയ്യുന്നു.
- അനുദൈർഘ്യതരംഗങ്ങളിൽ മാദ്ധ്യമത്തിലെ കണങ്ങൾ തരംഗ സഞ്ചാര ദിശയ്ക്ക് സമാന്തരമായി കമ്പനം ചെയ്യുന്നു.
- തരംഗ പ്രചാരണത്തിന് ഒരു മാദ്ധ്യമത്തിന് ഇലാസ്തികതയും ജഡത്വവും അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്.
- നിശ്ചല ജലത്തിൽ (റിപ്പിൾസ്) രൂപം കൊള്ളുന്ന തരംഗങ്ങൾ അനുപ്രസ്ത തരംഗങ്ങളും, ട്യൂണിംഗ് ഫോർക്കിന്റെ കമ്പനം മൂലമുണ്ടാകുന്ന തരംഗങ്ങൾ അനുദൈർഘ്യ തരംഗങ്ങളും ആകുന്നു.
- തൊട്ടടുത്തടുത്തുള്ള രണ്ട് ശൃംഗങ്ങൾ അഥവാ ഗർത്തങ്ങൾക്കു തമ്മിലുള്ള അകലമാണ് തരംഗദൈർഘ്യം, λ.
- സെക്കന്റിൽ ഒരു പോയിന്റിൽ കൂടി കടന്നു പോകുന്ന തരംഗങ്ങളുടെ എണ്ണമാണ് ആവൃത്തി , f.
- ഒരു പോയിന്റ് മറികടക്കാൻ തരംഗം എടുക്കുന്ന സമയമാണ് സമയപരിധി, T.
- തരംഗത്തിന്റെ പ്രവേഗം $v = \lambda f$.
- ആവൃത്തി ഉറവിടത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ തരംഗ പ്രവേഗം മാദ്ധ്യമത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.
- വലിച്ചുനീട്ടപ്പെട്ട ഒരു നൂലിൽ സംജാതമാകുന്ന അനുപ്രസ്ത തരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗം നൂലിന്റെ ടെൻഷനേയും യൂണിറ്റ് നീളത്തിലുള്ള ദ്രവ്യമാനത്തേയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇത് തരംഗ ആകൃതിയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നില്ല.
- നൂലിലെ അനുപ്രസ്ത തരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗം $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}\ ms^{-1}$ ആകുന്നു.
- ഇലാസ്തിക മാദ്ധ്യമത്തിലെ അനുദൈർഘ്യതരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗം $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}\, ms^{-1}$ ആകുന്നു.
- ഒരു പ്രതിധ്വനി കേൾക്കാനുള്ള ശബ്ദ പ്രതിഫലിക്കുന്ന മതിലിൽ നിന്നുള്ള ദൂരം 20°C is 17.2 മീറ്ററാണ്.
- ഒരു ഡൈമൻഷണലിലെ തരംഗ സമവാക്യം $\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$.
- തരംഗസംഖ്യ എന്നത് $k = \frac{2\pi}{\lambda} rad\, m^{-1}$ ആകുന്നു.
- ഇന്റർഫെറൻസിൽ, പരിണിത തീവ്രത $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\varphi$, ആകുന്നു. ഇവിടെ തീവ്രത എന്നത് ആയതിയുടെ വർഗ്ഗം ആകുന്നു $I = A^2$.

  കൺട്രക്റ്റീവ് ഇന്റർഫെറൻസിൽ, $I_{\text{ഉച്ചത}} = \left(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2}\right)^2 = \left(A_1 + A_2\right)^2$.

  ഡിസ്ട്രിക്റ്റീവ് ഇന്റർഫെറൻസിൽ, $I_{\text{മിനിമം}} = \left(\sqrt{I_1} - \sqrt{I_2}\right)^2 = (A_1 - A_2)^2$.

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 272 22-07-2022 13:46:15

സംഗ്രഹം (തുടർച്ച)

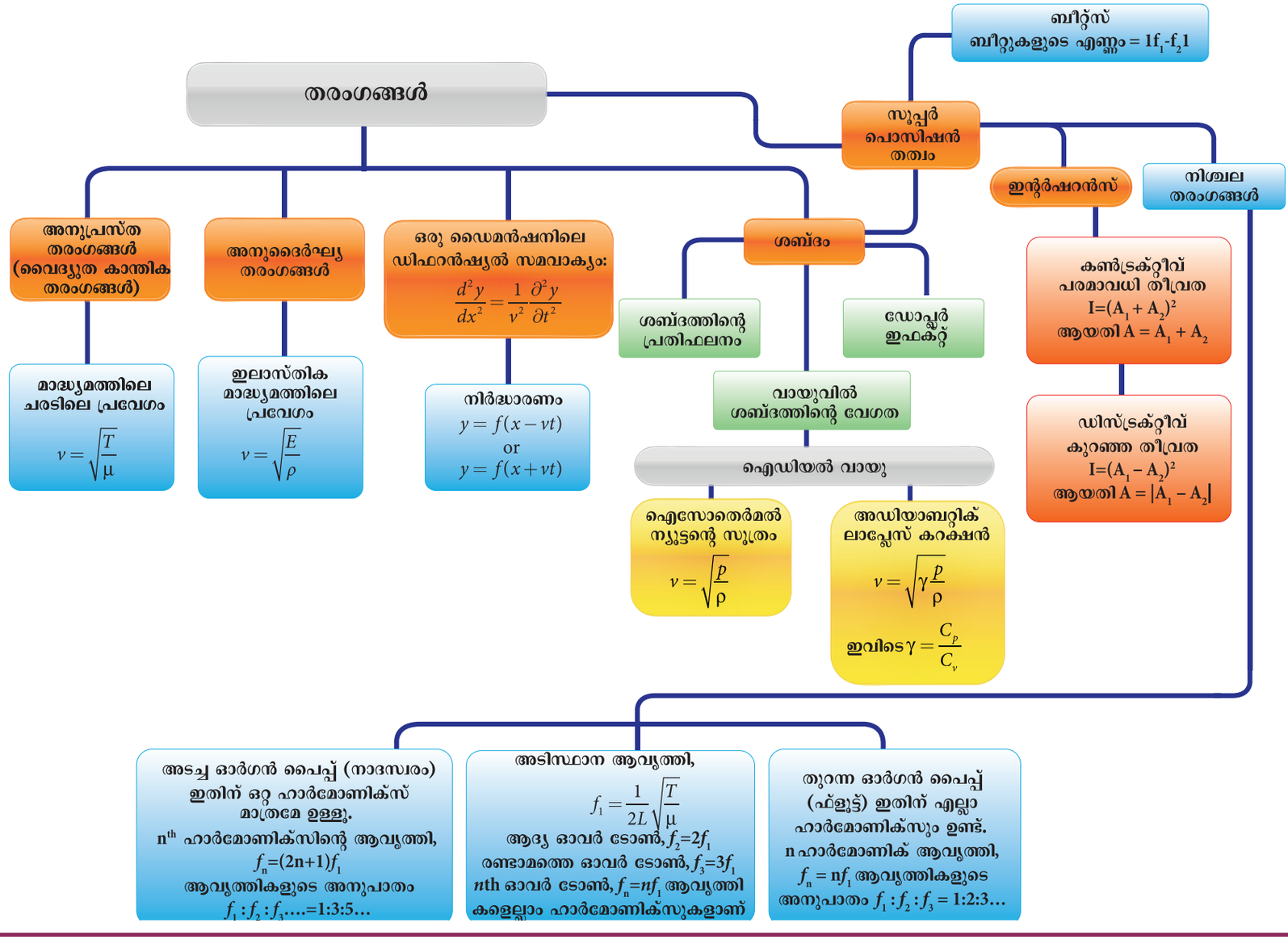
- വളരെ ചെറിയ ആവൃത്തി വ്യത്യാസമുള്ള രണ്ടോ അതിലധികമോ തരംഗങ്ങളെ കൂടിച്ചേർക്കുമ്പോൾ ഒരു പോയിന്റിൽ പീരിയോഡിക് ആയി ആയതി വ്യതിയാനമുള്ള ശബ്ദത്തെ നിരീക്ഷിക്കാൻ സാധിക്കും. ഈ പ്രതിഭാസമാണ് ബീറ്റ്സ്. സെക്കന്റിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പരമാവധി ആയതിയുടെ എണ്ണത്തെ ബീറ്റ് ആവൃത്തി എന്നു പറയുന്നു.
- സ്വാഭാവിക ആവൃത്തികളെ ഫണ്ടമെന്റൽ ആവൃത്തികളുടെ അവിഭാജ്യ ഗുണിതങ്ങളായി എഴുതിയിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ ആവൃത്തികൾ ഹാർമോണിക്സിലാണെന്ന് പറയപ്പെടുന്നു. ആദ്യത്തെ ഹാർമോണിക് $\nu_1 = \nu_1$, (അടിസ്ഥാന ആവൃത്തിയെ ആദ്യത്തെ ഹാർമോണിക്സ് എന്നു വിളിക്കുന്നു) രണ്ടാമത്തെ ഹാർമോണിക്സ് $\nu_2 = 2\,\nu_1$, മൂന്നാമത്തെ ഹാർമോണിക്സ് $\nu_3 = 3\,\nu_1$, എന്നിങ്ങനെയാണ്.
- ചെവിയിൽ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ സംവേദനം അല്ലെങ്കിൽ ശ്രോതാവ് ശബ്ദത്തെ മനസ്സിലാക്കുന്നത് എന്നതാണ് ശബ്ദത്തിന്റെ ഉച്ചത എന്ന് നിർവ്വചിക്കുന്നത്.
- ശബ്ദ പ്രചരണ പാതക്ക് ലംബമായി യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണ്ണത്തിൽ പ്രേക്ഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ശബ്ദ തരംഗക്ഷമതയെ ശബ്ദത്തിന്റെ തീവ്രത എന്നു പറയുന്നു.
- ശബ്ദ തീവ്രത ലെവൽ, $\Delta L = 10 \log_{10} \frac{I_1}{I_0}$, ഡെസിബെൽ.
- അടച്ച ഓർഗൻ പൈപ്പുകൾക്ക് ഒറ്റ ഹാർമോണിക്സ് മാത്രമേ ഉള്ളൂ. n ഹാർമോണിക്സിലെ അനുബന്ധ ആവൃത്തി $f_n = (2n + 1) f_1$.
- അടച്ച ഓർഗൻ പൈപ്പിൽ ഹാർമോണിക്സിന്റെ ആവൃത്തികളുടെ അനുപാതം

  $f_1 : f_2 : f_3 : f_4 : \ldots = 1 : 3 : 5 : 7 : \ldots$ ആകുന്നു
- തുറന്ന ഓർഗൻ പൈപ്പുകൾക്ക് എല്ലാ ഹാർമോണിക്സുകളും ഉണ്ട്. n ഹാർമോണിക്സിലെ ആവൃത്തി എന്നത് $f_n = n f_1$.
- തുറന്ന ഓർഗൻ പൈപ്പിലെ ഹാർമോണിക്സിന്റെ ആവൃത്തി

  $f_1 : f_2 : f_3 : f_4 : \ldots = 1 : 2 : 3 : 4 : \ldots$ എന്ന അനുപാതത്തിലാണ്.
- ശബ്ദ സ്രോതസ്സും ശ്രോതാവും തമ്മിൽ ആപേക്ഷിക ചലനം ഉണ്ടാകുമ്പോഴെല്ലാം ശ്രോതാവ് നിരീക്ഷിക്കുന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ ആവൃത്തി ഉറവിടം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ആവൃത്തിയിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമാണ്. ഇതിനെ ഡോപ്ലർ എഫക്റ്റ് എന്നു വിളിക്കുന്നു.

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 273 22-07-2022 13:46:16

ആശയ ചിത്രീകരണം



XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 274
22-07-2022 13:46:17

I. ശരിയായ ഉത്തരം തിരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക :

1. ഒരു വിദ്യാർത്ഥി 120 Hz ആവൃത്തിയുള്ള ട്യൂണിംഗ് ഫോർക്ക് ഉപയോഗിച്ച് അടിച്ചു കൊണ്ട് ഗിറ്റാർ ട്യൂൺ ചെയ്യുന്നു, അതോടൊപ്പം തന്നെ തന്റെ ഗിറ്റാറിൽ നാലാമത്തെ കമ്പിയെ മീട്ടുന്നു. തീവ്രമായ നിരീക്ഷണത്തിലൂടെ സംയോജിത ശബ്ദത്തിന്റെ ആയതി സെക്കന്റിൽ മൂന്നുതവണ അദ്ദേഹം കേൾക്കുന്നു. അവന്റെ ഗിറ്റാറിലെ നാലാമത്തെ കമ്പിയുടെ ആവൃത്തി ഏറ്റവും കൂടുതൽ ഇനിപ്പറയുന്നവയിൽ ഏതാണ്?.

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

2. അനുപ്രസ്ഥ തരംഗം ഒന്ന് A മാദ്ധ്യമത്തിൽ നിന്ന് B മാദ്ധ്യമത്തിൽ ചെല്ലുന്നു. A മാദ്ധ്യമത്തിൽ അനുപ്രസ്ഥ തരംഗത്തിന്റെ പ്രവേഗം 500 ms^{-1} തരംഗദൈർഘ്യം 5 m നുമാണ്. B മാദ്ധ്യമത്തിന്റെ പ്രവേഗം 600 ms^{-1} എങ്കിൽ B യുടെ ആവൃത്തിയും തരംഗദൈർഘ്യവും യഥാക്രമം

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

3. ഒരു പ്രത്യേക ട്യൂബ് 1000 Hz ന് താഴെയുള്ള ആറ് ഹാർമോണിക് ആവൃത്തികളിൽ നാല് ഹാർമോണിക് ആവൃത്തികൾ മാത്രമേ നൽകിയിട്ടുള്ളൂ. 300 Hz, 600 Hz, 750 Hz, 900 Hz ഈ ലിസ്റ്റിൽ നിന്ന് നഷ്ടമായ മറ്റ് രണ്ട് ആവൃത്തികൾ ഏതാണ്?.

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

4. താഴെപ്പറയുന്നവയിൽ ഏതാണ് ശരി?.

A	B
(1) സവിശേഷത	(A) തീവ്രത
(2) പിച്ച്	(B) തരംഗമാതൃക
(3) ഉച്ചത	(C) ആവൃത്തി

(1), (2), (3), യ്ക്ക് ശരിയായത്

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

5. ലീനിയർ ഡെൻസിറ്റി 5 g/m ഉള്ള വലിച്ചു നീട്ടിയ സ്ട്രിംഗിൽ രൂപം കൊണ്ട പ്രയാണ തരംഗത്തിന്റെ സമവാക്യം $y = 0.03$ Sin (450+-9x) ആകുന്നു. ഇവിടെ ദൂരവും, സമയവും SI യൂണിറ്റുകളിൽ അളക്കുന്നു. സ്ട്രിംഗിലുണ്ടാകുന്ന ടെൻഷൻ എന്നത്

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

6. 5000 Hz ആവൃത്തിയിലുള്ള ശബ്ദതരംഗം വായുവിൽ സഞ്ചരിച്ച് ജലത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ പതിക്കുന്നു. ജലത്തിലും വായുവിലുമുള്ള അതിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യത്തിന്റെ അനുപാതം

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

7. രണ്ട് സമാന്തര കുന്നുകൾക്കിടയിൽ നിൽക്കുന്ന ഒരാൾ തോക്ക് എടുത്ത് വെടിവയ്ക്കുന്നു. ആദ്യത്തെ പ്രതിധ്വനി t_1 സെക്കന്റിലും രണ്ടാമത്തെ പ്രതിധ്വനി t_2 സെക്കന്റിലും കേൾക്കുന്നു. എങ്കിൽ രണ്ടു കുന്നുകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരം

a) $\frac{v(t_1 - t_2)}{2}$ b) $\frac{v(t_1 t_2)}{2(t_1 + t_2)}$
c) $v(t_1 + t_2)$ d) $\frac{v(t_1 + t_2)}{2}$

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 275 22-07-2022 13:46:19

8. ഒരു പൈപ്പിലെ വായുസ്തംഭം ഒരു അറ്റത്ത് അടച്ചിരിക്കുന്നു. ഇത് ആവൃത്തി 83Hz ന്റെ കമ്പനം ചെയ്യുന്ന വസ്തുവുമായി അനുരണനം ചെയ്യും. അപ്പോൾ വായു സ്തംഭത്തിന്റെ നീളം

a) 1.5 m (b) 0.5 m

(c) 1.0 m (d) 2.0 m

9. x ദിശയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന തരംഗത്തിന്റെ സ്ഥാനാന്തരം y എന്നത് $y=(2\times10^{-3})\sin(300t-2x+\frac{\pi}{4})$, ആണ്. ഇവിടെ x, y എന്നിവ മീറ്ററിലും t സെക്കന്റിലും അളക്കുന്നു. തരംഗത്തിന്റെ വേഗത

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

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

10. രണ്ട് യൂണിഫോം വയറുകളെ അവയുടെ അടിസ്ഥാന നോഡുകളിൽ ഒരേ സമയം കമ്പനം ചെയ്യുന്നതായി കരുതുക. രണ്ടു വയറുകളുടെ വലിവ്, സാന്ദ്രത, നീളം, വ്യാസം എന്നിവയുടെ അനുപാതം യഥാക്രമം 8 : 1, 1 : 2, x : y, 4 : 1 ആണ്. ഉയർന്ന പിച്ചിന്റെ നോട്ടിന് ആവൃത്തി 360 Hz യും, ഒരു സെക്കന്റിൽ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ബീറ്റുകളുടെ എണ്ണം 10 ഉം ആണെങ്കിൽ $x:y$ യുടെ മൂല്യം

(a) 36 : 35 (b) 35 : 36

(c) 1 : 1 (d) 1 : 2

11. താഴെപ്പറയുന്നവയിൽ ഏതാണ് തരംഗത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നത്

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

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

12. ലംബത്തിൽ നിന്ന് 60° കോണിലേക്ക് നീങ്ങുന്ന ഒരു ഊഞ്ഞാലിൽ ഇരിക്കുന്ന ഒരാൾ 2.0 k Hz ആവൃത്തിയിലുള്ള ഒരു വിസിൽ ഊതുന്നു. ഊഞ്ഞാലിന്റെ നിശ്ചിത ബിന്ദുവിൽ നിന്നും വിസിൽ 2.0 m അകലെ ആണ്. വിസിൽ ശബ്ദം ഡിറ്റക്റ്റ് ചെയ്യുന്ന ഒരു ശബ്ദ ഡിറ്റക്റ്റർ ഊഞ്ഞാലിന്റെ മുൻഭാഗത്ത് വച്ചിരിക്കുന്നു. ഡിറ്റെക്റ്റർ കണ്ടെത്തിയ ശബ്ദത്തിന്റെ പരമാവധി ആവൃത്തി ഇതാണ്

(a) 2.027 kHz (b) 1.974 kHz

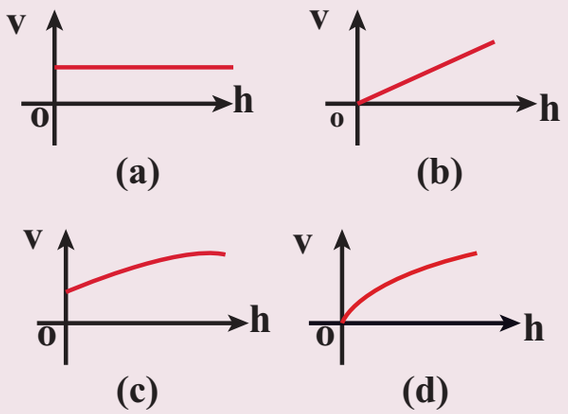
(c) 9.74 kHz (d) 1.011 kHz

13. പോസിറ്റീവ് x- ദിശയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന തരംഗത്തിന്റെ ആയതി t = 0 സെക്കന്റിൽ $y=\frac{1}{1+x^2}$ ആണ്, $t = 2$ സെക്കന്റിൽ തരംഗത്തിന്റെ ആയതി $y=\frac{1}{1+(x-2)^2}$ ആവുന്നു. തരംഗത്തിന്റെ പ്രചരണത്തിൽ അതിന്റെ ആകൃതി മാറില്ലെന്ന് കരുതുക. തരംഗത്തിന്റെ പ്രവേഗം

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

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

14. മാസ് m ഉള്ള ഒരു ഏകതാന കയർ ദൃഢ വസ്തുവിൽ ലംബമായി ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. താഴത്തെ അറ്റത്ത് ഒരു അനുപ്രസ്ഥ തരംഗസ്പന്ദനം ഉണ്ടാകുന്നു. താഴെ അറ്റത്ത് നിന്ന് ഉയരം h ഉള്ള വേഗം v യുടെ ശരിയായ വ്യതിയാനം താഴെപ്പറയുന്നവയിൽ ഏത് ഗ്രാഫുകൾ കാണിക്കുന്നു?



XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 276 22-07-2022 13:46:21

15. ഓർഗൻപൈപ്പുകൾA,BയിൽAഒരുഅറ്റംഅടച്ചിരിക്കുന്നു. അത് ആദ്യ ഹാർമോണിക്കൽ കമ്പനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. പൈപ്പ് B യുടെ രണ്ടറ്റവും തുറന്നതാണ്. അത് മൂന്നാമത്തെ ഹാർമോണിക്കിൽ കമ്പനം ചെയ്യുന്നു. A യും B യും തന്നിരിക്കുന്ന ട്യൂണിംഗ് ഫോർക്കിന് അനുരണനത്തിലാണ്. A, B എന്നിവയുടെ നീളത്തിന്റെ അനുപാതം

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

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

ഉദാഹരണങ്ങൾ :

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

II. ഹ്രസ്വ ഉത്തരം ചോദ്യങ്ങൾ

1. തരംഗങ്ങൾ എന്നാൽ എന്താണ്?.
2. തരംഗങ്ങളുടെ തരങ്ങൾ എഴുതുക.
3. അനുപ്രസ്ഥ തരംഗങ്ങൾ എന്നാൽ എന്ത്?. ഒരു ഉദാഹരണം എഴുതുക.
4. അനുദൈർഘ്യ തരംഗങ്ങൾ എന്നാൽ എന്ത്?. ഒരു ഉദാഹരണം എഴുതുക.
5. തരംഗദൈർഘ്യം നിർവ്വചിക്കുക.
6. ആവൃത്തി, തരംഗദൈർഘ്യം, തരംഗപ്രവേഗം എന്നിവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെ എഴുതുക.
7. തരംഗത്തിന്റെ വ്യതികരണം എന്നാൽ എന്താണ്?.
8. ബീറ്റ് പ്രതിഭാസം വിശദീകരിക്കുക.
9. ശബ്ദത്തിന്റെ തീവ്രതയും ശബ്ദത്തിന്റെ ഉച്ചതയും നിർവ്വചിക്കുക.
10. ഡോപ്ലർ പ്രഭാവം വിശദീകരിക്കുക.
11. ഡോപ്ലർ പ്രഭാവത്തിലെ ചുവന്ന ഷിഫ്റ്റ്, നീല ഷിഫ്റ്റ് എന്ന പ്രതിഭാസത്തെ വിശദീകരിക്കുക.
12. അനുരണന വായു സ്തംഭ ഉപകരണത്തിലെ എന്റ് കറക്ഷൻ എന്നാൽ എന്ത്?
13. $y = x + a$. എന്ന ഫംഗ്ഷന് ചിത്രം വരയുക. അതിനെ വിശദീകരിക്കുക.
14. വാതകങ്ങളിലെ ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗത്തെ ബാധിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ എഴുതുക.
15. ഒരു പ്രതിധ്വനി എന്താണ് അർത്ഥമാക്കുന്നത്?. അതിനെ വിശദീകരിക്കുക.

III. വിശദമായി ഉത്തരം എഴുതുക

1. നിശ്ചലമായ വെള്ളത്തിൽ ഓളങ്ങൾ എങ്ങനെ രൂപപ്പെടുന്നുവെന്ന് ചർച്ച ചെയ്യുക.
2. പ്രയാണതരംഗങ്ങളും നിശ്ചലതരംഗങ്ങളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം സംക്ഷിപ്തമായ വിവരിക്കുക.
3. ഒരു കമ്പിയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രയാണ തരംഗത്തിന്റെ പ്രവേഗം $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ എന്ന് കാണിക്കുക
4. വായുവിലെ ശബ്ദ തരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗത്തെക്കുറിച്ചുള്ള ന്യൂട്ടന്റെ സൂത്രവാക്യം വിവരിക്കുക, ഒപ്പം ലാപ്ലേസിന്റെ തിരുത്തലും ചർച്ച ചെയ്യുക.
5. തലം, വളഞ്ഞ പ്രതലങ്ങളിൽ നിന്നുള്ള ശബ്ദ തരംഗങ്ങളുടെ പ്രതിപതനത്തെക്കുറിച്ച് ഹ്രസ്വകുറിപ്പുകൾ എഴുതുക.
6. തരംഗങ്ങളുടെ അതിവ്യാപനതത്വത്തിന്റെ ആശയം സംക്ഷിപ്തമായി വിവരിക്കുക.
7. തരംഗങ്ങളുടെ വ്യതികരണം എങ്ങനെ രൂപപ്പെടുന്നുവെന്ന് വിശദീകരിക്കുക.
8. ബീറ്റുകളുടെ രൂപവത്കരണം വിവരിക്കുക.
9. സ്ഥിരതരംഗങ്ങൾ എന്നാൽ എന്ത്? സ്ഥിരതരംഗങ്ങളുടെ രൂപീകരണവും, സവിശേഷതകളും വിശദീകരിക്കുക.
10. വലിച്ചു നീട്ടിയ കമ്പിയിലൂടെയുള്ള അനുപ്രസ്ഥതരംഗങ്ങളുടെ നിയമം ചർച്ച ചെയ്യുക.
11. അടിസ്ഥാന ആവൃത്തി, ഹാർമോണിക്സ്, ഓവർടോണുകൾ എന്നിവയുടെ ആശയങ്ങൾ വിശദമായി വിവരിക്കുക.
12. സ്വനപേടകം എന്നാൽ എന്ത്?. അതിന്റെ നിർമ്മാണവും പ്രവർത്തനവും തരുക സ്വനപേടകം ഉപയോഗിച്ച് ട്യൂണിംഗ് ഫോർക്കിന്റെ ആവൃത്തി എങ്ങനെ നിർണ്ണയിക്കാമെന്ന് വിശദീകരിക്കുക.

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 277 22-07-2022 13:46:23

13. തീവ്രതയെയും ശബ്ദത്തിന്റെ ഉച്ചതയെയും കുറിച്ച് ഹ്രസ്വകുറിപ്പുകൾ എഴുതുക.

14. താഴെപ്പറയുന്നവയിൽ ഓവർടോണുകൾ എങ്ങനെ രൂപപ്പെടുന്നു എന്ന് വിശദമാക്കുക

(a) അടച്ച ഓർഗൻ പൈപ്പ്

(b) തുറന്ന ഓർഗൻ പൈപ്പ്

15. അനുരണന വായു സ്തംഭ ഉപകരണം ഉപയോഗിച്ച് ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം എങ്ങനെ നിർണ്ണയിക്കും?

16. ഡോപ്ലർ പ്രഭാവം എന്നാൽ എന്താണ്? താഴെപ്പറയുന്നവയെ ചർച്ച ചെയ്യുക

(1) സ്രോതസ്സ് ചലനത്തിലും നിരീക്ഷകൻ സ്ഥിരമാണ്

(a) സ്രോതാവ് നിരീക്ഷകന് അടുത്തോട്ട് നീങ്ങുമ്പോൾ

(b) സ്രോതാവ് നിരീക്ഷകനിൽ നിന്ന് ദൂരേക്ക് നീങ്ങുന്നു

(2) നിരീക്ഷകൻ ചലനത്തിനും സ്രോതസ്സ് സ്ഥിരവുമാണ്.

(a) നിരീക്ഷകൻ സ്രോതാവിന് അടുത്തോട്ട് നീങ്ങുമ്പോൾ

(b) നിരീക്ഷകൻ സ്രോതാവിൽ നിന്ന് ദൂരേക്ക് നീങ്ങുന്നു

(3) രണ്ടുപേരും ചലനത്തിലാണ്

(a) സ്രോതാവും നിരീക്ഷകനും പരസ്പരം അടുത്തോട്ട് വരുമ്പോൾ

(b) സ്രോതാവും നിരീക്ഷകനും പരസ്പരം അകലുന്നു

(c) സ്രോതാവ് നിരീക്ഷകനെ പിന്തുടരുന്നു

(d) നിരീക്ഷകൻ സ്രോതാവിനെ പിന്തുടരുന്നു

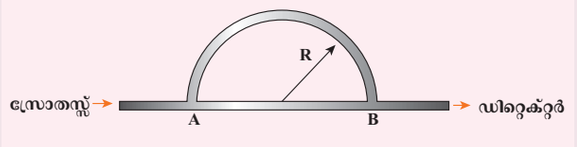
IV. അഭ്യാസങ്ങൾ

1. ഒരു നിശ്ചിത മാധ്യമത്തിലെ തരംഗത്തിന്റെ വേഗത 900 m/s. 3000 തരംഗങ്ങൾ 2 മിനിറ്റിനുള്ളിൽ മാധ്യമത്തിന്റെ ഒരു നിശ്ചിത പോയിന്റിലൂടെ കടന്നു പോകുകയാണെങ്കിൽ അതിന്റെ തരംഗ ദൈർഘ്യത്തെ കണക്കുകൂട്ടുക?. **ഉത്തരം :** $\lambda = 36$ m

2. 2 മോൾ ഹീലിയവും 4 മോൾ ഓക്സിജനും ചേർന്ന മിശ്രിതം പരിഗണിക്കുക. ഈ വാതക മിശ്രിതത്തിലെ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗതയെ 300 K നിൽ കണക്കാക്കുക. **ഉത്തരം :** 400.9 ms^{-1}

3. കടലിലെ ഒരു കപ്പൽ സോണാർ തരംഗങ്ങളെ കപ്പലിന്റെ അടിയിൽ നിന്ന് സമുദ്ര ജലത്തിലേക്ക് നേരിട്ട് അയയ്ക്കുന്നു. കടലിന്റെ അടിത്തട്ടിലുള്ള ബെഡ്റോക്കിൽ നിന്ന് സിഗ്നൽ പ്രതിഫലിച്ച് 3.5 s ൽ തിരികെ കപ്പലിലെത്തുന്നു. കപ്പൽ 100 km റിലേക്ക് നീങ്ങിയതിനുശേഷം അത് മറ്റൊരു സിഗ്നൽ 2s ൽ അയയ്ക്കുന്നു. ഓരോ നിലയിലും കടലിന്റെ ആഴം കണക്കാക്കുക. കൂടാതെ ഈ രണ്ട് നിലകൾ തമ്മിലുള്ള ഉയരത്തിലെ വ്യത്യാസവും കണക്കാക്കുക. **ഉത്തരം :** $\Delta d = 1149.75$ m

4. ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു ശബ്ദതരംഗം ഒരു ട്യൂബിലേക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. A ബിന്ദുവിൽ ശബ്ദതരംഗം രണ്ട് തരംഗങ്ങളായി വിഭജിക്കുന്നു. അത് B യിൽ വീണ്ടും സംയോജിക്കുന്നു. R നെ അർദ്ധവൃത്തത്തിന്റെ ആരം എന്ന് കണക്കാക്കി അത് ആദ്യത്തെ മിനിമം വരെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ശബ്ദത്തിന്റെ തംരഗദൈർഘ്യം 50.0 m ആണെങ്കിൽ അർദ്ധവൃത്തത്തിന്റെ ആരം കണക്കാക്കുക. **ഉത്തരം** : $R = 21.9\ m$



5. ആവൃത്തി വർദ്ധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ചാണ് N ട്യൂണിംഗ് ഫോർക്കുകൾ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്. തുടർച്ചയായി രണ്ട് ട്യൂണിംഗ് ഫോർക്കുകൾ ഒരുമിച്ച് ശബ്ദിക്കുമ്പോൾ സെക്കന്റിൽ n ബീറ്റുകൾ നൽകുന്നു. അവസാനത്തെ ഫോർക്ക് ആദ്യത്തേതിന്റെ ഇരട്ടി ആവൃത്തി നൽകുന്നുവെങ്കിൽ, ആദ്യത്തെ ട്യൂണിംഗ് ഫോർക്കിന്റെ ആവൃത്തി $f = (N-1)n$ എന്ന് കാണിക്കുക.

6. സ്രോതസ്സ് ഒരു ശബ്ദ തരംഗത്തെ പ്രചരിപ്പിക്കട്ടെ, അതിന്റെ തീവ്രത തുടക്കത്തിൽ I ആയിരിക്കുമെന്ന് കരുതുക. ശബ്ദ തരംഗത്തിന്റെ ആയതി രണ്ടു മടങ്ങാകുമ്പോൾ

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 278 22-07-2022 13:46:23

അതിന്റെ ആവൃത്തി $\frac{1}{4}$ അളവ് കുറയുന്നു. മുകളിൽപ്പറഞ്ഞ അതേ ബിന്ദുവിൽ പുതിയ ശബ്ദതീവ്രതയെ കണക്കാക്കുക ?. **ഉത്തരം** : $I_{\text{പുതിയ}} \propto \frac{1}{4} I_{\text{പഴയ}}$.

7. തുല്യനീളമുള്ള രണ്ട് ഓർഗൻ പൈപ്പുകളിൽ ഒന്ന് അടച്ചതും മറ്റൊന്ന് തുറന്നതുമാണ് എന്ന് കരുതുക അടച്ച ഓർഗൻ പൈപ്പിന്റെ അടിസ്ഥാന ആവൃത്തി 250 Hz എങ്കിൽ തുറന്ന ഓർഗൻ പൈപ്പിന്റെ അടിസ്ഥാന ആവൃത്തി കണക്കാക്കുക.

ഉത്തരം : 500Hz

8. 20 ms^{-1} പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന സൈറൺ കാറിലെ ഒരു പോലീസ് $v_0 ms^{-1}$ പ്രവേഗത്തിൽ കാറിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന കള്ളനെ പിന്തുടരുന്നു. പോലീസ് കാർ 300Hz ആവൃത്തിയിൽ മുഴങ്ങുന്നു കൂടാതെ അവ രണ്ടും 400Hz ആവൃത്തിയുടെ നിശ്ചല സൈറനിലേക്കാണ് നീങ്ങുന്നത്. കള്ളൻ നീങ്ങുന്ന വേഗം കണക്കാക്കുക. (കള്ളൻ ഒരു ബീറ്റും നിരീക്ഷിക്കുന്നില്ല എന്ന് കരുതുക)

ഉത്തരം : $v_{\text{കള്ളൻ}} = 10 \text{ m s}^{-1}$

9. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സമവാക്യങ്ങളെ ശ്രദ്ധിക്കുക

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

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

മുകളിൽപ്പറഞ്ഞിരിക്കുന്ന സമവാക്യങ്ങളിൽ ഏതിനെയാണ് തരംഗമായി വിശേഷിപ്പിക്കാം ?.

ഉത്തരം : (a) സമവാക്യം തരംഗത്തെ വിവരിക്കുന്നില്ല
(b) തരംഗ സമവാക്യത്തെ അനുസരിക്കുന്നു.

പരാമർശ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ

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

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 279 22-07-2022 13:46:24

ഐ.സി.റ്റി കോർണർ

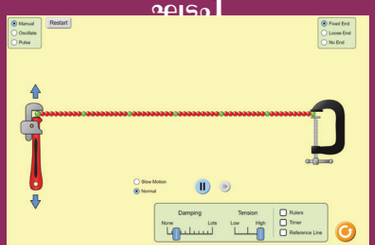
തരംഗങ്ങൾ

ഈ പ്രവർത്തനത്തിലൂടെ നിങ്ങൾക്ക് തരംഗ ചലനത്തെ കുറിച്ച് പഠിക്കാൻ സാധിക്കും.

ഘട്ടങ്ങൾ:

- വേവ്സ് ഓൺ എസ്ട്രിംഗിൽ 'PhET' സിമുലേഷൻ തുറക്കാൻ URL ഉപയോഗിക്കുക. അല്ലെങ്കിൽ QR കോഡ് സ്കാൻ ചെയ്യുക പ്ലേ ബട്ടൺ ക്ലിക്ക് ചെയ്യുക.
- പ്രവർത്തന വിൻഡോയിൽ സ്ട്രിംഗിന്റെ ഒരു ഡയഗ്രം നൽകിയിരിക്കുന്നു. തരംഗത്തിന്റെ ചലനം കാണാൻ പ്ലേ ഐക്കണിൽ ക്ലിക്ക് ചെയ്യുക.
- ഇടതു വശത്തെ വിൻഡോയിൽ നൽകിയിരിക്കുന്ന പട്ടികയിൽ തിരഞ്ഞെടുത്ത് ആംപ്ലിറ്റ്യൂഡ്, ഫ്രീക്വൻസി എന്നിവ മാറ്റുന്നതിലൂടെ നമുക്ക് ഓസിലേഷനുകളും പൾസും കാണാം.
- വലതു വിൻഡോയിലെ എൻഡ്ടൈപ്പ്സ് തിരഞ്ഞെടുത്ത് മുമ്പത്തേത് ആവർത്തിക്കുക.

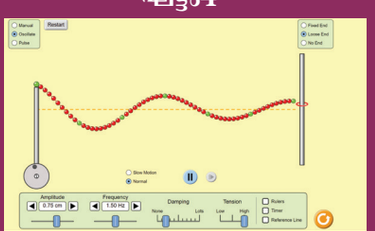
ഘട്ടം1



ഘട്ടം2

ഘട്ടം3

ഘട്ടം4



URL:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-on-a-string

* ചിത്രങ്ങൾ സൂചന മാത്രമാണ്.

* ബ്രൗസറിന് ആവശ്യമെങ്കിൽ പേജ് ലോഡ് ചെയ്യാൻ **Flash Player** or **Java Script** അനുവദിക്കുക.

HOY8P

XI Physics Vol-2 Unit 11 Malayalam.indd 280 22-07-2022 13:46:26

ഹയർ സെക്കന്ററി ഒന്നാം വർഷം

ഭൗതികശാസ്ത്രം

പ്രായോഗിക പരീക്ഷണങ്ങൾ

പ്രാക്ടിക്കലുകളുടെ പട്ടിക

1. വെർണിയർ കാലിപ്പർ ഉപയോഗിച്ച് അറിയാവുന്ന ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഒരു ഖരഗോളത്തിന്റെ മൊമന്റ് ഓഫ് ഇനേർഷ്യ.

2. വളവിന്റെ അതുല്യത - സൂചി, മൈക്രോസ്കോപ്പ് ഉപയോഗിച്ച് ഭാരത്തിനും, താഴ്വിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തിന്റെ പരിശോധന

3. സ്പ്രിംഗിലെ സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം.

4. സിമ്പിൾ പെൻഡുലം ഉപയോഗിച്ച് ഭൂരുഗുരുത്വ ത്വരണം കണ്ടുപിടിക്കൽ.

5. അനുരണന കോളം (Resonance column) ഉപയോഗിച്ച് വായുവിലെ ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം കണ്ടു പിടിക്കൽ

6. സ്റ്റോക്സ് രീതി ഉപയോഗിച്ച് ദ്രാവകത്തിന്റെ വിസ്കോസിറ്റി കണ്ടുപിടിക്കൽ

7. കാപ്പിലറി റൈസ് രീതി ഉപയോഗിച്ച് പ്രതലബലം കണ്ടുപിടിക്കൽ.

8. കലോറിമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് ന്യൂട്ടന്റെ ശീതീകരണ നിയമം പരിശോധിക്കൽ.

9. സോണോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് സ്ഥിരവലിവുബലത്തിൽ, ആവൃത്തിയും, തന്നിട്ടുള്ള കമ്പിയുടെ നീളവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനം.

10. സോണോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് സ്ഥിര ആവൃത്തിയ്ക്ക്, തന്നിട്ടുള്ള കമ്പിയുടെ നീളത്തിനും, വലിവു ബല ത്തിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനം

11. ബലങ്ങളുടെ സാമാന്തരിക നിയമം പരിശോധിക്കൽ (വിശദീകരണം മാത്രം - പരീക്ഷയ്ക്ക് ഇല്ല)

12. സ്ക്രൂഗേജും, ഭൗതിക ബാലൻസും ഉപയോഗിച്ച് വയർ മെറ്റീരിയലിന്റെ സാന്ദ്രത കണ്ടുപിടിക്കൽ (വിശദീകരണം മാത്രം - പരീക്ഷയ്ക്ക് ഇല്ല)

കുറിപ്പ് : വോള്യം 1 ലെ ഓരോ അധ്യായനത്തിന്റെയും അവസാനം ICT കോർണറിൽ നൽകിയിരിക്കുന്ന പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്താൻ വിദ്യാർത്ഥികൾക്ക് നിർദ്ദേശം നൽകണം.

CAY4J

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 282 22-07-2022 11:01:40

1. വെർണിയർ കാലിപ്പർ ഉപയോഗിച്ച് അറിയാവുന്ന ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഒരു ഖരഗോളത്തിന്റെ മൊമന്റ് ഓഫ് ഇനേർഷ്യ

ലക്ഷ്യം വെർണിയർ കാലിപ്പർ ഉപയോഗിച്ച് അറിയാവുന്ന ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഒരു ഖര ഗോളത്തിന്റെ മൊമന്റ് ഓഫ് ഇനേർഷ്യ കണ്ടുപിടിക്കുക.

ആവശ്യമുള്ള ഉപകരണങ്ങൾ വെർണിയർ കാലിപ്പർ, ഖരഗോളം

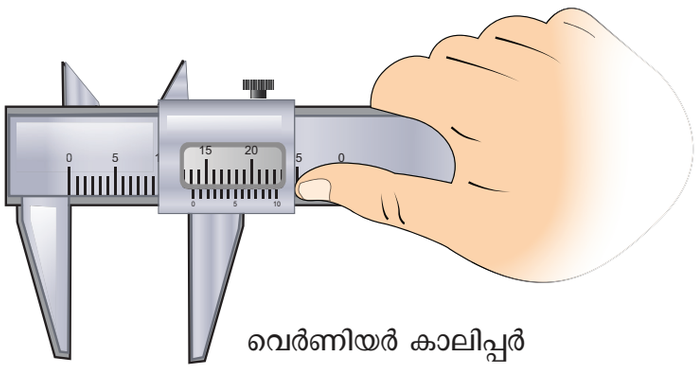
സൂത്രം വ്യാസത്തിനനുസൃതമായ ഖരഗോളത്തിന്റെ മൊമന്റ് ഓഫ് ഇനേർഷ്യ

$$I_d = \frac{2}{5} MR^2 \text{ കിലോഗ്രാം. മീ}^2$$

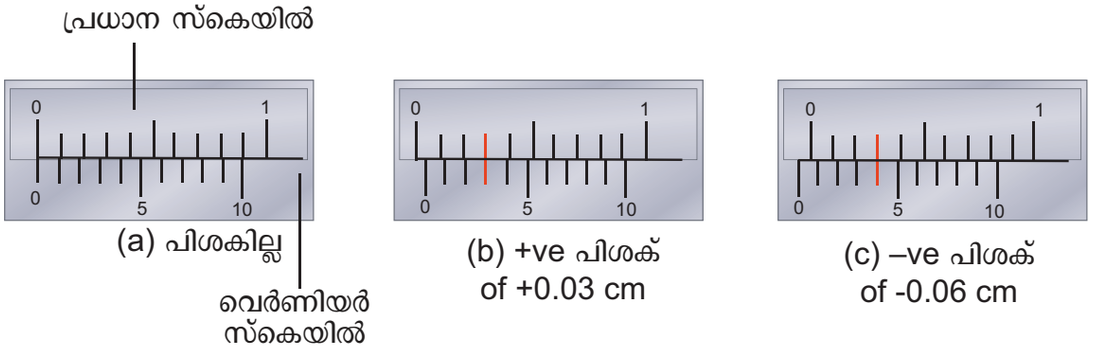
ഇവിടെ $M \rightarrow$ എന്നത് ഗോളത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം (കിലോഗ്രാമിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു)

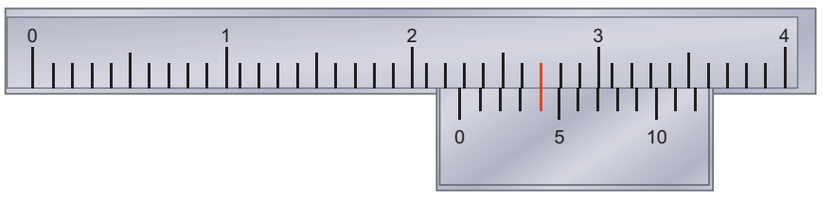
$R \rightarrow$ എന്നത് ഗോളത്തിന്റെ വ്യാസാർത്ഥം (മീറ്ററിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു)

ചിത്രം



വെർണിയർ കാലിപ്പർ





(d) വെർണിയർ അളവുകൾ

മാതൃക അളവുകൾ

MSR = 2.2 cm ; VSC = 4 ഡിവിഷനുകൾ;

അളവുകൾ = [2.2 സെ.മീ+(4x0.01സെ.മീ)] = 2.24 സെ.മീ

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 283 22-07-2022 11:01:45

പ്രവർത്തന രീതി

- ശൂന്യ പിശകിനായി വെർണിയർ കാലിപ്പർ പരിശോധിക്കുകയും, പിശക് കണ്ടെത്തി, അതിനെ കുറിയ്ക്കുക.
- വെർണിയർ കാലിപ്പറിന്റെ അഗ്രങ്ങൾക്കിടയിൽ ഗോളത്തെ വയ്ക്കുകയും, പ്രധാന സ്കെയിൽ അളവുകൾ (MSR) കുറിയ്ക്കുകയും ചെയ്യുക.
- ചില പ്രധാന സ്കെയിൽ ഡിവിഷനു (VSC) മായി ചേർന്നു വരുന്ന വെർണിയർ സ്കെയിൽ ഡിവിഷനെ കുറയ്ക്കുക. ഈ VSC യെ അൽപതമാങ്കവുമായി (LC) ഗുണിക്കുമ്പോൾ, വെർണിയർ സ്കെയിൽ അളവുകൾ (VR) ലഭിക്കുന്നു.
- MSR മായി VSR കൂട്ടുക. ഇതാണ് ഗോളത്തിന്റെ വ്യാസം.
- ഗോളത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത സ്ഥാനങ്ങളിലെ നിരീക്ഷണങ്ങൾ എഴുതുകയും, വ്യാസത്തിന്റെ ശരാശരി വില കണ്ടുപിടിക്കുകയും ചെയ്യുക. ഈ വിലയിൽ നിന്നും ഗോളം R ന്റെ വ്യാസാർത്ഥം കണ്ടുപിടിക്കുക.
- ഗോളത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ (M) അറിയപ്പെടുന്ന മൂല്യവും, ഗോളത്തിന്റെ കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ട വ്യാസാർദ്ധവും (R) ഉപയോഗിച്ച്, തന്നിട്ടുള്ള ഗോളത്തിന്റെ വ്യാസത്തിനനുസൃതമായ മൊമന്റ് ഓഫ് ഇനേർഷ്യ, തന്നിട്ടുള്ള സൂത്രം ഉപയോഗിച്ച് കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയും

അൽപതമാങ്കം (LC)

ഒരു പ്രധാന സ്കെയിൽ ഡിവിഷൻ (MSD) = ... സെ.മീ

വെർണിയർ സ്കെയിൽ ഡിവിഷനുകളുടെ എണ്ണം = ...

$$\text{അൽപതമാങ്കം (LC)} = \frac{\text{1 പ്രധാന സ്കെയിൽ ഡിവിഷൻ (MSD)}}{\text{മൊത്ത വെർണിയർ സ്കെയിൽ ഡിവിഷനുകൾ}}$$

= ..... സെ.മീ

നിരീക്ഷണങ്ങൾ

ശൂന്യപ്പിശക് =

ശൂന്യ തിരുത്തൽ (Z . C) = ശൂന്യപ്പിശക് × LC

ക്ര.ന	MSR × 10^{-2}മീ	വെർണിയർ ഒത്തു ചേരൽ VSC (ഡിവിഷൻ)	VSR = (VSC × LC) × 10^{-2}മീ	TR = (MSR +VSR) × 10^{-2}മീ	ഗോളത്തിന്റെ വ്യാസം = 2R ശരിയായ അളവ് = (TR ± Z.C) × 10^{-2}മീ
1					
2					
3					
4					
5					
6					

ശരാശരി വ്യാസം 2R = ... മീ

ഗോളത്തിന്റെ വ്യാസാർത്ഥം R = ... മീ

R = ... മീ

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 284 22-07-2022 11:01:45

കണക്കാക്കൽ

ഗോളത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനം M = ... കിലോഗ്രാം
(അറിയാവുന്ന വില തന്നിരിക്കുന്നു)

ഗോളത്തിന്റെ വ്യാസാർത്ഥം R =. . . . . മീ

വ്യാസത്തിനനുസൃതമായി ഒരു ഖരഗോളത്തിന്റെ മൊമന്റ് ഓഫ് ഇനേർഷ്യ

$$I_d = \frac{2}{5} MR^2 = \text{. . . . . കിലോഗ്രാം.മീ}^2$$

പരീക്ഷണഫലം

വെർണിയർ കാലിപ്പർ ഉപയോഗിച്ച്, വ്യാസത്തിനനുസൃതമായി കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ഖരഗോളത്തിന്റെ മൊമന്റ് ഓഫ് ഇനേർഷ്യ I_d = ... കിലോഗ്രാം.മീ^{2}

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 285 22-07-2022 11:01:45

2. അതുല്യ അളവ് - സൂചി, മൈക്രോസ്കോപ്പ് ഉപയോഗിച്ച് ഭാരത്തിനും, താഴ്വിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തിന്റെ പരിശോധന

ലക്ഷ്യം ഒരു ബീമിലെ വസ്തുവിന്റെ അതുല്യവളവ് ഉപയോഗിച്ച്, ഭാരത്തിനും, താഴ്വിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം പരിശോധിക്കുക.

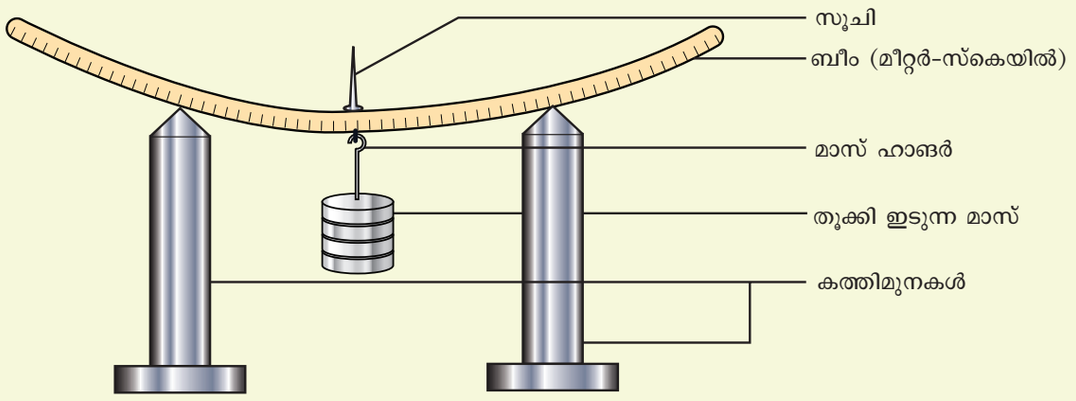
ആവശ്യമായ ഉപകരണങ്ങൾ ഒരു നീളമുള്ള സമബീം (സാധാരണയായി ഒരു മീറ്റർ സ്കെയിൽ), രണ്ട് കത്തി മുനകൾ, മാസ് ഹാങ്ങർ, തൂക്കിഇടേണ്ട മാസുകൾ, സൂചി, വെർണിയർ മൈക്രോസ്കോപ്പ്

സൂത്രം $\frac{M}{s}$ = ഒരു സ്ഥിരാങ്കം

ഇവിടെ M പ്രയോഗിക്കുന്ന ഭാരം (മാസ്) (കിലോഗ്രാം)

s ബീമിൽ ഭാരം പ്രയോഗിക്കുന്നതിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന താഴ്വ്(മീ)

ചിത്രം



സൂചി, മൈക്രോസ്കോപ്പ് ഉപയോഗിച്ച് അതുല്യവളവിന്റെ പരീക്ഷണ സജ്ജീകരണം

പ്രവർത്തന രീതി

- ഒരു മേശമുകളിൽ രണ്ടു കത്തിമുനകൾ വയ്ക്കുക
- കത്തിമുനകൾക്കു പുറത്ത് സമബീം (മീറ്റർ സ്കെയിൽ) വയ്ക്കുക.
- മധ്യത്തിൽ മാസ് ഹാങ്ങർ തൂക്കിയിടുക. സ്കെയിലിന്റെ മധ്യത്തിൽ ഒരു സൂചി ചേർത്തു വയ്ക്കുക, ഇവിടെയാണ് ഹാങ്ങറും തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്നത്.
- ഈ സജ്ജീകരണത്തിനു മുന്നിൽ ഒരു വെർണിയർ മൈക്രോസ്കോപ്പ് വയ്ക്കുക.
- സൂചി വ്യക്തമായി ലഭിക്കുന്ന രീതിയിൽ മൈക്രോസ്കോപ്പ് ക്രമീകരിക്കുക

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 286 22-07-2022 11:01:46

- സൂചി മുനയുമായി ചേർന്നു വരുന്ന രീതിയിൽ മൈക്രോസ്കോപ്പിന്റെ തിരശ്ചീന ക്രോസ് വയർ സജ്ജമാക്കുക (ഇവിടെ മാസ് ഹാജർ, കണക്കിൽപെടാത്ത ഭാരം M ആകുന്നു)
- വെർണിയർ മൈക്രോസ്കോപ്പിലെ ലംബമായ സ്കെയിൽ അളവു കുറിയ്ക്കുക.
- മാസ് ഹാങ്ങറിൽ 0.05 കിലോഗ്രാം (50 ഗ്രാം) മാസുകളെ ഒന്നിനു പുറകെ ഒന്നായി അധികരിച്ച്, അളവുകളെ കുറിയ്ക്കുക.
- ഓരോ മാസുകളെ ഒന്നിനു പുറകെ ഒന്നായി നീക്കം ചെയ്ത് പരീക്ഷണം ആവർത്തിയ്ക്കുകയും, അളവുകൾ കുറിയ്ക്കുകയും ചെയ്യുക.
- കണക്കിൽ പെടാത്ത ഭാരത്തിന്റെ അളവിൽ നിന്നും ഓരോ ഭാരത്തിന്റെയും പ്രധാന അളവിനെ കുറയ്ക്കുക. ഇത് അനുബന്ധ ഭാരത്തിന്റെ (M) താഴ്വുകളെ നൽകുന്നു.

നിരീക്ഷണങ്ങൾ

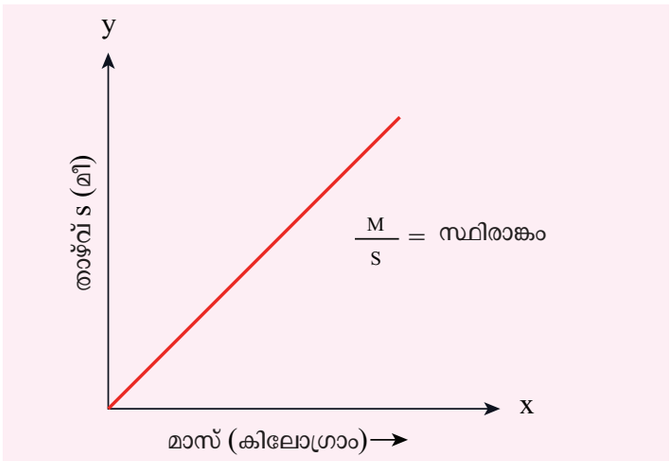
കണ്ടുപിടിക്കൽ M/s

ഭാരം (kg)	മൈക്രോസ്കോപ്പ് അളവുകൾ × 10^{-2} മീ								M ന്റെ താഴ്വ് (kg) (s)	M/s kg m $^{-1}$
	ഭാരം കൂട്ടുന്നു			ഭാരം കുറയ്ക്കുന്നു			ശരാശരി			
	MSR	VSR	TR	MSR	VSR	TR				
M								x_0		
M + 0.05								x_1	$x_1 - x_0 =$ _____	
M + 0.10								x_2	$x_2 - x_0 =$ _____	
M + 0.15								x_3	$x_3 - x_0 =$ _____	
M + 0.20								x_4	$x_4 - x_0 =$ _____	
M + 0.25								x_5	$x_5 - x_0 =$ _____	
									Mean	

മാതൃക ഗ്രാഫ്

ഭാരം (M) നും താഴ്വ് (s) നും ഇടയിലുള്ള ബന്ധം

M നെ X അക്ഷത്തിലും, S നെ Y അക്ഷത്തിലും എടുത്ത് M നും S നും ഇടയ്ക്കുള്ള ഗ്രാഫ് വരയ്ക്കാൻ കഴിയും. ഇത് ഒരു നേർരേഖയാകുന്നു.



മാസിനും, താഴ്വിനും ഇടയിലുള്ള ബന്ധം

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 287 22-07-2022 11:01:46

കണക്കുകൾ

(i) $\frac{M}{s} =$

(ii) $\frac{M}{s} =$

(iii) $\frac{M}{s} =$

(iv) $\frac{M}{s} =$

(v) $\frac{M}{s} =$

പരീക്ഷണ ഫലം

- ഓരോ ഭാരത്തിന്റെ മാസിനും താഴ്വിനും തമ്മിലുള്ള അനുപാതം കണ്ടുപിടിക്കുന്നു. ഇത് ഒരു സ്ഥിരാങ്കമാണെന്ന് ലഭിക്കുന്നു.
- ഒരു ബീമിലെ അതുല്യവളവിന്റെ രീതിയാൽ ഭാരത്തിനും താഴ്വിനും ഇടയിലുള്ള ബന്ധം പരിശോധിക്കുന്നു.

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 288 22-07-2022 11:01:46

3. സ്പ്രിംഗിലെ സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം

ലക്ഷ്യം ലംബമായ ദോലനങ്ങളുടെ രീതി ഉപയോഗിച്ച് ഒരു സ്പ്രിംഗിലെ സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം കണ്ടുപിടിക്കുക.

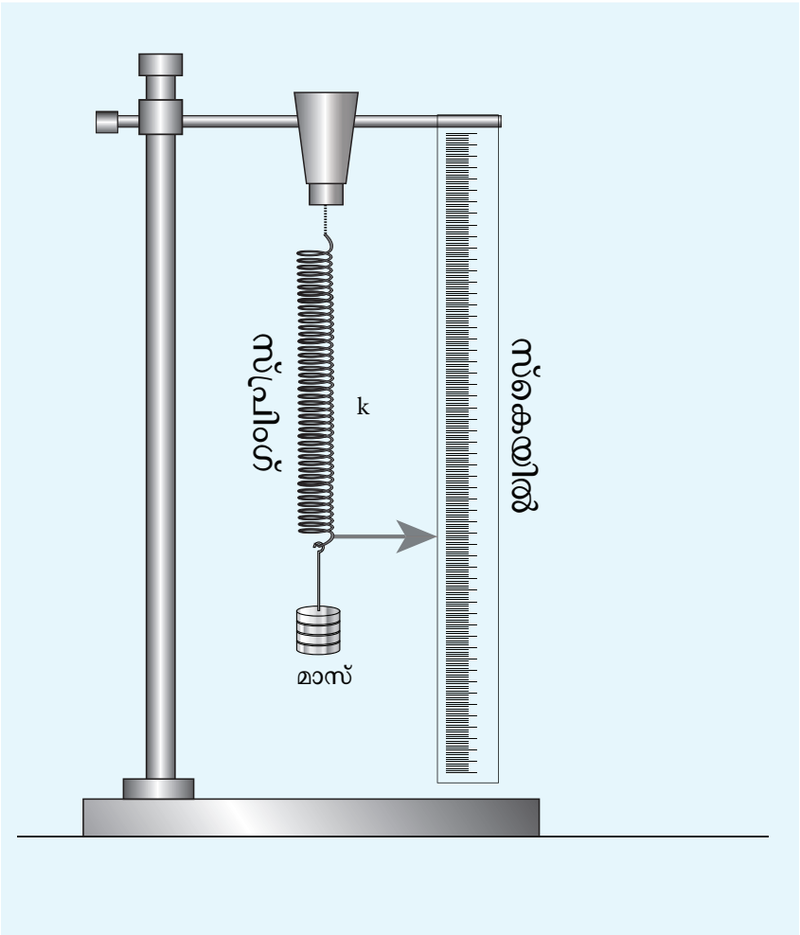
ആവശ്യമായ ഉപകരണങ്ങൾ സ്പ്രിംഗ്, റിജിഡ് സപ്പോർട്ട്, ഹൂക്ക്, 50 ഗ്രാം മാസ് ഹാങ്ങർ, 50 ഗ്രാം തൂക്കിയിടുന്ന മാസുകൾ, സ്റ്റോപ്പ് ക്ലോക്ക്, മീറ്റർ സ്കെയിൽ, പോയിന്റർ

സൂത്രം ഒരു സ്പ്രിംഗിലെ സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം $k = 4\pi^2 \left(\frac{M_2 - M_1}{T_2^2 - T_1^2} \right)$

ഇവിടെ $M_1, M_2 \rightarrow$ തിരഞ്ഞെടുക്കപ്പെട്ട ഭാരങ്ങൾ

$T_1, T_2 \rightarrow$ മാസുകൾ M_1 , M_2 നു അനുബന്ധമായ സമയപരിധി

ചിത്രം



പ്രവർത്തന രീതി

- ഒരു മരസ്റ്റാൻഡിന്റെ മുകൾ അറ്റത്തിൽ ഒരു റിജിഡ് ക്ലാമ്പിൽ നിന്നും ലംബമായി ഒരു സ്പ്രിംഗ് തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്നു. അതിന്റെ കീഴെ അഗ്രത്തിൽ ഒരു മാസ് ഹാങ്ങർ ചേർത്തു വച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു സ്പ്രിംഗിന്റെ കീഴെ അറ്റത്ത് ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു പോയിന്റർ, അതിലെ വെർട്ടിക്കൽ സ്കെയിലിനു പുറത്തു കൂടി ചലിക്കുന്നു.

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 289 22-07-2022 11:01:55

- അനുയോജ്യമായ ഭാരം M (ഉദാഹരണം 100 g) മാസ് ഹാങ്ങറിൽ ചേർക്കുകയും, പോയിന്റർ സ്ഥിരമാകുന്ന സ്കെയിലിലെ അളവ് കുറിയ്ക്കുകയും ചെയ്യുക. ഇതാണ് സന്തുലിത സ്ഥാനം.
- ഹാങ്ങറിലെ മാസിനെ താഴോട്ടു വലിക്കുകയും, വിടുകയും ചെയ്യുന്നതിനാൽ, സന്തുലിത സ്ഥാനത്തിന്റെ ഇരുവശങ്ങളിലും ലംബമായി സ്പ്രിംഗ് ദോലനം ചെയ്യുന്നു.
- പോയിന്റർ, സന്തുലിത സ്ഥാനത്തെ കടക്കുമ്പോൾ, സ്റ്റോപ്പ് ക്ലോക്ക് തുടങ്ങുകയും, 10 ലംബ ദോലനങ്ങളുടെ സമയപരിധി കുറയ്ക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. എന്നിട്ട് ദോലനത്തിന്റെ കാലയളവ് T കണ്ടുപിടിക്കുന്നു.
- മാസ് ഹാങ്ങറിൽ 50 ഗ്രാം മാസിനെ ഒന്നിനു പുറകെ ഒന്നായി ചേർന്ന് പരീക്ഷണം ആവർത്തിക്കുകയും, ഓരോ പ്രാവശ്യവും ദോലനസമയം കണക്കാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.
- M_1, M_2 മാസുകൾക്ക് (50 ഗ്രാം മാസ് വ്യത്യാസത്തിൽ), അവയുടെ അനുബന്ധ സമയകാലയളവുകൾ T_1, T_2. ആകുന്നു. $\frac{M_2 - M_1}{T_2^2 - T_1^2}$ ന്റെ വില കണ്ടുപിടിക്കുകയും, അവയുടെ ശരാശരി കണ്ടുപിടിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.
- തന്നിട്ടുള്ള സൂത്രം ഉപയോഗിച്ച്, തന്നിട്ടുള്ള സ്പ്രിംഗിന്റെ സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം കണ്ടുപിടിക്കുന്നു.

നിരീക്ഷണങ്ങൾ

ക്ര.ന	മാസ്സ് M $\times 10^{-3}$ kg	10 ദോലനങ്ങളുടെ സമയം (t) (s)			ദോലന സമയം $T = \frac{t}{10}$(s)	T^2 (s^2)	$\frac{M_2 - M_1}{T_2^2 - T_1^2}$ $\times 10^{-3} kg\ s^{-2}$
		ശ്രമം 1	ശ്രമം 2	ശരാശരി			
1	100						
2	150						
3	200						
4	250						
5	300						

ശരാശരി = ... kg s^{-2}

കണക്കാക്കൽ

സ്പ്രിംഗിന്റെ സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം, $k = 4\pi^2 \left(\frac{M_2 - M_1}{T_2^2 - T_1^2}\right)$

k = ... kg s^{-2}

പരീക്ഷണ ഫലം

തന്നിട്ടുള്ള സ്പ്രിംഗിന്റെ സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം k ആകുന്നു = ... kg s^{-2}

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 290 22-07-2022 11:02:22

4 സിമ്പിൾ പെൻഡുലം ഉപയോഗിച്ച് ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം കണ്ടുപിടിക്കൽ

ലക്ഷ്യം സിമ്പിൾ പെൻഡുലം ഉപയോഗിച്ച്, ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം കണ്ടുപിടിക്കുക.

ആവശ്യമുള്ള ഉപകരണങ്ങൾ റിറ്റോർട്ട് സ്റ്റാൻഡ്, പെൻഡുലം ബോബ്, ത്രെഡ്, മീറ്റർ സ്കെയിൽ, സ്റ്റോപ്പ് വാച്ച്

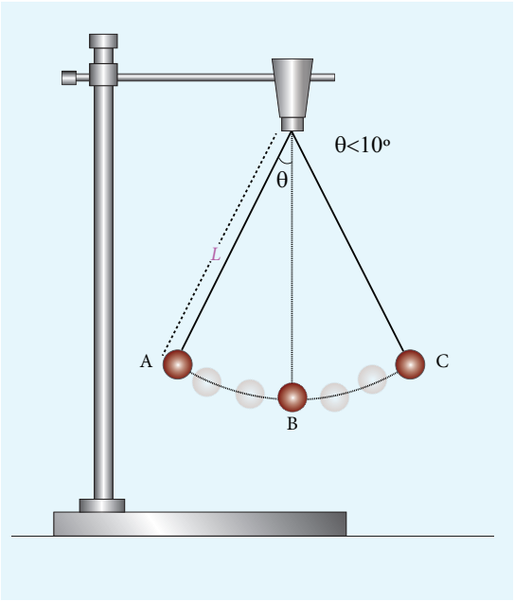
സൂത്രം ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം $g = 4\pi^2 \left(\frac{L}{T^2} \right)$ (m s^{-2})

ഇവിടെ $T \rightarrow$ സിമ്പിൾ പെൻഡുലത്തിന്റെ സമയപരിധി (സെക്കന്റ്)

$g \rightarrow$ ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം (മീ.സെക്കന്റ്$^{-2}$)

$L \rightarrow$ പെൻഡുലത്തിന്റെ നീളം (മീറ്റർ)

ചിത്രം



പ്രവർത്തന രീതി

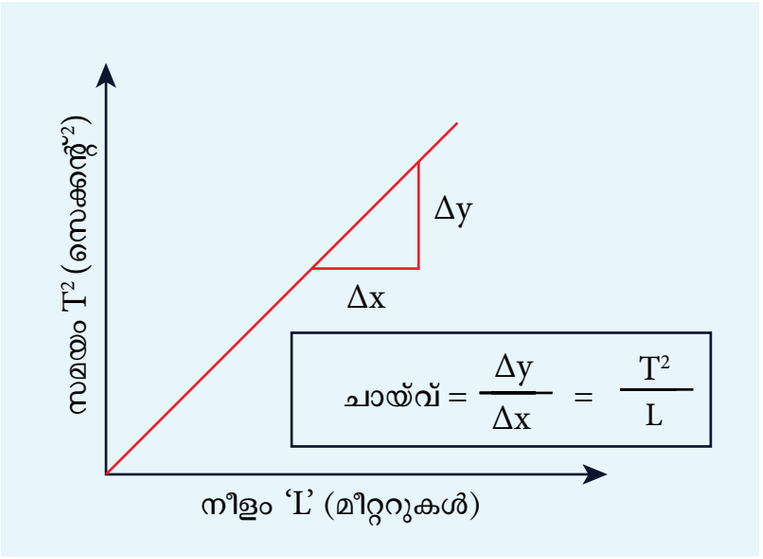
- ഒരു നൂലിൽ ചെറിയ ബ്രാസ് ബോബ് തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്നു.
- ഒരു സ്റ്റാൻഡിൽ ഈ നൂലിനെ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.
- തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന ഹുക്കിനു മുകളിൽ നിന്നും പെൻഡുലത്തിന്റെ നീളം അളക്കുക. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പട്ടികയിൽ, പെൻഡുലത്തിന്റെ നീളം എഴുതുക.
- സ്റ്റോപ്പ് വാച്ച് ഉപയോഗിച്ച്, 10 ദോലനങ്ങളുടെ സമയ പരിധി (t) എഴുതുക.
- ദോലന കാലം $T = \frac{t}{10}$ കണക്കാക്കുക.
- പെൻഡുലത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത നീളങ്ങൾ 'L' ഉപയോഗിച്ച് പരീക്ഷണം ആവർത്തിയ്ക്കുക. തന്നിട്ടുള്ള സൂത്രം ഉപയോഗിച്ച് ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം g കണ്ടുപിടിക്കുക.

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 291 22-07-2022 11:02:26

നിരീക്ഷണങ്ങൾ ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം 'g' കണ്ടുപിടിക്കുക.

പെൻഡുലത്തിന്റെ നീളം L (മീറ്റർ)	10 ദോലനങ്ങളുടെ കാലം t (s)			ദോലനകാലം $T = \frac{t}{10}$ (s)	T^2 (s^2)	$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$ $m\ s^{-2}$
	ശ്രമം 1	ശ്രമം 2	ശരാശരി			
					ശരാശരി g =	

മാതൃക ഗ്രാഫ്



$$\text{ചായ്‌വ്} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{T^2}{L} \; ; \; 1/\text{ചായ്‌വ്} = L/T^2$$

പരീക്ഷണ ഫലം

സിമ്പിൾ പെൻഡുലം ഉപയോഗിച്ച് ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം കണ്ടുപിടിക്കുന്നു.

i) കണക്കുകളിൽ നിന്നും = ... $m\ s^{-2}$

ii) ഗ്രാഫിൽ നിന്നും = ... $m\ s^{-2}$

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 292 22-07-2022 11:02:28

5. അനുരണന കോളം ഉപയോഗിച്ച് വായുവിലെ ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം കണ്ടുപിടിക്കൽ

ലക്ഷ്യം അനുരണന പ്രതിഭാസം ഉപയോഗിച്ച് മുറിയുടെ താപനിലയിൽ, വായുവിലെ ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം കണ്ടുപിടിക്കുക.

ആവശ്യമുള്ള ഉപകരണങ്ങൾ അനുരണന ട്യൂബ്, ആവൃത്തി അറിയാവുന്ന മൂന്നു ട്യൂണിങ് ഫോർക്കുകൾ, ഒരു റബ്ബർ ഹാങ്ങർ, ഒരു തെർമോ മീറ്റർ, നൂൽ ബീക്കറിലെ ജലം.

സൂത്രം

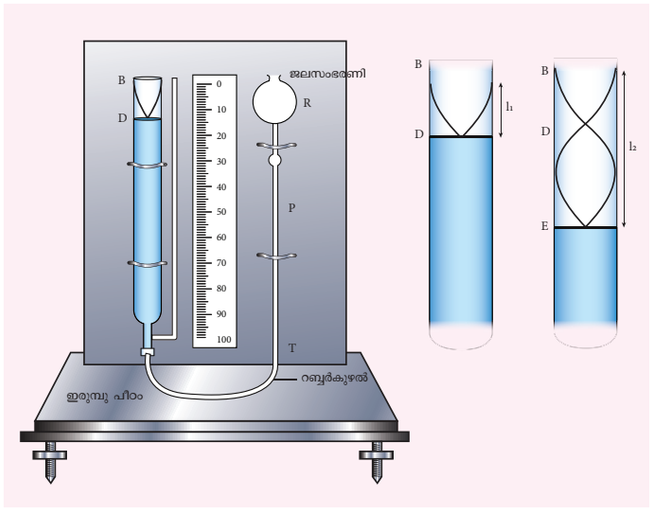
$$V = 2v\left(l_2 - l_1\right) \text{ m s}^{-1}$$

ഇവിടെ $V \rightarrow$ വായുവിലെ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത (m s^{-1})

$l_1, l_2 \rightarrow$ ഒന്നാമത്തെയും, രണ്ടാമത്തെയും അനുരണനത്തിനുള്ള വായു കോളത്തിന്റെ നീളം (m)

$v \rightarrow$ ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിലെ ആവൃത്തി (Hz)

ചിത്രം



പ്രവർത്തന രീതി

- അനുരണന ട്യൂബിന്റെ സ്ഥാനം ക്രമീകരിക്കുക. അങ്ങനെ ട്യൂബുകൾക്കുള്ളിലെ വായു കോളത്തിന്റെ നീളം വളരെ ചെറുതാക്കാൻ സാധിക്കും.
- ആവൃത്തി അറിയാവുന്ന ഒരു ട്യൂണിങ് ഫോർക്ക് എടുത്ത്, ഒരു റബ്ബർ ചുറ്റിക ഉപയോഗിച്ച് അടിയ്ക്കുക. ഇപ്പോൾ ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിന്റെ സ്വാഭാവിക ആവൃത്തിയ്ക്ക് തുല്യമായ ആവൃത്തിയോടു കൂടിയ രേഖാംശ തരംഗങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു.
- അനുരണന ട്യൂബിന്റെ തുറന്ന അറ്റത്ത് കമ്പന ട്യൂണിങ് ഫോർക്ക് തിരശ്ചീനമായി സ്ഥാപിക്കുക. ശബ്ദ തരംഗങ്ങൾ മൊത്തം ട്യൂബിലൂടെ കടന്നുപോകുകയും ജലത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ പ്രതിഫലിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.
- പരമാവധി ശബ്ദം (അനുരണനം) ഉണ്ടാകുന്നതുവരെ റിസർവോയർ അല്ലെങ്കിൽ ട്യൂബ് കുറയ്ക്കുകയോ, ഉയർത്തുകയോ ചെയ്ത് ട്യൂബിലെ ജലനിരയുടെ നീളം ക്രമീകരിക്കുന്നു.
- ഈ സ്ഥാനത്ത് വായു കോളത്തിന്റെ നീളം അളക്കുക. ഇത് ആദ്യത്തെ അനുരണന നീളമായി കണക്കാക്കുന്നു, l_1

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 293 22-07-2022 11:02:30

- ആദ്യ അനുരണന നീളത്തിന്റെ ഇരട്ടിയോളം ട്യൂബ് ഉയർത്തുക. കമ്പന ട്യൂണിങ് ഫോർക്ക് വീണ്ടും ട്യൂബിന്റെ തുറന്ന അറ്റത്ത് വയ്ക്കുക.
- പരമാവധി ശബ്ദം കേൾക്കുന്നതുവരെ വായു കോളത്തിന്റെ ഉയരം ക്രമീകരിക്കുക.
- ഈ സ്ഥാനത്ത് വായു കോളത്തിന്റെ നീളം അളക്കുക. ഇതിനെ രണ്ടാമത്തെ അനുരണന നീളം l_2 ആയി കണക്കാക്കുന്നു.
- $V = 2\nu(l_2 - l_1)$ ഉപയോഗിച്ച് മുറിയുടെ താപനിലയിൽ വായുവിലെ ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം നമുക്ക് കണക്കാക്കാൻ കഴിയുന്നു.
- വ്യത്യസ്ത ആവൃത്തിയിലെ ട്യൂണിങ് ഫോർക്ക് ഉപയോഗിച്ച് പരീക്ഷണം ആവർത്തിക്കുകയും, അനുബന്ധ മൂല്യങ്ങൾ പട്ടികപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുക.
- കണക്കാക്കിയ മൂല്യങ്ങളുടെ ശരാശരി, മുറിയുടെ താപനിലയിൽ, വായുവിലെ ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം നൽകുന്നു.

നിരീക്ഷണങ്ങൾ

ക്രമ നമ്പർ	ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിലെ ആവൃത്തി 'ν' (Hz)	ആദ്യ അനുരണന നീളം l_1 ($\times 10^{-2}$ മീ)			രണ്ടാമത്തെ അനുരണന നീളം l_2 ($\times 10^{-2}$ മീ)			$l_2 - l_1$ ($\times 10^{-2}$ മീ)	ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം $V = 2\nu(l_2 - l_1)$ (m s^{-1})
		ശ്രമം 1	ശ്രമം 2	ശരാശരി	ശ്രമം 1	ശ്രമം 2	ശരാശരി		
1									
2									
3									
								ശരാശരി V =	

കണക്കാക്കൽ

മുറിയുടെ താപനിലയിൽ, വായുവിലെ ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം, $V = 2\nu(l_2 - l_1)$ = _____ m s^{-1}

പരീക്ഷണഫലം

മുറിയുടെ താപനിലയിൽ, വായുവിലെ ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രവേഗം (V) = _____ m s^{-1} ആകുന്നു.

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 294 22-07-2022 11:02:30

6. ദ്രാവകത്തിന്റെ വിസ്കോസിറ്റി കണ്ടുപിടിക്കൽ (സ്റ്റോക്സ് രീതി)

ലക്ഷ്യം സ്റ്റോക്സ് രീതി ഉപയോഗിച്ച് തന്നിട്ടുള്ള ദ്രാവകത്തിന്റെ വിസ്കോസിറ്റി ഗുണകം കണ്ടുപിടിക്കുക.

ആവശ്യമുള്ള ഉപകരണങ്ങൾ ഒരു നീളമുള്ള സിലിണ്ടർ ആകൃതിയിലുള്ള കണ്ണാടി പാത്രം, ഉയർന്ന വിസ്കസ് ദ്രാവകം, മീറ്റർ സ്കെയിൽ, ഗോളാകൃതിയിലെ പന്ത്, സ്റ്റോപ്പ് ക്ലോക്ക്, നൂൽ

സൂത്രം

$$\eta = \frac{2r^2(\delta - \sigma)g}{9V} \text{ N s m}^{-2}$$

ഇവിടെ η – ദ്രാവകത്തിന്റെ വിസ്കോസിറ്റി ഗുണകം (N s m^{-2})

$r \rightarrow$ ഗോളീയ പന്തിന്റെ വ്യാസം (m)

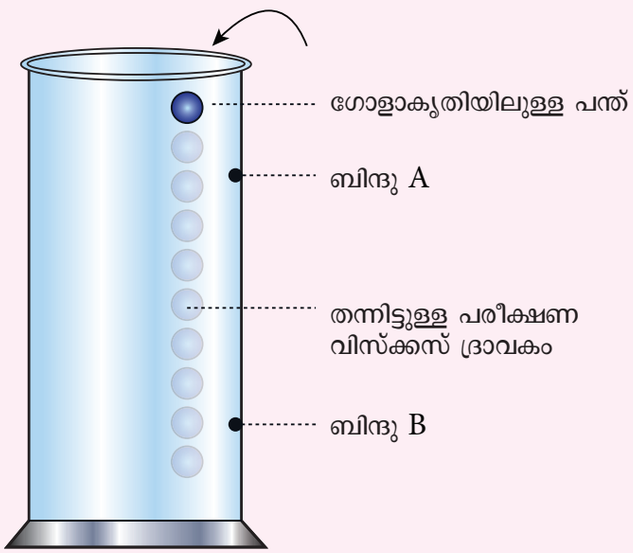
$\delta \rightarrow$ ഉരുക്കുഗോളത്തിന്റെ സാന്ദ്രത ($kg\ m^{-3}$)

$\sigma \rightarrow$ ദ്രാവകത്തിന്റെ സാന്ദ്രത (kg m^{-3})

$g \rightarrow$ ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം (9.8 m s^{-2})

$V \rightarrow$ ശരാശരി ടെർമിനൽ പ്രവേഗം (m s^{-1})

ചിത്രം



സ്റ്റോക്സ് രീതി ഉപയോഗിച്ച് വിസ്കോസിറ്റി അളക്കുന്നതിനുള്ള പരീക്ഷണ സജ്ജീകരണം

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 295 22-07-2022 11:02:39

പ്രവർത്തന രീതി

- അളവുകൾ അടയാളപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ള ഒരു നീളമുള്ള സിലിണ്ടർ ആകൃതിയിലുള്ള കണ്ണാടി പാത്രം എടുക്കുക.
- തന്നിരിക്കുന്ന പരീക്ഷണാത്മക ദ്രാവകത്തെ കണ്ണാടിപാത്രത്തിൽ നിറയ്ക്കുക.
- കണ്ണാടി പാത്രത്തിനു മുകളിൽ രണ്ടു ബിന്ദുക്കൾ A, B അടയാളപ്പെടുത്തുക. A എന്ന അടയാളം ദ്രാവകത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിന് വളരെ താഴെയായി എടുത്തിരിക്കുന്നതിനാൽ, പന്ത് A യിൽ എത്തുമ്പോൾ, അതിന് ടെർമിനൽ പ്രവേഗം V ലഭിക്കുന്നു.
- സ്ക്രൂ ഗേജ് ഉപയോഗിച്ച് ലോഹ ഗോളാകൃതിയിലുള്ള പന്തിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം കണ്ടുപിടിക്കുന്നു.
- ഗോളാകൃതിയിലുള്ള പന്തിനെ ദ്രാവകത്തിലേയ്ക്ക് വളരെ സാവധാനത്തിൽ ഇടുന്നു.
- പന്ത് ബിന്ദു A യിനെ കടക്കുമ്പോൾ, സ്റ്റോപ്പ് ക്ലോക്ക് ആരംഭിക്കുക. B എന്ന ബിന്ദുവിൽ പന്ത് എത്തുമ്പോൾ ക്ലോക്ക് നിർത്തി സമയം കുറിയ്ക്കുന്നു. (t)
- A യ്ക്കും B യ്ക്കും ഇടയിലുള്ള ദൂരം കുറിയ്ക്കുകയും, ടെർമിനൽ പ്രവേഗം കണക്കാക്കാൻ ഇത് ഉപയോഗിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.
- A യ്ക്കും B യ്ക്കും ഇടയിലുള്ള വ്യത്യസ്ത ദൂരങ്ങളിൽ, പരീക്ഷണം ആവർത്തിക്കുക. പന്ത്, ടെർമിനൽ പ്രവേഗം കൈവരിക്കുന്നതിന്, ബിന്ദു A അനുയോജ്യമാണെന്ന് ഉറപ്പാക്കുക.

നിരീക്ഷണങ്ങൾ

ടെർമിനൽ പ്രവേഗം കണ്ടുപിടിക്കുക.:

ക്ര.ന	ഗോളാകൃതിയിലുള്ള പന്ത് കടന്നുപോകുന്ന ദൂരം (d) (m)	എടുക്കുന്ന സമയം (t) (s)	ടെർമിനൽ പ്രവേഗം (V) d/t ($m\ s^{-1}$)
		ശരാശരി	

കണക്കാക്കൽ

ഗോളാകൃതിയുള്ള പന്തിന്റെ സാന്ദ്രത δ = _____ $kg\ m^{-3}$

തന്നിട്ടുള്ള ദ്രാവകത്തിന്റെ സാന്ദ്രത σ = _____ $kg\ m^{-3}$

ദ്രാവകത്തിന്റെ വിസ്കോസിറ്റി ഗുണകം $\eta = \frac{2r^2 g(\delta - \sigma)}{9V}$ = _____ $N\ s\ m^{-2}$

പരീക്ഷണ ഫലം

സ്റ്റോക്സ് രീതി ഉപയോഗിച്ച്, തന്നിട്ടുള്ള ദ്രാവകത്തിന്റെ വിസ്കോസിറ്റി ഗുണകം
η = _____ $N\ s\ m^{-2}$

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 296 22-07-2022 11:02:49

7. കാപ്പിലറി റൈസ് രീതി ഉപയോഗിച്ച് പ്രതലബലം കണ്ടുപിടിക്കൽ

ലക്ഷ്യം കാപ്പിലറി റൈസ് രീതി ഉപയോഗിച്ച് ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രതലബലം കണ്ടുപിടിക്കുക.

ആവശ്യമുള്ള ഉപകരണങ്ങൾ ജലത്തിന്റെ ബീക്കർ, കാപ്പിലറി, ട്യൂബ്, വെർണിയർ മൈക്രോസ്കോപ്പ്, രണ്ടു സുഷിരങ്ങളുള്ള റബ്ബർ സ്റ്റോപ്പർ, ഒരു നീളമുള്ള സൂചി, ഒരു ചെറിയ റബ്ബർ ട്യൂബ്, റിറ്റോർട്ട് ക്ലാമ്പ്.

സൂത്രം ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രതലബലം $T = \frac{hr\sigma g}{2}$ $N\,m^{-1}$

ഇവിടെ $T \rightarrow$ ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രതലബലം $(N\,m^{-1})$

$h \rightarrow$ കാപ്പിലറി ട്യൂബിലെ ദ്രാവകത്തിന്റെ ഉയരം (m)

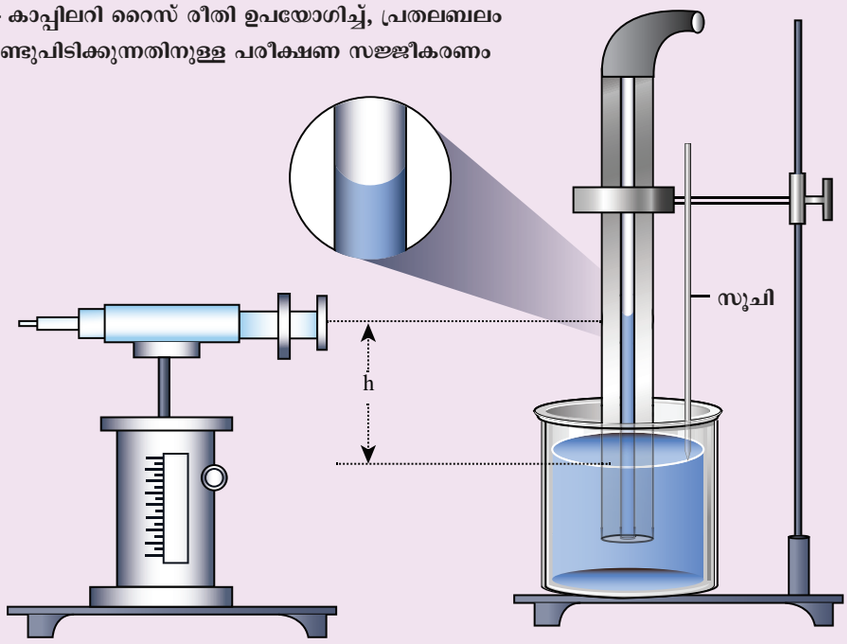
$r \rightarrow$ കാപ്പിലറി ട്യൂബിലെ വ്യാസം (m)

$\sigma \rightarrow$ ജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രത $(kg\,m^{-3})$ $(\sigma = 1000\ kg\,m^{-3})$

$g \rightarrow$ ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം $(g = 9.8\ m\ s^{-2})$

ചിത്രം

7 - കാപ്പിലറി റൈസ് രീതി ഉപയോഗിച്ച്, പ്രതലബലം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനുള്ള പരീക്ഷണ സജ്ജീകരണം



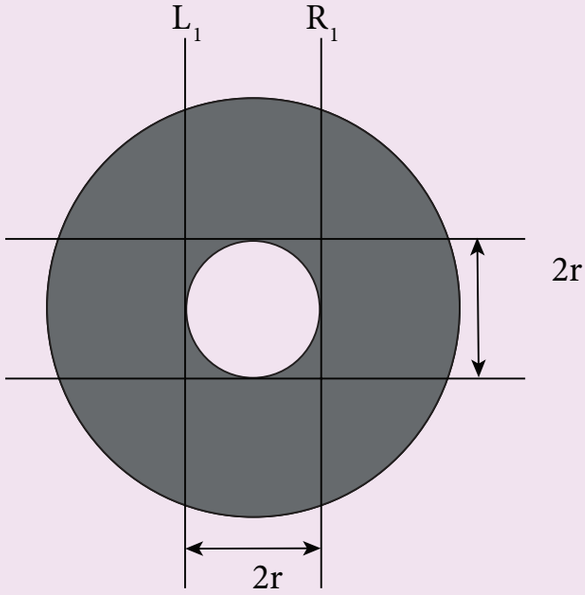
പ്രവർത്തന രീതി

- വൃത്തിയുള്ളതും, വരണ്ടതുമായ ഒരു കാപ്പിലറി ട്യൂബ് എടുത്ത് സ്റ്റാൻഡിൽ ഉറപ്പിക്കുന്നു.
- ജലം അടങ്ങിയ ഒരു ബീക്കർ ക്രമീകരിക്കാവുന്ന ഒരു പ്ലാറ്റ്ഫോമിൽ സ്ഥാപിക്കുന്നു. കാപ്പിലറി ട്യൂബ്,

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 297 22-07-2022 11:02:49

ബീക്കറിനുള്ളിലേയ്ക്ക് മുക്കുന്നു. അതിനാൽ കുറച്ചു ജലം കാപ്പിലറി ട്യൂബിനുള്ളിലേയ്ക്ക് ഉയരുന്നു.

- കാപ്പിലറി ട്യൂബിനു സമീപം ഒരു സൂചി ഉറപ്പിക്കുക. അതിനാൽ സൂചി ജലത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ സ്പർശിക്കുന്നു.
- ഒരു വെർണിയർ മൈക്രോസ്കോപ്പ്, ജലത്തിന്റെ താഴത്തെ മെനിസ്ക്കസിൽ കേന്ദ്രീകരിക്കുകയും, ക്രോസ് വയർ തിരശ്ചീന രേഖകളായി പൊരുത്തപ്പെടുത്തിയതിനു ശേഷം, അനുബന്ധ അളവുകൾ എടുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.
- വെർണിയർ മൈക്രോസ്കോപ്പിലെ ക്രോസ് വയർ, തിരശ്ചീന രേഖയുമായി പൊരുത്തപ്പെടുത്തിയതി നുശേഷം സൂചിയുടെ അഗ്രത്തെ കേന്ദ്രീകരിക്കുന്നു.
- ലംബമായ സ്കെയിലിലെ രണ്ടു അളവുകൾക്കിടയിലുള്ള വ്യത്യാസം, കാപ്പിലറി ട്യൂബിൽ ഉയർത്തിയ ദ്രാവകത്തിന്റെ ഉയരം നൽകുന്നു.
- ഇപ്പോൾ ട്യൂബിന്റെ വ്യാസം കണ്ടുപിടിക്കാൻ, ട്യൂബ് ഉയർത്തി ബീക്കർ നീക്കം ചെയ്യുക.
- ശ്രദ്ധാപൂർവ്വം കാപ്പിലറി ട്യൂബിനെ തിരിച്ച്, മുങ്ങിയിരുന്ന താഴത്തെ അഗ്രഭാഗം നിങ്ങളെ നോക്കി ഇരി ക്കുന്ന രീതിയിൽ വയ്ക്കുക.
- ട്യൂബിന്റെ ആന്തരിക ചുമരുകൾ വ്യക്തമായി കാണുന്ന രീതിയിൽ വെർണിയർ മൈക്രോസ്കോപ്പ് ഉപ യോഗിച്ച്, കാപ്പിലറി ട്യൂബ് കേന്ദ്രീകരിക്കുക. (L_1)
- ട്യൂബിന്റെ ആന്തരിക ചുമരുകളിലെ വലതുഭാഗം കാണുന്നതിനായി, മൈക്രോസ്കോപ്പ് സ്ക്രൂകളെ തിരശ്ചീന ദിശയിൽ തിരിയ്ക്കുക. (R_1) അളവ് കുറിയ്ക്കുക, ട്യൂബിന്റെ വ്യാസം $\frac{1}{2}(L_1 - R_1)$ എന്നു കണക്കാക്കാൻ കഴിയും.
- തന്നിട്ടുള്ള സൂത്രം ഉപയോഗിച്ച് പ്രതലബലം കണ്ടുപിടിക്കാം



കാപ്പിലറി ട്യൂബിന്റെ വ്യാസാർത്ഥം

നിരീക്ഷണങ്ങൾ

ദ്രാവകത്തിന്റെ ഉയരം (h) കണ്ടുപിടിക്കുക?

മൈക്രോസ്കോപ്പിന്റെ അൻപതമാങ്കം = _____ സെ.മീ

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 298 22-07-2022 11:02:51

ക്രമ നമ്പർ	ദ്രാവകത്തിലെ താഴ്ന്ന മെനിസ്ക്കസ് സ്ഥാനത്തെ മൈക്രോസ്കോപ്പ് അളവുകൾ			സൂചിയുടെ താഴത്തെ അഗ്രസ്ഥാനത്തെ മൈക്രോസ്കോപ്പ് അളവുകൾ			ദ്രാവകത്തിന്റെ ഉയരം h $\times 10^{-2}$ മീ a ~ b
	MSR	VSC × LC = VSR	TR (a) $\times 10^{-2}$ മീ	MSR	VSC × LC = VSR	TR (b) $\times 10^{-2}$ മീ	
						ശരാശരി h =	

കാപ്പിലറി ട്യൂബിന്റെ വ്യാസാർത്ഥം

ട്യൂബ്	ട്യൂബിലെ ആന്തരിക ഇടതു ചുമർ സ്ഥാനത്തെ മൈക്രോസ്കോപ്പ് അളവുകൾ L_1			ട്യൂബിലെ ആന്തരിക വലതുചുമർ സ്ഥാനത്തെ മൈക്രോസ്കോപ്പ് അളവുകൾ R_1			കാപ്പിലറി ട്യൂബിന്റെ വ്യാസാർത്ഥം $r = \frac{1}{2}(L_1 \sim R_1)$ $\times 10^{-2}$ മീ
	MSR	VSC × LC = VSR	TR $\times 10^{-2}$ മീ	MSR	VSC × LC = VSR	TR $\times 10^{-2}$ മീ	

കണക്കാക്കൽ

കാപ്പിലറി ട്യൂബിലെ ദ്രാവകത്തിന്റെ ശരാശരി ഉയർവ് h = _____ $\times 10^{-2}$ മീ

കാപിലറി ട്യൂബിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം $2r$ = _____ $\times 10^{-2}$ മീ

കാപ്പിലറി ട്യൂബിന്റെ വ്യാസം r = _____ $\times 10^{-2}$ മീ

ദ്രാവകത്തിന്റെ സാന്ദ്രത $\sigma = 1000\ kg\ m^{-3}$

ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം $g = 9.8\ m\ s^{-2}$

പ്രതല ബലം $T = \frac{hr\sigma g}{2}$

= _____ $N\ m^{-1}$

പരീക്ഷണ ഫലം

കാപ്പിലറി റൈസ് രീതി ഉപയോഗിച്ച്, തന്നിട്ടുള്ള ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രതലബലം, T = _____ $N\ m^{-1}$

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 299 22-07-2022 11:02:55

8. കലോറിമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് ന്യൂട്ടന്റെ ശീതീകരണ നിയമം പരിശോധിക്കൽ

ലക്ഷ്യം

ശീതീകരണ കർവ് വരയ്ക്കുന്നതിലൂടെ ചൂടുള്ള വസ്തുവിന്റെ താപനിലയും, സമയവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കണ്ടുപിടിക്കുക.

ആവശ്യമുള്ള ഉപകരണങ്ങൾ

ഇളക്കു കോലോടുള്ള കോപ്പർ കലോറിമീറ്റർ, ഒരു സുഷിരമുള്ള റബ്ബർ കോർക്ക്, തെർമോമീറ്റർ, സ്റ്റോപ്പ് ക്ലോക്ക്, ഹീറ്റർ അല്ലെങ്കിൽ ബർണർ, ജലം, ക്ലാമ്പ്, സ്റ്റാൻഡ്

ന്യൂട്ടന്റെ ശീതീകരണ നിയമം

ന്യൂട്ടന്റെ ശീതീകരണനിയമം അനുസരിച്ച്, ഒരു വസ്തുവിന്റെ താപനിലയിലെ മാറ്റത്തിന്റെ തോത്, അതിന്റെ താപനിലയും, ആംബിയന്റ് താപനിലയും (അതിന്റെ ചുറ്റുപാടുകളുടെ താപനില) തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസത്തിനും ആനുപാതികമാണെന്ന് പറയുന്നു.

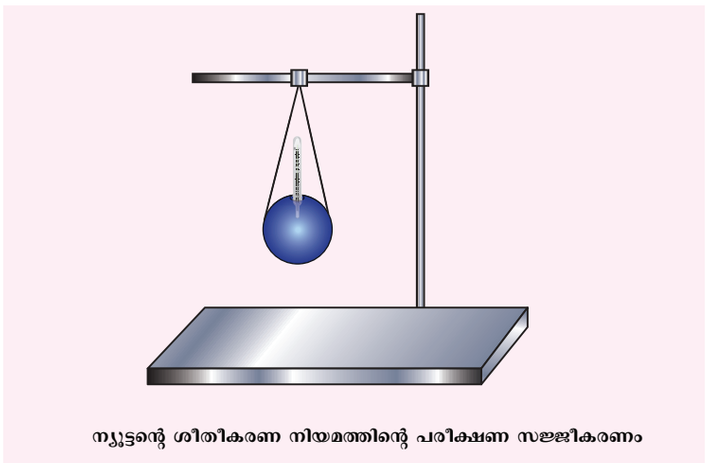
$$\frac{dT}{dt} \propto (T - T_0)$$

ഇവിടെ $\frac{dT}{dt} \rightarrow$ താപനിലയിലെ മാറ്റത്തിന്റെ തോത് (°C)

$T \rightarrow$ ജലത്തിന്റെ താപനില (°C)

$T_0 \rightarrow$ മുറിയുടെ താപനില (°C)

ചിത്രം



ന്യൂട്ടന്റെ ശീതീകരണ നിയമത്തിന്റെ പരീക്ഷണ സജ്ജീകരണം

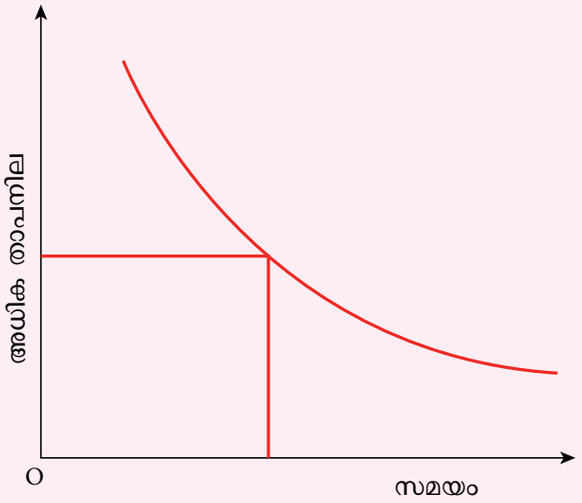
പ്രവർത്തന രീതി

- തെർമോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് മുറിയുടെ താപനില (T_0) കുറിയ്ക്കുക.
- 90°C താപനിലയുള്ള ചൂടു ജലത്തെ കലോറിമീറ്ററിൽ ഒഴിയ്ക്കുക.
- ഒരു സുഷിരമുള്ള റബ്ബർ കോർക്ക് ഉപയോഗിച്ച് കലോറിമീറ്റർ അടയ്ക്കുക.
- റബ്ബർ കോർക്കിലെ സുഷിരം വഴി കലോറിമീറ്ററിൽ ഒരു തെർമോമീറ്റർ വയ്ക്കുക.
- സ്റ്റോപ്പ് ക്ലോക്ക് പ്രവർത്തിപ്പിച്ച്, 80°C മുതൽ താപനില ഓരോ ഒരു ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസ് താപനില കുറവിനു ഉള്ള സമയം കണ്ടുപിടിക്കുക.

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 300 22-07-2022 11:02:56

- മുറിയുടെ താപനില വരുംവരെ ആവശ്യമുള്ള അളവുകൾ കുറിയ്ക്കുന്നു.
- അളവുകൾ പട്ടികയിലാക്കുക.
- സമയത്തെ x അക്ഷത്തിലും, അധിക താപനിലയെ y അക്ഷത്തിലും എടുത്ത് ഗ്രാഫ് വരയ്ക്കുക.

മാതൃക ഗ്രാഫ്



സമയത്തിനും താപനിലയ്ക്കും ഇടയിലുള്ള ബന്ധം

മുറിയുടെ താപനില (T_0) = _____°C

നിരീക്ഷണങ്ങൾ

സമയത്തിനനുസരിച്ച് ജലത്തിന്റെ താപനില മാറ്റത്തിന്റെ അളക്കൽ

സമയം (s)	ജലത്തിന്റെ താപനില (T) °C	അധിക താപനിലe ($T - T_0$) °C

പരീക്ഷണ ഫലം

ശീതീകരണ കർവ് വരയുകയും, ന്യൂട്ടന്റെ ശീതീകരണ നിയമം പരിശോധിയ്ക്കുകയും ചെയ്തു.

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 301 22-07-2022 11:02:56

9. സോണോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് സ്ഥിര വലിവു ബലത്തിൽ, ആവൃത്തിയും, തന്നിട്ടുള്ള കമ്പിയുടെ നീളവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനം

ലക്ഷ്യം സോണോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് സ്ഥിര വലിവു ബലത്തിൽ, ആവൃത്തിയും, തന്നിട്ടുള്ള കമ്പിയുടെ നീളവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുക.

ആവശ്യമുള്ള ഉപകരണങ്ങൾ സോണോമീറ്റർ, അറിയാവുന്ന ആവൃത്തികളുള്ള ആറു ട്യൂണിങ് ഫോർക്കുകൾ, മീറ്റർ സ്കെയിൽ, റബ്ബർ പാഡ്, പേപ്പർ റൈഡർ, പകുതി കിലോഗ്രാം മാസുകളുള്ള ഹാങ്ങർ, മരബ്രിഡ്ജുകൾ.

സൂത്രം ഒരു സ്ട്രിങ്ങിലെ അടിസ്ഥാന കമ്പന മോഡിന്റെ ആവൃത്തി

$$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}} \quad Hz$$

a) കൊടുത്തിട്ടുള്ള മാസ് m നും, സ്ഥിരമായ Tയ്ക്കും,

$n \propto \frac{1}{l}$ (അല്ലെങ്കിൽ) nl = സ്ഥിരാങ്കം.

ഇവിടെ $n \rightarrow$ ഒരു സ്ട്രിങ്ങിലെ അടിസ്ഥാന കമ്പന മോഡിന്റെ ആവൃത്തി (Hz)

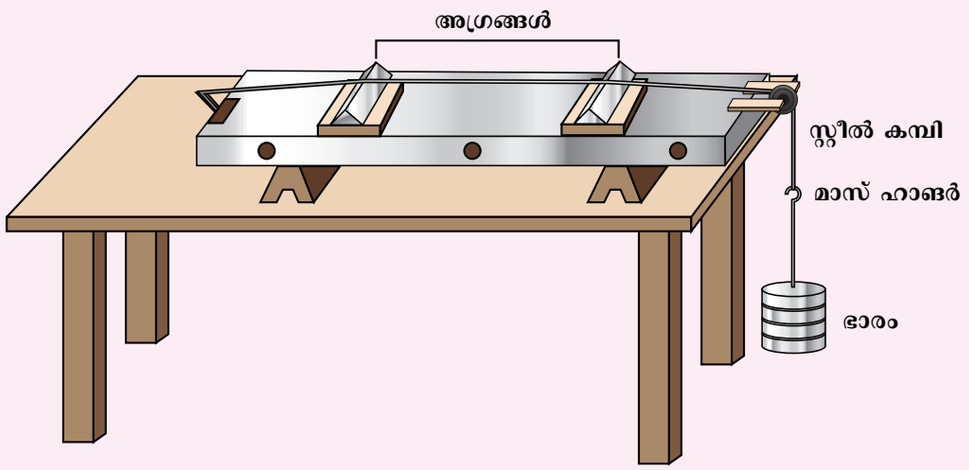
$m \rightarrow$ സ്ട്രിങ്ങിലെ ഒരു യൂണിറ്റ് നീളത്തിന്റെ മാസ് ($kg\ m^{-1}$)

$l \rightarrow$ രണ്ടഗ്രങ്ങൾക്കും ഇടയിലുള്ള സ്ട്രിങ്ങിന്റെ നീളം (m)

$T \rightarrow$ സ്ട്രിങ്ങിലെ ബലം (ഹാങ്ങറിൽ മാസ് ചേർത്തിരിക്കുന്നു) = Mg (N)

$M \rightarrow$ തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന മാസ്, ഹാങ്ങറിൽ മാസ് ചേർത്തിരിക്കുന്നു (Kg)

ചിത്രം



സോണോമീറ്റർ - സ്ഥിര വലിവു ബലത്തിൽ, സോണോ മീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച്, ആവൃത്തിയും, തന്നിട്ടുള്ള കമ്പിയുടെ നീളവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനം.

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 302 22-07-2022 11:03:04

പ്രവർത്തന രീതി

- സോണോമീറ്റർ ഒരു മേശയുടെ പുറത്തുവച്ച് അതിൽ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന കപ്പിയുടെ പുറംഭാഗം ശുദ്ധ മാക്കുകയും, ഫ്രിക്ഷൻ കുറവാണെന്ന് തീർച്ചയാക്കുകയും ചെയ്യുക.
- ഹാങ്ങറിൽ അനുയോജ്യമായ മാസ് വച്ച് കമ്പിയെ വലിച്ചു നീട്ടുക. രണ്ടു ബ്രിഡ്ജുകൾക്കിടയിൽ, കമ്പി യ്ക്ക് മുകളിലൂടെ ഒരു ചെറിയ പേപ്പർ കഷ്ണം വരയ്ക്കുക.
- ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിനെ റബ്ബർ പാഡിൽ തട്ടി കമ്പനം ഉണ്ടാക്കുകയും, സോണോമീറ്ററിനു പുറത്ത് വയ് ക്കുകയും ചെയ്യുക.
- കമ്പിയുടെ കമ്പന ശബ്ദം പരമാവധി ആകും വരെ ബ്രിഡ്ജ് B നീക്കി, കമ്പിയുടെ കമ്പന നീളം ക്രമീ കരിക്കുക.
- കമ്പന ആവൃത്തി, ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിന്റെ ആവൃത്തിയുമായി അനുരണനത്തിലാകുമ്പോൾ, പേപ്പർ കഷ്ണം താഴെ വീഴുന്നു.
- മീറ്റർ സ്കെയിൽ ഉപയോഗിച്ച് A യ്ക്കും B യ്ക്കും ഇടയിലുള്ള കമ്പിയുടെ നീളം അളക്കുക. ഇതിനെ അനുരണന നീളം എന്നു പറയുന്നു.
- ഹാങ്ങറിൽ ഒരേ ഭാരം വച്ച്, വ്യത്യസ്ത ആവൃത്തിയുള്ള ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിനാൽ, മുകളിലത്തെ പ്ര വർത്തനം ആവർത്തിക്കുക.

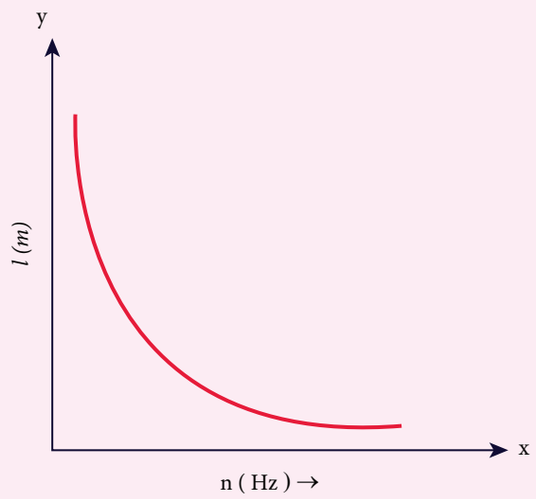
നിരീക്ഷണങ്ങൾ

കമ്പിയ്ക്കു പുറത്തുള്ള വലിവു ബലം (സ്ഥിരം)
T = (തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന മാസ് × 9.8) N

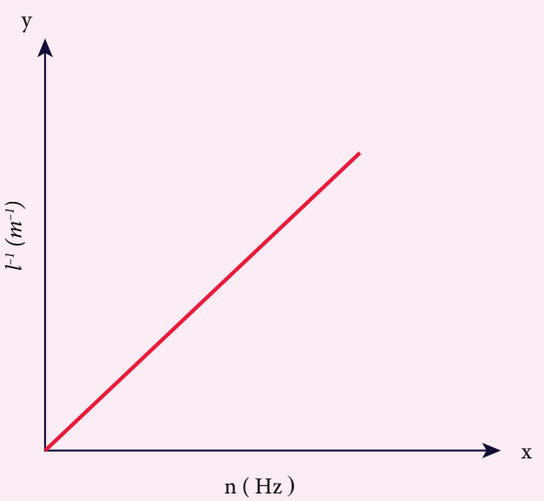
നീളത്തിനനുസരിച്ച് ആവൃത്തി മാറ്റം		
ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിന്റെ ആവൃത്തി 'n ' (Hz)	അനുരണന നീളം *'l'* $\times 10^{-2}$ m	*nl*
n_1 =		
n_2 =		
n_3 =		
n_4 =		
n_5 =		
n_6 =		

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 303 22-07-2022 11:03:04

ഗ്രാഫ്:



ഗ്രാഫ് 1: ആവൃത്തിയ്ക്കും നീളത്തിനുമുള്ള ബന്ധം



ഗ്രാഫ് 2: ആവൃത്തിയ്ക്കും നീളത്തിന്റെ വ്യുൽക്രമത്തിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം

സോണോ മീറ്റർ - സ്ഥിരമായ ആവൃത്തിയിൽ തന്നിട്ടുള്ള കമ്പിയുടെ നീളത്തും, വലിവു ബലത്തിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം

കണക്കാക്കൽ

എല്ലാ ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിലും, ഗുണനഫലം *nl* സ്ഥിരമായിരിക്കും. (പട്ടികയിലെ അവസാന കോളം)

പരീക്ഷണ ഫലം

- തന്നിട്ടുള്ള വലിവു ബലത്തിന്, വലിച്ചു നീട്ടപ്പെട്ട തന്നിട്ടുള്ള കമ്പിയുടെ അനുരണന നീളം, ആവൃത്തിയുടെ വ്യുൽക്രമം ആയിരിക്കും (അതായത്, $n \propto \frac{1}{l}$)
- ഗുണനഫലം *nl* ഒരു സ്ഥിരാങ്കം ആകുന്നു. അതിന്റെ അളവ് _____ (Hz m)

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 304 22-07-2022 11:03:04

10. സോണോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് സ്ഥിര ആവൃത്തിയ്ക്ക് തന്നിട്ടുള്ള കമ്പിയുടെ നീളത്തിനും, വലിവു ബലത്തിനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനം

ലക്ഷ്യം സോണോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് സ്ഥിര ആവൃത്തിയ്ക്ക്, തന്നിട്ടുള്ള കമ്പിയുടെ നീളത്തിനും, വലിവു ബലത്തിനും ഇടയിലുള്ള ബന്ധത്തെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുക.

ആവശ്യമുള്ള ഉപകരണങ്ങൾ സോണോമീറ്റർ, അറിയാവുന്ന ആവൃത്തിയുള്ള ട്യൂണിങ് ഫോർക്ക്, മീറ്റർ സ്കെയിൽ, റബ്ബർ പാഡ്, പേപ്പർ കഷ്ണം, പകുതി കിലോഗ്രാം മാസുള്ള ഹാങ്ങർ, മരബ്രിഡ്ജുകൾ

സൂത്രം ഒരു സ്ട്രിങ്ങിലെ അടിസ്ഥാന കമ്പന മോഡിന്റെ ആവൃത്തി

$$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}\ Hz$$

തന്നിട്ടുള്ള കമ്പിയ്ക്ക് n സ്ഥിരസംഖ്യയാണെങ്കിൽ, (m സ്ഥിരസംഖ്യയാകുന്നു)

$\frac{\sqrt{T}}{l}$ സ്ഥിരസംഖ്യയാകുന്നു

ഇവിടെ $n \rightarrow$ ഒരു സ്ട്രിങ്ങിന്റെ അടിസ്ഥാന കമ്പന മോഡിന്റെ ആവൃത്തി (Hz)

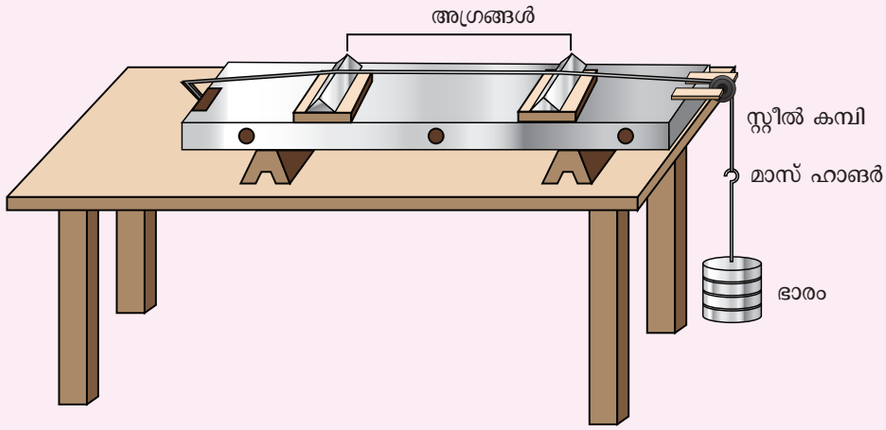
$m \rightarrow$ ഒരു യൂണിറ്റ് നീളമുള്ള സ്ട്രിങ്ങിന്റെ മാസ് ($kg\ m^{-1}$)

$T \rightarrow$ സ്ട്രിങ്ങിലെ വലിവുബലം (ഹാങ്ങറിൽ മാസ് ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു) = Mg (N)

$l \rightarrow$ രണ്ടഗ്രങ്ങൾക്കും ഇടയിലുള്ള നീളം (മീറ്റർ)

$M \rightarrow$ തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന മാസ് (ഹാങ്ങറിൽ മാസ് ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു) (kg)

ചിത്രം



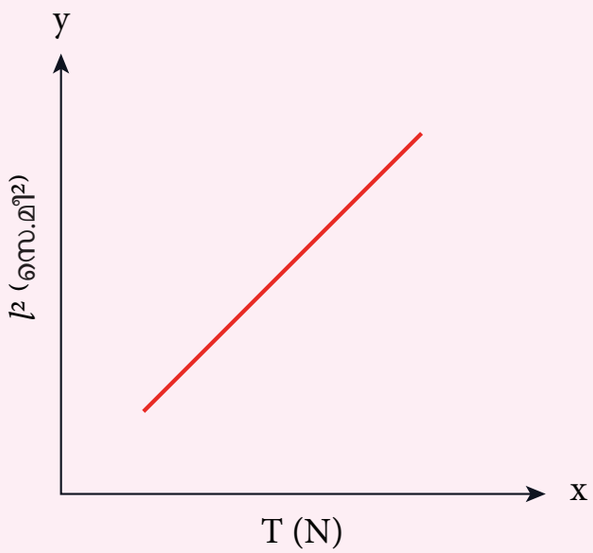
സോണോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച്, സ്ഥിര ആവൃത്തിയ്ക്ക്, തന്നിട്ടുള്ള കമ്പിയുടെ നീളത്തിനും, വലിവു ബലത്തിനും ഇടയിലുള്ള ബന്ധത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനം.

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 305 22-07-2022 11:03:07

പ്രവർത്തന രീതി

- സോണോമീറ്റർ ഒരു മേശയുടെ പുറത്തുവച്ച് അതിൽ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന കപ്പിയുടെ പുറംഭാഗം ശുദ്ധ മാക്കുകയും ഫ്രിക്ഷൻ കുറവാണെന്ന് തീർച്ചയാക്കുകയും ചെയ്യുക.
- ബ്രിഡ്ജുകൾക്കിടയിൽ കമ്പിയുടെ പുറത്ത് ചെറിയ ഒരു പേപ്പർ കഷ്ണം വയ്ക്കുക
- മാസ് ഹാങ്ങറിൽ ആദ്യ അളവ് എടുക്കുന്നതിനായി 1 kg മാസ് വയ്ക്കുക.
- ട്യൂണിങ് ഫോർക്ക് അടിച്ച് അതിന്റെ തണ്ട് ബ്രിഡ്ജ് A നുമുകളിൽ വയ്ക്കുകയും, ബ്രിഡ്ജ് B യുടെ സ്ഥാനം, അനുരണനം കാരണം പേപ്പർ കഷ്ണം താഴെ വീഴുന്നതുവരെയും ക്രമീകരിക്കുക.
- A യ്ക്കും B യ്ക്കും ഇടയിലുള്ള കമ്പിയുടെ നീളം അളക്കുക. ഇതാണ് ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിന്റെ ആവൃത്തിയ്ക്ക് അനുബന്ധമായുള്ള അടിസ്ഥാന മോഡ്.
- മാസ് ഹാങ്ങറിൽ 0.5 kg മാസ് ഒന്നിനു പുറകെ ഒന്നായി ചേർത്ത് ഭാരം വർദ്ധിപ്പിക്കുകയും, ഓരോ പ്രാവശ്യവും ഒരേ ട്യൂണിങ് ഫോർക്ക് ഉപയോഗിച്ച് അനുരണന നീളം കണ്ടുപിടിക്കുകയും ചെയ്യുക.
- നീരീക്ഷണങ്ങൾ പട്ടികപ്പെടുത്തുക.

മാതൃക ഗ്രാഫ്



വലിവു ബലം T (N) നും, നീളം l^2 (സെ.മീ^{2}) നും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം

നിരീക്ഷണങ്ങൾ

ട്യൂണിങ് ഫോർക്കിന്റെ ആവൃത്തി = _____ Hz

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 306 22-07-2022 11:03:07

വലിവുബലം അനുസരിച്ച് അനുരണന നീളത്തിന്റെ മാറ്റം

ക്ര.ന	മാസ് M (kg)	വലിവുബലം T=Mg (N)	$\sqrt{T}$	കമ്പന നീളം l (m)	$\frac{\sqrt{T}}{l}$

കണക്കാക്കൽ

ഓരോ നിലയിലും പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ട വലിവു ബലത്തിനും $\frac{\sqrt{T}}{l}$ ന്റെ അളവ് കണ്ടുപിടിക്കുക.

പരീക്ഷണ ഫലം

- വലിച്ചുനീട്ടപ്പെട്ട സ്ട്രിങ്ങിലെ തന്നിട്ടുള്ള കമ്പന ആവൃത്തിയ്ക്ക്, അനുരണന നീളം വലിവുബലത്തിന്റെ വർഗ്ഗമൂലമായി വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു.
- $\frac{\sqrt{T}}{l}$ ന്റെ വില ഒരു സ്ഥിരസംഖ്യയാകുന്നു.

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 307 22-07-2022 11:03:07

ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിലെ വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട ചില സ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ

പേര്	ചിഹ്നം	വില
ശൂന്യതയിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത	c	$2.9979 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$
ഭൂഗുരുത്വ സ്ഥിരാങ്കം	G	$6.67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^{2}\ \text{kg}^{-2}$
ഭൂഗുരുത്വ ത്വരണം (സമുദ്ര നിരപ്പ്, 45° അക്ഷാംശം)	g	$9.8\ \text{m s}^{-2}$
പ്ലാങ്ക് സ്ഥിരാങ്കം	h	$6.626 \times 10^{-34}\ \text{J s}$
ബോൾസ്മൻ സ്ഥിരാങ്കം	k	$1.38 \times 10^{-23}\ \text{J K}^{-1}$
അവഗാഡ്രോ സംഖ്യ	N_A	$6.023 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$
സാർവ്വത്രിക ഗുരുത്വാകർഷണ സ്ഥിരാങ്കം	R	$8.31\ \text{J mol}^{-1}\ \text{K}^{-1}$
സ്റ്റീഫൻ - ബോൾസ്മൻ സ്ഥിരാങ്കം	σ	$5.67 \times 10^{-8}\ \text{W m}^{-2}\ \text{K}^{-4}$
വീൻസ് സ്ഥിരാങ്കം	b	$2.898 \times 10^{-3}\ \text{m K}$
ശൂന്യതയിലെ പെർമിയബിലിറ്റി	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}\ \text{H m}^{-1}$
സാധാരണ അന്തരീക്ഷ മർദ്ദം	$1\ atm$	$1.013 \times 10^{5}\ \text{Pa}$

പരിഹരിച്ച ഉദാഹരണങ്ങൾ

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 308 22-07-2022 11:03:30

(ഗ്രീക്ക് അക്ഷരമാല)

(ഗ്രീക്ക് അക്ഷരമാല)

ഗ്രീക്ക് അക്ഷരമാല	വലിയ അക്ഷരം	ചെറിയ അക്ഷരം
ആൽഫാ	A	α
ബീറ്റാ	B	β
ഗാമാ	Γ	γ
ഡെൽറ്റാ	Δ	δ
എപ്സിലോൺ	E	ε
സീറ്റാ	Z	ζ
ഈറ്റ	H	η
തീറ്റ	Θ	θ
അയോട്ടാ	I	ι
കാപ്പാ	K	κ
ലാംഡാ	Λ	λ
മ്യൂ	M	μ
ന്യൂ	N	ν
ക്സൈ	€	ξ
ഒമിക്രോൺ	O	ο
പൈ	∏	π
റോ	P	ρ
സിഗ്മാ	∑	σ
ട്യൂ	T	τ
എപ്സിലോൺ	Y	υ
ഫൈ	Φ	ϕ
ചൈ	X	χ
സൈ	Ψ	ψ
ഒമേഗാ	Ω	ω

മത്സര പരീക്ഷാ കോർണർ

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 309 22-07-2022 11:03:30

LOGARITHM TABLE

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.000	0.004	0.009	0.013	0.017	0.021	0.025	0.029	0.033	0.037	4	8	11	17	21	25	29	33	37
11	0.041	0.045	0.049	0.053	0.057	0.061	0.064	0.068	0.072	0.076	4	8	11	15	19	23	26	30	34
12	0.079	0.083	0.086	0.090	0.093	0.097	0.100	0.104	0.107	0.111	3	7	10	14	17	21	24	28	31
13	0.114	0.117	0.121	0.124	0.127	0.130	0.134	0.137	0.140	0.143	3	6	10	13	16	19	23	26	29
14	0.146	0.149	0.152	0.155	0.158	0.161	0.164	0.167	0.170	0.173	3	6	9	12	15	18	21	24	27
15	0.176	0.179	0.182	0.185	0.188	0.190	0.193	0.196	0.199	0.201	3	6	8	11	14	17	20	22	25
16	0.204	0.207	0.210	0.212	0.215	0.217	0.220	0.223	0.225	0.228	3	5	8	11	13	16	18	21	24
17	0.230	0.233	0.236	0.238	0.241	0.243	0.246	0.248	0.250	0.253	2	5	7	10	12	15	17	20	22
18	0.255	0.258	0.260	0.262	0.265	0.267	0.270	0.272	0.274	0.276	2	5	7	9	12	14	16	19	21
19	0.279	0.281	0.283	0.286	0.288	0.290	0.292	0.294	0.297	0.299	2	4	7	9	11	13	16	18	20
20	0.301	0.303	0.305	0.307	0.310	0.312	0.314	0.316	0.318	0.320	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	0.322	0.324	0.326	0.328	0.330	0.332	0.334	0.336	0.338	0.340	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	0.342	0.344	0.346	0.348	0.350	0.352	0.354	0.356	0.358	0.360	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	0.362	0.364	0.365	0.367	0.369	0.371	0.373	0.375	0.377	0.378	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	0.380	0.382	0.384	0.386	0.387	0.389	0.391	0.393	0.394	0.396	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	0.398	0.400	0.401	0.403	0.405	0.407	0.408	0.410	0.412	0.413	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	0.415	0.417	0.418	0.420	0.422	0.423	0.425	0.427	0.428	0.430	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	0.431	0.433	0.435	0.436	0.438	0.439	0.441	0.442	0.444	0.446	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	0.447	0.449	0.450	0.452	0.453	0.455	0.456	0.458	0.459	0.461	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	0.462	0.464	0.465	0.467	0.468	0.470	0.471	0.473	0.474	0.476	1	3	4	6	7	9	10	12	13
30	0.477	0.479	0.480	0.481	0.483	0.484	0.486	0.487	0.489	0.490	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	0.491	0.493	0.494	0.496	0.497	0.498	0.500	0.501	0.502	0.504	1	3	4	6	7	8	10	11	12
32	0.505	0.507	0.508	0.509	0.511	0.512	0.513	0.515	0.516	0.517	1	3	4	5	7	8	9	11	12
33	0.519	0.520	0.521	0.522	0.524	0.525	0.526	0.528	0.529	0.530	1	3	4	5	6	8	9	10	12
34	0.531	0.533	0.534	0.535	0.537	0.538	0.539	0.540	0.542	0.543	1	3	4	5	6	8	9	10	11
35	0.544	0.545	0.547	0.548	0.549	0.550	0.551	0.553	0.554	0.555	1	2	4	5	6	7	9	10	11
36	0.556	0.558	0.559	0.560	0.561	0.562	0.563	0.565	0.566	0.567	1	2	3	5	6	7	8	10	11
37	0.568	0.569	0.571	0.572	0.573	0.574	0.575	0.576	0.577	0.579	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	0.580	0.581	0.582	0.583	0.584	0.585	0.587	0.588	0.589	0.590	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	0.591	0.592	0.593	0.594	0.595	0.597	0.598	0.599	0.600	0.601	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	0.602	0.603	0.604	0.605	0.606	0.607	0.609	0.610	0.611	0.612	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	0.613	0.614	0.615	0.616	0.617	0.618	0.619	0.620	0.621	0.622	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	0.623	0.624	0.625	0.626	0.627	0.628	0.629	0.630	0.631	0.632	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	0.633	0.634	0.635	0.636	0.637	0.638	0.639	0.640	0.641	0.642	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	0.643	0.644	0.645	0.646	0.647	0.648	0.649	0.650	0.651	0.652	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	0.653	0.654	0.655	0.656	0.657	0.658	0.659	0.660	0.661	0.662	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	0.663	0.664	0.665	0.666	0.667	0.667	0.668	0.669	0.670	0.671	1	2	3	4	5	6	7	7	8
47	0.672	0.673	0.674	0.675	0.676	0.677	0.678	0.679	0.679	0.680	1	2	3	4	5	5	6	7	8
48	0.681	0.682	0.683	0.684	0.685	0.686	0.687	0.688	0.688	0.689	1	2	3	4	4	5	6	7	8
49	0.690	0.691	0.692	0.693	0.694	0.695	0.695	0.696	0.697	0.698	1	2	3	4	4	5	6	7	8
50	0.699	0.700	0.701	0.702	0.702	0.703	0.704	0.705	0.706	0.707	1	2	3	4	4	5	6	7	8
51	0.708	0.708	0.709	0.710	0.711	0.712	0.713	0.713	0.714	0.715	1	2	3	4	4	5	6	7	8
52	0.716	0.717	0.718	0.719	0.719	0.720	0.721	0.722	0.723	0.723	1	2	2	4	4	5	6	7	7
53	0.724	0.725	0.726	0.727	0.728	0.728	0.729	0.730	0.731	0.732	1	2	2	4	4	5	6	6	7
54	0.732	0.733	0.734	0.735	0.736	0.736	0.737	0.738	0.739	0.740	1	2	2	4	4	5	6	6	7

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 310 22-07-2022 11:03:31

LOGARITHM TABLE

											Mean Difference								
55	0.740	0.741	0.742	0.743	0.744	0.744	0.745	0.746	0.747	0.747	1	2	2	4	4	5	5	6	7
56	0.748	0.749	0.750	0.751	0.751	0.752	0.753	0.754	0.754	0.755	1	2	2	4	4	5	5	6	7
57	0.756	0.757	0.757	0.758	0.759	0.760	0.760	0.761	0.762	0.763	1	2	2	4	4	5	5	6	7
58	0.763	0.764	0.765	0.766	0.766	0.767	0.768	0.769	0.769	0.770	1	1	2	4	4	4	5	6	7
59	0.771	0.772	0.772	0.773	0.774	0.775	0.775	0.776	0.777	0.777	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	0.778	0.779	0.780	0.780	0.781	0.782	0.782	0.783	0.784	0.785	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	0.785	0.786	0.787	0.787	0.788	0.789	0.790	0.790	0.791	0.792	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	0.792	0.793	0.794	0.794	0.795	0.796	0.797	0.797	0.798	0.799	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	0.799	0.800	0.801	0.801	0.802	0.803	0.803	0.804	0.805	0.806	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	0.806	0.807	0.808	0.808	0.809	0.810	0.810	0.811	0.812	0.812	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	0.813	0.814	0.814	0.815	0.816	0.816	0.817	0.818	0.818	0.819	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	0.820	0.820	0.821	0.822	0.822	0.823	0.823	0.824	0.825	0.825	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	0.826	0.827	0.827	0.828	0.829	0.829	0.830	0.831	0.831	0.832	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	0.833	0.833	0.834	0.834	0.835	0.836	0.836	0.837	0.838	0.838	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	0.839	0.839	0.840	0.841	0.841	0.842	0.843	0.843	0.844	0.844	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	0.845	0.846	0.846	0.847	0.848	0.848	0.849	0.849	0.850	0.851	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	0.851	0.852	0.852	0.853	0.854	0.854	0.855	0.856	0.856	0.857	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	0.857	0.858	0.859	0.859	0.860	0.860	0.861	0.862	0.862	0.863	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	0.863	0.864	0.865	0.865	0.866	0.866	0.867	0.867	0.868	0.869	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	0.869	0.870	0.870	0.871	0.872	0.872	0.873	0.873	0.874	0.874	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	0.875	0.876	0.876	0.877	0.877	0.878	0.879	0.879	0.880	0.880	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	0.881	0.881	0.882	0.883	0.883	0.884	0.884	0.885	0.885	0.886	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	0.886	0.887	0.888	0.888	0.889	0.889	0.890	0.890	0.891	0.892	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	0.892	0.893	0.893	0.894	0.894	0.895	0.895	0.896	0.897	0.897	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	0.898	0.898	0.899	0.899	0.900	0.900	0.901	0.901	0.902	0.903	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	0.903	0.904	0.904	0.905	0.905	0.906	0.906	0.907	0.907	0.908	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	0.908	0.909	0.910	0.910	0.911	0.911	0.912	0.912	0.913	0.913	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	0.914	0.914	0.915	0.915	0.916	0.916	0.917	0.918	0.918	0.919	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	0.919	0.920	0.920	0.921	0.921	0.922	0.922	0.923	0.923	0.924	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	0.924	0.925	0.925	0.926	0.926	0.927	0.927	0.928	0.928	0.929	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	0.929	0.930	0.930	0.931	0.931	0.932	0.932	0.933	0.933	0.934	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	0.934	0.935	0.936	0.936	0.937	0.937	0.938	0.938	0.939	0.939	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	0.940	0.940	0.941	0.941	0.942	0.942	0.943	0.943	0.943	0.944	0	1	1	2	2	3	3	4	5
88	0.944	0.945	0.945	0.946	0.946	0.947	0.947	0.948	0.948	0.949	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	0.949	0.950	0.950	0.951	0.951	0.952	0.952	0.953	0.953	0.954	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	0.954	0.955	0.955	0.956	0.956	0.957	0.957	0.958	0.958	0.959	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	0.959	0.960	0.960	0.960	0.961	0.961	0.962	0.962	0.963	0.963	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	0.964	0.964	0.965	0.965	0.966	0.966	0.967	0.967	0.968	0.968	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	0.968	0.969	0.969	0.970	0.970	0.971	0.971	0.972	0.972	0.973	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	0.973	0.974	0.974	0.975	0.975	0.975	0.976	0.976	0.977	0.977	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	0.978	0.978	0.979	0.979	0.980	0.980	0.980	0.981	0.981	0.982	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	0.982	0.983	0.983	0.984	0.984	0.985	0.985	0.985	0.986	0.986	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	0.987	0.987	0.988	0.988	0.989	0.989	0.989	0.990	0.990	0.991	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	0.991	0.992	0.992	0.993	0.993	0.993	0.994	0.994	0.995	0.995	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	0.996	0.996	0.997	0.997	0.997	0.998	0.998	0.999	0.999	1.000	0	1	1	2	2	3	3	3	4

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 311 22-07-2022 11:03:31

ANTILOG TABLE

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.00	1.000	1.002	1.005	1.007	1.009	1.012	1.014	1.016	1.019	1.021	0	0	1	1	1	1	2	2	2
0.01	1.023	1.026	1.028	1.030	1.033	1.035	1.038	1.040	1.042	1.045	0	0	1	1	1	1	2	2	2
0.02	1.047	1.050	1.052	1.054	1.057	1.059	1.062	1.064	1.067	1.069	0	0	1	1	1	1	2	2	2
0.03	1.072	1.074	1.076	1.079	1.081	1.084	1.086	1.089	1.091	1.094	0	0	1	1	1	1	2	2	2
0.04	1.096	1.099	1.102	1.104	1.107	1.109	1.112	1.114	1.117	1.119	0	1	1	1	1	2	2	2	2
0.05	1.122	1.125	1.127	1.130	1.132	1.135	1.138	1.140	1.143	1.146	0	1	1	1	1	2	2	2	2
0.06	1.148	1.151	1.153	1.156	1.159	1.161	1.164	1.167	1.169	1.172	0	1	1	1	1	2	2	2	2
0.07	1.175	1.178	1.180	1.183	1.186	1.189	1.191	1.194	1.197	1.199	0	1	1	1	1	2	2	2	2
0.08	1.202	1.205	1.208	1.211	1.213	1.216	1.219	1.222	1.225	1.227	0	1	1	1	1	2	2	2	3
0.09	1.230	1.233	1.236	1.239	1.242	1.245	1.247	1.250	1.253	1.256	0	1	1	1	1	2	2	2	3
0.10	1.259	1.262	1.265	1.268	1.271	1.274	1.276	1.279	1.282	1.285	0	1	1	1	1	2	2	2	3
0.11	1.288	1.291	1.294	1.297	1.300	1.303	1.306	1.309	1.312	1.315	0	1	1	1	2	2	2	2	3
0.12	1.318	1.321	1.324	1.327	1.330	1.334	1.337	1.340	1.343	1.346	0	1	1	1	2	2	2	2	3
0.13	1.349	1.352	1.355	1.358	1.361	1.365	1.368	1.371	1.374	1.377	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.14	1.380	1.384	1.387	1.390	1.393	1.396	1.400	1.403	1.406	1.409	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.15	1.413	1.416	1.419	1.422	1.426	1.429	1.432	1.435	1.439	1.442	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.16	1.445	1.449	1.452	1.455	1.459	1.462	1.466	1.469	1.472	1.476	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.17	1.479	1.483	1.486	1.489	1.493	1.496	1.500	1.503	1.507	1.510	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.18	1.514	1.517	1.521	1.524	1.528	1.531	1.535	1.538	1.542	1.545	0	1	1	1	2	2	2	3	3
0.19	1.549	1.552	1.556	1.560	1.563	1.567	1.570	1.574	1.578	1.581	0	1	1	1	2	2	3	3	3
0.20	1.585	1.589	1.592	1.596	1.600	1.603	1.607	1.611	1.614	1.618	0	1	1	1	2	2	3	3	3
0.21	1.622	1.626	1.629	1.633	1.637	1.641	1.644	1.648	1.652	1.656	0	1	1	2	2	2	3	3	3
0.22	1.660	1.663	1.667	1.671	1.675	1.679	1.683	1.687	1.690	1.694	0	1	1	2	2	2	3	3	3
0.23	1.698	1.702	1.706	1.710	1.714	1.718	1.722	1.726	1.730	1.734	0	1	1	2	2	2	3	3	4
0.24	1.738	1.742	1.746	1.750	1.754	1.758	1.762	1.766	1.770	1.774	0	1	1	2	2	2	3	3	4
0.25	1.778	1.782	1.786	1.791	1.795	1.799	1.803	1.807	1.811	1.816	0	1	1	2	2	2	3	3	4
0.26	1.820	1.824	1.828	1.832	1.837	1.841	1.845	1.849	1.854	1.858	0	1	1	2	2	3	3	3	4
0.27	1.862	1.866	1.871	1.875	1.879	1.884	1.888	1.892	1.897	1.901	0	1	1	2	2	3	3	3	4
0.28	1.905	1.910	1.914	1.919	1.923	1.928	1.932	1.936	1.941	1.945	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.29	1.950	1.954	1.959	1.963	1.968	1.972	1.977	1.982	1.986	1.991	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.30	1.995	2.000	2.004	2.009	2.014	2.018	2.023	2.028	2.032	2.037	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.31	2.042	2.046	2.051	2.056	2.061	2.065	2.070	2.075	2.080	2.084	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.32	2.089	2.094	2.099	2.104	2.109	2.113	2.118	2.123	2.128	2.133	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.33	2.138	2.143	2.148	2.153	2.158	2.163	2.168	2.173	2.178	2.183	0	1	1	2	2	3	3	4	4
0.34	2.188	2.193	2.198	2.203	2.208	2.213	2.218	2.223	2.228	2.234	1	1	2	2	3	3	4	4	5
0.35	2.239	2.244	2.249	2.254	2.259	2.265	2.270	2.275	2.280	2.286	1	1	2	2	3	3	4	4	5
0.36	2.291	2.296	2.301	2.307	2.312	2.317	2.323	2.328	2.333	2.339	1	1	2	2	3	3	4	4	5
0.37	2.344	2.350	2.355	2.360	2.366	2.371	2.377	2.382	2.388	2.393	1	1	2	2	3	3	4	4	5
0.38	2.399	2.404	2.410	2.415	2.421	2.427	2.432	2.438	2.443	2.449	1	1	2	2	3	3	4	4	5
0.39	2.455	2.460	2.466	2.472	2.477	2.483	2.489	2.495	2.500	2.506	1	1	2	2	3	3	4	5	5
0.40	2.512	2.518	2.523	2.529	2.535	2.541	2.547	2.553	2.559	2.564	1	1	2	2	3	4	4	5	5
0.41	2.570	2.576	2.582	2.588	2.594	2.600	2.606	2.612	2.618	2.624	1	1	2	2	3	4	4	5	5
0.42	2.630	2.636	2.642	2.649	2.655	2.661	2.667	2.673	2.679	2.685	1	1	2	2	3	4	4	5	6
0.43	2.692	2.698	2.704	2.710	2.716	2.723	2.729	2.735	2.742	2.748	1	1	2	3	3	4	4	5	6
0.44	2.754	2.761	2.767	2.773	2.780	2.786	2.793	2.799	2.805	2.812	1	1	2	3	3	4	4	5	6
0.45	2.818	2.825	2.831	2.838	2.844	2.851	2.858	2.864	2.871	2.877	1	1	2	3	3	4	5	5	6
0.46	2.884	2.891	2.897	2.904	2.911	2.917	2.924	2.931	2.938	2.944	1	1	2	3	3	4	5	5	6
0.47	2.951	2.958	2.965	2.972	2.979	2.985	2.992	2.999	3.006	3.013	1	1	2	3	3	4	5	5	6
0.48	3.020	3.027	3.034	3.041	3.048	3.055	3.062	3.069	3.076	3.083	1	1	2	3	4	4	5	6	6
0.49	3.090	3.097	3.105	3.112	3.119	3.126	3.133	3.141	3.148	3.155	1	1	2	3	4	4	5	6	6

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 312 22-07-2022 11:03:32

ANTILOG TABLE

											Mean Difference								
0.50	3.162	3.170	3.177	3.184	3.192	3.199	3.206	3.214	3.221	3.228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
0.51	3.236	3.243	3.251	3.258	3.266	3.273	3.281	3.289	3.296	3.304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
0.52	3.311	3.319	3.327	3.334	3.342	3.350	3.357	3.365	3.373	3.381	1	2	2	3	4	5	5	6	7
0.53	3.388	3.396	3.404	3.412	3.420	3.428	3.436	3.443	3.451	3.459	1	2	2	3	4	5	6	6	7
0.54	3.467	3.475	3.483	3.491	3.499	3.508	3.516	3.524	3.532	3.540	1	2	2	3	4	5	6	6	7
0.55	3.548	3.556	3.565	3.573	3.581	3.589	3.597	3.606	3.614	3.622	1	2	2	3	4	5	6	7	7
0.56	3.631	3.639	3.648	3.656	3.664	3.673	3.681	3.690	3.698	3.707	1	2	2	3	4	5	6	7	8
0.57	3.715	3.724	3.733	3.741	3.750	3.758	3.767	3.776	3.784	3.793	1	2	3	3	4	5	6	7	8
0.58	3.802	3.811	3.819	3.828	3.837	3.846	3.855	3.864	3.873	3.882	1	2	3	4	4	5	6	7	8
0.59	3.890	3.899	3.908	3.917	3.926	3.936	3.945	3.954	3.963	3.972	1	2	3	4	5	5	6	7	8
0.60	3.981	3.990	3.999	4.009	4.018	4.027	4.036	4.046	4.055	4.064	1	2	3	4	5	6	6	7	8
0.61	4.074	4.083	4.093	4.102	4.111	4.121	4.130	4.140	4.150	4.159	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.62	4.169	4.178	4.188	4.198	4.207	4.217	4.227	4.236	4.246	4.256	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.63	4.266	4.276	4.285	4.295	4.305	4.315	4.325	4.335	4.345	4.355	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.64	4.365	4.375	4.385	4.395	4.406	4.416	4.426	4.436	4.446	4.457	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.65	4.467	4.477	4.487	4.498	4.508	4.519	4.529	4.539	4.550	4.560	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.66	4.571	4.581	4.592	4.603	4.613	4.624	4.634	4.645	4.656	4.667	1	2	3	4	5	6	7	9	10
0.67	4.677	4.688	4.699	4.710	4.721	4.732	4.742	4.753	4.764	4.775	1	2	3	4	5	7	7	9	10
0.68	4.786	4.797	4.808	4.819	4.831	4.842	4.853	4.864	4.875	4.887	1	2	3	4	5	7	8	9	10
0.69	4.898	4.909	4.920	4.932	4.943	4.955	4.966	4.977	4.989	5.000	1	2	3	4	5	7	8	9	10
0.70	5.012	5.023	5.035	5.047	5.058	5.070	5.082	5.093	5.105	5.117	1	2	3	4	5	7	8	9	11
0.71	5.129	5.140	5.152	5.164	5.176	5.188	5.200	5.212	5.224	5.236	1	2	4	5	6	7	8	10	11
0.72	5.248	5.260	5.272	5.284	5.297	5.309	5.321	5.333	5.346	5.358	1	2	4	5	6	7	9	10	11
0.73	5.370	5.383	5.395	5.408	5.420	5.433	5.445	5.458	5.470	5.483	1	3	4	5	6	8	9	10	11
0.74	5.495	5.508	5.521	5.534	5.546	5.559	5.572	5.585	5.598	5.610	1	3	4	5	6	8	9	10	12
0.75	5.623	5.636	5.649	5.662	5.675	5.689	5.702	5.715	5.728	5.741	1	3	4	5	7	8	9	10	12
0.76	5.754	5.768	5.781	5.794	5.808	5.821	5.834	5.848	5.861	5.875	1	3	4	5	7	8	9	11	12
0.77	5.888	5.902	5.916	5.929	5.943	5.957	5.970	5.984	5.998	6.012	1	3	4	5	7	8	10	11	12
0.78	6.026	6.039	6.053	6.067	6.081	6.095	6.109	6.124	6.138	6.152	1	3	4	6	7	8	10	11	13
0.79	6.166	6.180	6.194	6.209	6.223	6.237	6.252	6.266	6.281	6.295	1	3	4	6	7	9	10	11	13
0.80	6.310	6.324	6.339	6.353	6.368	6.383	6.397	6.412	6.427	6.442	1	3	4	6	7	9	10	12	13
0.81	6.457	6.471	6.486	6.501	6.516	6.531	6.546	6.561	6.577	6.592	2	3	5	6	8	9	11	12	14
0.82	6.607	6.622	6.637	6.653	6.668	6.683	6.699	6.714	6.730	6.745	2	3	5	6	8	9	11	12	14
0.83	6.761	6.776	6.792	6.808	6.823	6.839	6.855	6.871	6.887	6.902	2	3	5	6	8	9	11	13	14
0.84	6.918	6.934	6.950	6.966	6.982	6.998	7.015	7.031	7.047	7.063	2	3	5	6	8	10	11	13	15
0.85	7.079	7.096	7.112	7.129	7.145	7.161	7.178	7.194	7.211	7.228	2	3	5	7	8	10	12	13	15
0.86	7.244	7.261	7.278	7.295	7.311	7.328	7.345	7.362	7.379	7.396	2	3	5	7	8	10	12	13	15
0.87	7.413	7.430	7.447	7.464	7.482	7.499	7.516	7.534	7.551	7.568	2	3	5	7	9	10	12	14	16
0.88	7.586	7.603	7.621	7.638	7.656	7.674	7.691	7.709	7.727	7.745	2	3	5	7	9	10	12	14	16
0.89	7.762	7.780	7.798	7.816	7.834	7.852	7.870	7.889	7.907	7.925	2	4	5	7	9	11	12	14	16
0.90	7.943	7.962	7.980	7.998	8.017	8.035	8.054	8.072	8.091	8.110	2	4	6	7	9	11	13	15	17
0.91	8.128	8.147	8.166	8.185	8.204	8.222	8.241	8.260	8.279	8.299	2	4	6	8	9	11	13	15	17
0.92	8.318	8.337	8.356	8.375	8.395	8.414	8.433	8.453	8.472	8.492	2	4	6	8	10	12	14	15	17
0.93	8.511	8.531	8.551	8.570	8.590	8.610	8.630	8.650	8.670	8.690	2	4	6	8	10	12	14	16	18
0.94	8.710	8.730	8.750	8.770	8.790	8.810	8.831	8.851	8.872	8.892	2	4	6	8	10	12	14	16	18
0.95	8.913	8.933	8.954	8.974	8.995	9.016	9.036	9.057	9.078	9.099	2	4	6	8	10	12	15	17	19
0.96	9.120	9.141	9.162	9.183	9.204	9.226	9.247	9.268	9.290	9.311	2	4	6	8	11	13	15	17	19
0.97	9.333	9.354	9.376	9.397	9.419	9.441	9.462	9.484	9.506	9.528	2	4	7	9	11	13	15	17	20
0.98	9.550	9.572	9.594	9.616	9.638	9.661	9.683	9.705	9.727	9.750	2	4	7	9	11	13	16	18	20
0.99	9.772	9.795	9.817	9.840	9.863	9.886	9.908	9.931	9.954	9.977	2	5	7	9	11	14	16	18	20

MAL PRACTICAL FIRST YEAR.indd 313 22-07-2022 11:03:32

GLOSSARY

പദസഞ്ചയം

1.	Altitude	-	ഉയരം
2.	Astronomy	-	വാനശാസ്ത്രം
3.	Angle of Contact	-	സമ്പർക്കകോൺ
4.	Aerofoil lift	-	വിമാനചിറകിലെ മുകളിലേക്കുള്ള തള്ളൽ
5.	Adiabatic process	-	അഡയബാറ്റിക് പ്രക്രിയ
6.	Average (or) Mean speed	-	ശരാശരി വേഗത
7.	Angular Harmonic motion	-	വർദ്ധുള ഹാർമോണിക് ചലനം
8.	Beats	-	സ്പന്ദനങ്ങൾ
9.	Buoyant force	-	പ്ലവന ബലം
10.	Breaking of rupture point	-	തകർച്ചാബിന്ദു
11.	Compressive stress	-	സങ്കോചിത സ്ട്രെസ്സ്
12.	Calorimeter	-	കലോറിമീറ്റർ
13.	Conduction	-	താപചാലകം
14.	Change of state	-	അവസ്ഥാ വ്യത്യാസം
15.	Capillary rise or fall	-	കേശിക ഉയർച്ച അല്ലെങ്കിൽ താഴ്ച
16.	Compress	-	സങ്കോചം
17.	Compliance	-	സങ്കീർണ്ണം
18.	Coefficient of performance	-	നിർവ്വഹണ ഗുണാങ്കം
19.	Degree of freedom	-	ഡിഗ്രീസ് ഓഫ് ഫ്രീഡം
20.	Damped oscillation	-	അവമന്ദിത ദോലനം
21.	Elongate	-	നീളമേറിയത്
22.	Elastic limit	-	ഇലാസ്തികതയുടെ പരിധി
23.	Escape speed	-	പലായന വേഗത
24.	Epicycle	-	എപ്പിസൈക്കിൾ
25.	Epoch	-	പ്രാരംഭ ഫേസ്
26.	Equilibrium	-	സംതുലിത
27.	Flexible constant	-	വഴങ്ങുന്ന സ്വഭാവമുള്ള സ്ഥിരാങ്കം
28.	Free oscillations	-	സ്വതന്ത്രദോലനം
29.	Force constant	-	ബലസ്ഥിരാങ്കം
30.	Forced Oscillation	-	പ്രണോദിത ദോലനം
31.	Frequency	-	ആവൃത്തി
32.	Geocentric model	-	ഭൗമകേന്ദ്ര സിദ്ധാന്തം
33.	Gravitational field	-	ഗുരുത്വ മണ്ഡലം
34.	Gravitational Potential	-	ഗുരുത്വ പൊട്ടൻഷ്യൽ
35.	Gravitational Potential energy	-	ഗുരുത്വ സ്ഥിതികോർജ്ജം

MAI -Physics_Vol-2_Glossary.indd 314 22-07-2022 11:07:07

36.	Geo- Stationary satellite	-	ഭൂമിസ്ഥിര ഉപഗ്രഹങ്ങൾ
37.	Hydrostatic paradox	-	ഹൈഡ്രോസ്റ്റാറ്റിക് പാരഡാക്സ്
38.	Heat engine	-	താപയന്ത്രങ്ങൾ
39.	Hydraulic lift	-	ഹൈഡ്രോലിക് ലിഫ്റ്റ്
40.	Harmonics	-	ഹാർമോണിക്കുകൾ
41.	Heliocentric model	-	സൗരകേന്ദ്ര മാതൃക
42.	Interference	-	വ്യതികലനം
43.	Isothermal process	-	സമതാപീയ പ്രക്രിയ
44.	Isobaric process	-	സമമർദ്ദ പ്രക്രിയ
45.	Isochoric process	-	സമവ്യാപ്ത പ്രക്രിയ
46.	Lateral strain	-	പാർശ്വിക സ്ട്രെയിൻ
47.	Longitudinal strain	-	അനുദൈർഘ്യ സ്ട്രെയിൻ
48.	Longitudinal stress	-	അനുദൈർഘ്യ സ്ട്രെസ്സ്
49.	Loudness	-	ശബ്ദതീവ്രത
50.	Lunar Eclipse	-	ചന്ദ്രഗ്രഹണം
51.	Latent heat	-	ലീനതാപം
52.	Latitude	-	അക്ഷാംശം
53.	Law of equipartition of energy	-	ഊർജ്ജത്തിന്റെ സമഭാഗനിയമം
54.	Mean square speed	-	ശരാശരി വർഗ്ഗ വേഗത
55.	Most probable speed	-	ഏറ്റവും സാധ്യതയുള്ള വേഗത
56.	Mean free path	-	ശരാശരി സ്വതന്ത്രപഥം
57.	Maintained Oscillation	-	പരിപാലന ദോലനം
58.	Mean position	-	മധ്യസ്ഥാനം
59.	Number density	-	സംഖ്യാസാന്ദ്രത
60.	Node	-	നോഡ്
61.	Natural oscillation	-	സ്വാഭാവിക ദോലനം
62.	Non-periodic motion	-	ആനുകാലിക ചലനം
63.	Oscillatory motion	-	ദോലന ചലനം
64.	Orbital velocity	-	പരിക്രമണ വേഗത
65.	Overtone	-	അതിസ്വരം
66.	Polar satellite	-	ധ്രുവീയ ഉപഗ്രഹം
67.	Phase	-	ഫേസ്
68.	Periodic motion	-	ക്രമാവർത്തനചലനം
69.	Phase difference	-	ഫേസ് വ്യത്യാസം
70.	Penumbra	-	ഭാഗിക നിഴൽ (പ്രതിഛായ)
71.	Retrograde motion	-	പ്രതിലോമ ചലനം
72.	Restoring force	-	പുനഃസ്ഥാപനബലം
73 .	Restoring Torque	-	പുനഃസ്ഥാപന ടോർക്ക്
74.	Random motion	-	ക്രമരഹിത ചലനം
75.	Root mean square speed (Vrms)	-	ശരാശരി വർഗ്ഗമൂല വേഗത
76.	Radiation	-	വികിരണം
77.	Resonance	-	അനുനാദം
78.	Ripples	-	ഓളങ്ങൾ

MAI -Physics_Vol-2_Glossary.indd 315 22-07-2022 11:07:07

79.	Standard (or) Normal temperature and pressure	-	സാധാരണ താപനിലയും മർദ്ദവും
80.	Stethoscope	-	ഹൃദയ സ്പന്ദനമറിയുന്ന ഉപകരണം
81.	Sonometer	-	സോനോമീറ്റർ
82.	Superposition	-	സൂപ്പർപൊസിഷൻ
83.	Spring constant / force constant	-	സ്പ്രിംഗ് സ്ഥിരാങ്കം
84.	Stiffness constant	-	കാഠിന്യസ്ഥിരാങ്കം
85.	Simple pendulum	-	സിംപിൾ പെൻഡുലം
86.	Satellite	-	ഉപഗ്രഹം
87.	Stationary waves	-	നിശ്ചല തരംഗങ്ങൾ
88.	Shearing Stress	-	ഷിയറിംങ് സ്ട്രെസ്സ്
89.	Surface tension	-	പ്രതലബലം
90.	Streamlined flow	-	ധാരാരേഖീയ പ്രവാഹം
91.	Specific heat capacity	-	വിശിഷ്ട താപധാരിത
92.	Speed distribution function	-	വേഗതാവിതരണ ഫലനങ്ങൾ
93.	Specific heat capacity at constant pressure	-	സ്ഥിരമർദ്ദത്തിലുള്ള വിശിഷ്ട താപധാരിത
94.	Specific heat capacity at constant volume	-	സ്ഥിര വ്യാപ്തത്തിലുള്ള വിശിഷ്ട താപധാരിത
95.	Simple Hormonic motion	-	സരള ഹാർമോണിക് ചലനം
96.	Tensile stress	-	വലിവു പ്രതിബലം
97.	Terminal velocity	-	ടെർമിനൽ പ്രവേഗം
98.	Time period	-	പരിക്രമണ കാലം
99.	Turbulent flow	-	പ്രക്ഷുബ്ധ പ്രവാഹം
100.	Tsunami	-	സുനാമി
101.	Thermal conductivity	-	താപീയ ചാലകത
102.	Thermometer	-	തെർമോമീറ്റർ
103.	Triple Point	-	ട്രിപ്പിൾ പോയിന്റ്
104.	Universal gas constant	-	സാർവ്വിക വാതക സ്ഥിരാങ്കം
105.	Umbra	-	പൂർണ്ണ നിഴൽ (ഗ്രഹഛായ)
106.	Viscosity	-	ശ്വാനത
107.	Water striders	-	ജലപ്രാണികൾ
108.	Wavicle	-	അലയിലെ കണികകൾ
109.	Zig – Zag path	-	വളഞ്ഞുപുളഞ്ഞ പാത

MAI -Physics_Vol-2_Glossary.indd 316 22-07-2022 11:07:07

CLASS 11 VOL-2 — PHYSICS
MALAYALAM MEDIUM

Academic Coordinator

K. Chandrasekaran,
Lecturer, DIET, Chennai.

Reviewer

V. S. Sreeja, P.G. Asst.,
G.H.S.S., Mathicode.

S. Seena, P.G. Asst.,
GTRHSS., Kalingarajapuram.

List of Translators

R.S. Bindhu, P.G. Asst.,
PPM H.S.S., Anducode.

V. S. Sreeja, P.G. Asst.,
G.H.S.S., Mathicode.

S.R. Bindhulekha, P.G. Asst.,
G.H.S.S., Kottaram.

S. Seena, P.G. Asst.,
GTRHSS., Kalingarajapuram.

P. Usha Kumari, P.G. Asst.,
AIDED HSS, Mottakala.

B.U. Usha, P.G. Asst.,
Sree Devi G.H.S.S., Kollemcode.

B.H. Vijayalakshmi, B.T. Asst.,
PPM H.S.S., Anducode.

EMIS Technology

R. M. Satheesh,
State Coordinator Technical,
TN EMIS., Samagra Shiksha.

K. P. Sathya Narayana,
IT Consultant, TN EMIS., Samagra Shiksha.

R. Arun Maruthi Selvan,
Technical Project Consultant,
TN EMIS., Samagra Shiksha.

Layout & Illustrations

Ranjith, Pixels Print Media,
Parassala, Kerala.

In-House QC

Yesu Rathinam M, Mathan Raj

Coordination

Ramesh Munisamy

This book has been printed on 80 G.S.M.
Elegant Maplitho paper.

Printed by offset at:

XI Physics Vol-2 Author List Malayalam.indd 317 22-07-2022 12:44:46

Notes

XI Physics Vol-2 Author List Malayalam.indd 318 22-07-2022 12:44:46

Notes

XI Physics Vol-2 Author List Malayalam.indd 319 22-07-2022 12:44:46

Notes

XI Physics Vol-2 Author List Malayalam.indd 320 22-07-2022 12:44:46